

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO Y ANÁLISIS DEL TRABAJO

Camblong , Jorge

Introducción al diseño y análisis del trabajo / Jorge Camblong ; Víctor Edreira ; Jorge Víctor Niccolini. - 1a ed. - Los Polvorines : Universidad Nacional de General Sarmiento, 2018.
424 p. ; 23 x 16 cm. - (Textos básicos ; 28)

ISBN 978-987-630-400-9

1. Ingeniería Industrial. 2. Gestión Industrial. I. Edreira, Víctor II. Niccolini, Jorge Víctor
III. Título

CDD 620

© Universidad Nacional de General Sarmiento, 2018

J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines (B1613GSX)

Prov. de Buenos Aires, Argentina

Tel.: (54 11) 4469-7507

ediciones@ungs.edu.ar

www.ungs.edu.ar/ediciones

Diseño gráfico de interior y tapas: Daniel Vidable

Diagramación: Franco Perticaro

Corrección: Gustavo Castaño



Licencia Creative Commons 4.0

Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada (by-nc-nd)



Libro
Universitario
Argentino

TEXTOS BÁSICOS

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Introducción al diseño y análisis del trabajo

JORGE RAÚL CAMBLONG

VÍCTOR JOSÉ EDREIRA

JORGE VÍCTOR NICOLINI

EDICIONES **UNGS**



Universidad
Nacional de
General
Sarmiento

ÍNDICE

Notas preliminares.....	9
Introducción	11
Anexo 1. Ingeniería industrial	15
Anexo 2. Resumen de las escuelas que formaron la administración (Hermida, 1979).....	19
Capítulo 1. El concepto de empresa en la teoría de la libre empresa o teoría del mercado	25
Capítulo 2. La empresa como sistema	33
Capítulo 3. El área industrial.....	39
Capítulo 4. Los sistemas laborales.....	63
Capítulo 5. Los modelos productivos.....	83
Capítulo 6. Los modelos logísticos	99
Capítulo 7. Los conceptos de eficacia y eficiencia, el estudio del trabajo	113
Capítulo 8. Cálculo de productividad.....	127
Anexo. El control de la productividad.....	169
Capítulo 9. Técnicas para mejorar la productividad operativa.....	195
Capítulo 10. Técnica de las observaciones instantáneas o muestreo aplicada a la mejora de procesos	231
Capítulo 11. Estudio de tiempos.....	255
Capítulo 12. Tiempos medidos o reales	269
Capítulo 13. Tiempos calculados	305
Capítulo 14. Muestreo de actividades aplicado al establecimiento de tiempos ...	317
Capítulo 15. La planta industrial.....	325

Capítulo 16. Distribución en planta.....	345
Capítulo 17. Ergonomía y antropometría	395
Bibliografía	423

NOTAS PRELIMINARES

Luego de una ardua tarea de coordinación y escritura se puede decir que hemos llegado a una versión bastante cercana de lo que pretendíamos los autores de esta obra. *Introducción al diseño y análisis del trabajo* forma parte de una colección que desde la Universidad Nacional de General Sarmiento queremos ofrecer a nuestros estudiantes, a los estudiantes de otras universidades, a los docentes y estudiantes de cualquier nivel y al público en general que necesiten un recurso más para su acercamiento a la ciencia de la administración industrial.

Basada en conceptos históricos fruto del trabajo de investigadores de la ciencia industrial, de los lineamientos básicos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y de aquellos que trabajaron y trabajan en la industria, fuentes de conocimiento colectivo, esta obra pretende aportar una recopilación de temas industriales que sirvan como disparadores de la mejora de procesos principalmente industriales pero adaptables a cualquier tipo de organización con las consideraciones del caso.

Sabemos que como toda obra es mejorable, y seguramente realizaremos ediciones posteriores que incorporen nuevos conceptos (que hoy son fuentes de nuestras investigaciones) y mejores recursos didácticos. Esperamos que este aporte sume un grano de arena y forme parte algún día de la montaña de oportunidades y logros que los hermanos argentinos merecemos. Sin embargo, como decía Paulo Freire, la educación sola no puede; es necesario un compromiso político, de valores y del cumplimiento de un objetivo que todavía no supimos definir. Sin duda, necesitamos un norte acordado que rumbee nuestra nación; bregamos por ello.

Quiero en este espacio agradecer una vez más a aquellas personas que se ven afectadas por la tarea diaria y merman en consecuencia el disfrute de su marido, padre, abuelo, hijo. Vayan entonces mis agradecimientos a Mónica (esposa), Flor, Nacho, July y Belu (hijos), Juan, Fran, Caro y Pablo (hijos políticos), Mica, Martu, Delfy y Juana (nietas y tesoros de la familia) y a mis viejos, Jorge y Chiche, que desde chico me inculcaron el valor por la educación, el trabajo y la familia.

Por último, soy injusto en no mencionar a muchas personas, pero más injusto sería si no agradeciera a mis compañeros Jorge Nicolini, quien me abrió la puerta de la universidad para hacer una carrera de investigación y docencia, y a Víctor Edreira, maestro de maestros, quien me acompañó en el hermoso camino de la docencia universitaria.

Lic. Jorge Raúl Camblong
Mayo de 2016

La edición en papel de *Introducción al diseño y análisis del trabajo* me llena de orgullo no porque sea una parte de su autoría, sino por el sentido que la obra encierra. Este texto es el producto de una tarea conjunta que aportó visiones, experiencias e ideas en completo acuerdo con los principios rectores que nos impusimos como eje central de la obra. Esos principios fueron las ideas de Hermida sobre la fundamentación epistemológica de la administración como ciencia y como técnica y la visión sistémica e integral de la empresa industrial.

Introducción al diseño y análisis del trabajo es un texto que pretende ser no solo material de base para estudiantes de ingeniería industrial y de administración industrial sino también de consulta para todos los responsables de pequeñas y medianas empresas industriales involucrados en el ineludible mandato de la mejora continua.

La industria argentina en general y en especial las pequeñas y medianas atraviesan hoy una coyuntura que impone resolver el dilema de subirse al tren del siglo XXI o permanecer en la mediocridad. Es cierto que no puede hacerse industria sin un horizonte previsible y orgánico, del que hoy el país carece. Sea pues la invocación a sumar esfuerzos para lograr un desarrollo industrial sustentable en el pensamiento de nuestros alumnos, que sin lugar a dudas serán los artífices de dicho futuro.

Quiero expresar mi reconocimiento al ingeniero Jorge Nicolini por su destacado aporte en la realización de esta obra, así como también poner de relieve la incansable tarea realizada por el licenciado Jorge Camblong en la concreción del texto. Finalmente, quiero hacer presente mi agradecimiento a la Universidad Nacional de General Sarmiento, a sus autoridades en general y al Instituto de Industria en particular, por habernos permitido ser parte de ella y promotores de esta realidad.

Ing. Víctor José Edreira
Mayo de 2016

En toda actividad de ingeniería, los procesos se producen como resultado de una sinergia entre personas, máquinas, materiales y organizaciones, y de ello derivan las contribuciones a la sociedad (Unesco, Bugliarello: 2010).

La organización de la producción en una planta industrial integra dichos factores y requiere de métodos y tiempos estandarizados que permitan analizar y mejorar los procesos. La finalidad de este libro es proporcionar a los estudiantes un recurso actualizado que explique las principales técnicas y herramientas relacionadas con esta materia.

Quiero agradecer especialmente al licenciado Jorge Camblong y al ingeniero Víctor Edreira por permitirme participar en la elaboración de este libro. También a mi esposa, Norma, y a mi hijo, Jorge, por su constante apoyo.

Ing. Jorge Víctor Nicolini
Mayo de 2016

INTRODUCCIÓN

El desarrollo histórico de la industria muestra que esta no estuvo ajena a las transformaciones sociales, políticas y económicas que en forma contemporánea la acompañaron. No es, por cierto, objeto de este texto el análisis de causa/consecuencia en el devenir industria/hechos sociales, políticos y económicos. Sí es claro que no puede considerarse el desarrollo industrial sin incluir dichas interferencias. Aquí, en consecuencia, se plantea el primer aspecto básico en la orientación del texto: *la visión sistémica e integral de la empresa industrial y el contexto en el que se desarrolla*.

De esa visión puede deducirse un modelo abarcador de empresa que integre tres puntos de vista. A partir del punto de vista de la ciencia de la economía, la empresa puede considerarse como una inversión que busca alcanzar cierta utilidad. Desde la visión del flujo material, la empresa es un sistema de transformación de recursos en productos. Finalmente, desde el análisis de valor, la empresa genera valor toda vez que acerque el producto a las condiciones que el cliente requiere.

La generación del producto a través de los procesos resalta dos aspectos esenciales. El primero es el hecho económico: el producto es el resultado de transformar bienes económicos, que por definición son bienes escasos.¹ El segundo es el hecho social, ya que el trabajo humano es el generador del producto.

Tampoco es objeto de este texto dilucidar la propiedad de la plusvalía de la producción, pero sí plantear que la industria moderna no puede concebirse sin inversión de capital, sin entenderse que los productos son bienes económicos y que el trabajo humano es el generador de estos últimos. De esto debe deducirse, con absoluta claridad, que los factores esenciales que conforman la empresa –inversión y trabajo– son independientes del propietario de la inversión requerida. Esto pone en pie de igualdad conceptual, visto desde lo operativo, a una empresa privada que fabrica televisores y a una empresa dedicada a la prestación de servicios de salud, como por ejemplo un hospital público. La diferencia entre una empresa privada y una pública es la unidad de medida de la utilidad buscada. Mientras que la privada mide la utilidad² en términos monetarios, la pública debe precisar con claridad cuál será la unidad de medida de su utilidad.

¹ La escasez se produce cuando la oferta de un bien es inferior a la demanda, o, en sentido inverso, cuando la cantidad demandada es inferior a la ofertada.

² En rigor, el desempeño de la empresa se mide a través de la rentabilidad, que expresa la

Del principio económico de escasez se deriva el concepto de bien económico. Un bien es económico cuando es escaso. Una empresa utiliza bienes económicos; en consecuencia, su accionar debe necesariamente observar el principio de eficiencia, es decir, que para una cantidad dada de bienes producidos se haya utilizado la menor cantidad de insumos posibles.³

El estudio del trabajo está conformado por un conjunto de técnicas que tienen un claro objetivo: *la mejora de la productividad*. Esta mejora no debe entenderse únicamente desde el punto de vista económico, sino también desde el sistémico. La visión sistémica de la mejora de la productividad requiere considerar en primer lugar el factor humano, partícipe indispensable de la generación de riqueza, que presupone la fabricación de bienes. Las técnicas de estudio del trabajo comprenden el análisis de los requerimientos que la tarea laboral le exige al recurso humano para que este sea compatible con la capacidad humana. En segundo lugar, la producción se realiza en un contexto ambiental que debe ser respetado, pues en definitiva es el ambiente físico en el que la empresa se desarrolla, pero principalmente es donde vivimos cada uno de nosotros y vivirán nuestros sucesores.

De los párrafos anteriores se deduce el segundo aspecto básico en la orientación del texto: *el estudio del trabajo debe contribuir a la mejora sistémica de la productividad, al considerar tanto el aspecto humano como el ecológico y el económico del trabajo*. Henry Mintzberg expresa: “Cada actividad humana organizada, desde una fábrica de cacharros hasta poner al hombre en la Luna, da origen a dos requerimientos fundamentales y opuestos: la división del trabajo entre varias tareas a desempeñar y la coordinación de estas tareas para consumir la actividad” (2000: 6).

Si se observa el conjunto de tareas requeridas para fabricar un producto, se verá que existe un grupo que tiene por objeto definir, desde el punto de vista técnico, el producto. Ese grupo de tareas puede definirse como *la ingeniería del producto*. Otro grupo de tareas tiene como objetivo definir los medios y los procesos a utilizar en la fabricación del producto, las cuales pueden denominarse *tareas de ingeniería de proceso*. Resta considerar dos conjuntos de tareas: las que corresponden a la fabricación física y, en los conceptos de Mintzberg, las dedicadas a la coordinación de actividades que permitan alcanzar el objetivo de producción.

Las técnicas de estudio del trabajo, de algún modo, interrelacionan las tareas operativas como las de coordinación. Siguiendo los lineamientos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), este texto pone énfasis en los aspectos del estudio del trabajo involucrados en las tareas de coordinación. Si, por ejemplo, se considera la determinación del tiempo de una actividad a través de la aplicación de algunas de las técnicas que oportunamente se detallarán, esto puede considerarse un hecho

relación entre la utilidad lograda y la inversión requerida para alcanzarla.

³ Vale asimismo la expresión inversa, es decir, que dada una cierta cantidad de insumos utilizados en una producción se obtenga la mayor cantidad de productos posibles.

técnico en sí, pero la utilización del tiempo en las tareas de programación, cálculo de costos, de capacidades, etcétera, indica su amplio uso en tareas de coordinación.

Como se infiere del desarrollo de la ingeniería industrial –dado en el anexo 1 de esta introducción–, por una parte, y de la experiencia histórica del desarrollo de las empresas industriales, por la otra, el estudio del trabajo está influenciado por los cambios que se verifican en el contexto en que la empresa industrial se desempeña. A la notable síntesis descriptiva –dada en el anexo 2 de esta introducción y que se refiere al texto de Hermida– de las contribuciones que las diferentes escuelas de pensamiento han dejado a la administración, debería agregarse el análisis de las tendencias actuales.

La irrupción masiva de aplicaciones de ingeniería electrónica fundamentalmente en los campos del procesamiento de información y la automatización de tareas, generalmente repetitivas, ha generado y continuará generando un profundo cambio en las formas del trabajo que deberá ser procesado por las técnicas del estudio del trabajo.

No debe pensarse que esta tendencia se concretará en un único modo universal de formas de producir. Si bien la tendencia a la universalización –o globalización, como también se la denomina– impacta en las industrias, no es menos cierto que simultáneamente subyacen tendencias de alguna manera opuestas.⁴ Asimismo, si bien cada empresa está incluida, en términos generales, en un contexto mundial, no es menos cierto que se desarrollan en el contexto del propio ámbito en el que actúan y que les puede aportar características diferenciales. Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es la envergadura técnico-económica de la empresa, que influye notoriamente en su capacidad de respuesta, es decir, en su capacidad de generar producto.

Sí es cierto, más allá de las cuestiones particulares y de las tendencias mundiales, que en la actualidad la empresa industrial que pretenda permanecer en actividad debe observar principios generales que son moneda corriente en el ámbito industrial. La mejora continua, ejemplificada en el concepto de *costo tendiendo a cero*, debe ser rigurosamente observada y aplicada por toda empresa industrial independientemente de su envergadura. El desafío que se presenta es adecuar a cada organización la aplicación de dichos principios generales.

⁴ En el momento de escribirse esta introducción se están recibiendo los resultados de los comicios realizados en el Reino Unido sobre su continuidad o no en la Comunidad Europea, es decir, la posibilidad de generar una política opuesta al concepto de integración.

ANEXO 1

INGENIERÍA INDUSTRIAL*

Todas las fuentes acuerdan en que esta rama de la ingeniería nace del impacto de la era industrial y que es la consecuencia de la creciente importancia que generó la necesidad de resolver los problemas técnicos y organizativos en las plantas industriales. Si bien ello comenzó a ocurrir a mediados del siglo XVIII, recién en 1909 se registra el primer curso con la denominación específica de Ingeniería Industrial en la Pennsylvania State University, y casi veinte años después la Cornell University otorga el primer doctorado en ingeniería industrial a Ralph M. Barnes, un destacado precursor de la especialidad. Esta respuesta educativa tardía explica las dificultades que tuvieron desde el comienzo la sociedad y los ámbitos académicos para comprender el alcance de esta especialidad dentro de la ingeniería.

Hasta ese momento, todo hace pensar que el primer siglo de la era industrial estuvo apoyado desde la ingeniería en el diseño y la construcción de máquinas e instalaciones, propiciadas por un conjunto de inventos, pero postergando toda consideración sobre las necesidades humanas y los aspectos económicos que surgían de las decisiones en el uso de los distintos recursos productivos.

Recién después de 1930, la obra fundacional de los ingenieros de métodos y de organización del trabajo tomó relevancia. Se reconoció que al enfoque básico de la tecnología de transformación (materiales y máquinas), propio de la ingeniería tradicional, había que incorporarle un conjunto de técnicas y prácticas, con aportes de la psicología, la sociología, la economía y la contabilidad, para dar origen a una nueva ingeniería. La ingeniería industrial se basa en la tecnología de los procesos; a ellos les incorpora la *tecnología de gestión* para hacerlos más efectivos, confiables y económicos.

La ingeniería industrial no solo apareció para dar respuesta a las demandas de organización de las plantas industriales, sino que en el tiempo fue responsable de generar una tecnología para asegurar el crecimiento de la productividad y la competitividad de las empresas. Ello requirió, cada vez más, que los primeros ingenieros industriales tuvieran que incorporar muchos conocimientos nuevos a su

* Adaptado de la conferencia del ingeniero J. L. Roces en la Academia Nacional de Ingeniería: “La ingeniería y el comportamiento humano en las organizaciones”, 27 de junio de 2013.

formación de base, en especial de economía, estadística, investigación operativa y de dirección y organización de empresas.

Desde su origen, la ingeniería industrial se transformó en la primera rama de la ingeniería que formalmente reconoció al factor humano como parte de un sistema integrado. Este concepto de *integración* provocó un cambio en la consideración de los factores productivos. Las máquinas y los materiales, que por siglos habían sido el centro de atención de la profesión, pasaron a compartir su foco con la importancia del ser humano dentro de la producción de artefactos.

La ingeniería industrial responde, desde su creación, a la necesidad de considerar al hombre como una *totalidad* dentro de los sistemas productivos. Si bien ello ha sido una pauta desde su origen, no fue fácil –ni lo sigue siendo– lograrlo en la formación y en el ejercicio profesional.

LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA ARGENTINA

La Argentina nunca estuvo ajena a la evolución de los avances y cambios de la ingeniería, y por ello es de destacar que en 1935 la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, donde se formaron los primeros ingenieros argentinos, puso en marcha un programa de estudio orientado a la ingeniería industrial sobre la base del programa existente de ingeniería civil y con incorporaciones de materias de química e industrias extractivas y manufactureras y la reducción de materias de construcciones y de hidráulica.

Fue precisamente, entre otros destacados precursores, el ingeniero Gerardo Lassalle quien con el tiempo contribuyó decididamente a la transformación de ese plan inicial. En 1958 se reorientó la carrera en forma consistente a las definiciones que para esa época eran las vigentes en Estados Unidos. Para ello se incorporaron las técnicas de la medición de la productividad y los conceptos de la organización del trabajo y de la economía, tanto a nivel macro como micro.

A partir de los años ochenta, la era industrial fue perdiendo su impulso y dejando su lugar a la llamada era de la informática. Se produjo un profundo cambio en los criterios organizativos de producción y, junto con ello, la hegemonía de las ideas y las nuevas técnicas productivas dejaron de provenir de Estados Unidos. Estas comenzaron a originarse en Japón de la mano de los ingenieros orientales, herederos de aquellos profesores que llegaron a sus tierras luego de la guerra. Este cambio de escenario estuvo marcado por la *globalización* y, con ello, el factor competitividad pasó a ser la variable crítica de los países en el mundo.

El cambio de era y de criterios productivos, junto con la creciente importancia de la informática y la automatización en los procesos industriales, requirió adaptar la formación y la práctica a las nuevas herramientas informáticas y preparar a los docentes ante un nuevo paradigma: el procesamiento de la información a

velocidades nunca imaginadas. La capacidad de cálculo se transformó y, en cambio, se aceleró la necesidad de la capacidad de análisis e interpretación.

El crecimiento en el tiempo de la matrícula de la carrera de Ingeniería Industrial demostró su pertinencia, y con los años se consolidó la especialidad con muchos egresados de las facultades de ingeniería del país.

ANEXO 2

RESUMEN DE LAS ESCUELAS QUE FORMARON LA ADMINISTRACIÓN (HERMIDA, 1979)

ESCUELA DE LA ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA

Autores principales: F. W. Taylor, H. Gantt, F. y L. Gilbreth.

Período: 1880-1925.

Área de actuación: Industrial.

Ideas y trabajos más significativos: Introducen la administración científica en lugar de la administración de iniciativa.¹ Relacionan y sistematizan los procesos industriales. Estudian e implantan sistemas de incentivos. Desarrollan el esquema de supervisión funcional. Desarrollan la planificación de las tareas estableciendo normas y métodos de operación para ellas. Cronometran los tiempos de procesos y eliminan transportes y movimientos inútiles.

Limitaciones: Fueron formalistas y autoritarios. No tuvieron en cuenta al hombre. En especial ignoraron las variables de la conducta y los factores de la motivación, suponiendo erróneamente que eran solamente de tipo económico. Fueron empiristas, trabajaron solamente en el campo formal y en el área industrial.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Técnicas de racionalización y eficiencia. Técnicas de estudio de tiempos y movimientos. Técnicas de *layout* y transportes internos. Técnicas de eficiencia fabril en general. Teoría de la programación y control de la producción. Teoría de la supervisión funcional.

¹ *Iniciativa* indica que responde a las necesidades que surgen; *científica* indica procedimientos, planificación.

ESCUELA DE LA ADMINISTRACIÓN CLÁSICA, INDUSTRIAL Y GENERAL

Autores principales: H. Fayol.

Período: 1880-1925.

Área de actuación: Administrativa y de dirección general.

Ideas y trabajos más significativos: Conceptualiza el contenido de la administración: prever, organizar, dirigir, coordinar y controlar. Define seis áreas básicas de operaciones. Enuncia catorce principios de la administración: división del trabajo, autoridad, disciplina, unidad de dirección, unidad de mando, subordinación del interés general al común, remuneración, centralización, jerarquía, orden, equidad, estabilidad del personal, iniciativa y espíritu de grupo. Formula un modelo primario de organigrama y de profesiograma. Desarrolla un modelo de manual de procedimientos.

Limitaciones: Fue formalista y autoritario. Su teoría de la autoridad de derecho divino fue el sostén de su modelo, que en consecuencia no se ajusta a la realidad. No tuvo en cuenta las variables de conducta. Sus principios resultan ambiguos y contradictorios. Su concepción de las comunicaciones y de la estructura está viciada por sus ideas formalistas.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Su concepción administrativa, su división de la organización en áreas y su modelo de manual de funciones y profesiograma se siguen utilizando, pero adecuados e integrados a las modernas teorías y técnicas de la administración. Algunos de los principios también son utilizables aunque no como tales, sino como guías o complementos de ciertas técnicas administrativas.

ESCUELA DE LAS RELACIONES HUMANAS

Autores principales: E. Mayo, F. Roethlisberger, M. P. Pollet.

Período: 1925-1939.

Área de actuación: Industrial.

Ideas y trabajos más significativos: Incursionan por vez primera en el campo comportamental, al que denominan informal. Investigan la importancia de las variables participación y estructura grupal. Detectan a los grupos, estudian sus normas, su estructura, sus líderes y la naturaleza de los conflictos que se producen. Detectan que el foco de atención en los estudios de eficiencia no es el individuo sino el grupo. Destruyen la teoría clásica de la motivación económica por no considerar los factores de conducta.

Limitaciones: Fueron solamente informelistas. Actuaron divorciados del contexto y de los modelos formales. Sus trabajos fueron superficiales y quedaron más que nada en el plano de la recolección de experiencias. Supusieron ingenuamente que el conflicto que ellos detectaron se resolvía con un trato cordial y afectuoso.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Sus experiencias sirvieron para que se profundizara el estudio de los grupos y del líder de la participación y del conflicto. Fueron, en consecuencia, los precursores de las modernas teorías sociológicas de aplicación al área de las organizaciones.

ESCUELA NEOCLÁSICA

Autores principales: L. Gulick, L. Urwick, W. Neuman, M. Koontz, C. O'Donnell, Maynard, Alford.

Período: 1925-1945.

Área de actuación: Industrial y administrativa.

Ideas y trabajos más significativos: Renovaron y adaptaron las ideas clásicas. Desarrollaron los principios de la administración sobre los cuales basaron su concepción administrativa. Desarrollaron técnicas de estructura.

Limitaciones: Fueron formalistas y, en consecuencia, no reconocieron las variables de conducta. Sus modelos de estructura fueron estáticos y mecanicistas, lo que los convierte en obsoletos e inaplicables. Sus principios, al igual que los de su precursor (Fayol), son ambiguos y contradictorios.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Su concepción administrativa y sus técnicas de estructura y de control se utilizan en la actualidad pero adecuadas y modificadas a la realidad de las organizaciones. Algunos de sus principios se utilizan como guías o complementos de ciertas técnicas administrativas.

ESCUELA DE SOCIOLOGÍA INDUSTRIAL

Autores principales: K. Lewin, L. Coch, J. French, A. Bavelas, Lippit, Waite.

Período: 1939-1950.

Área de actuación: Industrial y administrativa.

Ideas y trabajos más significativos: Continuaron las investigaciones que comenzó Elton Mayo y las llevaron a un grado mayor de profundidad y rigor científico. Desarrollaron teorías sobre la participación, la estructura grupal, el liderazgo y el conflicto.

Limitaciones: Fueron solamente informalistas. Por su divorcio de los modelos formales, trabajaron más en la sociología que en la administración. Supusieron que el conflicto era evitable.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Sus experiencias y teorías permitieron que se avanzara en la búsqueda de la comprensión del comportamiento dentro de la organización. Sus teorías sobre la participación, la estructura grupal y el liderazgo se aplican en la actualidad con ligeras modificaciones.

ESCUELA DE PSICOLOGÍA

Autores principales: F. Allport, L. Postran, D. Mc. Gregor, C. Ar Gyris, A. Zaleznick, R. Likert, F. Herzberg, A. Maslow.

Período: 1939-1960.

Área de actuación: Industrial y administrativa.

Ideas y trabajos más significativos: Desarrollaron y analizaron el concepto de percepción. Profundizaron los estudios sobre la motivación como factor de conducta. Analizaron el concepto de aprendizaje y su vinculación con la percepción y la motivación. Desarrollaron el concepto de personalidad como unidad de percepción, motivación y aprendizaje.

Limitaciones: Lamentablemente no se ha logrado una verdadera y real integración de todos sus desarrollos y aportes a la ciencia de la administración. Ese es el desafío y el camino que se debe intentar recorrer en los próximos años.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Teoría gestáltica de percepción. Teoría *new look* de percepción. Teorías sobre la motivación. Teorías sobre el intercambio y la instrumentalidad. Teorías sobre el aprendizaje. Teorías sobre la personalidad. Teoría X y teoría Y. Teoría sobre el análisis transaccional.

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL Y RELACIONES INDUSTRIALES

Autores principales: D. Yoder, R. Maier, W. Knowles, Srauss, Sayles.

Período: 1939-1960.

Área de actuación: Administración del personal.

Ideas y trabajos más significativos: Trataron de aplicar las ideas y los descubrimientos de la Escuela de Relaciones Humanas. Desarrollaron manuales y programas de relaciones humanas. Intentaron paliar los conflictos con afecto y cordialidad de manera de poder continuar con la aplicación de las técnicas.

Limitaciones: Fueron una corriente mixta, en parte autoritarios y formalistas y en parte humanistas e informalistas. No alcanzaron trascendencia a nivel teórico.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Algunos de sus manuales de administración de personal se siguen aplicando como técnicas dentro de dicha área, pero integrados al entorno total de la ciencia de la administración.

ESCUELA ESTRUCTURALISTA

Autores principales: M. Weber, R. Merton, P. Selznick, A. Gouldner.

Período: 1939-1950.

Área de actuación: Administrativa e industrial.

Ideas y trabajos más significativos: En su conjunto elaboraron el primer intento de modelo integral de la administración, es decir, formal (Weber) e informal (Merton). Weber aportó un modelo de control social muy completo apoyado en su concepción de la autoridad legal. Merton le adicionó un análisis de la conducta basado en las funciones latentes y manifiestas.

Limitaciones: A pesar de ser integral, este modelo arrastra el lastre de la concepción formalista de Weber. Todo el andamiaje administrativo reconoce la influencia neoclásica, en consecuencia es susceptible de todas las críticas que se le realizan a aquella. La concepción de la autoridad legal es formalista y autoritaria.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: La estructura del modelo de Weber-Merton es aplicable, pero modificada y adaptada a la realidad de las organizaciones. Los trabajos de Merton y Gouldner constituyeron un importante punto de partida para la incorporación de los factores de la conducta a los modelos y las teorías administrativas.

ESCUELA DE LA TEORÍA DE LAS ORGANIZACIONES

Autores principales: H. Simon, J. March, H. Guetzkow, Ch. Barnard, R. Cyert.

Período: 1940-1960.

Área de actuación: Administrativa y de dirección general.

Ideas y trabajos más significativos: Desarrollaron una crítica demoledora de los principios. Reestructuraron la concepción de la autoridad de las comunicaciones y de la estructura. Desarrollaron la teoría de las decisiones. Elaboraron técnicas de análisis y conducción de conflictos. Desarrollaron la teoría de los objetivos.

Limitaciones: Sus teorías están excesivamente influidas por la corriente sociológica conductista. Sus teorías del equilibrio y del balance de contribuciones y compensaciones no son aptas para la realidad de las organizaciones. Metodológica y sistemáticamente, sus teorías son perfectibles.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Teoría de los objetivos de la organización. Teoría de la decisión. Teoría de la autoridad y la influencia. Teoría de la racionalidad y la eficiencia. Teoría del conflicto.

ESCUELA DE LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS

Autores principales: W. Buckley, Johnson, Kast, Rosenzweig, Hall, Timms.

Período: 1950-1975.

Área de actuación: Administrativa y de dirección general.

Ideas y trabajos más significativos: Desarrollaron modelos metodológicos como el analógico, el de rango y el procesal adaptativo. Desarrollaron un esfuerzo semántico con el propósito de dotar a todas las ciencias de un lenguaje común que permita la universalización del método científico.

Limitaciones: Todas las teorías y modelos se hallan en la etapa de prueba y experimentación. Existen ciertos excesos en la aplicación indiscriminada de la técnica de los sistemas que en nada favorece al nivel metodológico de la administración.

Teorías y técnicas que perduran en la actual ciencia de la administración: Sus modelos analógico, del rango y procesal. Su desarrollo semántico. Su concepción de interrelación de conjuntos de funcionalidad y modularidad.

CAPÍTULO 1

EL CONCEPTO DE EMPRESA EN LA TEORÍA DE LA LIBRE EMPRESA O TEORÍA DEL MERCADO

Qué se entiende por empresa, cómo debe ser un modelo descriptivo de esta y cuáles son sus fundamentos son los temas que se tratan en este capítulo.

Siendo total y absolutamente prioritario que todas las actividades que se realizan en una empresa estén directa o indirectamente relacionadas con su objetivo fundacional, esto es, la rentabilidad, un curso sobre sus actividades debe necesariamente dejar claro qué se entiende por empresa y cuáles son sus características centrales. Es por ello que en este capítulo desarrollaremos un modelo de empresa que nos permita construir una visión integral de ella.

1.1. HACIA UN CONCEPTO DE EMPRESA

Para comenzar, es necesario recordar los postulados de la teoría de la libre empresa o teoría del mercado:¹ la propiedad particular de los factores de producción (el concepto de propiedad incluye su libre disponibilidad), el mecanismo o sistema de precios como elemento de asignación,² y la división del trabajo.

Como consecuencia de los mencionados postulados resulta que personas que disponen de capital y deciden invertirlo lo harán con el objeto de obtener una utilidad,³ una respuesta obvia si recordamos el principio de conveniencia (uno de

¹ Más allá de cualquier análisis particular, y en especial de nuestro criterio, la teoría de la libre empresa o teoría del mercado, con más o menos regulaciones por parte del Estado, es el sistema económico imperante virtualmente en todo el mundo, y sin lugar a dudas es, en el corto plazo, el ámbito donde se desempeñará el profesional de la ingeniería.

² Desde la visión de la economía, diremos que cada bien económico tiene un precio de intercambio.

³ Esta concepción derivada de la teoría de la libre empresa hace primar el capital sobre el trabajo. En el concepto propuesto sin trabajo no se puede generar riqueza, pero, independientemente de cualquier juicio de valor, esta es la realidad: el capital tiene primacía sobre el hombre, fuente del trabajo.

los postulados de la ciencia de la economía): un sujeto actúa y utiliza sus recursos o medios para llegar a un fin (que es la satisfacción de una necesidad) cuando considera que al final va a estar mejor dotado que al principio. A partir de la terminología actual podemos deducir de este principio que un sujeto invertirá capital en una empresa procurando obtener una diferencia o utilidad.⁴ Desde esta óptica, enunciarnos un primer concepto⁵ de empresa estableciendo que **una empresa es el resultado de una inversión que busca alcanzar una utilidad.**

Es conveniente puntualizar que, independientemente de quiénes sean los dueños del capital invertido, se debe perseguir la utilidad como objetivo. Si el capital es de privados, la utilidad buscada será económica, pero si fuese aportado por el Estado, la utilidad puede ser social, y en ese caso deberá consignarse con claridad cuál será la unidad de medida de esa utilidad.⁶

Siendo la utilidad (económica o social) la meta que persigue el accionar de una empresa, cabe preguntarse cuál será el vehículo que permitirá alcanzar el objetivo buscado. La respuesta es inmediata: **el producto**. El término *producto* involucra tanto a los bienes materiales o tangibles como a los intangibles o servicios. Entonces, desde este punto de vista, podemos considerar a la empresa como **un sistema de transformación** de recursos en productos.

Los productos son dirigidos por la empresa al mercado,⁷ lo que genera la oferta de los bienes que se encuentran a disposición de quienes los demanden. Para ser parte de la demanda de un determinado producto, los individuos deben tener dos características esenciales: la necesidad⁸ de ese producto y disponer del dinero para su compra. Es decir, quien ofrece un producto no tiene asegurado que será aceptado por los demandantes; no obstante, los productos demandados tampoco tienen asegurada la oferta correspondiente.

El proceso de ajuste entre las cantidades demandadas y ofertadas (o viceversa, cantidades ofertadas y demandadas) se concreta a través de lo que se denomina *precio de mercado*.⁹ En los mercados reales es el consumidor quien además de tener el poder adquisitivo requerido para obtener un producto debe expresar simultáneamente su intención de hacerlo; en otras palabras, debe adquirir dicho producto. Ahora bien, el consumidor tiene, en términos generales, la libertad de adquirir o

⁴ En rigor, deberíamos decir *rentabilidad* (definida como la relación entre la utilidad respecto de la inversión requerida).

⁵ Dependiendo de cada punto de vista, se podrán establecer diferentes conceptos de empresa, aunque se llegará a un concepto que integre las distintas visiones.

⁶ En el capítulo 8: "Cálculo de la productividad", analizaremos en profundidad estos conceptos.

⁷ En primera instancia, podemos definir *mercado* como *el lugar natural donde concurren la oferta y la demanda y se intercambian bienes por dinero*.

⁸ El Diccionario de la Real Academia Española, en su segunda acepción, dice que *necesidad* es aquello a lo cual es imposible sustraerse, faltar o resistir.

⁹ Ver *ley de oferta y demanda* en cualquier libro introductorio de economía.

no los productos que le son ofrecidos, más allá de su poder adquisitivo, dado que solo va a adquirir aquellos productos que realmente le satisfagan una necesidad.

Los consumidores expresan su conformidad o rechazo hacia un producto a través del análisis de varias de las características propias del producto y de las circunstancias de su situación personal. Por ejemplo: imaginemos una persona que tiene dos sobrinos mellizos, que cumplen seis años, cuyos padres la invitan a celebrar el acontecimiento. En consecuencia, este individuo se encuentra en la necesidad de adquirir dos regalos, y piensa, dada la edad de sus sobrinos, en juguetes. Para ello, se dirige a una juguetería, allí observa diversos artículos que le son ofrecidos y analiza las características de cada uno de ellos en función de la utilidad que les brindarán a sus sobrinos, los relaciona con el precio que debe abonar y trata de evaluar una condición de calidad de los productos e inferir qué vida útil tendrán en manos de sus sobrinos, observando la consistencia de su construcción.

Cuando elige uno de los artículos le solicita al vendedor dos unidades, dado que entiende que si lleva dos juguetes diferentes sus sobrinos disenterán sobre qué juguete le corresponde a cada uno. Sin embargo, puesto que solo hay uno solo de esos juguetes en *stock*, el vendedor le ofrece otro igual para el día siguiente por la tarde, un ofrecimiento que nuestro tío desecha en virtud de que el cumpleaños es ese mismo día. Ante esta respuesta, el vendedor le dice que puede disponer de la otra unidad en otra sucursal, algo distante del lugar donde se está gestionando la compra, un ofrecimiento que también es rechazado porque nuestro comprador no dispone del tiempo requerido para trasladarse a esa sucursal. Esta situación obliga a nuestro comprador a elegir otro juguete que sí cumpla con los requisitos que él exige, es decir que cubra las necesidades que él tiene.

Observemos que nuestro comprador analizó el **producto** respecto de las características requeridas para satisfacer la necesidad que motivaba su posible compra, en este caso, el ser un instrumento de diversión para sus sobrinos; también analizó el **precio** para decidir si quería o podía pagarlo en función de sus disponibilidades y de la **calidad** del producto (definida esta como la relación entre las características y el precio); finalmente, analizó la **cantidad**, el **momento** y el **lugar** en que el producto está disponible para su adquisición.

En el lenguaje actual, las condiciones de producto, precio, calidad, cantidad, lugar y momento configuran la denominada **ecuación de valor**, con la que el cliente analiza un producto antes de su adquisición. A esta ecuación la denominamos *de valor* porque será la que defina si el producto tiene valor o no para el cliente; si lo tiene, ese producto se transformará en un bien económico.

Dada su importancia en relación con la comercialización, debemos puntualizar el concepto de *valor*. Para ello tomamos el ejemplo de la leche, y en este momento cabe preguntarse lo siguiente: si la leche, en el punto de venta donde habitualmente la adquirimos, nos cuesta 6 pesos, ¿por qué no la compramos en el tambo, donde su

precio es de 1,40 pesos? La respuesta es sencilla: en el tambo, la leche no cumple con nuestra ecuación de valor debido a que nuestro organismo no está acostumbrado a las características de la leche cruda o pura, la distancia de nuestro domicilio al tambo es significativa, etcétera.

Este ejemplo pone en evidencia que puede pensarse que la actividad de la empresa, si la concebimos en su más amplia expresión, como el lugar natural donde se produce la transformación de características, lugar y tiempo, es generadora de valor en la medida en que acerca el recurso o factor a la condición requerida por el consumidor.

Repasando las nociones que hemos trabajado, estamos en condiciones de establecer un concepto de empresa más amplio: *La empresa (manufacturera), como sistema socioeconómico, es el resultado de una inversión que busca una utilidad a partir de ofrecer productos al mercado, que son el resultado de un proceso de transformación y que serán evaluados por los consumidores de acuerdo con su particular ecuación de valor.* Si las respuestas a la ecuación de valor son positivas, el comprador adquirirá el producto; si son negativas, lo desechará. En consecuencia, la empresa configura una inversión de riesgo.

De lo antedicho se desprenden dos conclusiones de suma importancia: la empresa realiza una inversión que busca rentabilidad como objetivo fundacional, y el producto es el vehículo que permitirá generar esas utilidades. En consecuencia, al profesional de una organización industrial debe quedarle claro que su actividad en la empresa solo sirve si contribuye a generar utilidades, y debe quedarle claro también que un producto, por mejor que sea, si no es aceptado por el consumidor no sirve.

En la figura 1.1 se introduce además otro concepto: la **cadena de valor**, que, como puede apreciarse, incluye el universo de actividades que es necesario realizar para pasar de la condición de insumo a la de producto disponible para el consumidor de acuerdo con las características de su ecuación de valor.

Implícitamente, se entiende que el concepto de *utilidad* hace referencia a la utilidad expresada en términos de dinero, lo que es perfectamente lógico cuando particulares invierten su capital en una empresa. En este camino, es obvio preguntarse si este concepto de empresa incluye lo que podríamos denominar empresas sociales, como las universidades estatales, los hospitales públicos, etcétera. La respuesta es afirmativa, ya que las incluye, pues se trata de un concepto amplio.

Vayamos al análisis de la respuesta: en primer lugar, ya sea una universidad o un hospital, o cualquier otro organismo semejante, exige una inversión de capital, y el hecho de que este no sea aportado por particulares no lo exime de su característica de bien económico, que por consiguiente será escaso y tendrá un costo de oportunidad. En segundo lugar, cualquiera de los organismos que hemos mencionado prestan un servicio, y ese servicio se genera por la transformación

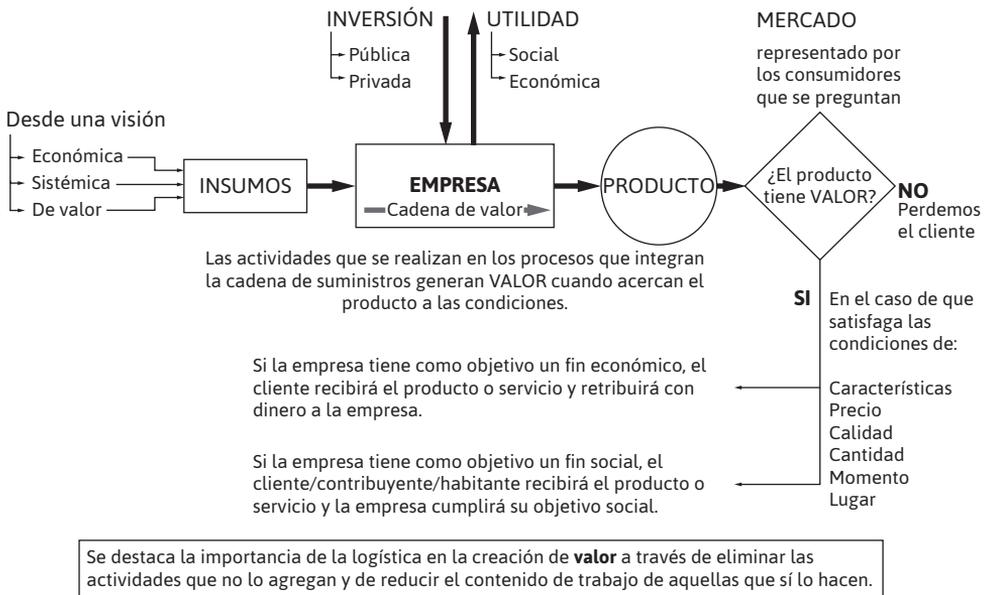
de recursos económicos (que, nuevamente, serán escasos y tendrán un costo). Además, dicho servicio es el resultado de la actividad de un sistema (interacción de recursos ordenados por un objetivo común: prestar el servicio). En tercer lugar, existe una utilidad que no se expresará en términos de dinero, sino en otra unidad de medida, como podría ser el número de egresados, la calidad de la formación, etcétera.

El hecho de que quien utiliza el servicio no abone su costo no significa que el servicio no tenga costo. Tiene costo, ya que es el resultado de la transformación de recursos económicos. Por consiguiente, es inadecuado sustraer a la empresa universidad, hospital o similar del concepto de eficiencia; debemos tener la claridad de expresar los términos de eficiencia en las unidades que correspondan al tipo de servicio generado.

1.2. EL MODELO DE EMPRESA

La figura 1.1 muestra un modelo de empresa desde una triple visión, que nos permite una caracterización conceptual amplia y abarcadora.

Figura 1.1. Modelo tridimensional de empresa que se utilizará a lo largo de la obra



Fuente: elaboración propia

RESUMEN

Partiendo de los conceptos de la teoría de la libre empresa (o teoría del mercado) hemos desarrollado un modelo descriptivo de la empresa que permite comprenderla desde una triple visión:

- La visión económica, que la caracteriza como una inversión en busca de rentabilidad.
- La visión sistémica, que establece que la empresa es un sistema socioeconómico de transformación.
- La visión de valor, que manifiesta que la empresa es generadora de valor en la medida en que acerque el producto a las condiciones requeridas por el cliente y que estas estén expresadas en su ecuación de valor.

Estudio de casos

Swissair

El avión es el medio de transporte más seguro. Suiza es uno de los países más seguros para las inversiones. Pero ello no quiere decir que la inversión en una aerolínea suiza sea una inversión segura. Swissair es la prueba. La empresa se creó en los años treinta, y en los noventa inició una política de alianzas (con Delta Airlines y Singapore Airlines). Pero buscó el crecimiento en la estrategia del cazador, basada en la adquisición de pequeñas compañías más que en ampliar las alianzas. Esta política le causó un problema de liquidez, y la contracción de la demanda tras los atentados a las Torres Gemelas y la competencia de compañías de bajo costo hicieron el resto. Dejó de operar en 2002.

Fuente: apuntes del profesor Guillermo Granja (2013). Autor: Crithian del Salto (<http://horasur.wordpress.com/2009/12/24/diez-companias-que-han-fracasado-en-la-ultima-decada/>).

Ejercicios

1. **Aplique el modelo de empresa a un hospital de propiedad y financiamiento estatales. Exprese diferencias y similitudes respecto de un hospital de propiedad y financiamiento privados.**
2. **Aplique el modelo de empresa a una organización de servicios (por ejemplo, de procesamiento de datos, distribución de aguas, etcétera). Exprese las diferencias y similitudes respecto de una empresa metalmecánica.**
3. **¿Por qué los consumidores pagan un litro de leche a 5,50 pesos en el mercado de proximidad y no lo hacen a 1,40 pesos en el tambo?**

- 4. Exprese la ecuación de valor respecto de la posible adquisición de una tablet y de una pizza. Analice las diferencias y similitudes.**
- 5. ¿Qué condición debe darse para que usted realice la adquisición de un producto cuya ecuación de valor sea nula?**
- 6. Si decide invertir en una empresa, ¿usted está seguro de obtener las utilidades buscadas? En tal caso, ¿cómo se define esa situación?**

CAPÍTULO 2

LA EMPRESA COMO SISTEMA

En este capítulo nos centraremos en la visión sistémica de la empresa para identificar los principales subsistemas (áreas) que la componen.

Partiendo de la definición de empresa propuesta en el capítulo anterior, aquí abordaremos la visión sistémica. Si aceptamos como válido que se considere sistema *a todo conjunto de factores que interactúan entre sí organizados por un objetivo común*, estamos en condiciones de desarrollar, sin problema alguno, la tarea propuesta. Es sabido que el objetivo fundacional de una empresa es la obtención de utilidades, y que ese es el objetivo común que unifica las interacciones de los elementos que la constituyen.

2.1. CONCEPTOS DE TAREA, FUNCIÓN Y ÁREA

En el desarrollo del curso utilizaremos reiteradamente tres palabras: tarea, función y área. Por lo tanto, comenzaremos por precisar el significado de estos conceptos. Como **tarea** entendemos una actividad que tiene un objetivo primario específico y un objetivo secundario más abarcador. Por ejemplo: la tarea de confeccionar cheques tiene como objetivo primario disponer de un medio de pago; y como objetivo secundario, el pago de las obligaciones de la empresa. La **función** hace referencia a un conjunto de tareas con similar objetivo secundario. Siguiendo con el ejemplo del cheque, podemos tener la función de pago a proveedores, que agrupa diferentes tareas como controlar y registrar facturas, emitir cheques, registrar pagos, etcétera. Al igual que la tarea, la función tiene un objetivo primario y un objetivo secundario. El **área**, en cambio, agrupa funciones con similar objetivo final. Por ejemplo: el área industrial abarca el conjunto de funciones cuyo objetivo final esté relacionado con la transformación de los insumos en producto.

2.2. LAS ÁREAS EN LA EMPRESA

Ahora analizaremos las interacciones o tareas que surgen de las actividades que desarrollan los factores. Una primera observación de la figura 1.1 que presentamos en

el capítulo 1 nos lleva a identificar dos grupos de tareas claramente definidas: por un lado, las orientadas a la transformación física de los recursos en producto, y por otro lado las orientadas a distribuir dichos productos en el mercado consumidor.

Dado que todo sistema puede considerarse como integrado por subsistemas o sistemas de orden menor, se puede definir la existencia de un subsistema destinado a la transformación como **sistema industrial o área de las transformaciones**,¹ mientras que con similar criterio se puede denominar **sistema comercial o área** al conjunto de actividades orientadas a la distribución del producto en el mercado.

En la figura 1.1 nos falta indicar algunos factores que pueden considerarse como evidentes, ya que estos resultan de la observación diaria. Se trata del flujo monetario y del flujo de datos, que desde el mercado se dirigen a la empresa y de alguna manera la traspasan para llegar al mercado proveedor de los insumos que son utilizados en el proceso, lo que nos permite construir la figura 2.1.

El flujo monetario requiere ser administrado. Esta exigencia configura la realización de un conjunto de diferentes tareas que nos permiten identificar otro subsistema componente del sistema empresa: **el subsistema o área contable y financiera**. Por su parte, los datos que recibe la empresa desde el mercado son expresiones de la realidad de un momento dado; sin embargo, para que esos datos sean útiles para la toma de decisiones deben convertirse en información.

En este punto debemos precisar la diferencia que existe entre dato e información, y para ello nada mejor que un ejemplo. Supongamos que nos encontramos en una habitación y que no tenemos ningún otro dato de la realidad que la temperatura exterior que nos anuncia un termómetro digital, en el que podemos leer 10° C. ¿Es eso suficiente o necesitamos otro dato para vestirnos y salir?

Un primer interrogante es: ¿en qué escala el termómetro expresa la temperatura que mide: Celsius, Fahrenheit? Además, ¿en qué mes nos encontramos?, ¿qué hora es?, ¿en qué hemisferio nos hallamos?, dado que no es lo mismo las 10 horas del mes de enero en el hemisferio sur que en el norte.

Es evidente que a los fines de solucionar un problema no son de utilidad datos aislados, como la indicación de que hace 10° C. Se necesita una serie de datos ordenados: la hora, el mes, el hemisferio, etcétera, y a ese conjunto de datos lo denominamos **información**, mientras que el conjunto de informaciones que la empresa requiere configura el **flujo informativo**.

De lo enunciado en el párrafo precedente se deduce que solucionar un problema implica tomar una **decisión**, y las decisiones que en forma permanente se

¹ A diferencia de otras ciencias que cuentan con una terminología definida, en la administración no existe una terminología universalmente aceptada; en consecuencia, se genera un cierto problema de expresión que nosotros trataremos de salvar a partir de expresar primero qué entendemos como concepto, al cual luego le asignaremos una denominación. Creemos que de este modo el lector podrá asimilar con facilidad las diferencias terminológicas.

deben tomar configuran un área específica que denominamos **área de gestión**.² Actualmente es común observar un área cuyo objetivo específico es la administración de las existencias que forman parte del llamado capital de trabajo y que se reconoce bajo el nombre de **área de logística**, que en la figura 2.1 se representa en el denominado flujo material.

Igualmente, y en virtud de que en determinados productos la innovación –ya sea en el producto como en las tecnologías de fabricación– es esencial para la permanencia de la empresa en el mercado, es posible reconocer la existencia de un área específica generalmente llamada **área de innovación y desarrollo** o **desarrollo** a secas.

Esta primera enumeración de subsistemas o áreas integrantes del sistema empresa la hacemos solo a título informativo, dado que oportunamente nos explayaremos sobre cada una de ellas. Sí es conveniente precisar que nuestro texto se basa en el principio que denominamos de **igualdad y diferenciación**, que a nuestro criterio es aplicable a la totalidad del conjunto de las empresas. Este principio establece lo siguiente: *en todas las empresas se realizan las mismas tareas, pero lo que difiere en cada una es el contenido de trabajo que requiere la ejecución de cada tarea*.

Esta aseveración es fácilmente identificable, pues todas las empresas venden, transforman o producen, perciben sus créditos, pagan sus compromisos, tratan de generar utilidades, etcétera. Ahora bien, el **contenido de trabajo de una tarea**, definido por el tiempo hombre y los medios que requiere su ejecución, va a depender, entre otras cosas, del número de repeticiones de cada tarea. Esto también es evidente dado que una empresa que atiende mil ventas por día tiene una carga de trabajo, en lo que a facturación se refiere, diferente de otra empresa cuyo nivel de facturación es de cincuenta ventas por mes.

Si aceptamos el principio de **igualdad y diferenciación** y nos centramos en el objeto de la tarea, podremos comprender las diferentes denominaciones de áreas y funciones entre empresas, pero lo más importante es que podremos entender su estructura de funcionamiento. A continuación se presenta la figura 2.1, de los flujos de dinero, de datos y de materiales.

Figura 2.1. Sentidos de circulación del flujo de materiales, de dinero y de datos en las organizaciones



Fuente: Elaboración Propia

² Es lo que suele llamarse *management*.

RESUMEN

Si observamos las diferentes actividades que se desarrollan en la empresa podemos agruparlas en conjuntos de características propias orientados por un objetivo primario particular, aunque derivado del objetivo fundacional de la empresa. Así estos conjuntos tienen todas las características de sistemas componentes de un sistema de orden mayor. Estos subsistemas, en el campo de la administración, se reconocen como áreas. En nuestra definición genérica (o ideal) reconocemos la existencia de diversas áreas: industrial, comercial, logística, contable-financiera, gestión, e innovación y desarrollo. A partir de la vigencia del principio de igualdad y diferenciación, la estructura propia de cada empresa responderá a sus características particulares.

Estudio de casos

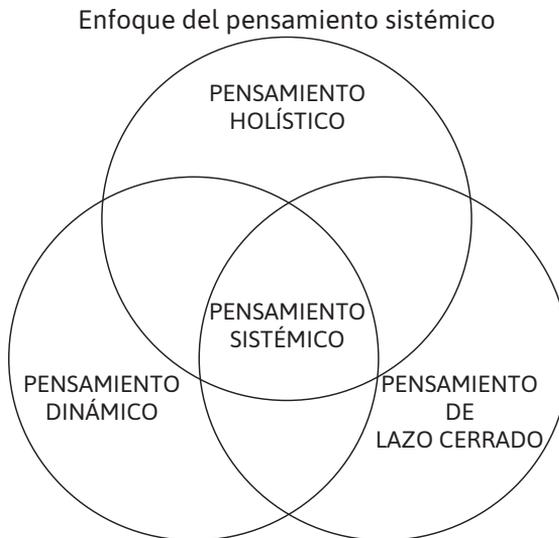
Pensamiento sistémico de Toyota

Por Alexis Codina

<http://www.degerencia.com/acodina>

Componentes del pensamiento sistémico

Para presentar los componentes del pensamiento sistémico, los autores utilizan el siguiente esquema:



Fuente: Atwater, J. Brian y Pitman, Paul (2008). "We Want To Be Toyota". En APICS, marzo-abril.

a) El *pensamiento holístico* consiste en estudiar el papel y el propósito de un sistema y de sus partes como un todo para comprender por qué actúan (funcionan) como lo hacen. Debe entenderse que *holístico* deviene del holismo; esta última es una doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes.

El pensamiento holístico es una parte esencial del pensamiento sistémico pero no es suficiente, ya que no por tener por separado un motor, una batería, una bomba hidráulica, etcétera, tendremos un automóvil. Haciendo el paralelismo con una empresa como Toyota, no basta con tener gerencias, operarios, tecnologías, es necesario algo más.

Para completar esta idea, citamos a Jay Forrester, uno de los pioneros del pensamiento sistémico, que identificó, entre otras, las siguientes características del comportamiento sistémico:

- Causa y efecto, frecuentemente, están separados en tiempo y espacio.
- La solución de problemas que mejora una situación a corto plazo crea, con frecuencia, mayores problemas en el largo plazo, mientras que acciones que pueden considerarse malas en el corto plazo pueden tener efectos positivos en el largo plazo.
- Por los factores anteriores, las personas, frecuentemente, no aprenden de sus propios errores.
- Las interrelaciones entre partes de un sistema complejo, con frecuencia, generan comportamientos de acción-reacción (ataque-defensa). Consecuentemente, lo que parece una decisión obvia puede ser una mala elección si no se valoran sus efectos de reacción.

b) El *pensamiento dinámico* analiza cómo el sistema y sus partes se comportan todo el tiempo, es decir, cuáles y cómo son sus movimientos y tendencias. Esto, claramente, identifica al sistema como un todo con vida propia, especialmente en las organizaciones que crecen, decrecen, se encuentran influenciadas por el medio, etcétera.

c) El *pensamiento de lazo cerrado* (*closed loop*) investiga cómo las partes de un sistema reaccionan e interactúan unas con otras y con factores externos. Es decir, esas partes dependen unas de otras, son verdaderos clientes internos y su vinculación deberá ser óptima para contribuir positivamente al objetivo común del sistema.

En síntesis: holísticamente, entendemos el sistema como la suma de las partes, y que no alcanza solo con tener partes. La visión de lazo cerrado nos permite identificar la relación que tienen esas partes para contribuir al objetivo del sistema. Finalmente, el pensamiento dinámico permite ver a los sistemas como cambiantes en el tiempo, influidos e influyentes con el medio que los rodea.

Fuente: http://www.degerencia.com/articulo/retorno_al_management_japones.

Ejercicios

1. **Ejemplifique con un caso práctico que conozca cómo circulan los flujos de dinero, de información y de materiales.**
2. **En el caso presentado en la consigna anterior, ¿qué información hace interactuar a los subsistemas mencionados en este capítulo?**
3. **Una consecuencia de los sistemas es que estos funcionan deficientemente cuando una de las partes que los componen falla. Ejemplifique esto en el caso que presentó en la consigna 1 y que continuó trabajando en la consigna 2.**
4. **Utilizando el principio de igualdad y diferenciación, ejemplifique las similitudes que tienen una empresa terminal automotriz y una fábrica de tortas artesanales.**
5. **Genere un caso en un sistema fabril con datos e información sueltos. Luego discútalo con un colega, amplíe con él las variables tomadas y genere un escenario posible que permita ser mejorado.**

CAPÍTULO 3

EL ÁREA INDUSTRIAL¹

El objeto del presente capítulo es la descripción y el análisis de las diferentes actividades que comprende la tarea del área industrial que permiten pasar de la idea de producto, dada por la definición comercial, al producto físicamente disponible para el cliente.

Siendo el objeto del área industrial la realización del proceso de transformación (física o química, superficial o estructural) de los insumos en productos, a modo de definición y expresión de objetivos propios podemos conceptualizarla como *el conjunto de personas, medios y procedimientos tecnológicos que interactúan con el objeto de producir bienes en las condiciones de cantidad, calidad, costo y tiempos requeridos por la gestión comercial.*

El término *medios* debe ser entendido en su expresión más general, ya que abarca los insumos tecnológicos, materiales, energéticos, etcétera, que son de uso en los sistemas industriales, mientras que por *procedimientos tecnológicos* entendemos el conocimiento y dominio de los modos de hacer, esto es, los diferentes modos de ejecutar actividades con el objeto de fabricar los productos deseados.

3.1. LAS TAREAS DEL ÁREA INDUSTRIAL

En la descripción y el análisis del área industrial nos centraremos en la observación de la tarea, entendida esta como un conjunto de actividades que permiten pasar de un estado definido como inicial a otro definido como final. Esta definición de tarea se focaliza en su objeto, es decir, el *para qué* se hace, y no considera el contenido de trabajo² que exige el conjunto de actividades requeridas para pasar del estado inicial al final.

¹ En la terminología moderna suele denominarse *área industrial* al área de operaciones, lo que permite extender los conceptos que desarrollamos a un amplio espectro de empresas, como las que operan en la generación de servicios.

² El contenido de trabajo indica la cantidad de tiempo reloj que demanda llevar a cabo las actividades de la tarea.

Esta simplificación, meramente didáctica, aplicada conjuntamente con la idea deducida del principio de igualdad (que todas las empresas realizan las mismas tareas), nos permite que la descripción y el análisis que efectuemos de una tarea determinada tenga aplicación para la totalidad de las empresas industriales, ya que, como establece el principio de diferenciación, aquello que varía de empresa a empresa es el contenido de trabajo de la tarea.

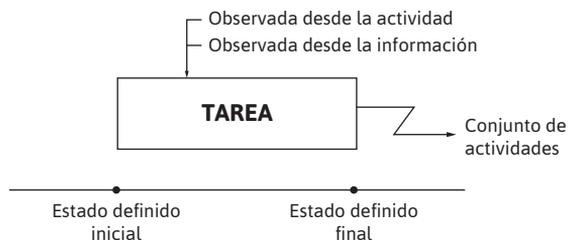
Desde otro enfoque, Mintzberg sostiene que cada actividad humana organizada –desde la fabricación de cacharros hasta poner al hombre en la Luna– da origen a dos requerimientos fundamentales y opuestos: la **división** del trabajo entre varias tareas a desempeñar y la **coordinación** de esas tareas para consumir la actividad (2000: 6).

Mientras que en la realización física de una tarea tanto su resultado como los insumos utilizados son cuantificables en alguna unidad de medida (piezas, litros, kilogramos, etcétera), la coordinación de las diferentes tareas requiere otro tipo de insumo: información.³ Es por ello que la descripción y el análisis de las tareas se desarrolla desde dos puntos de vista complementarios: el de la tarea en sí y el de la información que involucra.

Considerando a la empresa como un sistema que se integra por diferentes subsistemas de orden menor, tenemos que relacionar esta idea con el concepto de tarea. Si un sistema es todo conjunto de factores que interactúan entre sí organizados por un objetivo común, la *tarea* forma parte de los *factores* del sistema.

Como un sistema se integra por módulos, y a su vez módulos diferentes pero relacionados integran subsistemas, y, finalmente, los subsistemas conforman el sistema, las tareas se integran en funciones y las funciones en áreas. En consecuencia, quedan establecidos los parámetros que guían la observación y el análisis de las tareas: la definición de la tarea, la observación desde el punto de vista de la actividad, y la observación desde el punto de vista de la información requerida, tal como se esquematiza a continuación:

Figura 3.1. Análisis gráfico del concepto de tarea



³ Definimos como *información* al conjunto de datos de la realidad ordenados para la toma de decisiones. Ver el capítulo 2.

Como herramienta didáctica definiremos una empresa de existencia virtual en la cual se agruparán las tareas en funciones y las funciones en áreas; esto se hará en forma genérica, es decir, sin la consideración del tiempo que su contenido de trabajo requiera en cada empresa particular y aceptando desde ya que ese contenido (el de trabajo), al condicionar los medios que cada empresa debe disponer para realizar dichas tareas, puede requerir modificaciones en el agrupamiento de estas y/o de las funciones, aunque dicha situación no invalidará la observación y el análisis realizado en este libro. Similar criterio debe ser tenido en cuenta respecto de las denominaciones que se asignen a cada función, dada la carencia de la administración de terminología de reconocimiento universal.

Desde la perspectiva del estudio del trabajo, la utilización de esta metodología es central para que el profesional que deba desempeñarse como asesor en diferentes empresas en forma simultánea pueda comprender el funcionamiento de cada una en particular, y también servirá como herramienta de comparación para el que cambia de una empresa a otra.

Establecidas las bases de la propuesta, encaremos su aplicación. Apelando a la representación sistémica, el área industrial puede graficarse como indica la figura 3.2. Siendo los insumos –a excepción del recurso humano–⁴ bienes económicos, cabe distinguir cuáles de los insumos serán bienes de capital y cuáles serán bienes intermedios.⁵ Es evidente que dentro de la categoría de bienes de capital se ubican terrenos, edificios, máquinas, instalaciones y todo aquello que sirva para el proceso de transformación y que es permanentemente reutilizado para tal fin, mientras que todos los demás insumos son bienes intermedios, dado que son objeto de transformación en productos comerciales destinados a consumidores finales o en productos (bienes) intermedios destinados a clientes que los utilizarán en la fabricación de otros bienes.

Figura 3.2. Visualización del concepto de área industrial⁶



⁴ Si bien desde la concepción pura de la teoría de Adam Smith el recurso humano es conceptualmente un insumo más de la producción y su salario expresa su participación en el costo del producto, y por ende debe estar sujeto a la ley de la oferta y la demanda, desde nuestra concepción ética rechazamos de plano esa consideración, ya que pensamos que la actividad económica debe servir al hombre y no el hombre a la actividad económica.

⁵ La denominación de bienes de capital o de consumo hace referencia a la visión de la ciencia de la economía. Más adelante veremos que desde el punto de vista administrativo los denominaremos *activo o capital fijo* y *activo o capital de trabajo*.

⁶ En la definición que aquí planteamos para área industrial, tanto la idea de insumo como la de producto deben presentarse en su forma más general.

3.2. EL PRODUCTO

De acuerdo con lo indicado en la figura 1.1 del capítulo 1, un producto se destina a un consumidor determinado, ya sea final o intermedio, y para que este lo adquiera el producto debe cumplir con su particular ecuación de valor, es decir, debe satisfacer una necesidad, tener un precio que el consumidor pueda pagar, que su calidad como relación precio/características sea aceptable, y encontrarse disponible en cantidad, lugar y momento requeridos.

El área comercial de la empresa tiene a su cargo la tarea de seleccionar posibles adquirentes (mercado meta), reconocer sus necesidades, desarrollar los productos que los satisfagan y crear y expandir la demanda de estos.

Cuando una persona decide que debe adquirir, por ejemplo, una heladera, lo hace respondiendo a una necesidad específica, pero la búsqueda del producto requerido estará condicionada por las circunstancias propias del momento, como por ejemplo el espacio disponible para su ubicación, las zonas de frío requeridas, la disposición interior, etcétera, que se convierten en características con las que la persona deberá observar el conjunto de heladeras disponibles, conformar el conjunto de productos posibles (aquellos que poseen las características deseadas) y desechar aquellos que no cumplen con las características esperadas.

Denominamos *función producto* al sector (o subsistema) del área comercial de la empresa que a partir de la observación exhaustiva del segmento (o porción) de mercado que se ha elegido como *mercado meta* define el conjunto de características que se supone responderán a la ecuación de valor de los clientes comprendidos en dicho segmento. Ese conjunto de características se denominan **definición comercial del producto**.⁷

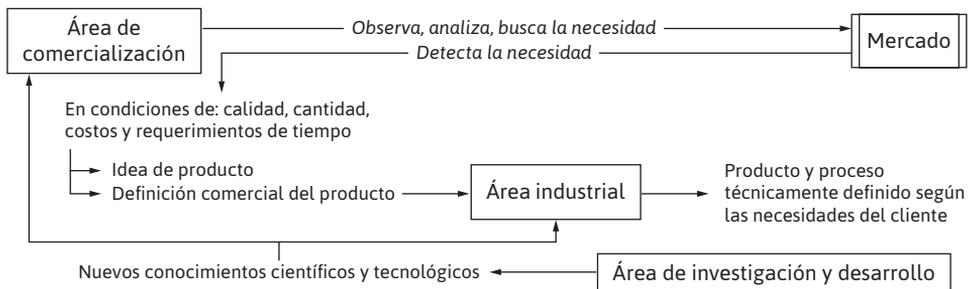
Si bien la función producto es la responsable de esta definición, no lo es en forma absoluta, es decir, en cuanto a considerarse como único punto de partida en la generación de un nuevo producto, ya que en muchas oportunidades los descubrimientos científicos, las innovaciones y los cambios tecnológicos posibilitan otros puntos de partida que generan ideas de nuevos productos; en este caso es el área de investigación y desarrollo la **generadora** del principio del nuevo producto, y le corresponderá al área comercial *crear y expandir la demanda del nuevo producto*, como indicamos cuando establecimos el concepto de comercialización.

La idea matriz de que la empresa es una inversión en busca de una utilidad y de que el producto es el vehículo esencial de dicha utilidad obliga a una observación constante de su vida útil analizada desde el punto de vista de su penetración en el mercado, es decir, de su capacidad de generar ingresos. Los televisores con tubo

⁷ Además de las características que el cliente observa en la elección del producto que satisfaga su ecuación de valor, la *definición comercial del producto* incluye datos esenciales para el desarrollo posterior de ese producto, como cantidad a vender (serie total), años de vida comercial, costo máximo admisible, características de servicio deseado, etcétera.

de imagen van desapareciendo del mercado puesto que son reemplazados por las pantallas. En un modo similar, las tablets reemplazan a las notebooks.

Figura 3.3. Interacción del área comercial con el área industrial en la tarea de generar los productos que satisfagan necesidades del mercado



Asimismo, actualmente el horno de microondas es de uso universal, por lo menos en determinados sectores o niveles de consumo, y su uso se ha expandido de tal forma que el corte de suministro eléctrico puede ponernos en aprietos simplemente para calentar una taza de café, y sin embargo hace apenas cuarenta y cinco años el producto ni siquiera existía.⁸

En la figura 3.3 sintetizamos la vinculación del área comercial con el mercado, con el área de investigación y desarrollo y con el área industrial, en lo referido a la generación del producto. Independientemente de cuál sea la fuente de ideas de nuevos productos, ya sea que estos respondan a nuevas necesidades o que modifiquen las formas de satisfacer necesidades existentes, es la función producto del área comercial la responsable de sintetizarlas y expresarlas en las denominadas especificaciones comerciales.

3.3. EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

Suele denominarse **desarrollo del producto** al conjunto de tareas que se requieren para pasar de una situación inicial dada por la necesidad de un determinado segmento de mercado y/o la idea de un nuevo producto, a una situación final dada por el producto disponible en el mercado.

Como observamos en la figura 3.3, el área industrial trabaja a partir de la idea comercial del producto expresada en las denominadas especificaciones comerciales, que, como recordamos, conforman la descripción del producto desde el punto de vista de los requerimientos de valor del cliente, es decir, sus deseos en cuanto a

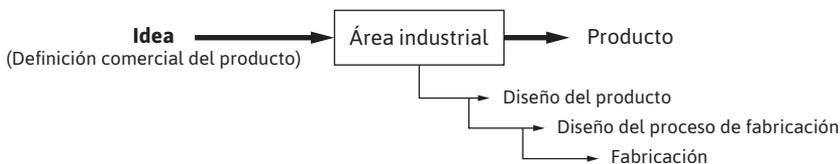
⁸ Para muchos de los lectores, este tiempo puede ser superior a su edad, pero en términos de historia dicho lapso no es relevante.

diseño, precio, cantidad, calidad, lugar y momento requeridos al producto, y que serán condiciones de diseño, fabricación y, sin duda, de funcionamiento del producto.

Pasar de la *idea*, dada por las especificaciones comerciales o definición comercial, a un *producto* que cumpla esas condiciones, implica que el área industrial realice un conjunto de actividades que puedan organizarse de acuerdo con sus características comunes, de modo que, a los efectos didácticos, podamos integrarlas a la empresa de existencia ideal que hemos definido y que, al mismo tiempo, nos permitan conocer su objeto, contenido de trabajo, medios, tecnologías que emplean y su vinculación al conjunto. De este modo, se las puede observar en otras empresas a pesar de que necesariamente se deben realizar en otros formatos y/o bajo otras denominaciones. Así, gráficamente, tenemos la figura 3.4.

La definición comercial del producto atiende a las características que el cliente, desde su necesidad, le demanda al producto. Sin embargo, con dichos elementos el producto no puede fabricarse; en rigor, este aún no tiene existencia física. Por ejemplo: el cliente exige un tamaño de heladera, pero no dice nada respecto del espesor de la chapa del gabinete; requiere dos (o una) zonas de frío, pero no dice nada respecto del tipo de compresor ni del circuito del refrigerante, y así sucesivamente. Las diferentes tareas que permiten resolver estas cuestiones son el ámbito de la función que denominaremos **ingeniería de producto**.

Figura 3.4. Funciones que se desarrollan en el área industrial



La transformación de los insumos en productos, o sea, la fabricación, se realiza bajo especificaciones técnicas⁹ que tienen en cuenta la tecnología que las operaciones de fabricación requieren o la disponible en la planta de la empresa, las cantidades a fabricar, etcétera. Denominaremos **diseño del proceso de fabricación o ingeniería de fabricación** a la función que engloba las diferentes tareas que permiten establecer un proceso de fabricación adecuado a las demandas solicitadas. Llevar a la práctica el proceso de fabricación requiere realizar y armonizar un conjunto de tareas que definen la función **fabricación**.

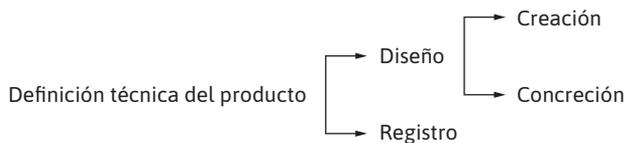
⁹ Debe tenerse claro que mientras que las especificaciones comerciales –como ya hemos dicho– responden a las necesidades del consumidor, las especificaciones técnicas son aquellas que, partiendo de los conocimientos tecnológicos, permiten asegurar que el producto cumpla con su objeto de diseño.

3.4. LA FUNCIÓN DISEÑO DEL PRODUCTO

La función ingeniería del producto realiza un conjunto de tareas que pueden expresarse como la actividad de diseño del producto que básicamente consiste en pasar del estado de *idea del producto*, generado por el área comercial, al estado de *producto técnicamente definido*.

El estado de **idea del producto** responde a la actividad comercial respecto de las necesidades del mercado; tal como hemos visto, esa idea se materializa en la denominada definición comercial del producto (ver la figura 3.3).

El estado de **producto definido** responde a la actividad de la función diseño del producto, que permite dar forma técnica a la idea comercial y se expresa a través de diferentes documentos, como **planos** (en todas sus versiones, según el producto y las necesidades técnicas), listas de componentes, especificaciones, notas de cambio. Las tareas que comprende la definición técnica del producto pueden sintetizarse de la siguiente manera:



La actividad de **diseño del producto** comprende la determinación y especificación de sus partes y su correlación, de modo que se conviertan en un conjunto unificado que satisfaga sus prescripciones en un estado de eficiencia equilibrada. Esta actividad implica dos fases: la creación y la concreción. La **creación**, que configura el acto imaginativo de esencia intuitiva, es el acto creador por excelencia. El diseñador imagina un producto que responda a los requerimientos comerciales. La **concreción** consiste en la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos que permitan sintetizar y expresar la creación de lo imaginado en forma concreta y posible de fabricar. La **actividad de registro** es el procedimiento por el que el diseño es documentado y comunicado a las distintas áreas de la empresa. Se materializa en la emisión de la denominada **documentación técnica**.

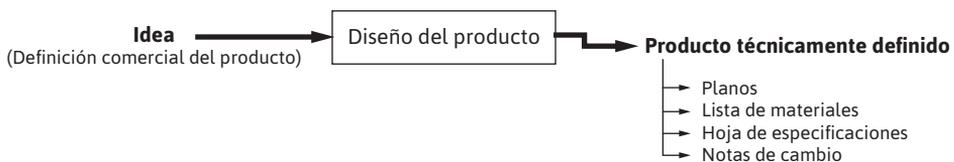
Como se expresa en el esquema de la figura 3.5, el producto técnicamente definido (o simplemente el producto definido) queda registrado en la denominada documentación técnica del producto, que está dada por los planos, el listado de componentes y la hoja de especificaciones. A esta documentación suelen agregarse las llamadas notas de cambio, que documentan los cambios efectuados en el producto a partir de un cierto momento.¹⁰

¹⁰ En el conjunto de tareas que comprende el desarrollo del producto, existe una, denominada punto de congelamiento (*freezing point*), a partir de la cual no se introducen modificaciones al producto si no son tramitadas por notas de cambio, las cuales exigen un procedimiento específico.

Los planos son la expresión gráfica del producto y sus componentes. Mediante ellos se pueden determinar sus formas geométricas y dimensiones. Deben considerarse en esta etapa circuitos eléctricos, electrónicos, neumáticos, hidráulicos, etcétera, según sea el caso. Dado que los productos físicos comprenden tres dimensiones y el plano de dibujo solo dos, debe arbitrarse un procedimiento que permita expresar tres dimensiones en solo dos. Estos procedimientos están contemplados en las normas de representación o dibujo.¹¹ Adicionalmente, se deberán respetar las normas y costumbres para todo el resto de los planos y circuitos, más allá de los que expresen las formas geométricas del producto.

El **listado de componentes** constituye la expresión literal de la composición del producto. Las **hojas de especificaciones** comprenden los requisitos técnicos que deben cumplir el producto, sus componentes y las materias primas. La **nota de cambio** consigna un cambio en la composición del producto, el cual se produce luego de emitida la documentación definitiva.

Figura 3.5. Síntesis de entrada y salida del diseño de un producto, documentos de un producto técnicamente definido



Nota: La integración de la documentación técnica que señalamos es de carácter general, de uso habitual en empresas del tipo metalmecánica, que adopta variantes en el caso particular de cada empresa y/u otro tipo de industria o servicio.

Fuente: elaboración propia.

Es necesario resaltar que la integración de la documentación descrita previamente responde, en términos generales, a empresas industriales del tipo metalmecánica. En otro tipo de empresas podemos encontrar diferencias significativas en el formato y el contenido de la documentación utilizada para la descripción técnica del producto.

3.5. LA FUNCIÓN DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

La actividad de la función diseño del proceso de fabricación (también denominada *ingeniería de proceso*) consiste en establecer el proceso de fabricación que posibilite alcanzar las cantidades pedidas en el tiempo de entrega y de acuerdo con las especificaciones requeridas por el cliente al menor costo posible y siendo compatible

¹¹ En cada país existe un organismo (o varios, organizados por área técnica) responsable de la emisión de las diferentes normas que tienden a unificar procedimientos, denominaciones, etcétera. En nuestro país es el IRAM; en Alemania, el DIN; en Estados Unidos, el ASME; etcétera.

tanto con los requerimientos del cliente como con las condiciones de generación de la máxima utilidad posible para la empresa.

Por proceso de fabricación se entiende el conjunto de actividades que son necesarias para pasar de un estado definido como inicial, generalmente denominado *materia prima*,¹² a un estado definido como final, normalmente denominado *producto*.¹³ La definición precedente de proceso de fabricación se deduce del concepto de proceso, en sentido amplio, como conjunto de actividades que permiten pasar de un estado definido como inicial a otro definido como final. La amplitud conceptual de esta definición está dada en el carácter de *definido*, es decir, elegido, que se da tanto en el estado inicial como en el final y en la expresión *conjunto de actividades*, que como tal puede aplicarse a cualquier índole de actividades (incluso administrativas).

En el caso de referirnos a un proceso de fabricación, la expresión **producto** hace referencia al resultado final del proceso de fabricación con independencia de si dicho estado es el que corresponde a un producto comercial o a un estado intermedio. Asimismo, la denominación *materia prima*, con la cual –generalmente– se designa al estado inicial, puede adoptar diferentes formas y estados, lugares y momentos, de un todo denominado *proceso total de fabricación*.

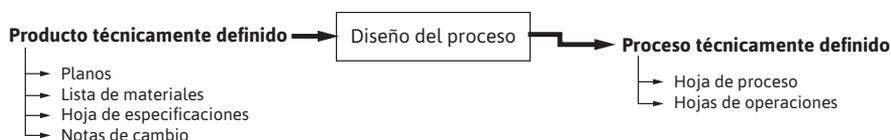
La definición del proceso de fabricación queda registrada en dos documentos, como se indica en la figura 3.6. Dado que las actividades que conforman un proceso suelen ser de características disímiles entre sí y al mismo tiempo suelen exigir una necesidad de secuencia en su desarrollo, se introduce el concepto de **operación** como una agrupación de una parte definida y precisa de las actividades que conforman el proceso.

La **hoja de proceso** indica el conjunto (en términos amplios) o secuencia de operaciones que comprende el proceso de fabricación. La **hoja de operación** indica las características particulares, condiciones de realización y medios utilizados en una operación determinada. Si bien el diseño de un proceso de fabricación puede considerarse, desde un punto de vista amplio, guiado por el libre albedrío de el/los diseñadores del proceso, esto es, sin otros límites que la imaginación de los diseñadores, en realidad depende de diversos condicionamientos, como la capacidad tecnológica del sistema laboral que lo implementará, las cantidades de productos a fabricar por unidad de tiempo, el costo de fabricación, su precio de venta, etcétera. Un detalle más amplio de la incidencia de estos factores los analizaremos oportunamente.

¹² Si queremos extender estos conceptos a otro tipo de empresas, como un banco, podemos decir que al estado definido como inicial lo denominamos *inicio del trámite*, y al estado final, *trámite finalizado*. Si el proceso a definir fuese el otorgamiento de un crédito, el inicio del trámite puede considerarse el instante de presentación de la solicitud, y el final del trámite, el instante en que se acredita el importe del préstamo en la cuenta del cliente.

¹³ Tener presente que anteriormente ya hemos establecido que las empresas prestadoras de servicios también denominan *productos* a los diferentes servicios que brindan.

Figura 3.6. Síntesis de la entrada y salida del diseño de un proceso, documentos de salida de un proceso técnicamente definido



Nota: En el esquema repetimos nuestro procedimiento habitual de observación de una función desde la perspectiva de la tarea, por una parte, y desde la información de entrada/salida a la función, por la otra.

Fuente: elaboración propia.

3.6. LA FUNCIÓN FABRICACIÓN¹⁴

La función fabricación tiene por objeto la materialización del producto en las condiciones que le son solicitadas por el área comercial de la empresa. La figura 3.7 representa esquemáticamente que el objeto de la función fabricación es la transformación física de los insumos en productos elaborados. Como venimos indicando, tanto el concepto de insumo como el de producto elaborado son caracterizados por su expresión más general y abarcadora.

Por insumo no se entienden solamente las materias primas o materiales que forman parte expresa del producto, sino que también se incluyen dentro de dicho concepto las diferentes formas de energía, la mano de obra, los servicios, etcétera, utilizados generalmente en el sistema laboral. Asimismo, por producto elaborado no solo se entiende un producto como el que puede ser recibido por el cliente final, sino que se incluyen en dicho concepto –y a modo de ejemplo indicamos– partes que serán utilizadas en otros sistemas laborales para su ensamblado en un producto final. En otras palabras, el producto final de un sistema laboral “A” puede servir como insumo de otro sistema laboral “B”. La disposición física con que se distribuya el conjunto de máquinas e instalaciones dentro de una planta definen las características y posibilidades de fabricación del sistema laboral (o sistema de las transformaciones).

Figura 3.7. Objeto de la función fabricación



¹⁴ Algunos autores suelen designar a esta función con el nombre de *operaciones*, con lo cual se quiere expresar un concepto más general cuyo campo de aplicación pueda, por ejemplo, incluir las empresas de servicios. Si bien coincidimos con este criterio, hemos optado por la denominación de *fabricación* para centrarnos en las empresas industriales, aunque todo lo que digamos pueda, con los debidos recaudos, utilizarse en la descripción de empresas de servicios.

3.6.1. Los sistemas de transformación

Los sistemas de transformación o sistemas laborales configuran el núcleo central de la función fabricación. En el sistema laboral interactúan tanto el factor humano como el tecnológico, y dicha interacción comprende un abanico de diferentes posibilidades que van desde un sistema laboral esencialmente definido por la actividad humana a un sistema laboral definido por el recurso tecnológico y con participación marginal o de escasa supervisión por parte del recurso humano. Dada la diversidad que presenta el universo de los sistemas laborales reales para facilitar su observación y análisis, vamos a introducir el concepto de unidad elemental de transformación.¹⁵

3.6.2. La unidad elemental de transformación

En biología, la célula es la unidad fundamental de los organismos vivos, su mínima expresión. Este concepto podemos asociarlo a la idea de unidad elemental de transformación (UET), al definir que esta es la mínima expresión de un sistema laboral complejo. Este concepto formará la base del sistema de transformación que utilizamos como modelo teórico para el estudio de la producción industrial, aunque, y con las debidas reservas, podemos aplicarlo a tareas de todo tipo que no sean exclusivas de transformación, y que gráficamente vemos en la figura 3.8. En ella observamos que una UET está conformada por distintos elementos y/o componentes, los cuales se describen a continuación:

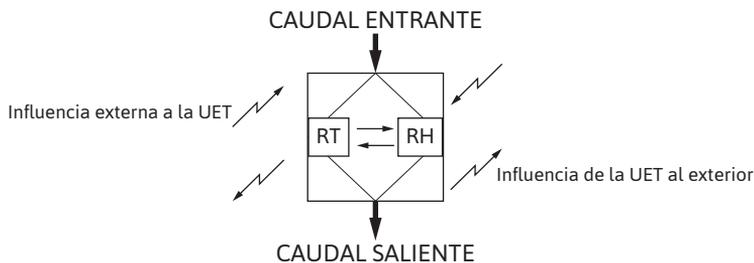
- **Caudal de entrada:** está integrado por las materias primas y/o componentes (materiales u objetos a elaborar en términos generales). Asimismo, pueden considerarse componentes del caudal de entrada las diversas formas de energía utilizadas (eléctrica, gas, vapor, aire comprimido, etcétera) y la información, como planos, órdenes de fabricación, etcétera, que con diferentes fines se utilizan en el proceso de fabricación.
- **Caudal de salida:** está integrado por los objetos elaborados que han sido transformados en la UET: los rezagos de materias primas, los efluentes y los documentos de información de salida.
- **Recurso humano:** está integrado por todas las personas que desarrollan su actividad en la UET en estudio.
- **Recurso tecnológico:** lo componen las máquinas, herramientas, instrumentos, etcétera, que son utilizados en la transformación dentro de la UET.
- **Intercambios informáticos:** son datos ingresados por el recurso humano al tecnológico (programación del centro de control numérico) o datos de las máquinas

¹⁵ Un aspecto importante que debe tener presente el lector es que si bien nos orientamos a la expresión de sistemas industriales de fabricación de productos, estos conceptos fundamentales pueden ser aplicados tanto a la generación de servicios, en su amplia gama de posibilidades, como a los procesos administrativos.

(señales luminosas, auditivas, lecturas de instrumentos, etcétera) capturados por el recurso humano y utilizados en la actividad laboral.

- **Intercambios energéticos:** contempla la entrega de energía del recurso humano, la cual posibilita la ejecución de las actividades de la UET.
- **Efectos al exterior:** son todos los efluentes y/o residuos de cualquier naturaleza que son emitidos al exterior y que deben ser cuidadosamente procesados para no afectar el medio ambiente.

Figura 3.8. Representación gráfica de una UET



Nota: La figura ilustra el modelo de la UET, que consideramos como el menor de los sistemas tanto industriales como de procesamiento contable o financiero o de cualquier actividad de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

En general, cuando hablemos de caudal de entrada nos vamos a referir, por un lado, al tipo y la cantidad del objeto a elaborar y, por otro lado, al caudal informativo. Debe entenderse que no porque los disociemos dejan de formar un todo de ingreso a la UET, solo se realiza de esta forma para ser más objetivos en la descripción. Asimismo, consideraremos al recurso humano y a las fuentes de energía como componentes propios de la UET.

Respecto del recurso tecnológico, haremos una distinción de aquel recurso fijo en la UET, como puede ser una máquina, de los recursos tecnológicos de uso específico en una cierta actividad y que normalmente no forman parte constante de la UET sino que deben ser llevados a ella desde un área de depósito o pañol en el momento de ser necesaria su utilización, como por ejemplo una herramienta requerida por la actividad.

Entendido el concepto de UET como célula básica de cualquier sistema fabril, decimos que un sistema laboral es **un agrupamiento o un conjunto ordenado de n UET**. El ordenamiento de los sistemas laborales generalmente se realiza a través de dos principios operativos: **el principio de flujo**, que indica que las UET están dispuestas según la secuencia operativa del proceso de fabricación del producto, y **el principio de realización**, por el cual el agrupamiento de las UET se realiza en función del objetivo de funcionamiento de cada máquina.

3.7. EXTENDIENDO CRITERIOS A LAS EMPRESAS DE SERVICIOS

Si bien desde el punto de vista de la economía se hace una distinción entre bienes tangibles –los productos físicos– e intangibles –los servicios–, desde el punto de vista de la empresa el concepto de producto es tomado tanto para los bienes físicos como para los servicios. Esto es realmente cierto ya que generalmente un servicio se comporta como la transformación de recursos. Tomemos un ejemplo como elemento de análisis: la provisión de gas domiciliario. Tenemos bienes de capital, configurados por las tuberías de transporte, compresores, válvulas, cámaras, etcétera (recursos tecnológicos); tenemos capital de trabajo, dado por la cantidad de gas que circula por las cañerías,¹⁶ y lógicamente tenemos recurso humano, por consiguiente es totalmente aplicable el gráfico sintetizador dado en la figura 3.7.

Podemos extender la analogía a otros ejemplos, como el pago de una compra a través de la utilización de una tarjeta de crédito. La empresa emisora de la tarjeta y el banco prestan un servicio a su cliente comprador y a su cliente vendedor al certificar el pago de la adquisición. Si la analogía entre producto y servicio es aceptada, igualmente serán válidas todas las consideraciones que hemos realizado para los productos físicos, aunque es probable que debamos adecuar algunas de ellas a las particularidades de cada uno de los servicios analizados.

Debe analizarse que, sin lugar a dudas, un servicio debe responder a una necesidad detectada o sugerida al mercado, más concretamente al segmento al cual se prevé dirigir la actividad comercial de la empresa. Los componentes de ese segmento y en relación directa con la necesidad expresada definirán su ecuación de valor respecto del servicio, ecuación que será el punto de partida de la definición de las características comerciales del servicio. Un seguro de vida es un servicio característico en el que, en general, el consumidor no lo tiene como necesidad hasta que, de alguna manera, esta le es generada por la acción comercial de la empresa de seguros.

3.8. OTRAS FUNCIONES DEL ÁREA INDUSTRIAL

Hemos indicado como componentes del área industrial las funciones diseño del producto, diseño del proceso y fabricación, pues de alguna forma ellas constituyen la línea troncal del área industrial; pero, en rigor, analizando siempre en términos generales, también forman parte de dicha área funciones como mantenimiento, control de calidad, costos, etcétera, que en términos generales pueden definirse como funciones de apoyo a la función fabricación y cuyo objeto comentaremos en los párrafos siguientes.

¹⁶ Solo indicamos un factor a modo de ejemplo.

Un comentario necesario a esta altura del texto tiene que ver con las diferentes denominaciones con que lamentablemente suele designarse a las diferentes funciones que se desarrollan en la empresa, tanto en el ámbito empresario como académico y profesional. Así las cosas, la que hemos denominado función *fabricación* también suele denominarse *manufactura*, la función diseño del proceso de fabricación puede conocerse como *ingeniería industrial*, etcétera.

Es por eso que debe prestarse especial atención al procedimiento que hasta ahora hemos seguido para identificar las funciones, esto es, a partir de la observación de las tareas que se involucran desde el punto de vista de la actividad que se realiza tanto como desde la información que requieren y generan. Es entonces a partir de este análisis que, al comprender el objeto de la actividad y de la información que la función opera, cobra sentido su denominación. Este procedimiento nos permite el análisis de diferente estructuración y/o denominación de funciones.

3.8.1. La función ingeniería industrial

La función ingeniería industrial tiene por objeto, por un lado, determinar el contenido del trabajo de las actividades expresándolo en unidades de tiempo y, por otro lado, posibilitar la aplicación de métodos de trabajo más sencillos, eficientes, eficaces y acordes con el concepto de preservación del medio ambiente, de modo de adecuar los requerimientos del trabajo a las posibilidades humanas, así como también de facilitar la adaptación del hombre a las exigencias del trabajo. Así expresado, el objeto de la función ingeniería industrial define una amplitud conceptual tal que resulta común que las funciones ingeniería de proceso e ingeniería industrial sean integradas en una única función.¹⁷

El núcleo de la tarea de ingeniería industrial comprende el desarrollo del estudio del trabajo, una disciplina industrial que podemos definir como la disciplina que se encarga del proyecto, diseño y armonización de los elementos humanos y materiales requeridos por la ejecución de los procesos industriales con el objeto de que estos, los procesos, sean más eficientes en un marco de respeto del hombre y su entorno y eficaces en la contribución al objetivo básico de la empresa.

El estudio del trabajo como disciplina tecnológica fundamentalmente comprende el estudio de métodos y la medida del trabajo, los cuales pueden definirse de la siguiente manera: el *estudio de métodos* es el registro y el examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir costos; mientras

¹⁷ Vale, en este momento, recordar que la descripción de las funciones de la empresa la realizamos partiendo del concepto de tarea y siguiendo el principio de universalidad de tareas, y en la idea de considerar una empresa virtual. En ese camino, nuestra distinción entre las funciones ingeniería de proceso e ingeniería industrial no debe considerarse como contraria a la idea que agrupa a ambas funciones en una sola.

que la *medida del trabajo* es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

El tiempo que demanda la realización de un proceso de fabricación (que resulta de la sumatoria de los tiempos de cada una de las tareas u operaciones que dicho proceso comprende) es de importancia en diferentes tareas que se desarrollan en la empresa, como el cálculo y el control de costos, la programación y el control de la producción, etcétera.

3.8.2. La función costos

El objeto de la función costos es, como puede deducirse de su denominación, especificar los costos de los productos a partir de las informaciones que recibe de ingeniería de producto en lo referido a la composición del producto; de ingeniería de proceso en cuanto a las operaciones que componen el proceso de fabricación; de la logística de abastecimientos en cuanto a los precios de los insumos utilizados; de la función fabricación respecto de su presupuesto de gastos de fábrica; y del área contable en cuanto a los sistemas de valorización de los factores componentes del costo y de los procedimientos de integración del costo de los distintos factores en el costo del producto.

Si aceptamos como punto de partida que el producto¹⁸ es el resultado de la transformación de insumos¹⁹ (hecho que podemos afirmar a partir de nuestra concepción de empresa, dada en el capítulo 1), podemos expresar en forma general que

$$\text{Producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{insumos} \quad (1)$$

Desde el punto de vista de una empresa, será un insumo del producto todo aquello que genere directa o indirectamente una erogación de dinero antes, durante o después del proceso de transformación que da lugar al producto;²⁰ en consecuencia, podemos decir que el *costo de un producto es el resultado de la suma del costo de la totalidad de los insumos utilizados en el proceso de transformación*. Por consiguiente, a partir de la expresión (1) tendremos:

$$\text{Costo del producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{del costo de los insumos} \quad (2)$$

¹⁸ Recordemos que nuestra acepción de *producto* incluye tanto los bienes materiales como los inmateriales o servicios.

¹⁹ *Insumos* es la expresión en la que incluimos la totalidad de los recursos o factores de la producción.

²⁰ Si queremos mayor amplitud conceptual, siempre desde el punto de vista de la empresa, más que decir "... o después del proceso de transformación...", deberíamos decir "... o después de la permanencia de los insumos en la cadena de valor...".

Mientras que el costo del insumo utilizado en cada unidad de producto será igual a:

$$\text{Costo del insumo} = \text{Cantidad utilizada de insumo} * \text{Precio unitario del insumo} \quad (3)$$

Siendo, por consiguiente, reemplazando (3) en (2):

$$\text{Costo del producto} = \sum_{i=1}^n \text{Cant Util. Ins.}_i \text{ Precio Unit. Insumo} \quad (4)$$

A partir de la expresión (4) se pueden realizar diferentes análisis, es decir, ver la expresión desde distintos puntos de vista, como diferenciar aquellos insumos cuya cantidad utilizada varía en función de la cantidad del lote que se fabrica, o bien cómo se integran al costo las diferentes etapas que el producto atraviesa en la cadena de valor, o cómo se trata el precio de los insumos cuando estos varían en el tiempo, etcétera.

Dadas las interrelaciones que se producen en las empresas, el costo del producto puede utilizarse en el cálculo de la eficiencia con que el sistema laboral desarrolla su actividad, a través de la relación entre las cantidades reales de insumos utilizados en la fabricación de un determinado lote con respecto a las que teóricamente deberían haber sido empleadas. Dichas cantidades teóricas son especificadas en los denominados *costos estándares* o *costos por estándares*. Este costo es un paso previo a la fabricación del producto y surge del cálculo de la cantidad de insumo requerido por cada unidad de producto a fabricar en las condiciones de diseño tanto del producto como de su proceso de fabricación. Cada uno de los puntos de vista mencionados, así como también los que posteriormente podamos indicar, van dando diferentes procedimientos de cálculo, tema que abordaremos en un texto específico.

3.8.3. La función calidad

Hablar de la función calidad exige como paso previo precisar el concepto de *calidad*, que definiremos como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a un objeto que permiten apreciarlo comparativamente con respecto a otros de su misma especie. Siguiendo a Ricardo Solana (1994), otra definición de calidad dice que esta es la medida en que el producto/servicio brindado satisface las necesidades del mercado al cual está dirigido.²¹ Este concepto de calidad nos permite relacionarlo con lo que hemos denominado *características comerciales* del producto, dado que ellas son las que identificarán al producto con el cliente cuando formule su ecuación de valor.²²

²¹ Esta definición de calidad, en nuestro criterio más acorde con las circunstancias actuales, podría complementarse diciendo que *satisface la ecuación de valor del cliente al cual va dirigido*.

²² Recordemos que el cliente define la adquisición de un producto a partir del *valor* que le asigna. El *valor* reúne las condiciones de satisfacción de la necesidad que lo motiva, del precio, la calidad, la cantidad, el momento y el lugar que requiere.

En el mismo sentido que la función diseño o ingeniería del producto traduce las especificaciones comerciales en especificaciones técnicas que permiten definir el producto técnicamente, deben traducirse las características reales de calidad que observa el cliente en características técnicas de calidad que denominaremos *características sustitutas de calidad*, y al conjunto de dichas características las denominaremos *calidad de diseño*.

3.8.3.1. El control de calidad

Se define como control de calidad²³ al conjunto de actividades realizadas, tanto dentro como fuera del sistema laboral, que tienen por objeto asegurar que la calidad del producto satisfaga los requisitos del consumidor. Dado que la acción de controlar implica confrontar lo que es con respecto a lo que debería ser, esto significa que se verifica la calidad de fabricación (lo que es) respecto de la calidad objetivo (lo que debería ser), y tal como lo hemos definido, la calidad de concordancia o calidad de aceptación constituirá el límite de la discrepancia.

En términos generales, en la industria el concepto de control de calidad se asimila al concepto de *inspección de calidad*, lo cual, en cierta medida, es lógico, dado que la base del control está constituido por la inspecciones. Si efectuamos una mirada retrospectiva a la instrumentación del control de calidad, puede observarse que este fue desarrollado y ejecutado por especialistas cuya función era la de verificar la calidad del producto. La tarea de control estaba basada en la existencia de diversos controles cuya amplitud y métodos eran establecidos por la función ingeniería de calidad y eran llevados a cabo por personal especializado cuya tarea, generalmente, se denominaba inspección de calidad.

Esta concepción de la relación trabajo-calidad establece un divorcio entre la ejecución de una tarea y la responsabilidad de su producto resultante, un divorcio que trae aparejados ciertos inconvenientes que se fueron poniendo de manifiesto a través del tiempo y, especialmente, en la medida en que las exigencias del consumidor respecto de la relación producto-calidad-precio fueron aumentando, y por otra parte la creciente competencia por la participación en el mercado y la necesidad de generación de utilidades va forzando una constante disminución de los costos.

Esta situación, así como también consideraciones de otro tipo, como la significación social del trabajo, llevó a las empresas a modificar la relación trabajo-responsabilidad de los resultados, de modo que en la actualidad la tendencia dominante es que cada persona que realice una tarea sea responsable de su calidad. Es decir que hemos pasado del concepto de *fabricar producto* al concepto de *fabricar productos buenos*, entendiéndose por buenos aquellos que cumplen la calidad objetivo dentro de

²³ Solana (1994) dice que control de calidad es el control del cumplimiento de las especificaciones de calidad de diseño del producto elaborado (o servicio brindado, así como de la recepción de materias primas y servicios en las sucesivas instancias del proceso de producción).

los límites definidos por la calidad de aceptación. Esta concepción no anula la actividad de los inspectores de calidad, sino que la reubica dentro de un marco diferente.

Siguiendo el criterio de Solana, podemos mencionar algunos principios del control de calidad:

1. La calidad de un producto no depende de su inspección, sino de su fabricación.
2. El control debe ser realizado con la idea de previsión, tratando de evitar fallas más que corregirlas después de que han sido generadas.
3. El control de calidad debe hacerse extensivo a todas las actividades que se desarrollan en la organización. Siempre se debe satisfacer a un *cliente*, sea este interno o externo (la idea de calidad total).
4. El control debe tender a la aplicación del método científico.

3.8.4. La función mantenimiento

Normalmente, la utilización de los medios tecnológicos que requiere la ejecución de un proceso de fabricación produce un desgaste o pérdida de la aptitud de producción de esos medios, lo que en un caso extremo puede llegar a impedir su utilización dentro del proceso productivo, ya sea por incapacidad de asegurar un cierto grado de calidad de desempeño o por incapacidad absoluta de funcionamiento.

Dado que el sistema laboral trabaja en función de satisfacer las condiciones que establece la ecuación de valor del cliente, se debe reconocer que el adecuado funcionamiento del sistema laboral es un requisito básico que necesariamente se deberá alcanzar, y que expresamos en la idea de *fiabilidad*²⁴ de uso del sistema laboral. En consecuencia, la idea de la fiabilidad de uso de los equipos, herramientas e instalaciones constituye en general el objetivo central de la función mantenimiento.

El concepto de fiabilidad expresa que los medios o recursos tecnológicos componentes del sistema laboral se encuentran permanentemente en condiciones de ser utilizados para producir, y de hacerlo en las condiciones de calidad y tiempo requeridos para cumplir con las demandas del mercado. Un procedimiento que nos permite expresar cuantitativamente el concepto de fiabilidad está dado por la expresión

$$\% \text{ de disponibilidad} = (\text{Tiempo de máquina en operación} / \text{Tiempo total programado}) * 100$$

Se entiende que el tiempo programado es aquel durante el cual la máquina debería funcionar sin inconvenientes para poder satisfacer la demanda de pedidos de los clientes, mientras que el tiempo de máquina en operación es el tiempo en que la máquina permanece asignada a una determinada operación y que realmente funcionó. Una falla de la máquina, ya sea por mal funcionamiento o rotura, hace que una operación no pueda ser llevada a cabo.

²⁴ De acuerdo con la segunda acepción del diccionario de la Real Academia Española, *fiabilidad* es la probabilidad del buen funcionamiento de algo.

RESUMEN

El conjunto de tareas que le permiten a la empresa pasar del estado de idea comercial a producto disponible para el cliente definen el área industrial de la empresa. La observación y el análisis de las tareas es desarrollada desde dos puntos de vista: el de la actividad en sí misma, sin considerar su contenido de trabajo, que varía de empresa a empresa, y el de la información que recibe y emite. Este criterio permite el agrupamiento de tareas con objetivos similares en funciones específicas y le facilita al profesional la comparación de diferentes empresas industriales con independencia de la organización funcional de cada una de ellas. Asimismo, se destaca la interdependencia que vincula las áreas comercial e industrial, que fácilmente podemos extender a las diferentes áreas de la empresa.

Estudio de casos

Desarrollo de productos

Por José Ignacio Domínguez

Según estudios realizados por A. C. Nielsen, Booz, Allen y Hamilton y Marketing Intelligence Service Ltd., de un 80 a un 90% de los productos de consumo fracasan en los Estados Unidos. Ese porcentaje es menor en aquellos productos que son nuevos²⁵ para la empresa o para el mercado. Es mayor en aquellos que son mejoras o revisiones de los ya existentes, la extensión de una línea, una nueva línea resultado de una disminución de costos, o el reposicionamiento de un mismo producto. De acuerdo con el *Journal of Business Strategy*, las empresas mencionan, entre los más importantes, los siguientes factores de fracaso:

- Dirección estratégica equivocada: 44%.
- El producto no cumplió con lo que ofrecía: 35%.
- Posicionamiento equivocado: 33%.
- No ofrecía una ventaja diferencial: 32%.
- Mala relación entre valor y precio: 30%.
- Falta de compromiso de los directivos: 29%.
- El empaque no logró comunicar: 20%.
- Resultados de estudios mal interpretados: 19%.
- Mala ejecución creativa: 18%.
- Falta de apoyo en el canal: 18%.
- Mal nombre de marca: 15%.
- Falta de información sobre el consumidor: 14%.

¿Cuáles son las razones de éxito? Simplemente hay que leer estos factores en sentido contrario, desde una dirección estratégica acertada hasta suficiente

²⁵ Se entiende por nuevos productos aquellos innovadores que no existen en el mercado.

información sobre el consumidor. En general, el éxito se logra en la medida en que se ofrecen al mercado ventajas significativas frente a lo que ya existe, para lo cual es indispensable preguntarse si producto o servicio es compatible con las necesidades del consumidor o usuario, con los objetivos estratégicos de la empresa, con su habilidad o competencia y con sus recursos. Desde el punto de vista de los clientes, es importante para ellos que exista compatibilidad con la manera existente de hacer las cosas, poca complejidad de uso, posibilidad de probar, visibilidad y comunicación adecuadas y aprobación social de su grupo de referencia.

Entre las razones de fracaso figuran algunas relacionadas con la investigación de mercado: no se hizo o no se hizo lo suficiente; se hizo pero la gerencia no tomó en cuenta los resultados porque no coincidían con sus puntos de vista existentes previamente; o se hizo pero las técnicas utilizadas no ayudaron a predecir el comportamiento de compra.

Puesto que el enfoque de mercado parte precisamente de entender el mercado, cabe preguntarse cómo obtener información de los consumidores o de los usuarios. Su papel no es el de proporcionar información sino el de tomar decisiones de compra, y no están capacitados ni obligados a verbalizar necesidades insatisfechas o beneficios deseados, mucho menos soluciones tecnológicas o áreas de oportunidad estratégica.

Las técnicas de investigación de mercado orientadas a la identificación de oportunidades para nuevos productos o servicios deben estar enfocadas a los clientes; se les debe preguntar por sus problemas y no por sus ideas de nuevos productos o servicios; las preguntas deben ser descriptivas del comportamiento de compra, en oposición a exploratorias; deben centrarse en necesidades no satisfechas y deben ser proactivas, en el sentido de anticiparse a la competencia, al mercado y a la tecnología.

El proceso de desarrollo de nuevos productos que siguen la mayoría de las empresas es del tipo *stage-gate system*,²⁶ con etapas como las siguientes:

- Generación de ideas.
- Tamizado de ideas.
- Desarrollo de conceptos.
- Prueba de conceptos.
- Desarrollo de estrategias de mercadeo.
- Análisis de negocio (ventas, costos, utilidades).
- Desarrollo del producto.
- Prueba de mercado.
- Comercialización: cuándo, dónde, a quién, cómo.

²⁶ Sistema de desarrollo eficiente basado en la especialización de distintas personas que forman parte del equipo de desarrollo del producto.

Este proceso burocrático lleva implícitos obstáculos internos que dificultan el desarrollo de productos, como presiones de tiempo irrazonables (*time-to-market*);²⁷ intereses creados (juegos de poder); objetivos departamentales que prevalecen sobre objetivos estratégicos; un sentimiento de superioridad corporativa/empresarial; dejarse absorber por el proceso (parálisis por análisis); y una falta de decisión para detener proyectos no viables.

Como proceso no es malo, pero es necesario simplificarlo con objetivos explícitos, pocos proveedores involucrados y enfocado a necesidades de los clientes; eliminar demoras por la interacción entre diseño y producción para retrasar fechas de lanzamiento, eliminar etapas o, por lo menos, agilizar la aprobación del *gate-keeper*;²⁸ acelerar el proceso realizando trabajos en grupos pequeños, reduciendo períodos de pruebas y estableciendo alianzas con clientes; así como trabajar en paralelo con equipos de diseño mutuamente exclusivos, instalaciones de contingencia y una planeación oportuna del servicio al cliente.

En el fondo, el verdadero problema estriba en que las empresas se esfuerzan por reducir el tiempo necesario para diseñar y producir productos nuevos hasta la puerta de la fábrica, y suponen que a partir de allí los mercadotecnistas los convertirán en éxitos de mercado. Sin embargo, el proceso de desarrollo de nuevos productos es una actividad eminentemente empresarial, y las empresas deben preocuparse por el tiempo necesario para que una base de clientes suficiente acepte el nuevo producto o servicio. La expresión clave no es *time-to-market*, sino *time-to-acceptance*.²⁹ Y ese período de tiempo disminuye en la medida en que se tome en cuenta a los clientes potenciales lo antes posible y se integren las actividades de mercadotecnia, diseño y producción como partes de un proceso eminentemente empresarial.

Fuente: <http://www.gestiopolis.com/Canales4/mkt/desaproductos.htm#sthash.POu5S6PQ.dpuf>.

Ejercicios

1. **¿Observa usted que el área industrial mantiene un funcionamiento sistémico? ¿Por qué?**
2. **Construya un gráfico que sintetice las funciones del área industrial, partiendo de una idea de producto comercialmente definida.**
3. **Discuta con uno o dos colegas cuál es la probabilidad de éxito que tiene un supuesto producto que haya surgido por imposición de un empresario sin haber detectado que sea una real necesidad de mercado. Realice un mapa conceptual³⁰ de la discusión.**

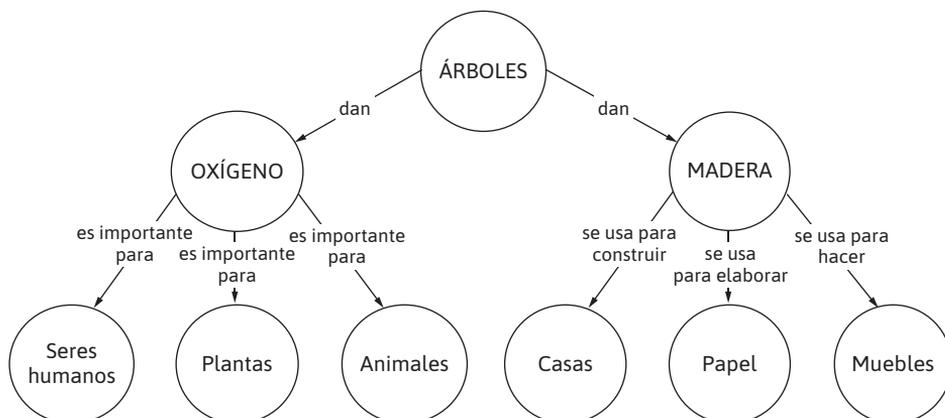
²⁷ Término utilizado en el ámbito del comercio electrónico para identificar las entregas rápidas.

²⁸ Término utilizado para caracterizar al especialista en la información.

²⁹ Tiempo de aceptación.

³⁰ Técnica utilizada para representar gráficamente el conocimiento. Es importante tener en cuenta que para hacer un esquema conceptual es necesario seleccionar, jerarquizar y relacionar los conceptos claves.

Nota: Entendemos por mapa conceptual un gráfico como el que se presenta a continuación, en el cual se pueden plasmar las ideas discutidas.



4. ¿Cree que es posible la fabricación de un producto sin tenerlo definido técnicamente? ¿Por qué?
5. ¿Cómo estima que tiene definidos técnicamente los productos la gran mayoría de las pequeñas empresas industriales en la Argentina?
6. Tome un producto muy simple y realice la documentación técnica necesaria como la que entregaría un departamento cuya función sea la del diseño del producto.
7. Cuando nos referimos a definir técnicamente el proceso, ¿hacemos referencia a un proceso de qué?
8. ¿Qué implica tener definido técnicamente el proceso?
9. Enumere la mayor cantidad posible de beneficios que otorga tener un proceso técnicamente definido.
10. Suponiendo que un producto tiene 0,5 kg de una materia prima A cuyo valor por kg es de 20 pesos; y 2,5 m de una materia prima B cuyo valor es de 3 pesos por mm; que se consumen 3 horas operario para su fabricación, siendo la hora operario de 25 pesos; y que el sistema fabril gastará mensualmente en insumos y servicios no contabilizados anteriormente 12.000 pesos para fabricar 1.000 unidades de producto:
 - a. Expresar el costo por unidad de producto fabricado.
 - b. ¿Cuál es el costo variable total para fabricar las 1.000 unidades?
 - c. Realice un gráfico que muestre el costo de fabricación en función de las unidades fabricadas.

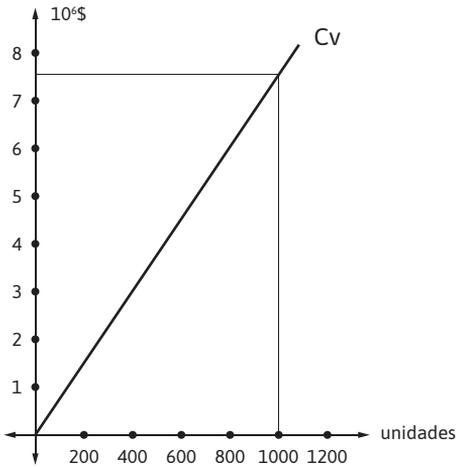
- d. En el enunciado observamos que se expresa: "... el sistema fabril gastará mensualmente...". El tiempo verbal utilizado induce a que se trata de un costo particular:
- d1. ¿Cómo se denomina?
 - d2. ¿Qué área o subsistema lo calcula?
 - d3. ¿Cómo denominaría al costo que informa el sistema fabril en tiempo verbal pasado (lo sucedido)?
 - d4. La relación entre estos dos costos ¿podrá tener algún significado? Analícelo y discútalos con un colega.
- e. Si cambia el proceso de fabricación, ¿cambia el costo calculado previamente a la fabricación? ¿Por qué? Ejemplifique.
11. En el texto del capítulo hemos expresado algunas definiciones de calidad. Busque definiciones de otros autores y la que utiliza la norma ISO y trate de encontrar puntos de coincidencia entre ellas. Adicionalmente, elabore su propia definición de calidad y discútalas con un colega.
12. Un taller dispone de 2 tornos, uno CNC y otro a revólver. El torno CNC tiene programada para la jornada de trabajo 7 de las 8 horas, y el último mes estuvo parado 2 días por problemas técnicos. El torno a revólver tiene programadas 6 de las 8 horas, ya que diariamente necesita 2 horas de mantenimiento por su desgaste, y el último mes solo estuvo parado 2 horas debido a un corte de correa. Calcule la disponibilidad de cada torno.

Respuestas

Ejercicio 10

- a. $C_{vu} = MP + MO + GF$
Donde **MP** Materia Prima; **MO** Mano de Obra; **GF** Gastos de Fabricación
 $MP = ((Cu_{MP1}) \times Costo_{MP1}) + ((Cu_{MP2}) \times Costo_{MP2})$
Donde **Cu** Cantidad Utilizada
MP = $(0,5 \text{ Kg} \times \$20/\text{Kg}) + (2500 \text{ mm} \times \$3/\text{mm}) = \mathbf{\$7.510}$
MO = $Cu_{MO} \times Costo_{MO} = 3 \text{ hh} \times \$25/\text{hh} = \mathbf{\$75}$
GF = $GFT/UF = \$12.000 / 1000 \text{ U} = \mathbf{\$12}$
Donde **GFT** Gasto de Fabricación Total; **UF** Unidades Fabricadas
 $C_{vu} = \$7.510 + \$75 + \$12 = \7.597
- b. $C_{v(1000u)} = C_{vu} \times 1000 \text{ u} = \$7.597.000$

c.



d1. Costo estándar

d2. Departamento de costos

d3. Costo real

d4. $(\text{Costo estándar} / \text{Costo real})$ equivale a un $(\text{Debería} / \text{Real})$ indicador de eficiencia del sistema

- e. Si cambia el proceso, entonces, cambian los estándares. Esto se debe a que, por ejemplo, si cambia la tecnología pueden cambiar los desperdicios en la fabricación. La nueva tecnología puede mejorar los tiempos de fabricación, lo que representa menos valor de mano de obra por producto fabricado. En definitiva, cambia el estándar. Consecuentemente, deberían calcularse nuevamente los costos.

Ejercicio 11

Disponibilidad = $\text{Tiempo de máquina en operación} / \text{Tiempo total programado}$

Disponibilidad del torno CNC

Cantidad de días laborables por mes = 22

Tiempo de máquina en operación = 7 h x 20 días = 140 h

Tiempo total programado = 7 h x 22 días = 154 h

Disponibilidad CNC = 140 h / 154 h = 0,9091

Disponibilidad CNC = 90,91%

Disponibilidad del torno revólver

Cantidad de días laborables por mes = 22

Tiempo de máquina en operación = (6 h x 22 días) – 2 h = 130 h

Tiempo total programado = 6 h x 22 días = 132 h

Disponibilidad revólver = 130 h / 132 h = 0,9848

Disponibilidad revólver = 98,48%

CAPÍTULO 4

LOS SISTEMAS LABORALES

La capacidad de observación y análisis críticos sistemáticos debe identificar al administrador industrial. Siendo el ámbito de los sistemas laborales de aparente dimensión infinita, en este capítulo desarrollaremos los conceptos básicos que permitan una eficaz visualización de un sistema laboral.

La diversidad de los sistemas industriales que operan las empresas hoy en día es de tal magnitud, comprobable por la simple observación del espectro industrial, que su análisis parecería, a primera vista, una tarea sumamente dificultosa. Para facilitar el estudio de los sistemas industriales podemos recurrir al concepto de unidad elemental de transformación (UET) (ver figura 3.8), que toma para los sistemas industriales el significado que la molécula tiene en la materia, y en consecuencia podemos decir que la UET es un sistema artificial creado por el hombre para su utilización en la generación de bienes y, por ende, configura el menor de los sistemas industriales. Por esto, una planta industrial será el resultado de una combinación de n unidades elementales.

En la integración de una UET observamos la interactividad del recurso humano con el tecnológico, los intercambios de energía e informaciones, el flujo de materias primas y servicios de apoyo y las interacciones con el medio ambiente. Una UET se identifica por el **objeto** de su tarea de transformación, y sus características principales son las siguientes:

- El **caudal de entrada** está integrado por las materias primas que ingresan a la UET para su elaboración (o transformación).
- El **recurso humano** es definido por los hombres y mujeres que desempeñan sus actividades en relación con la UET.
- El **caudal de salida** está constituido por los materiales elaborados y los rezagos del proceso. La diferencia (en general de valor) entre el caudal de salida y el de entrada está dada por el objeto del sistema laboral elemental.
- Los **recursos tecnológicos** están dados por las máquinas, las herramientas, los dispositivos y los procedimientos de trabajo necesarios para lograr el objetivo.

- Forman parte de los **condicionamientos externos** recibidos por la UET factores como el climático, los sociales (referentes a las influencias políticas, religiosas, laborales, etcétera), los tecnológicos (ruidos, vibraciones, fuentes de calor, etcétera), y todos aquellos factores presentes en el medio, ya sea en forma permanente u ocasional.
- **Los efectos al exterior** son los factores que emergen de la UET y afectan al medio en el que se halla inmersa, por ejemplo efluentes sólidos, líquidos, gases, vapores, etcétera.
- Hay dos aspectos que también deben considerarse como característicos de las UET: por un lado, las **fuentes de energía y de servicios**; y por otro lado, los **intercambios energéticos** entre el recurso humano y el tecnológico que se producen cuando el operario realiza la tarea que demanda el objeto de la unidad elemental. El hombre prepara la máquina para la tarea, ingresa valores, etcétera, y por su parte la máquina le informará al hombre la condición y el estado de la tarea por medio del encendido/apagado de lámparas, información desplegada en pantallas, etcétera.

Así planteada la UET, el diseño de los sistemas industriales de transformación debe considerarse desde lo siguiente:

- El punto de vista de la tarea objeto a realizar.
- El criterio de la vinculación de las UET.
- La consideración de las implicancias de la actividad para el factor humano.
- Los costos, la eficiencia y la eficacia del proceso.

Este planteo lleva a realizar un estudio que atienda a estas cuatro consideraciones mencionadas.

4.1. EL DISEÑO DE LA UET DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA TAREA OBJETO

La incidencia de la tarea objeto en el diseño de las UET está dada por las limitaciones que a ese diseño le imponen las características intrínsecas del proceso de fabricación desde el punto de vista tecnológico. Así, por ejemplo, el proceso de fabricación del cemento implica la utilización de una fuente de calor, un horno, donde se produce la transformación de la materia prima. En este tipo de operación el recurso tecnológico requerido conforma una importante limitación en el diseño del proceso de fabricación y, por consiguiente, en el diseño de las UET que integran el sistema industrial correspondiente.

En otro extremo, podemos situar aquellas actividades de transformación que requieren la utilización de elementos tecnológicos más sencillos y universales, como en la realización de un agujero en una pieza metálica sin mayores requisitos

de tolerancia. En este caso, el diseño de la UET correspondiente no encuentra limitante exhaustivo respecto del punto de vista de la tarea a realizar, si bien pueden existir otros limitantes, pero relacionados con otros puntos de vista de observación de la tarea.

La idea que se quiere transmitir es que el diseño de la UET está limitado por las características del recurso tecnológico necesario (o disponible) para efectuar la tarea. Asimismo, influyen en el diseño el tipo de actividades que deben desarrollarse para la ejecución de la tarea objeto.

4.2. EL DISEÑO DE LA UET DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU TIPO DE VINCULACIÓN

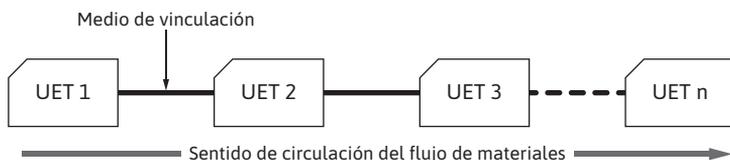
Hemos definido a los sistemas industriales como la vinculación de n unidades elementales, por lo tanto es necesario comentar las formas posibles de vinculación. Existen dos principios básicos: la vinculación física y la vinculación lógica.

Vinculación física

Dos o más UET se encuentran vinculadas físicamente cuando entre ellas no existe ningún grado de libertad relativa, esto es, cuando se encuentran unidas por algún elemento que las relaciona rígidamente, de modo que pasan, en rigor, a constituir una única unidad. Los modos de vinculación, generalmente mecánicos, responden al diseño del proceso de fabricación y al objeto de la actividad del sistema laboral así constituido.

Como consecuencia de lo antedicho, el objeto del sistema, los tipos de vinculación, los procesos, los métodos y la capacidad de transformación del sistema quedan definidos en el momento del diseño del sistema. Gráficamente, lo podemos esquematizar como se indica en la figura 4.1 y en la imagen 4.1.

Figura 4.1. Disposición de las UET por principio de flujo, vinculación física



Como se observa en la figura 4.1, la disposición de las UET se realiza según el orden de flujo que establece el proceso de fabricación. Por ello, esta disposición también se conoce como disposición por principio de flujo.

Imagen 4.1. Ejemplo industrial de un sistema de disposición por principio de flujo, vinculación física



Fuene: Pixabay

Como se desprende de los comentarios anteriores y de la observación de la figura y la imagen precedentes, las diferentes UET (1, 2, etcétera) están dispuestas siguiendo el orden establecido por el proceso de fabricación del producto.

Vinculación lógica

Una vinculación es lógica cuando entre dos o más UET no existen elementos de unión que restrinjan los grados posibles de libertad relativa entre ellas, de modo que cada UET puede ser utilizada para llevar a cabo cualquier actividad compatible con su tecnología.

En la figura 4.2 y en la imagen 4.2 podemos apreciar que en la vinculación lógica no existe ningún impedimento por el cual los procesos de dos productos diferentes que requieren de una misma actividad puedan ser realizados en una misma UET.

Cuando existe vinculación lógica, la disposición de las UET suele efectuarse agrupando las máquinas capaces de realizar operaciones similares. Esta disposición suele denominarse disposición por principio de realización.

Figura 4.2. Disposición de las UET por principio de realización o proceso, vinculación lógica

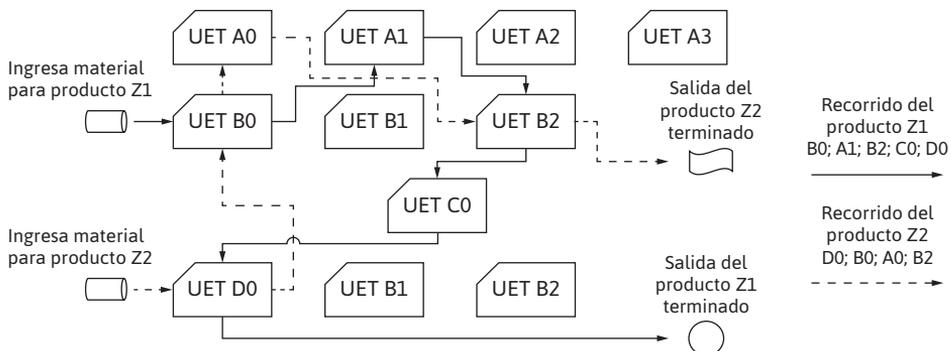
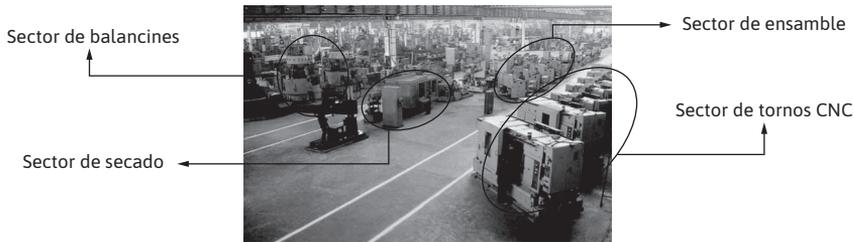


Imagen 4.2. Ejemplo industrial de un sistema de vinculación lógica



Fuente: http://www.wikiwand.com/en/Korea_General_Machinery_Trading_Corporation

4.3. LA CONSIDERACIÓN DEL FACTOR HUMANO EN EL DISEÑO DE LA UET

Cuando se predispone al diseño de una UET para un objeto laboral, además de las condiciones técnicas de la tarea en sí y de las condiciones de fabricación determinadas por las cantidades a producir, volúmenes y peso a movilizar, etcétera, que conforman los denominados límites del campo en que el diseñador del proceso debe desarrollar su tarea de diseño del sistema laboral, se deberá prestar atención a las solicitaciones que se generan sobre el recurso humano que debe operar ese sistema.

Oportunamente analizaremos los temas de antropometría y ergonomía que permiten adaptar los requerimientos del puesto de trabajo en diseño a las posibilidades humanas, así como también considerar la adaptación del operario a esos requerimientos. En ese mismo capítulo encontraremos los condicionamientos que sobre el diseño del puesto de trabajo (la UET en diseño) imponen las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la tarea objeto de la UET.

4.4. LOS COSTOS, LA EFICIENCIA Y LA EFICACIA EN EL DISEÑO DE LA UET

Hemos establecido que la premisa fundamental de la empresa es la obtención de beneficios que permitan retribuir el capital invertido en la operación de la empresa, por lo tanto es fundamental al momento de diseñar una UET (también podemos denominarla *puesto de trabajo*) tener presentes los siguientes factores: el costo, la eficiencia y la eficacia, que se constituirán en limitantes del campo de diseño.

Cuando nos referimos al costo de la realización de la tarea objeto de la UET no podemos hablar de este en forma abstracta, esto es, el menor costo absoluto con independencia de los factores que limitan el campo de diseño de la UET. Mencionamos un ejemplo sencillo: si el menor costo de una operación se obtiene con un equipamiento cuyo volumen de producción excede muy ampliamente los requeri-

mientos del área comercial, puede generarse un costo de subocupación¹ de dicho equipamiento que termine por anular las ventajas económicas que este equipamiento podría generar. En el mismo sentido puede suceder que, si bien el factor de ocupación del equipo sea significativo, la inversión a realizar se encuentre fuera de las posibilidades financieras de la empresa y, en consecuencia, deba recurrirse a préstamos cuyo costo real y/o costo de oportunidad anulen los beneficios que podría generar este equipamiento.

Cuando mencionamos el término *eficacia* en el diseño de la UET hay que tener presente que dicho diseño debe permitirle al sistema laboral alcanzar no solo las metas de cantidad/fecha, de calidad y de costo requerido por el área comercial, sino que a su vez debe permitir que se puedan alcanzar adecuados niveles de productividad, para lo cual las condiciones de trabajo tanto de la UET en diseño como de los factores circundantes deberán contribuir a ese objetivo. Podemos mencionar, a título de ejemplo, que el diseño de los pasillos de circulación debe permitir la libre circulación de personas y equipos de movimiento, la ubicación del puesto debe permitir una adecuada posibilidad de acceso a sus partes componentes, etcétera.

Es importante en este momento tener presente que en la enumeración de los distintos factores limitantes del campo de diseño de la UET no es intención construir un laberinto de intrincada o casi imposible solución, sino, por el contrario, indicar que la solución al diseño de una UET está dada en la consideración de los factores limitantes, adecuadamente ponderados en su incidencia relativa en el momento de dicho diseño y con las perspectivas que sugieren los planes de mediano y largo plazo que la empresa posea. Queremos establecer, entonces, que no existe una única solución en un caso particular y que pueden y deben tenerse en cuenta pautas orientadoras de carácter general vigentes en el mundo de la producción.

4.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INDUSTRIALES

Como resumen de los conceptos desarrollados, destacamos que un sistema industrial se denomina *técnico-operacional* cuando las características de diseño de sus UET y sus vinculaciones sucesivas solo permiten la realización de un proceso de fabricación para el cual han sido diseñadas. Como ejemplos ilustrativos de este tipo de sistema industrial se pueden mencionar las destilerías, las fábricas de cemento, un alto horno, etcétera. Asimismo, la diferenciación entre producción permanente y en lotes puede estar fuertemente acotada, como en el caso de los altos hornos, en los cuales no puede dejarse de mantener el horno a temperatura de régimen, pues un enfriamiento por el apagado del horno puede producir daños considerables en su estructura.

¹ El costo de subocupación tiene que ver con el modo de aplicar los gastos generales de fabricación al costo.

Imagen 4.3. Destilería de YPF, Chubut, Argentina



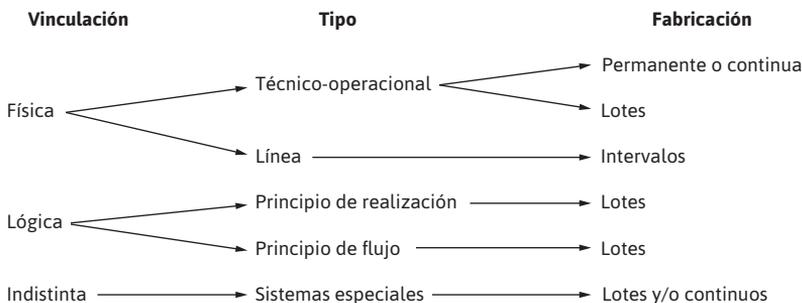
Fuente: http://www.novalaplata.com/nota.asp?n=2011_11_24&id=28797&id_tiponota=24

Un sistema laboral con vinculación física del tipo *línea* se tiene cuando las UET son dispuestas sucesivamente, siguiendo el diseño del proceso de fabricación, y la circulación del flujo de material responde a pautas determinadas por el tiempo de operación de cada una de ellas, de modo que se igualan los tiempos de operación y transporte entre cada UET sucesiva para lograr una idéntica velocidad de circulación en toda la longitud del sistema fabril.

En esta disposición, que se conoce como *disposición por principio de flujo*, el recurso tecnológico que conforma cada UET puede variar desde el más simple y universal al más específico y complejo. Cuanto más se acerquen a estas características, será más difusa la línea de separación o frontera entre los denominados sistemas técnico-operacionales y las líneas de fabricación, como sería el caso de una línea de fabricación altamente automatizada.

Es conveniente precisar que, como toda clasificación, incluida la de los sistemas fabriles, su utilización está destinada a identificar los centros de atención de cada área de clasificación, de modo de poder explicitar sus principales características y dejar a requerimientos muy particulares la precisión en la identificación específica de las fronteras de separación entre categorías sucesivas.

Figura 4.3. Nomenclatura de los sistemas laborales más comunes



Fuente: elaboración propia.

Cuando se presenta un sistema laboral dispuesto según el principio de flujo con UET relacionadas sin vinculación física entre sí, el recurso tecnológico que se utiliza es de baja complejidad, es decir, de características universales, y está destinado a fabricar series de relativamente baja cantidad de unidades por orden de fabricación. En estos casos el traslado de los materiales en proceso es realizado en forma manual o por elementos mecánicos independientes.

A diferencia de las líneas organizadas con vinculación física, que en general son diseñadas para producir en forma continua o casi continua una familia de productos, las líneas con vinculación lógica son utilizadas para las fabricaciones acotadas, tanto en cantidad como en sucesión de órdenes; las líneas así conformadas pueden reconvertirse para otros procesos sin mayores inconvenientes.

La disposición de las UET siguiendo el *principio de realización* implica el agrupamiento del recurso tecnológico de características similares en un mismo ámbito geográfico y bajo una misma supervisión. Asimismo, y como otras características singulares, debe mencionarse que el objetivo del diseño de sistemas laborales orientados al principio de realización está dado por la maximización de la utilización del recurso tecnológico en desmedro de la velocidad de circulación de los materiales en proceso.

Dentro de los *sistemas especiales*, podemos citar aquellas UET constituidas por recursos tecnológicos de alta especialización, como los centros de maquinado comandados por unidades de control numérico y vinculados por unidades de vinculación programables, como se encuentra en las denominadas celdas de fabricación flexible.

El objetivo de diseño de la *fabricación flexible* es aunar las ventajas de la fabricación por principio de flujo y por principio de realización. Dadas las características del recurso tecnológico empleado, este tipo de disposición se utiliza en grandes volúmenes de producción de piezas con mecanizado de precisión.

Dentro de la misma clasificación de sistemas especiales, podemos incluir otros dos tipos: por un lado, el sistema laboral de *punto fijo*, característico de los astilleros, edificios, etcétera, que se distingue por el hecho de que el objeto a elaborar permanece estático durante todo el proceso de elaboración; por otro lado, los *sistemas móviles*, cuya característica básica es el desplazamiento del sistema laboral completo durante toda la fabricación. Como ejemplo de esta disposición, podemos mencionar la construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica, la construcción de caminos, etcétera.

4.6. EL CONCEPTO DE TIEMPO EN EL SISTEMA LABORAL

Si recordamos la figura 4.1, en la que habíamos esquematizado un sistema laboral al indicar la presencia de un flujo material que fluye desde la condición de materia prima a la de producto terminado a través de los distintos puestos de trabajo, es evidente que se debe introducir en la circulación de ese flujo el concepto *tiempo*.

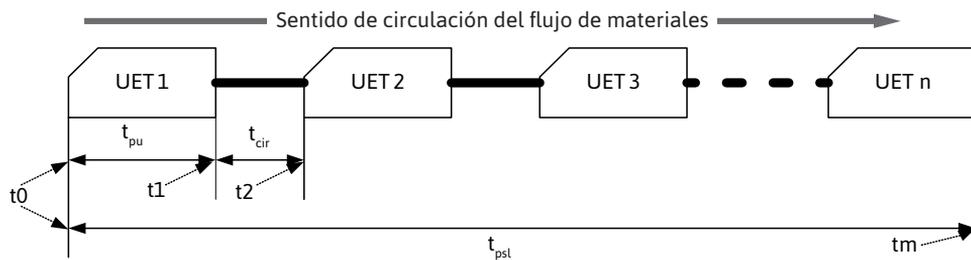
Se denomina **tiempo de permanencia en la UET** el lapso de tiempo durante el cual el material permanece en el puesto de trabajo sujeto a la tarea de transformación propia de dicha UET. En la figura 4.4 se tiene:

$$\text{Tiempo de permanencia en la UET: } (T_{pu}) = t_1 - t_0$$

El **tiempo de circulación entre UET** está indicado por el lapso de tiempo entre el instante de salida de una UET y el tiempo de ingreso a la siguiente UET, lo que se expresa como:

$$\text{Tiempo de circulación entre UET: } (T_{cir}) = t_2 - t_1$$

Figura 4.4. Análisis temporal de un sistema laboral de vinculación física



- t_{psl} : tiempo total de permanencia en el sistema laboral
- t_{cir} : tiempo de circulación entre UET
- t_{pu} : tiempo de permanencia en la UET

Si T_{pu} es igual a T_{cir} , estamos en el caso de una línea;² mientras que si T_{pu} es diferente de T_{cir} , es el caso que corresponde a las líneas discontinuas o bien a una fabricación según el principio de realización. Para el caso de la fabricación según el principio de realización, T_{cir} incluye el tiempo eventual de espera del material en proceso al costado del puesto de trabajo antes del inicio de la operación correspondiente

El tiempo de permanencia en el sistema laboral (T_{psl}) indica el tiempo total que el material transcurre en el sistema laboral desde el inicio hasta la finalización del proceso de fabricación (a este tiempo suele denominárselo *tiempo calendario* o *tiempo de flujo*). En general, encontraremos algunos conceptos ligados a estos tiempos que son de importancia a la hora de la universalización de términos:

- **Tiempo de ciclo del sistema laboral.** Es el tiempo que transcurre entre dos productos que salen del sistema una vez que el sistema se encuentra en régimen.

² En rigor, tendremos el mismo concepto si T_{cir} es múltiplo de T_{pu} .

- **Tiempo de ciclo del puesto laboral.** Es el tiempo que hemos denominado tiempo de permanencia en el UET.
- **Lead time.** Es el tiempo que transcurre desde que un material para una determinada pieza ingresa al sistema hasta que la pieza finaliza como producto terminado. En nuestro caso es entonces el tiempo de permanencia en el sistema laboral.

Conocer y actuar sobre estos tiempos es una de las tareas fundamentales del especialista en administración industrial, ya sea ingeniero industrial o licenciado en organización industrial, puesto que operan directamente sobre la eficiencia del sistema, la capacidad de este y, en definitiva, como veremos, sobre la rentabilidad de la empresa. Es, por lo tanto, esta tarea uno de los objetivos centrales de esta obra.

4.7. ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS LABORALES

Efectuaremos a continuación una evaluación de las aptitudes de los sistemas laborales básicos en función de diferentes puntos de vista, de modo de acercarnos a la definición de sus ámbitos de aplicación.

4.7.1. De los sistemas laborales de vinculación física

En lo que respecta a lo producido

Dado que el sistema está diseñado pensando en la optimización del flujo de material, su adecuado funcionamiento requiere grandes volúmenes de producción con poca variación en productos muy semejantes.

En lo que respecta a tiempos de permanencia en el sistema

Generalmente, el tiempo de permanencia de los materiales en proceso de transformación en el sistema es igual al tiempo de proceso, ya que en general se pueden considerar nulos los tiempos de vinculación. Si la distancia, por razones técnicas de diseño, entre dos UET sucesivas del sistema fuera considerable, el tiempo de permanencia de los materiales en proceso dentro del sistema laboral se vería incrementado por los tiempos de transporte. En este caso, si la línea es de producción continua los tiempos de traslado deben ser múltiplos de los tiempos de proceso de cada operación, de modo que la velocidad de circulación de los materiales sea uniforme a lo largo de todo el proceso. Consecuentemente, y para este diseño de sistema laboral, el tiempo de permanencia se considera mínimo e irreducible en la medida en que no se modifique el diseño del sistema.

En caso de líneas discontinuas, los tiempos de permanencia en el sistema serán mayores que en el caso de las líneas continuas en virtud de las discontinuidades de la circulación del flujo de material. Esas discontinuidades pueden ser evitadas a partir de la existencia de pulmones intermedios de materiales en proceso, pero que aumentan el tiempo de permanencia en el sistema laboral.

En lo que respecta a los materiales en proceso

El volumen de los materiales en proceso está definido por las condiciones de diseño del sistema laboral. En una producción por unidades, normalmente se dispone de una unidad en proceso en cada UET, mientras que en el recorrido de las vinculaciones de UET sucesivas el número de unidades depende de la relación entre el tiempo de recorrido de la distancia de separación y el tiempo de operación en cada UET.

Dado que un adecuado diseño del sistema laboral implica que el tiempo máximo por unidad en proceso de recorrido de la distancia entre dos UET sucesivas es igual al tiempo de operación, en caso de ser dicho tiempo necesariamente mayor al de la operación se debe incrementar el número de unidades en proceso en el tramo de transporte, de modo de evitar tiempo de espera en la UET siguiente. A este concepto se lo conoce con el nombre de *línea balanceada*.

En lo que respecta al personal involucrado

En los sistemas laborales de organización técnico-operacional, el número de operarios es generalmente escaso frente al volumen de producción. Normalmente, realizan tareas de control o de apoyo en tareas secundarias (debido a la automatización implícita en la instalación), mientras que en las orientadas al flujo de producción (líneas de fabricación continuas o discontinuas) el personal requerido está definido por el proceso de fabricación y, en general, es de menor calificación que en otro tipo de disposición, debido a que realiza repetidamente tareas sencillas.

En lo que respecta a la maquinaria y a las instalaciones

Se utilizan máquinas e instalaciones normalmente diseñadas (ya sea completamente o en la aplicación de dispositivos especiales propios del producto) para la realización de una determinada operación.

En lo que respecta a las fallas del sistema

Dada la continuidad de las tareas de transformación, normalmente una falla en una máquina o dispositivo suele detener la totalidad de la producción.

4.7.2. De los sistemas laborales con vinculación lógica

En lo que respecta al tipo de producto elaborado

Los sistemas laborales con vinculación lógica son utilizados en la producción de cantidades relativamente pequeñas de variados productos, y en forma aleatoria en cuanto a su repetición en el tiempo.

En lo que respecta a tiempos de permanencia en el sistema

Debido a que la producción en este tipo de sistema industrial se realiza por lotes de cantidades diversas, y como un lote en proceso en una determinada operación no avanza hacia la próxima operación indicada en su hoja de proceso hasta que se haya concluido la totalidad de las unidades indicadas para el lote de la operación precedente, resulta que el tiempo de permanencia del material en proceso en una cierta UET no está solamente condicionado por el tiempo de la operación en sí mismo sino por su ponderación por número de unidades que componen el lote. Asimismo, cuando el lote avanza hacia la operación siguiente, esta generalmente puede no iniciarse de inmediato sino que debe esperarse que finalice la o las operaciones de otros lotes que tienen prioridad en la ocupación de la máquina en cuestión. Todo ello incide directamente en los tiempos de permanencia del lote dentro del sistema, por lo tanto, en general, es sensiblemente mayor que el tiempo de operación indicado por el ciclo del proceso de fabricación del producto.

Otro aspecto que también tiene incidencia sobre el tiempo de permanencia en el sistema laboral está dado por el tiempo de espera por preparación de máquinas, que se genera en la necesidad de desalistar la máquina de la tarea que estaba realizando y alistarla (también denominada *tarea de preparación de la máquina*) para la nueva tarea a encarar.

En lo que respecta a los materiales en proceso

Los *stocks* en proceso son normalmente importantes (o por lo menos sensiblemente superiores a los existentes en los sistemas de vinculación física) como consecuencia de las características del proceso en lotes y del criterio prioritario establecido como condición de diseño del proceso de fabricación para optimizar la ocupación de la máquina.

Uno de los factores que inciden sobre el tamaño de los lotes y, por ende, en el nivel de los *stocks* en proceso es el tiempo de preparación de la máquina, dado que, para disminuir la incidencia de este tiempo en cada unidad, se tiende a aumentar el tamaño del lote. De este modo, el porcentaje de horas máquina destinadas a preparación (tarea no productiva) no es significativo respecto de las horas máquina disponibles para producción; en definitiva, se prorratea el tiempo de alistamiento y desalistamiento en una mayor cantidad de unidades a producir.

En lo que respecta al personal involucrado

En este tipo de disposición, sistemas laborales con vinculación lógica, el personal requerido por las actividades necesariamente debe poseer un adecuado grado de especialización que le permita operar una máquina de características universales y adecuarse a la realización de tareas, si bien del mismo tipo, cambiantes en sus formas y condiciones de realización. Salvo casos particulares, las máquinas utilizadas en este caso no son de complicada operación. Es indispensable para el operario a cargo de estas tareas tener conocimientos, habilidades y experiencia, temas estos que trataremos oportunamente.

En lo que respecta a las máquinas y a las instalaciones

Las máquinas y las instalaciones utilizadas en esta disposición son de las denominadas *de tipo universal*, esto es, que son diseñadas para realizar una determinada operación de carácter general, como por ejemplo agujerear, torneear, enroscar, fresar, cilindrar, soldar, etcétera. Por ende, son máquinas más económicas pero de menor producción (en términos de unidades en función de tiempo). La calidad de la tarea está sujeta a las condiciones establecidas en el proceso de fabricación y a las posibilidades de diseño de la máquina.

En lo que respecta a las fallas del sistema

La falla imprevista de una máquina o una herramienta, en general, no detiene la producción, solo puede afectar a un determinado lote, y en caso de no poder esperarse la reparación de la avería, el proceso puede continuar en otra máquina de características similares con reprogramación de tareas, aunque, probablemente, con eficiencias menores. Sin embargo, lo importante del caso es que el sistema productivo en general no se detiene.

4.7.3. Sistemas de vinculación mixta

Se llama sistemas de vinculación mixta a las vinculaciones físicas removibles, esto es, aquellas vinculaciones que pueden ser modificadas, con cierta facilidad, para adecuarlas a nuevos procesos. Estos sistemas tratan de optimizar las ventajas de los sistemas de vinculación lógica y física para un marco de exigencias en el que no sea factible la aplicación de uno u otro de los sistemas descriptos.

En general, estos sistemas se disponen para la fabricación de familias de productos. Así, un sistema que puede ser visto como por principio de realización, con una reubicación estratégica de las máquinas puede ser visto como un sistema por principio de flujo.

Como resumen de lo expuesto sobre las UET y los modos de vincularlas dando lugar a la creación de los denominados sistemas industriales, debemos recordar que

ello no pretende en modo alguno agotar clasificaciones, sino simplemente expresar un recurso didáctico que nos permita situarnos desde el punto de vista de la PYCP (programación y control de la producción).

4.8. SISTEMAS ESPECIALES

En los temas tratados precedentemente, hemos desarrollado una clasificación general de los sistemas productivos con claro sentido didáctico para facilitar un esquema que sirva para el análisis de los sistemas industriales reales. En este sentido, el objetivo no fue presentar una clasificación rigurosa ni mucho menos excluyente. Existen sobre cada uno de estos sistemas especiales particularidades que son de difícil generalización, y es por ello que se deben estudiar por separado. En general, no pueden tampoco identificarse características que permitan compararlos, y el tratamiento de sus eficiencias son de soluciones complejas, como también lo son sus problemáticas.

Pero dada la infinidad de combinaciones o formaciones de sistemas industriales que existen en la práctica, algunos de ellos quedan excluidos involuntariamente de aquella clasificación. A modo de complemento podemos incluir como sistemas especiales los siguientes: sistemas móviles, sistemas de fabricación en punto fijo y sistemas de fabricación flexible.

4.8.1. Sistemas móviles

Los sistemas móviles son aquellos en los que tanto el recurso humano como el tecnológico se desplazan sobre un objeto laboral. Como ejemplos podemos citar los siguientes casos:

- Trabajo individual realizando una sola actividad.
 - Limpieza de pisos.
 - Tareas agrícolas, como arado de un campo, cosechado, etcétera.
- Trabajo individual simultáneo.
 - Operario de mantenimiento.
 - Enfermera atendiendo pacientes.
- Trabajo en equipo.
 - Construcción de una ruta.
 - Tendido de una línea de alta tensión.

4.8.2. Fabricación en punto fijo

El sistema de fabricación en punto fijo se aplica en aquellos casos en los que por diversas circunstancias el objeto a elaborar permanece inmóvil. Como ejemplo de esto podemos mencionar la construcción de edificios, barcos, represas, grandes

instalaciones mecánicas elaboradas en bajas cantidades (locomotoras, aviones de gran porte), etcétera.

4.8.3. Fabricación flexible

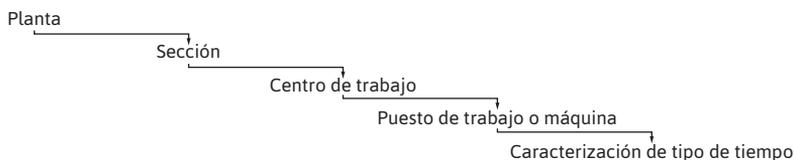
En puntos anteriores hemos desarrollado los conocimientos básicos de los sistemas de fabricación por principio de realización y por principio de flujo, en los que hemos indicado sus principales ventajas y desventajas. Los sistemas de fabricación flexible se basan en el objetivo de reunir en un sistema productivo las ventajas de ambas disposiciones.

Una celda de fabricación flexible está integrada por unidades de transformación de alta tecnología no solo en sus capacidades propias de elaboración sino también en lo que a la manipulación del objeto a elaborar se refiere. Las diferentes unidades de transformación que configuran la celda están relacionadas entre sí por unidades de vinculación programables que realizan el traslado y el posicionamiento del objeto a elaborar.

En general, la fabricación flexible se utiliza en la fabricación de productos requeridos en cantidades significativas y con características técnicas rigurosas. El balanceo de las celdas es crítico puesto que se busca en estos casos alta eficiencia en el uso del recurso tecnológico y disminuir los tiempos ociosos de los operarios, haciéndolos tender a cero.

4.9. ALGUNAS CONSIDERACIONES PARTICULARES

Si pensamos en una planta de dimensiones importantes, la determinación exacta del lugar de realización de la operación exige utilizar un procedimiento de identificación adecuado y de carácter general que permita ser empleado para ubicar tanto física como lógicamente puestos de trabajo de diferentes características. Para ello, y a modo de ejemplo, puede utilizarse un sistema que se integre con los siguientes datos:³



Estos datos surgen de las siguientes consideraciones: una fábrica puede estar integrada por más de una planta (sea en forma física o lógica). Por ejemplo: una fábrica

³ No solo debe pensarse en la ubicación física de un puesto de trabajo sino también en la interacción de diferentes sistemas. Pensemos como ejemplo en la relación de las hojas de proceso con el sistema de costos, y entenderemos la significación de esta relación.

de automotores tiene una planta de armado, otra de estampado, otra de motores, etcétera; en consecuencia, la indicación de la planta indica el primer límite. A su vez, una planta está conformada por diferentes secciones. Conceptualmente, una sección es un sector de la fábrica que puede estar caracterizado por un tipo de actividad. Por ejemplo: dentro de la planta de estampado podemos tener secciones de balancines excéntricos, de prensas automáticas, etcétera.

En el interior de una sección pueden definirse uno o más centros de trabajo. Conceptualmente, el centro de trabajo es un sector de una sección caracterizado por un tipo de actividad. Por ejemplo: dentro de la sección de balancines excéntricos podemos definir el centro de trabajo de acuerdo con la capacidad de los balancines; en consecuencia, tendremos un centro de trabajo de balancines de hasta 25 t, un centro de trabajo de balancines de hasta 50 t, etcétera.

Dentro de un centro de trabajo pueden existir uno o más puestos de trabajo o máquinas; así las cosas, dentro del centro de trabajo de balancines de 25 t se pueden agrupar varios balancines de similar capacidad. Se puede ver la similitud de la conceptualización con la que hemos definido planta, sección, centro de trabajo y puesto de trabajo, y la amplitud que estos conceptos ofrecen para su aplicación práctica en una planta concreta.

La hoja de operación describe exhaustivamente las actividades a realizar (o sea, el método de realización, como lo definiremos oportunamente), las herramientas y dispositivos a utilizar y las condiciones de colocación y ajuste de herramientas, aunque en algunas empresas esta información suele disponerse en un documento aparte denominado hoja de preparación. La información contenida en una hoja de operación debe permitir conocer todos los detalles inherentes a la ejecución de esa operación.

La caracterización del tipo de tiempo está dada por el factor que define el tiempo de la operación. Cuando ese tiempo depende del uso de una máquina automática, se está en presencia de un **tiempo máquina**. Si la tarea es esencialmente manual, se tendrá un **tiempo hombre**, y en aquellos casos en que la responsabilidad del tiempo de la operación sea compartida entre el hombre y la máquina, se define un **tiempo hombre-máquina**.

RESUMEN

A partir del concepto de unidad elemental de transformación (UET) y de sus modos de vinculación, el administrador industrial dispone de una poderosa herramienta de observación y análisis. Los **modelos productivos** definidos permiten reducir el universo de los sistemas laborales reales a un número discreto de opciones que facilitarán el análisis de las características de un sistema real respecto del teórico definido como guía. Asimismo, se pone de manifiesto que el diseño de un sistema

laboral responde a circunstancias propias del momento y del caso, aunque existen principios de carácter general que inciden en el diseño.

Estudio de casos

Diesel McCall

Diesel McCall fue un pionero en la fabricación de un tipo de motor de combustión interna. La fábrica está situada en la costa, en Nueva Jersey, porque la compañía había producido motores marinos para embarcaciones de pesca y de recreo. Posteriormente, comenzó a producir motores para pequeñas plantas de energía estacionaria, para pequeñas comunidades, para uso industrial y en granjas.

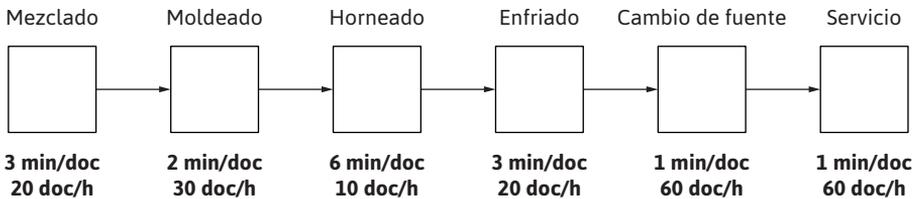
Durante el primer año de funcionamiento de la empresa, sus motores se efectuaron a pedido. Incluso hoy en día alrededor del 60% de sus motores todavía están a la orden. Existe, sin embargo, en los últimos años una tendencia hacia la estandarización de partes y componentes, e incluso hacia la reducción de la variedad de motores producidos. El departamento de ingeniería siguió la línea de normalizar el uso de objetos pequeños, como tuercas, tornillos y resortes, entre otros, para permitir cierto grado de intercambiabilidad entre los diferentes productos. Los tamaños de motores marinos fueron normalizados hasta cierto punto, aunque diversas necesidades de los clientes demandan una diferencia en proyectos. En los motores pequeños para uso en la agricultura ha habido un verdadero esfuerzo por concentrar las ventas en tres tipos estándar: HP 20, 40 y 60.

La empresa siempre ha sido de avanzada en términos de su ingeniería de productos. Sin embargo, la fase de producción no ha sido tan desarrollada. La herencia de la producción de trabajos (un tipo de producción llamada 'taller de trabajo') o tareas aún persiste, y, a pesar de la tendencia a la normalización, la industria manufacturera sigue trabajando en la lógica *custom*. La creciente popularidad de los motores diesel ha hecho que se intensifique la competencia, con lo que aparecieron muchos nuevos competidores en el mercado.

Los altos costos de producción y servicio al cliente se reflejan en la pérdida de los pedidos. Quejas de los clientes junto con las presiones del departamento comercial han hecho que se deba contratar un ingeniero consultor para hacer un diagnóstico del sector de la manufactura y proporcionar un plan de acciones de mejora. ¿Cuáles cree el lector que pudieron haber sido las acciones de mejora?

Ejercicios

1. A la hora del diseño de un sistema industrial, ¿cuáles son los aspectos que se deben analizar para lograr un sistema apropiado? Justifique y ejemplifique cada uno de los aspectos mencionados.
2. Si decimos que existen dos extremos claros y opuestos a la hora de la vinculación:
 - a. ¿Cuáles son esos dos extremos?
 - b. ¿Cuándo utilizaría cada uno? Justifique y ejemplifique.
3. ¿En qué se diferencian el tiempo de permanencia en el sistema laboral y el tiempo de ciclo del sistema laboral?
4. ¿Qué relación existe entre el tiempo de ciclo y la capacidad de la planta? (Entendemos, en principio, por capacidad de la planta la cantidad teórica de unidades posibles de fabricación).
5. El siguiente proceso de fabricación de medialunas es del tipo de vinculación física. Los tiempos de cada UET se encuentran plasmados en el siguiente gráfico:



- a. Calcule el tiempo de ciclo de la fabricación de medialunas.
 - b. Calcule la capacidad de la fábrica.
 - c. Proponga una mejora en la capacidad.
6. Realice un gráfico en el que figuren dos ejes coordenados cartesianos ortogonales. En el eje de las abscisas plasme la cantidad fabricada; y en el eje de las ordenadas, la variabilidad de productos fabricados (cantidad de productos en cartera). Luego, ubique el lugar en el que colocaría cada uno de los sistemas de vinculación.

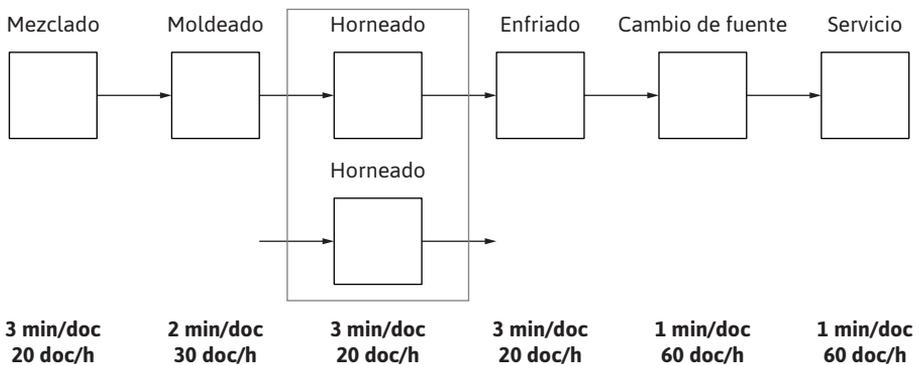
Respuestas

Ejercicio 5

- a. Para el caso del sistema en cuestión (flujo, no balanceado), el tiempo de ciclo es coincidente con el puesto que más tiempo tarda en realizar la operación. Por lo

tanto, el tiempo de ciclo es de 10 min/doc, que corresponde a la operación de horneado.

- b. En este caso, la capacidad es de 6 docenas por hora, lo que implica 48 docenas por día, si la jornada fuese de 8 h diarias.
- c. Para aumentar la capacidad, una solución posible sería colocar otro horno de la misma capacidad, de esa manera pasaría al doble de capacidad, y quedaría en ese caso restringido por el horneado, el mezclado y el enfriado, ya que todas estas operaciones tendrían igual tiempo de ciclo. El siguiente esquema muestra la solución propuesta:



CAPÍTULO 5

LOS MODELOS PRODUCTIVOS

Qué es un modelo productivo, cuáles son los modelos básicos y qué características los diferencian son los temas que se desarrollan en el presente capítulo. Con ellos pretendemos sentar las bases que permitan comprender los distintos sistemas productivos y los capítulos subsiguientes.

En el capítulo precedente se han descrito los principales aspectos del diseño de los sistemas laborales en lo referido a los principios de disposición de las unidades elementales de transformación (UET). En este capítulo se analizará la aplicación de esos principios a situaciones concretas observadas desde el punto de vista de la tarea de administrar¹ la producción.

Se denomina *modelo productivo* a un sistema laboral de características específicas. En este capítulo identificaremos los siguientes cuatro modelos:

- Modelo de producción continua.
- Modelo de producción discontinua.
- Modelo de producción por proyecto.
- Modelo de producción justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés).

5.1. MODELO DE PRODUCCIÓN CONTINUA

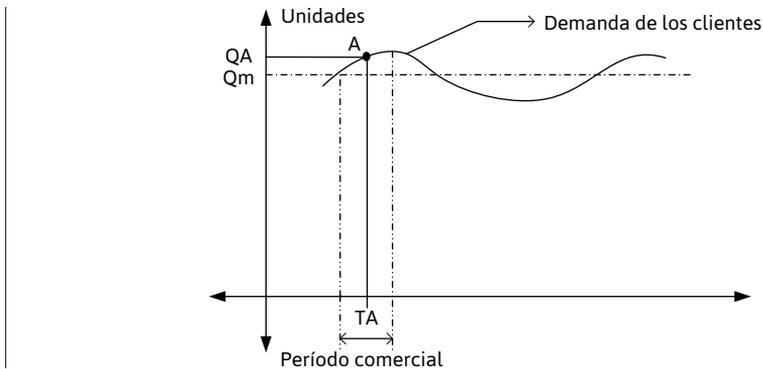
El modelo de producción continua utiliza un sistema laboral dispuesto según el principio de flujo. Su uso es habitual en aquellos casos en que la demanda del producto es de características continuas, y que al mismo tiempo genera una carga de trabajo² de cierta envergadura.

¹ Cuando observamos los sistemas laborales desde el punto de vista de la administración de la producción lo hacemos desde la consideración de las características de su flujo de producción y los requerimientos comerciales que el sistema provee.

² La carga de trabajo se calcula multiplicando el tiempo unitario de fabricación por la cantidad de unidades a fabricar por período de producción.

Si bien para cada unidad de consumo (familia, individuo, empresa, gobierno) el consumo o utilización de un determinado producto es generalmente de características puntuales, el conjunto de dichas demandas individuales consideradas en un determinado ámbito geográfico y temporal constituye una demanda del tipo continuo.

Figura 5.1. Gráfico de la demanda continua



Nota: QA indica la cantidad de unidades que suman los consumos individuales que corresponden al período A. Qm indica el promedio mensual que corresponde a la venta anual. Por *estacionalidad* se entienden las diferencias que en cada período se registran entre la venta real (o presupuestada) respecto del promedio anual. En el caso del período A, corresponde a la diferencia entre QA y Qm.

Fuente: elaboración propia.

Se pueden mencionar, como ejemplo, los denominados productos de consumo masivo, entre los que se encuentran los alimentos básicos o habituales de la dieta familiar, aunque también pueden ser incluidos otros tipos de productos, como artefactos del hogar, cierto tipo de indumentaria, productos industriales, lapiceras, etcétera.

Consecuentemente, la fabricación de dichos productos³ asumirá las características propias de una producción continua, esto es, con un sistema fabril organizado por principio de flujo que tiende a producir todos los días las mismas cantidades de producto final. La figura 5.1 muestra el comportamiento de este tipo de demanda en función del tiempo.

³ Con el objeto de no agobiar al lector reiterando expresiones como *realización de operaciones* y *procesos de transformación*, con los cuales queremos ampliar el punto de vista y la concepción global de la gestión de producción a los servicios, a partir de ahora tomaremos dichas expresiones como sinónimos y solo destacaremos diferencias cuando puntualmente sea requerido.

Imagen 5.1. Producción láctea, un caso particular de producción continua



Fuente: <http://conspiraciones1040.blogspot.com/2014/12/el-por-que-la-leche-pasteurizada-esta-destruyendo-tu-salud.html>

Es importante en este momento destacar, y debe quedar claro, que dentro de una misma empresa, y más aún dentro de un mismo espacio físico, este modelo es factible que conviva con otras formas de organización del resto de la planta. La relación hombre-máquina permite definir, como indicamos en el apartado 4.5 de este libro, dos tipos particulares o subclases dentro del modelo de producción continua: el técnico operacional y la línea convencional. Desde el punto de análisis que se ha definido en este capítulo, esta subdivisión no genera diferencias significativas.

5.2. MODELO DE PRODUCCIÓN DISCONTINUA

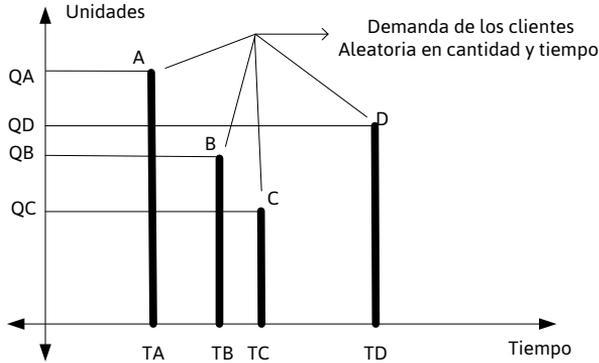
El modelo de producción discontinua⁴ utiliza un sistema laboral organizado en su disposición según el principio de realización, y generalmente se aplica para satisfacer demandas que requieren productos definidos y fabricados antes de su compra, pero cuyas demandas individuales, al ser consideradas en un ámbito definido, no alcanzan a cubrir los volúmenes exigidos,⁵ medidos en su contenido de trabajo, para utilizar fabricación continua.

Cuando hablamos de volúmenes no estamos haciendo referencia a la cantidad de unidades físicas del producto, sino al tiempo que demanda la fabricación de esas cantidades. Es por ello que este sistema puede ser también utilizado en aquellos sectores de producción de componentes que alimentan sectores de planta organizados por principio de flujo.

⁴ Este modelo también se denomina, indistintamente, *producción por pedido* y *producción intermitente*.

⁵ No existe un valor de contenido de trabajo por período de producción que defina qué tipo de modelo se debe disponer. Cada empresa decide qué sistema utilizar.

Figura 5.2. Gráfico de la demanda discontinua



Nota: QA indica la cantidad de unidades que solicitan los consumos individuales que corresponden al momento A. De la misma manera, QB, QC y QD, con momentos B, C y D, sumarizan las cantidades solicitadas por los clientes con cantidades y tiempos totalmente aleatorios, lo que configura una demanda discontinua.

Fuente: elaboración propia.

La característica central de este modelo es que la fabricación de los productos⁶ se realiza por órdenes de fabricación que definen qué producto fabricar, en qué cantidad y para cuándo debe finalizarse la fabricación. La próxima orden del mismo producto será emitida cuando la demanda lo requiera; en consecuencia, el tiempo entre una y otra orden de fabricación del mismo producto es de características aleatorias. La figura 5.2 muestra este tipo de demanda. Otra característica significativa de este modelo productivo es que en el mismo sistema pueden encontrarse en proceso simultáneo diversas órdenes de fabricación correspondientes a distintos productos.

Normalmente, un sistema laboral destinado a producciones discontinuas está dispuesto según el principio de realización; esto se debe al agrupamiento físico de las máquinas-herramientas según el tipo de tarea que son capaces de realizar. En general, son máquinas universales, como tornos, fresas, agujereadoras, dobladoras, etcétera. En consecuencia, un sistema laboral organizado por el principio de realización nos permitirá encontrar un *layout* (diseño de planta) en el cual podemos observar sectores geográficos que agrupan máquinas de características similares, y que además se encuentran bajo una única responsabilidad de supervisión.

⁶ Tener presente que para un sistema organizado por principio de realización la fabricación de un simple componente adquiere la misma dimensión de un producto complejo.

Imagen 5.2. Taller de carpintería, un caso típico de máquinas universales utilizadas para producciones bajas de distintos productos finales



Fuente: <https://insideofknoxville.com/2015/12/smoky-mountain-vintage-lumber-rockin-a-new-address/>

El primer escalón jerárquico⁷ es el denominado *supervisor o capataz*, quien tiene bajo su responsabilidad el funcionamiento de un grupo de máquinas capaces de realizar la misma operación. En rigor, no siempre se encuentra un supervisor por cada tipo de máquina, pues ello es privativo de la envergadura del sistema laboral, pero conceptualmente significa lo mismo, es decir que las máquinas de características similares operan bajo una misma supervisión.

El objetivo esencial que prima en el diseño de un sistema laboral por principio de realización es el de maximizar la ocupación de la máquina como respuesta a las condiciones económicas que imponen las características y el volumen de los productos requeridos por el sector comercial, y que dicho sistema elaborará. Para lograr la mayor versatilidad posible, las máquinas-herramientas que componen el sistema laboral tienden, dentro de su tipo, a ser lo más universales posibles, de modo de adaptarse con sencillez a los diferentes requerimientos que presentan los productos a elaborar. La idea de maximizar el factor de ocupación de la máquina conduce al desmedro o subordinación de otros factores que inciden en el desarrollo del sistema laboral, como los *stocks* en proceso que, en este caso, tienden a ser mayores que en los sistemas laborales continuos.

Como ejemplo de lo antedicho se puede mencionar un aumento de las existencias en proceso, dado que, en general, los lotes en fabricación deben recorrer la planta en busca del puesto de trabajo en el que se realizará la próxima operación que le indica su hoja de proceso, y ello significará consumir tiempos de traslados que si

⁷ Lo hemos enunciado como primer nivel jerárquico puesto que hemos tomado como referencia el sistema laboral, del cual estamos hablando, sin ánimo de entrar en discusiones teóricas ni establecer principio alguno.

bien pueden no ser significativos en la distancia a recorrer, sí lo pueden ser en espera de la persona que realice el transporte. Ello se debe a que, normalmente, quien lleva a cabo los transportes tiene a su cargo diversas tareas en forma simultánea.⁸

Asimismo, los requerimientos de calificación del personal que opera el sistema discontinuo (operarios directos) tienden a ser mayores respecto del utilizado en el sistema continuo, dado que se requiere una muy buena adaptación a los cambios continuos de producto en trabajo. Igualmente, el lote en trabajo, al llegar al puesto de trabajo que le corresponde según la hoja de proceso, puede hallarse ocupado en la realización de otra tarea y debe sufrir una espera, lo que hace que este tipo de sistema tenga un *lead time* de bajo nivel de exactitud.

5.3. MODELO DE PRODUCCIÓN POR PROYECTOS

El modelo de producción por proyectos se aplica a la fabricación de productos cuyo diseño se realiza a partir de especificaciones generales del cliente, y el propio diseño debe ser realizado como parte del proceso de fabricación. Desde el punto de vista de la relación comercial-industrial, estamos en presencia del caso “primero vendo, luego fabrico”, que es inverso a los productos de consumo masivo, en los cuales la relación es “primero fabrico, luego vendo”.

Generalmente, la disposición del sistema laboral seguirá el principio de realización. Un caso particular de aplicación de este modelo está dado por operaciones de mantenimiento sobre la instalación del sistema laboral realizadas con periodicidad variable. El lector tenderá a preguntarse cuál es la diferencia que existe entre un modelo de producción por órdenes (o discontinuo), cuando la cantidad del lote es mínima (incluso una única unidad), y un modelo de producción por proyectos.

Imagen 5.3. Montaña rusa, un caso de fabricación por proyecto



Fuene: Pixabay

⁸ El personal afectado a la fabricación suele ser calificado como *operario directo* (o productivo), es decir, aquel que realiza tareas con arreglo a un método establecido, o como *operario indirecto* (o no productivo), es decir, aquel que realiza tareas de colaboración en la fabricación, como por ejemplo el operario de transporte.

La respuesta es que se tiene un caso de aplicación del modelo de producción por proyecto cuando la definición técnica del producto y su fabricación son posteriores a la venta del producto, mientras que la producción por órdenes se realiza sobre productos técnicamente definidos, tanto en su integración como en su proceso de fabricación, en forma previa a su comercialización.

El hecho de que sea una característica del modelo de producción por proyecto que tenga como parte de la actividad productiva el diseño del producto y, por ende, de su proceso de fabricación (o el diseño solo de este último, en los casos en que el cliente provee el diseño del producto pero no el de su proceso de fabricación), implica el desconocimiento previo de los tiempos de fabricación y de los materiales necesarios. Esta situación genera en la logística de fabricación requerimientos diferentes respecto del modelo de producción discontinua.

Es evidente que en toda clasificación existe una frontera que separa una clase de otra. Por ejemplo: todos podemos definir e identificar qué entendemos por blanco, gris y negro. Claro está que en un momento dado el blanco deja de ser blanco para ser gris; y en otro, el gris deja de serlo para pasar a ser negro. La pregunta es: ¿cómo se define la frontera entre un color y otro? Sostenemos la postura de que esto solamente nos debe preocupar cuando la importancia de la frontera sea significativa para el caso específico. En consecuencia, no tendremos problemas en identificar y separar la producción por órdenes de la producción por proyecto.

5.4. MODELO DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO

El modelo de producción justo a tiempo (JIT) configura una tendencia actual, aplicable, bajo determinadas condiciones, a los sistemas de producción continua con el objeto de disminuir los costos de fabricación y el tiempo de respuesta a los pedidos de los clientes que cumplan determinadas condiciones. La aplicación práctica del modelo requiere que se verifiquen algunas condiciones de base:

- Que se deba fabricar una adecuada magnitud de producción, medida en cantidades de unidades, volumen físico y volumen económico. El concepto *adecuada* tiene respuesta en cada caso particular considerando la significativa cantidad de combinaciones posibles entre cantidad física, tiempo unitario de proceso, valor económico, etcétera.
- Alta confiabilidad en el desempeño del sistema laboral involucrado, dado que al reducirse los *stocks* en proceso las paradas de producción por defectos o roturas en el sistema laboral generan dificultades en la continuidad de la producción, con el consiguiente retraso en la entrega del producto terminado.

- Proveedores de insumos que verifiquen alta capacidad de cumplimiento en la relación fecha/cantidad de los insumos solicitados.⁹
- Procesos de fabricación que reduzcan al mínimo los rechazos de calidad, tanto de partes en proceso como de productos terminados.

Estos sistemas también suelen denominarse “traccionados por la demanda”, dado que solo se fabrica aquello que debe ser entregado para satisfacer un pedido concreto. Se puede mencionar, como ejemplo de este tipo de aplicación, la industria automotriz, en su relación con las empresas proveedoras de autopartes, que solamente pueden entregar aquellas partes que se van a necesitar en la línea de ensamblado con una muy pequeña antelación a su uso, y por supuesto la línea requiere componentes cuando tiene un pedido de fabricación (no se fabrica para ampliar el *stock*).

Uno de los principales objetivos estratégicos que puede observarse en la tendencia presente de la gestión de dirección¹⁰ de las empresas está constituido por el logro de la satisfacción del cliente que atiende –puesto que a partir de esa satisfacción se tratará de fidelizar¹¹ el cliente a la empresa– sus marcas y sus productos.

La satisfacción del cliente puede expresarse y, por consiguiente, cuantificarse a través de diferentes objetivos operativos, como el grado de servicio brindado al cliente como complemento de la adquisición del producto (concepto de producto ampliado),¹² el grado de satisfacción que implica la posesión, el uso o consumo del producto, la relación precio-calidad, el servicio de posventa, la rapidez de respuesta en la entrega de un producto concreto, la constancia de calidad, etcétera. Varios de estos objetivos operativos que permiten cuantificar la satisfacción del cliente afectan a la PYCP en particular y a la logística en general.

Uno de esos aspectos está dado por la velocidad de respuesta que la empresa le brinda al pedido del cliente, esto es, en qué tiempo la empresa es capaz de proporcionar el bien solicitado por el cliente a partir de su pedido concreto. En forma simultánea a ese tiempo debe analizarse qué capacidad de elección se le brinda al cliente respecto de las características constitutivas del producto a solicitar, esto es,

⁹ No se hace mención a la calidad de lo provisto pues hemos definido como postulado que aquel producto que no verifica la calidad requerida no puede ser considerado como cantidad entregada.

¹⁰ Es común utilizar la expresión *management* como sinónimo de gestión de dirección.

¹¹ Por *fidelizar al cliente* se entiende la acción de la empresa, en particular su gestión comercial, para lograr adhesión permanente del cliente a sus productos, pues los identifica como la mejor respuesta a su ecuación de valor.

¹² A nivel comercial se reconocen tres niveles de producto: el *producto básico*, que hace referencia al producto en sí y a su capacidad de satisfacer la necesidad a la cual va destinado (por ejemplo, una camisa de vestir de caballero); el *producto tangible*, es decir, cómo lo recibe el cliente cuando lo adquiere (por ejemplo, la camisa de vestir de caballero pero plegada y embalada); y el *producto ampliado*, es decir, cuando al producto básico se le adicionan servicios varios (por ejemplo, la camisa con botones de repuesto).

qué tipo de características del producto son decididas por el cliente en el momento de generar el pedido.

Un ejemplo clásico del campo de variación que puede presentar el conjunto de características alternativas u opcionales a ser decididas por el cliente en el momento en que realiza el pedido está configurado por el caso del automóvil. En este caso, es muy usual que, partiendo de un producto base,¹³ se puedan solicitar diferentes sistemas de frenos, llantas, cubiertas, motor, etcétera, lo que genera, por consiguiente, un importante número de modelos alternativos al modelo base.

Imagen 5.4. Planta de Toyota ubicada en Zárate, provincia de Buenos Aires, Argentina. Un caso emblemático del sistema de producción JIT



Fuente: <http://www.agritotal.com/nota/toyota-argentina-consolida-inversiones-y-liderazgo/>

Obviamente, si tanto el tiempo de respuesta al pedido del cliente como el grado de amplitud del campo de elección de características constituyen parámetros que tratan de definir la cuantificación del servicio al cliente como base de su satisfacción, no se debe dejar de lado el aspecto costo del producto como factor de comparación de las cualidades de los productos.

Un menor tiempo de respuesta, el que oportunamente hemos definido como *tiempo de respuesta que tiende a cero* (tender a cero es la expresión física posible de una meta físicamente inalcanzable, como sería el tiempo de respuesta cero), implica un esfuerzo sistemático del sistema fabril que en su conjunto procura alcanzar dicho objetivo. Con la misma filosofía, el *costo del producto debe tender a cero*, como expresión física concreta de una meta a alcanzar.

¹³ La jerga comercial automotriz ha introducido el concepto de *plataforma* para designar el auto base de una línea.

Anteriormente hemos señalado que *tender a cero* implica que el costo, tiempo de respuesta o factor que consideremos debe ser hoy mejor que el de ayer, pero no tan bueno como el de mañana; esto nos indica la necesidad de la mejora continua del desempeño de la empresa. Este aspecto de la mejora continua constituye una exigencia de enorme envergadura no solo para el sistema productivo de la empresa sino para el conjunto de la empresa; en consecuencia, solo será posible en la medida en que exista una auténtica decisión de la dirección de la empresa en relación con la consecución de los objetivos.

Si bien hemos mencionado el ejemplo de la industria automotriz, debemos apresurarnos a decir que el mundo industrial no solo es industria automotriz, esto dicho sin perjuicio de reconocer la importancia fundamental que ella tiene en el desenvolvimiento de la industria en su conjunto. Prueba de ello es que muchos reconocen que los adelantos tecnológicos se generan en la industria bélica y aeroespacial y que es la industria automotriz el primer escalón de aplicación masiva de esos adelantos, y que luego de ella decantan hacia el resto del ámbito industrial.

Más allá de estas consideraciones, si hay algo cierto en la industria en particular y en la economía en general de los albores del siglo XXI es la interdependencia universal de los factores que intervienen. Si bien no dejamos de precisar que cada empresa es un ente particular, ello no significa que sea independiente de las influencias del medio en que se desenvuelve. En consecuencia, e independientemente del tipo de industria o actividad que una empresa desarrolle, ella estará condicionada en mayor o menor grado por las pautas generales de los mercados.

Obviamente, a la situación actual se llega a través de un proceso de evolución que fue cubriendo diferentes etapas a medida que se fueron modificando las condiciones de los mercados como consecuencia de los cambios que fueron sufriendo los factores que lo componen.¹⁴ La gestión tradicional de la producción fue evolucionando en su cometido a partir de las exigencias que las diferentes circunstancias de los mercados imponían, tratando de resolver la enorme complejidad de los problemas que presenta tanto la producción en general como la producción en lotes en particular.

Frecuentemente, los sistemas de gestión de la producción enrolados en la teoría clásica de la administración se encaminaban al control de existencias tanto de los productos finales como de los componentes en proceso, con el objetivo de que al momento de presentarse una necesidad fuese esta cubierta por disponibilidad del producto en *stock*.

Una gestión de estas características puede arrojar resultados satisfactorios en la medida en que el parámetro de control se reduzca a la disponibilidad del producto o de los componentes, pero debido a que no pone énfasis en la optimización de los

¹⁴ Ver en la introducción la breve referencia histórica sobre la evolución de las condiciones de los mercados, las cuales fueron potenciadas por la universalización de la economía a partir de la caída del muro de Berlín, expresión política del colapso de la economía marxista.

procesos, tiende naturalmente al aumento de los *stocks* tanto en proceso como en producto comercial. La existencia de *stocks* de magnitud considerable en la cadena de suministros o cadena de valor genera un mayor requerimiento de disponibilidad de capital.

Siendo la rentabilidad porcentual sobre el capital invertido una de las formas de medir el éxito de una empresa y, por ende, de sus directivos, la atención sobre ella comenzó a considerar la magnitud del *capital de trabajo*.¹⁵ La reducción del capital de trabajo como modo indirecto de aumentar la rentabilidad porcentual de la inversión implica la reducción no solo de las existencias de productos comerciales disponibles para la entrega al cliente sino también de la totalidad de las existencias en curso de elaboración y de los *stocks* de materias primas y componentes de uso final en el armado del producto. La reducción de las existencias implica un grado de exigencia superlativo para la continuidad de la fabricación que debe ostentar un sistema laboral en estas condiciones. La *fiabilidad* en la operación del sistema es esencial en el modelo justo a tiempo.

En una empresa, la adopción de un modelo productivo dependerá de diversos factores: la filosofía industrial¹⁶ que la empresa quiera tener, las condiciones de fabricación y/o de comercialización impuestas por las características propias del producto, y la posición en la cadena de valor del producto que la empresa decida tener. Dada la cantidad de combinaciones posibles de estos factores, en el capítulo siguiente se presentará el concepto de *modelo logístico* y sus variantes más significativas.

RESUMEN

Partiendo del concepto de UET y de los principios de disposición que conforman los modelos laborales, se presentó el modelo logístico como la aplicación concreta de un sistema laboral analizado desde el punto de vista de la administración de la producción. Se han definido cuatro modelos básicos: el modelo de producción continua, el de producción discontinua, el de producción por proyecto y el de producción justo a tiempo. La descripción realizada de las características de estos modelos permitirá identificar la aplicación práctica de cada uno de ellos en la realidad.

¹⁵ Podemos sintetizar el concepto de *capital de trabajo* como el valor de todas las mercaderías existentes en la cadena de valor de la empresa, incluyendo las ventas realizadas y pendientes de cobro.

¹⁶ Designamos como *filosofía industrial* la decisión de la empresa en lo que respecta al número de etapas que su proceso de fabricación cubrirá. Por ejemplo: una empresa industrial que fabrique lavarropas puede adquirir de terceros todos los componentes necesarios, y reservarse como propio el ensamblado de ellos. Otra empresa puede adquirir el lavarropas ya armado; y otra puede fabricar algunos componentes, adquirir de terceros el resto, y realizar el ensamblado.

Artículo interesante

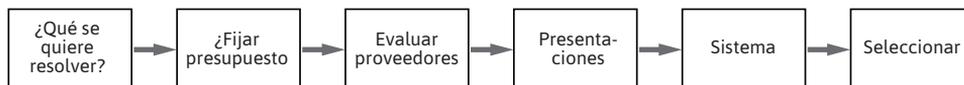
Seis tips para seleccionar un sistema de producción

Por el ingeniero Ivo Bandoli

Director de Hipernet S.A. / ERP Sifab Business Suite

Muchas empresas se encuentran con el problema de seleccionar un sistema de producción, ya sea por primera vez o luego de sufrir uno o varios fracasos en el tema. Para dar una idea de la magnitud del problema, diría que más del 70% han tenido experiencias negativas, y tal vez un 20% más hayan tenido resultados mediocres.

En muchas oportunidades me han preguntado con qué criterios se puede seleccionar un sistema de producción. Como todo lo relacionado con sistemas se presta para prometer cualquier cosa, en un título como programación de la producción se pueden englobar desde sistemas elementales hasta sistemas que contemplan todas las variantes y tienen en cuenta el estado total de la situación de la producción, replanteando la situación completa en cada corrida. Vamos a plantear a continuación seis pasos a seguir y algunos criterios a tener en cuenta para encarar la selección de un sistema:



Fuente: elaboración propia.

1. Plantear qué se quiere resolver con la implementación del sistema

- Analizar cuáles son los problemas más importantes que necesita solucionar, como por ejemplo reducir el stock, tener el control de las órdenes de fabricación, controlar los costos, reducir las emergencias, controlar la trazabilidad, tener buena visibilidad de la situación, controlar la fabricación en terceros, etcétera.
- Sugerimos que haga una lista en orden de importancia de los problemas de su empresa para plantear en las presentaciones de los posibles proveedores.

2. Establecer un presupuesto de inversión

- Tenga en cuenta que el tema de la producción es complejo. Independientemente del tamaño de su empresa, si su producción es muy compleja no la podrá controlar con un sistema elemental, aunque tenga 30 operarios.
- El desarrollo de estos sistemas es muy costoso y la inversión no se puede recuperar con precios muy bajos.

3. Seleccionar los posibles proveedores

- Experiencia del proveedor en el tema de la producción. Averiguar si el sistema nació con el sector de finanzas o con el comercial, en ese caso cuánto hace que desarrollaron la producción.
- Entidad de la empresa, solvencia y presencia empresarial, antigüedad de la empresa en el mercado, lista de clientes que tienen los módulos de producción, satisfacción de los clientes.
- Tecnología y lenguaje de programación utilizado. Conviene que esté desarrollado con tecnología moderna, con lenguajes y bases de datos de uso común en el mercado.
- Certificaciones nacionales e internacionales de la empresa y del producto. Averiguar si la empresa está avalada por los grandes actores del mercado internacional, como Microsoft, IBM, Oracle, etcétera.
- Preselección de los proveedores a evaluar: ver más de tres o cuatro sistemas lo dejarán probablemente con una confusión muy grande y le quitará claridad de ideas.
- En el caso de representaciones locales, de sistemas desarrollados en el exterior, averigüe la antigüedad de la representación para evaluar el riesgo de que desaparezcan con la próxima crisis económica.
- Desarrollos a medida: un sistema de producción completo puede necesitar, partiendo de la experiencia de múltiples empresas, unas 60.000 horas de desarrollo, o sea, unos tres años con un equipo de diez personas, por eso hay que hacer una buena evaluación antes de contratar el desarrollo a medida, más si su empresa no dispone aún de las mejores prácticas de negocios para hacer el relevamiento.
- Si su empresa se encuentra en una fase de crecimiento muy grande es probable que necesite hacer alguna reingeniería de procesos administrativos, por lo que puede ser conveniente que el proveedor tenga experiencia en organización de la producción.

4. Aprovechar las presentaciones

- Usted presenta la problemática de su empresa y el proveedor debe demostrar que la entiende y que la puede resolver con un amplio dominio del tema. Cuando le contesten con un “sí, lo hago”, averigüe cómo lo hace. Conviene tener como interlocutores a personas con experiencia en producción para que puedan interpretar sus necesidades y contestar todas sus preguntas. Las demos están preparadas para convencer de que el sistema hace todo lo que el cliente necesita, con la menor cantidad de preguntas.
- Lo lógico es que el sistema se adapte a su empresa y no que su empresa se deba adaptar al sistema. Si tratan de convencerlo de que un sistema

hace todo porque tiene muchas instalaciones, recuerde que su empresa es única en sus particularidades. Solo puede resolver esto planteando sus necesidades y evaluando cómo las resuelven.

- Puede ser conveniente hacer las evaluaciones con reuniones sucesivas hasta convencerse de que el sistema satisface sus necesidades.
- Una vez que le han explicado los conceptos puede pedir que le muestren algunas funciones importantes elegidas por usted con el sistema funcionando en tiempo real, como por ejemplo el ingreso de materiales a recepción, el ingreso de la estructura de un producto o una corrida de programación. En todo momento conviene tratar de conservar la visión de conjunto, o sea, de ver el bosque sin perderse en los detalles.
- Si hay puntos faltantes y proponen desarrollarlos, o si disponen de una base de conocimiento y dicen que todo lo que le falta se lo desarrollarán a medida, hay que pensar que eso puede requerir muchas horas de desarrollo, con el costo correspondiente. Si acepta que desarrollen alguna función luego del cierre, ya sea sin costo o con cargo, conviene hacerlo figurar en el contrato en forma detallada.

5. Características del sistema

El tema es complejo. Como referencia se pueden tener en cuenta estos criterios de evaluación:

- Tecnología y lenguajes utilizados: preferentemente modernos y de uso común en el mercado, y el costo del *hardware* necesario para soportar el sistema.
- Tener en cuenta que puede ser muy conveniente que el sistema sea *web enable*, o sea, que pueda ser accedido por internet. Usted podrá consultarlo y usarlo desde su casa o desde cualquier parte del mundo.
- Es conveniente que pueda comunicarse fácilmente con herramientas de escritorio, como por ejemplo Microsoft Office, recuperación de planos de Autocad y similares, correo electrónico, Project, etcétera.
- Debería disponer de una herramienta para la generación de reportes.
- Amplitud de la parametrización para adaptarla a sus necesidades cambiantes.
- Flexibilidad para ir implementando las funcionalidades del sistema a medida que las necesita.
- Escalabilidad para que el sistema se adapte al crecimiento de su empresa. No conviene contratar un sistema de alcance muy reducido que deba ser discontinuado porque no permite acompañar su crecimiento.
- Esquema de seguridad interna y externa.

6. ¿Cómo se puede evaluar si un sistema de producción es completo y de avanzada?

Damos como referencia una lista de temas de avanzada que estos sistemas deben manejar. Cuantos más de estos temas estén disponibles, más completo se puede considerar el sistema. Aunque su empresa no necesite alguno de ellos hoy, los puede necesitar en el futuro.

- Reprogramaciones sin límite y realización de simulaciones de la corrida de programación.
- El proceso de programación no interrumpe el uso del sistema por los usuarios.
- Manejo de terceros con emisión de órdenes de compra, control de ingreso y devoluciones, control de stock y lote en el tercero, control de su facturación.
- Manejo de segundo rechazo en línea, con control del débito y pago a proveedores.
- Programación con emisión automática de órdenes de fabricación, requisiciones de compra y órdenes de entrega, con sus fechas y emisión de alertas por las dificultades para la realización del programa planteado.
- Manejo de órdenes de compra abiertas y cerradas, preparadas por inflación.
- Manejo de fórmulas y rutas alternativas.
- Ciclo de recuperación de materiales por desarme de productos o conjuntos rechazados.
- Alertas automáticos con avisos para prevención de emergencias de producción.
- Comunicación directa por internet con proveedores estratégicos, con envío de alertas automáticos.
- Cálculo de costo estándar y real, con resolución de la matriz de costos de los centros indirectos sobre los directos; y con realización de simulación de costos.
- Importación de materiales con cálculo de la matriz de costos y simulaciones.
- Trazabilidad *end to end*. Si bien parece que alcanza con el control por lote, el tema es mucho más complejo y muchos sistemas no lo tienen resuelto.
- *Workflow* de aprobación ampliamente parametrizable con la posibilidad de ser incorporado en todos los puntos de control necesarios.

Conclusiones

Obviamente no hay fórmulas sencillas para esta difícil tarea. Hemos tratado de dar algunas orientaciones para encarar una búsqueda en forma razonable y planificada. El concepto de fondo a rescatar es que la persona o equipo que hace la selección debe tener bien claro lo que su empresa necesita y encontrar un sistema que le brinde las soluciones adecuadas.

Fuente: <http://www.gerenciaindustrial.com/ampliarNota.php?id=120>.

Ejercicios

- 1. El sistema de producción continua y el de producción discontinua parecen tener una clara justificación, sin embargo el caso planteado muestra que no siempre es tan clara la decisión del sistema a instalar. Debata con un colega y ejemplifique casos de sencilla decisión para cada uno de los tipos de producción.**
- 2. Realice una tabla comparativa de los sistemas de producción continua y discontinua en función de sus principales variables.**
- 3. ¿En qué caso utilizaría el sistema productivo por proyecto? Ejemplifique e insértelo en la tabla de la consigna anterior.**
- 4. Exprese las principales ventajas y desventajas de un sistema de producción justo a tiempo.**
- 5. Un sistema de producción por proyecto ¿puede migrar a un sistema de producción justo a tiempo? ¿Por qué?**

CAPÍTULO 6

LOS MODELOS LOGÍSTICOS

Los modelos logísticos constituyen una herramienta didáctica que permite observar y analizar las principales características de la inserción de la empresa en la cadena de valor del producto.

En el capítulo anterior se presentaron los modelos productivos básicos que permiten, como herramienta de observación y análisis, el estudio de los diferentes sistemas laborales que pueden encontrarse en la realidad de las empresas. La definición de esos modelos se ha realizado desde el punto de vista de la administración de la producción, es decir, sin otra consideración, respecto de los mercados consumidor o proveedor, que la continuidad o discontinuidad de las demandas (u ofertas), esto es, sin especificar su posición en la cadena de valor del producto. Por cadena de valor del producto se entiende el conjunto de actividades que permiten pasar de la situación de recurso natural a la que pueda definirse como producto intermedio y/o de consumo para un determinado producto.

Si consideramos el trigo como un recurso natural, pasar de esta situación a la de pan, producto final, implica un conjunto de actividades que pueden resumirse en fases, como siembra y cosecha, molino, panadería, público consumidor.¹ Dado que el posicionamiento en la cadena de valor depende de un conjunto de circunstancias, se desarrolla la idea del modelo logístico que sintetiza la posición de la empresa (cadena de valor) en la que el producto o servicio eventualmente comienza a ser realizado, su modo de comercialización y el tipo de fabricación que realice.

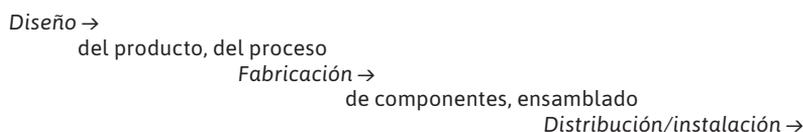
Identificar modelos logísticos que puedan sintetizar posiciones similares de diferentes empresas requiere la consideración de diversos aspectos. El primero de ellos indica que empresas que se desempeñan en un mismo tipo de mercado pueden hacerlo con diferencias en aspectos como envergadura económico-financiera,

¹ Obviamente se ha realizado una síntesis de las actividades principales y se han enfatizado aquellas que realmente generan valor. Otras actividades, como intermediaciones, movimientos de productos, etcétera, no se han enumerado ya que en realidad *no generan valor*, y los procesos deben tender a eliminarlos justamente por generar costos al producto en lugar de valor, que es lo realmente buscado en un proceso productivo.

disponibilidad de medios, localización geográfica, nivel tecnológico, etcétera. Otro de los aspectos a considerar es el denominado punto de penetración del pedido, que deslinda la actividad comercial de la industrial. Las características propias del producto, como ser su vida útil, es otro de los aspectos a considerar en la definición de un modelo logístico. Las decisiones de la empresa industrial respecto a cómo encarar el proceso de fabricación de sus productos también incide en la definición de los modelos.

6.1. PUNTO DE PENETRACIÓN DEL PEDIDO

Una variable importante en la configuración de las actividades de la logística de una empresa particular está dada por el punto de penetración del pedido en la cadena de suministros. Como hemos definido, podemos sintetizar el conjunto de actividades² a las que son sometidos los insumos en su proceso de transformación en producto del siguiente modo:



En este esquema podemos identificar, en términos generales y sin tratar de agotar posibilidades, cuatro puntos o momentos diferentes en los que puede ingresar a una empresa un pedido concreto de un cliente, según lo expresamos en la figura 6.1.

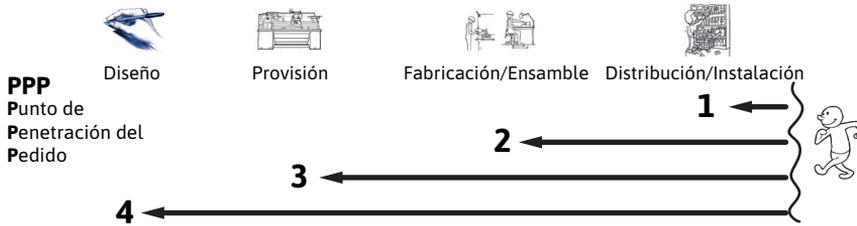
El punto de penetración del pedido (PPP), identificado como (1) en la figura 6.1, nos indica que el cliente solicita un producto ya elaborado, el cual le es provisto desde un *stock* comercial.³ La integración del canal de comercialización⁴ definirá la existencia de uno o más depósitos de productos y uno o más puntos de venta capaces de satisfacer la demanda de los clientes. La propiedad, ubicación, tamaño y alcance del *stock* que atiende los requerimientos de los clientes depende del número de empresas independientes que conformen el canal y del procedimiento de relación que entre ellas se formalice.

² Las tareas así descriptas son otra forma de expresar el concepto de cadena de valor o cadena de distribución.

³ El hecho de que el producto se encuentre disponible en *stock* presupone que su fabricación es previa a su comercialización y que, obviamente, las características técnicas del producto son definidas por el fabricante, quien en definitiva tiene la potestad de modificarlas o no según lo crea conveniente. Este tipo de producto generalmente es de consumo continuo y de características masivas.

⁴ Por canal de comercialización se entiende el conjunto de empresas y/o medios por los cuales el producto llega desde el fabricante al consumidor.

Figura 6.1. El punto de penetración del pedido (PPP) hace referencia al punto de la cadena de valor en que se genera el pedido



Como ejemplo de productos comprendidos en este caso podemos citar los artículos de alimentación envasados, la ropa de confección, un lavarropas, etcétera. El PPP indicado como punto 2 identifica productos que son ensamblados a pedido del cliente. Estos productos presentan dos características particulares: en primer lugar, el pedido del cliente se realiza seleccionando la composición del producto a partir de conjuntos o partes ya elaboradas y en *stock* (a modo de ejemplo podemos mencionar productos como componentes de sistemas informáticos, partes de muebles de madera, etcétera); y en segundo lugar, que dicho ensamblado es sencillo y no requiere instalaciones y/o instrucciones muy especiales de armado.

Puede aseverarse que los conjuntos en *stock*, a partir de los cuales se ensambla el producto solicitado por el cliente, pueden adoptar la forma de productos adquiridos desde un *stock* comercial, como se indicaba en el modelo 1, lo cual nos lleva a preguntarnos el porqué de la diferenciación de ambos modelos, y la respuesta que encontramos es que la definición de los modelos logísticos configura un esfuerzo en dirección de especificar campos de aplicación de las diferentes técnicas de dirección usuales en la administración (definida esta en la orientación de Hermida); y en este caso, aunque sutil, existe una diferencia de modelos que conviene tener cuenta.

Obsérvese un caso habitual: cuando vamos a solicitar que la pizzería del barrio nos envíe una pizza, tenemos a nuestra disposición una amplia variedad de ellas, las que son posibles a partir de un elemento base, la prepizza o masa base y una lista de agregados, predefinidos por la pizzería, los cuales podemos combinar a nuestro gusto, incluso podemos solicitar media pizza de un gusto y media pizza de otro, pero fuera de esa lista no podemos solicitar ninguno.

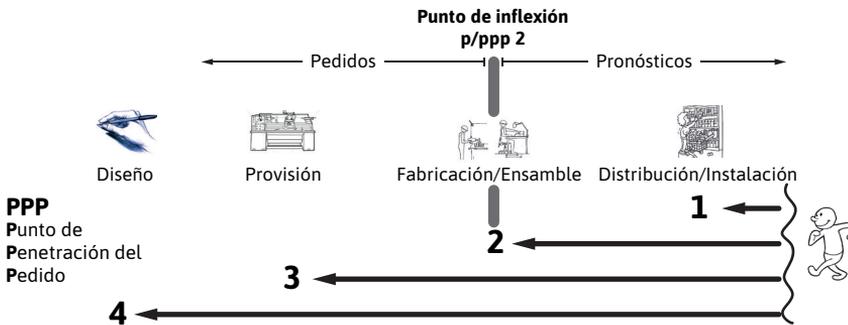
La diferencia con respecto al PPP1 es que la pizzería, en el caso del ejemplo, puede tener *stocks* de prepizzas y de los agregados ofrecidos, pero no puede o no le resulta económico mantener un *stock* de pizzas terminadas de cada una de las alternativas posibles. Por contrapartida, quienes en el mercado ofrecen pizzas terminadas y congeladas solo disponen de una limitada variedad, no combinadas o combinadas a gusto del fabricante.

El PPP identificado como punto 3 configura aquellos productos definidos⁵ que por las características de su consumo son fabricados a partir de una orden específica de un cliente. Como ejemplos podemos mencionar equipamiento estandarizado de oficinas, aulas, máquinas universales como tornos especiales, agujereadoras de gran porte, ropa de trabajo, etcétera. Cabe consignar que puede considerarse dentro de este grupo la posibilidad de que el cliente solicite modificaciones no esenciales de las especificaciones del producto, como el color de la pintura de la estructura de las máquinas o el dibujo del revestimiento de los muebles, el diseño del logotipo de la empresa en el caso de la ropa de trabajo, etcétera.

En el PPP indicado como punto 4 consideramos aquellos productos que deben ser diseñados y fabricados de acuerdo con especificaciones de uso precisas del cliente, como por ejemplo un puente grúa, un molde de inyección de plástico, etcétera.

El PPP se comporta como punto de inflexión dentro de la cadena de suministros ya que por debajo de él el flujo logístico está gobernado por los pedidos, mientras que por encima de él el flujo está conducido por los pronósticos. Cuando decimos *por debajo* del PPP hacemos referencia a las actividades que van desde el insumo a dicho punto, mientras que *por encima* hacemos referencia a las actividades que se encuentran desde dicho punto hacia la utilización del producto por el cliente. La figura 6.2 muestra este punto, inserto en la figura 6.1.

Figura 6.2. Punto de inflexión en el PPP. El PPP hace referencia al punto que separa los pedidos de los pronósticos



Generalmente, el PPP define el lugar a partir del cual no se pueden modificar las especificaciones del producto (tener presente en esto las consideraciones que al respecto hemos realizado en la identificación de las características de cada PPP); asimismo, el PPP es el último punto de la cadena de suministros en que se llevan inventarios.

⁵ La condición de *producto definido* significa que el diseño del producto y del proceso de fabricación es potestad del fabricante, pero dado que las características del consumo son aleatorias, la fabricación del producto se realiza a pedido del cliente o en series muy reducidas y en forma no continua.

El PPP⁴ identifica la posición más amplia, ya que el producto no existe como tal; se tiene una idea de su necesidad pero debe encararse su diseño y fabricación a partir de los requisitos que deba cumplir cuando comience su uso. Como ejemplo de este tipo de PPP podemos mencionar el diseño y la construcción de una máquina de mecanizado especificada para un producto, ropa de trabajo con diseño propio, diseño y construcción de una matriz de estampado, un molde de inyección, una casa, un puente, etcétera.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la definición del PPP es propia de cada empresa y no del producto en sí, ya que en una misma empresa pueden coexistir modelos logísticos con diferentes PPP, así como también es posible que para un producto las empresas fabricantes puedan adoptar modelos logísticos diferentes. Como ejemplo del caso de diferentes PPP para un mismo producto podemos mencionar el caso de la confección de indumentaria en que una prenda definida puede ser fabricada en lotes o bien realizada para una persona concreta, diferenciando así claramente un sastre o modista de una fabricación por lote. Asimismo, una familia puede adquirir una casa nueva llave en mano, lista para habitar, pero al mismo tiempo esa empresa u otra le ofrece diseñar y construir una vivienda con un diseño adecuado a sus gustos o necesidades.

6.2. LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL PRODUCTO

Otro de los aspectos que mencionamos que debe considerarse en la definición de los modelos logísticos está constituido por las características propias o específicas del producto, las cuales pueden configurar restricciones o demandas que, en definitiva, requieran una adecuación particular para cada caso.

Desde el punto de vista del hábito del consumidor, la leche fluida envasada en saché es un producto incluido, al igual que los tomates envasados en lata, en los denominados productos de adquisición continua.⁶ En términos habituales, estos productos son comprados por los consumidores en un punto de venta cercano a su domicilio o a sus hábitos de compra, el cual dispone de un *stock* de esos productos con disponibilidad inmediata.

Ahora bien, entre ambos productos, el saché de leche y la lata de tomates, existe una diferencia significativa a nivel logístico, la cual está dada por las condiciones de mantenimiento de la vida útil del producto, dado que la leche exige una adecuada y permanente cadena de frío, un requisito que no alcanza a los tomates en lata, ya que en estos se utilizan conservantes que permiten una prolongada vida útil, a temperatura ambiente, del producto.

⁶ Si bien desde el punto de vista de cada consumidor aislado la adquisición del producto puede ser esporádica, la sumatoria de consumos individuales genera un tipo de adquisición que puede considerarse continua.

Por cierto, puede mencionarse que entre el caso de los tomates en lata y una remera de hombre, un producto que mayormente también cabe dentro de las características de adquisición continua o casi continua, existe una diferencia dada por el hecho de que la lata de tomates, aunque sea de larga duración, tiene una vida biológica acotada en el tiempo, y la remera no.⁷

La consideración de la vida comercial de la remera dada por las tendencias de la moda puede influir sobre el tratamiento comercial del producto, pero esa influencia en modo alguno tiene las características definidas para los productos perecederos biológicamente. En consecuencia, en la conformación de un modelo logístico no puede desconocerse la influencia que sobre la cadena de valor generan las características propias del producto. Esto es evidente puesto que un producto como la leche fluida exigirá un proceso de fabricación y distribución continua, y la remera puede ser fabricada y distribuida en forma periódica o continua. De este modo se sitúan dos modelos logísticos diferentes, como definiremos más adelante.

6.3. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COMERCIALIZACIÓN

En el capítulo anterior habíamos hecho referencia a los tipos de demanda que pueden presentar los productos comerciales,⁸ y básicamente los habíamos sintetizado en tres opciones: la demanda continua, la demanda discontinua y la demanda puntual o única. Estas opciones se establecen al considerar el conjunto de demandas de los consumidores individuales dentro de lapsos de tiempo preestablecidos como habituales.

Se tiene un caso de demanda continua cuando la intensidad, dada por la cantidad y la frecuencia de las demandas de los consumidores individuales en cada período, no permite distinguir lapsos sin demanda. En la demanda discontinua, por el contrario, la intensidad de las demandas no alcanza a expresar cierta continuidad en virtud de las variaciones de cantidad y/o tiempo que transcurre entre demanda y demanda. La demanda puntual o única no reconoce antecedentes previos o posteriores cercanos, por lo que puede considerarse aleatoria.

6.4. LOS MODELOS LOGÍSTICOS

A partir de los factores que hemos mencionado: el punto de penetración del pedido, las características propias del producto, las características de la comercialización y las definiciones propias de la empresa, entre las que se incluye la elección del modelo productivo, podemos integrar los diferentes modelos logísticos.

⁷ En este punto pueden hacerse diferentes consideraciones de carácter eminentemente comercial. Por ejemplo: si consideramos la incidencia de la moda en la ropa, la remera del ejemplo puede llegar a tener una vida útil comercial acotada.

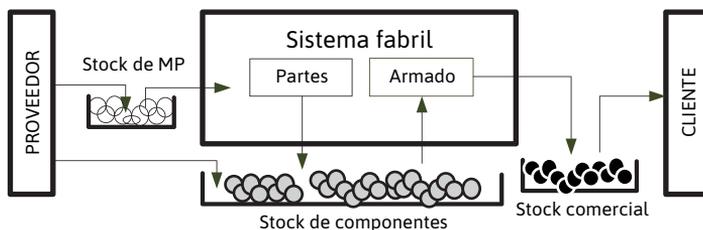
⁸ Recordar que bajo la denominación de *producto comercial* también se incluyen productos de consumo industrial, como pueden ser herramientas, correas, etcétera.

Un aspecto importante a tener presente es que en la formulación de los modelos no efectuaremos ninguna disquisición respecto de los canales de distribución por los que el producto (bien o servicio, dicho en términos generales) llega al consumidor, ya que ello escapa al ámbito de nuestro objetivo inicial, pero, por otra parte, dicha omisión en modo alguno invalida los modelos que establezcamos, dado que las decisiones de la logística comercial serán para nosotros consideradas como condiciones de contorno, las cuales forzosamente debemos integrar dentro del contexto de la logística integrada.

6.4.1. El modelo 1

Consideramos como modelo 1 una relación dada por productos estandarizados entregados al cliente a partir de un *stock* de productos terminados, los cuales son alimentados en forma continua o alternada por el sistema laboral. Es el caso de los artículos de consumo, como aparatos de televisión, tomates envasados, artículos de tocador, ropa de confección, etcétera.

Figura 6.3. Esquema del caso Modelo 1



Nota: La figura representa la disposición general de un sistema laboral y su interrelación con los mercados proveedor y consumidor, dentro del modelo logístico 1. Generalmente, el sector destinado al armado responde a las características de un modelo productivo continuo o bien de justo a tiempo, mientras que la fabricación de partes o componentes responde a un modelo de producción discontinua.

Fuente: elaboración propia.

Estos productos generalmente son elaborados por sistemas fabriles con disposición orientada al proceso, es decir, con modelos productivos de los tipos continuo o justo a tiempo, aunque en algunas circunstancias se efectúe con sistemas laborales con disposición al principio de realización.

Cabe consignar que el uso de la expresión *producto estandarizado* hace referencia al uso popular de la expresión *estandarizado*, ya que, en rigor, deberíamos decir producto *técnicamente definido*, dado que la expresión *estandarizado* debería ser adjudicada a productos elaborados bajo normas específicas, como tornillos, máquinas perforadoras de papel, etcétera.

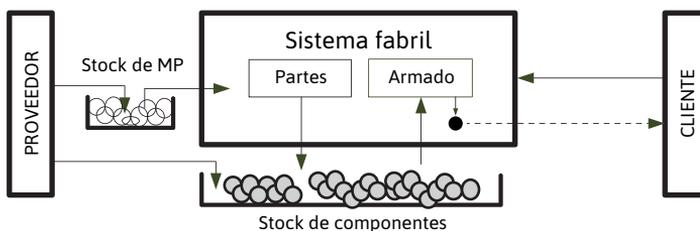
La figura 6.3 sintetiza gráficamente este modelo, que se debe interpretar como un conjunto de materias primas provistas al sistema fabril; este genera partes que dispone en un *stock* intermedio dentro de su sistema y que utiliza para el ensamble o armado del producto en el momento que le sea conveniente; finalmente, llegado ese momento, el producto es dispuesto para la comercialización o entrega al cliente (intermedio o final según el caso).

6.4.2. El modelo 2

Consideramos como modelo 2 una relación dada por productos ensamblados de acuerdo con deseos del cliente y a partir de componentes en *stock*. Como ejemplo podemos mencionar la adquisición de un equipo de computación a partir de la selección de sus componentes, muebles ensamblados a partir de piezas estándar, pintura de color a partir de blanco base y selección de pigmentos, etcétera. Los sistemas fabriles utilizados en este modelo son similares al modelo 1.

Debe consignarse que el armado del producto final como lo solicita el cliente no implica órdenes de trabajo especiales ni involucra instalaciones específicas; en general la tarea de armado se considera de baja complejidad. Como ya dijimos, el esquema funcional del modelo 2 es de características similares a las definidas para el modelo 1, toda vez que los conjuntos en *stock* comercial puedan asimilarse al producto final definido para el modelo en virtud de la simplicidad del armado solicitado por el cliente. En ese orden, las demandas esporádicas de cada cliente en lo referido a las partes comerciales utilizadas para el armado de un pedido concreto se convierten en demandas continuas al ser consideradas, desde el punto de vista de la empresa, en su conjunto.

Figura 6.4. Esquema del caso Modelo 2



Nota: La figura muestra el modelo 2, en el que se observa que el cliente llega con su solicitud al sector de armado (obviamente interpretado por un subsistema comercial no identificado en el gráfico) y su pedido es armado según las leves posibilidades de modificación sobre un producto base.

Fuente: elaboración propia.

La figura 6.4 describe gráficamente el modelo 2. En ella se puede observar el PPP llegando al sector de ensamble o armado. Este sector es el que configurará (*customizará*)⁹ el producto según las necesidades del cliente.

6.4.3. El modelo 3

Consideramos como modelo 3 una relación dada por productos definidos y técnicamente fabricados a partir de un pedido concreto del cliente. Puede ser el caso de una máquina inyectora de plástico, tirantes de madera cepillada (por ejemplo, de 2 x 4 x 4,30), etcétera.

En este caso, el producto está técnicamente definido, pero su fabricación se realiza solo a partir de un pedido concreto del cliente. Generalmente, el sistema fabril que opera es un modelo de producción discontinua con disposición al principio de realización, dado que la fabricación del producto es en lotes unitarios o de muy baja cantidad, ya que por las características propias del producto y de su demanda no resulta económica su producción con destino a *stock* comercial. Puesto que la fabricación suele encararse a partir del pedido concreto de un cliente, pueden ser admitidas pequeñas variaciones técnicas no fundamentales, como por ejemplo el color de la pintura de una máquina, el dibujo de un laminado plástico en el caso de partes de muebles, etcétera.

La demanda del cliente es esporádica, y a diferencia de los productos incluidos en los modelos 1 y 2, la sumatoria de demandas esporádicas no define una demanda continua por la baja densidad de pedidos. Desde el punto de vista de la logística tanto de los abastecimientos como de las transformaciones, este modelo impone diferencias significativas respecto de los modelos 1 y 2 antes descritos, las cuales oportunamente pondremos de manifiesto.

6.4.4. El modelo 4

Consideramos como modelo 4 una relación dada por productos a diseñar y fabricar a partir del pedido del cliente. Puede ser el caso de un puente grúa, una prenda de diseño exclusivo, etcétera.

En este modelo las implicancias logísticas son fundamentalmente diferentes a todos los casos anteriores, dado que, en rigor, la empresa vende su capacidad de hacer. Si bien puede pensarse que no existen limitaciones en el tipo de producto a diseñar y fabricar, en rigor tanto el parque de máquinas y la tecnología disponible como la experiencia adquirida limitan de alguna forma el espectro de alternativas

⁹ La palabra *customizar* es un verbo que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española, pero que, sin embargo, tiene un uso bastante frecuente en nuestra lengua. Se trata de una adaptación del término inglés *customize*, que hace referencia a modificar algo de acuerdo con las preferencias personales.

del producto para la empresa. Estas características conducen a la aplicación de un modelo productivo del tipo por proyecto.

6.4.5. El modelo 5

Consideramos como modelo 5 una relación dada por productos cuya fabricación está definida por las características de la planta, basada en la utilización de sistemas técnico-operacionales específicos. Como ejemplos podemos mencionar las destilerías, fábricas de cemento, etcétera.

En este modelo las plantas generalmente son de características similares a las definidas para el tipo de disposición técnico-operacional. Desde el punto de vista de la logística de abastecimientos, el problema central se plantea en el mantenimiento del caudal de insumos acorde a la demanda del sistema fabril, dada la continuidad de la producción. En el mismo sentido, la logística comercial también debe asumir exigencias de orden similar. Las características descriptas ubican al sistema productivo como un caso particular dentro del modelo justo a tiempo.

6.4.6. El modelo 6

Consideramos como modelo 6 una relación dada por servicios tecnológicos definidos por la planta industrial. Puede ser el caso de los tratamientos superficiales, tintorerías industriales, etcétera.

Debemos diferenciar claramente el modelo 6 del precedente, esto es, el modelo 5. Si bien en ambos casos el diseño de la planta industrial define el proceso de fabricación, en el caso del modelo 5 hablamos de la fabricación de un producto concreto. En cambio, en el caso del modelo 6 el sistema fabril permite la realización de un servicio industrial (tratamientos térmicos, galvánicos, pintado, etcétera) sobre productos diferentes.

La amplitud de alternativas que pueden ubicarse dentro de este modelo logístico, debido a las diferencias de comercialización que cada empresa puede encarar, hacen posible que se pueda operar con modelos productivos continuos o discontinuos.

6.4.7. El modelo 7

Consideramos como modelo 7 una relación dada por sistemas especiales de fabricación, como por ejemplo el sistema de punto fijo, como se utiliza en astilleros, construcción de edificios, etcétera.

En este tipo de modelo la diferencia fundamental está dada por la inmovilidad del objeto laboral, lo cual implica una subordinación de los diferentes factores de producción a esa característica de fabricación.

Desde el punto de vista logístico se abren interesantes perspectivas de complejidad, ya que debe disponerse la ocupación de espacios por diferentes factores

en forma continuada; piénsese por ejemplo en lo reducido que, en general, resultan las áreas de descarga y almacenamiento de insumos en un edificio en construcción y su permanente movilidad. Normalmente, en este modelo logístico se opera con un modelo productivo del tipo por proyecto.

6.4.8. El modelo 8

Este modelo está comprendido dentro de lo que hemos denominado sistemas especiales, y está caracterizado por sistemas móviles de producción cuyo producto puede quedar establecido en el lugar y momento de su elaboración o bien ser luego trasladado para su posterior distribución al cliente o utilización como bien intermedio. Como ejemplos podemos citar los sistemas de asfaltado de caminos, los de pintura de calles o rutas, los de cosechado de cereales, etcétera.

Explicitados los modelos logísticos que hemos definido como paradigmáticos, esto es, como representativos de situaciones tipo en la descripción de relación de producto, sistema de fabricación y posición comercial de la empresa, vale la pena insistir en el hecho de que en modo alguno pensamos en agotar una clasificación tipo de modelos logísticos, sino que simplemente los presentamos a modo de recurso didáctico con el objeto de sintetizar el universo de combinaciones posibles.

Asimismo, se debe aceptar que existan situaciones en las cuales puede dudarse o cuestionarse su inclusión dentro de un determinado modelo. Por ejemplo: uno puede preguntarse si los equipos de transporte de hormigón elaborado, destinados al llenado de losas de un edificio, configuran un elemento de transporte, o bien si, dado que durante dicho transporte el hormigón es sometido a una rotación continua, de velocidad determinada, conforma un sistema móvil, como se define en el modelo 8. Normalmente, la administración de la producción en estos casos se encara desde el punto de vista del modelo de producción por proyecto.

RESUMEN

El universo de alternativas de posicionamiento de la empresa dentro de la cadena de valor del producto presenta una notable amplitud. Dado que dicho posicionamiento en una empresa en particular impacta sobre la tarea del administrador industrial, en este capítulo se han fijado pautas de análisis: el punto de penetración del pedido, el modelo productivo, el tipo de demanda, las decisiones propias de la empresa en cuanto a su perfil industrial, que permiten identificar situaciones tipo, los denominados modelos logísticos. En definitiva, el modelo logístico debe considerarse una herramienta de observación y análisis que le permite priorizar su tarea al administrador industrial.

Estudio de casos

Mediatur

Existe una creciente demanda de soluciones tecnológicas que ayudan a la cadena de valor turística a gestionar sus recursos y a obtener el mayor rendimiento posible sin duplicar esfuerzos innecesarios. Los departamentos de marketing y promoción de los gestores de destinos, por ejemplo, dedican grandes esfuerzos y recursos a la generación y organización de sus activos multimedia (imágenes, textos, videos, flash), que utilizan para presentar una oferta a un cliente. Existe una continua labor de archivo, búsqueda y recuperación de esos contenidos para su puesta en valor a través de campañas de promoción turística.

Igualmente, se puede comprobar que los agentes que intervienen en esta cadena (operadores turísticos, agencias de viajes, organismos de promoción) invierten grandes sumas de dinero en campañas para captar y fidelizar clientes. Los mecanismos para conseguir este fin son muchos y muy variados. Ahora bien, no se puede olvidar que, en la actualidad, los hábitos de los consumidores están siendo modificados por la aparición de webs en las que se intercambia información. Al turista le gusta intercambiar experiencias y opiniones con otros y contar tanto visual como textualmente sus vivencias durante el viaje; no se debe olvidar que las emociones son un elemento fundamental en el turista.

En ese contexto, Mediatur trata de aprovechar la oportunidad que se genera conectando hábitos de consumo turístico con las nuevas tecnologías que posibilitan plataformas de intercambio de información entre todos los agentes que intervienen. El objetivo del proyecto será, por lo tanto, la creación de herramientas que faciliten los flujos de trabajo que intervienen en este proceso, creando soluciones atractivas que generen negocios y aviven ese valor añadido tan perseguido en el sector turístico.

Las TIC han revolucionado la industria del turismo en muchas de sus funciones, como el hecho de reforzar la eficacia por la comunicación y la gestión, mejorar la calidad del servicio diferenciando el producto, proporcionar nuevos servicios y formular nuevos productos inventando nuevos e innovadores modelos de negocio, creando relaciones fluidas para asociaciones entre proveedores o reforzando la distribución y comercialización del turismo a través del mercado electrónico.

La competitividad y la rentabilidad de la industria turística va a depender de la habilidad de los profesionales y de los gestores en la utilización de esas tecnologías emergentes para interactuar con los consumidores, otorgarles un valor añadido, personalizar servicios, reducir costos y, principalmente, conseguir una ventaja competitiva estratégica.

Fuente: <http://tvdi.det.uvigo.es/proyectos/mediatur/introduccion.html>.

Ejercicios

1. ¿Puede englobar dentro de un modelo logístico el caso de Mediatour y explicar por qué lo considera como tal?
2. Proponga un caso para el modelo logístico 5.
3. ¿Por qué el caso de Mediatour no se engloba en el modelo 7?
4. Realice un gráfico que sintetice el modelo 8.
5. Defina el concepto de punto de penetración del pedido. Ejemplifique en cada caso.
6. Relacione los modelos logísticos con el punto de penetración del pedido.
7. Grafique esquemáticamente los distintos modelos logísticos, en los que se expresen claramente los momentos del diseño, el armado y el pedido del cliente.
8. Si deseo construir una casa, ¿de qué lado del punto de penetración del pedido me encuentro?
9. ¿Cómo relacionaría los sistemas laborales, los modelos de producción y los modelos logísticos?

CAPÍTULO 7

LOS CONCEPTOS DE EFICACIA Y EFICIENCIA, EL ESTUDIO DEL TRABAJO

El concepto de eficiencia, su significado en la operatoria de la empresa, las diferentes herramientas que posibilitan su mejora y su diferenciación con el concepto de eficacia son los temas que se desarrollan en este capítulo.

Recordemos que en capítulos precedentes, y a la luz de los conceptos de la teoría de la libre empresa, habíamos definido a la empresa como un sistema socioeconómico de transformación de insumos en productos. La empresa es un sistema social puesto que el ser humano es determinante en la actividad; y es un sistema económico puesto que es el resultado de una inversión que busca utilidad económica a partir de ofrecer productos al mercado que son el resultado del proceso de transformación, y que serán evaluados (adquiridos o no) por los consumidores de acuerdo con su particular ecuación de valor.

Esta definición presenta algunos puntos que serán significativos en las consideraciones que realizaremos en este capítulo. Ellos son: inversión, utilidad, transformación, y ecuación de valor del cliente. En su forma más elemental, la *utilidad* buscada por la empresa, así como su objetivo fundacional, es la diferencia entre sus ingresos totales menos sus egresos totales. Asimismo, y como consecuencia de la visión sistémica de la empresa, el producto se considera una sumatoria de insumos. Estos insumos, al ser bienes económicos, generan los costos o egresos totales de la empresa. Por su parte, los ingresos habituales de la empresa están dados por la venta de sus productos.¹

Como sabemos, la inversión que realiza una empresa está destinada, por un lado, a la inversión fija; y por otro lado, al activo o capital de trabajo. La inversión fija se destina a determinar la capacidad operativa de la empresa. Como ejemplo de inversión en activo fijo puede mencionarse la destinada a maquinarias. Por su parte, la inversión en activo de trabajo comprende lo destinado a materias primas,

¹ Si bien la empresa puede obtener ingresos que no resultan de sus operaciones habituales y que también contribuyen a generar utilidades. En este texto limitamos la consideración de la utilidad a la resultante de la visión de la empresa como generadora de productos.

productos en proceso, productos terminados a la espera de su comercialización y créditos a clientes, pago de jornales, etcétera.

De esto se puede deducir que, cuanto menos materias primas y productos en proceso o terminados se encuentren dentro del sistema laboral o en *stock* comercial, menor será la inversión total requerida, y por consiguiente una misma utilidad global permitirá una mayor rentabilidad porcentual, un factor de significación en la consideración de la bondad de la empresa.²

Establecer la rentabilidad como objetivo fundacional de la empresa³ lleva a definir, desde el punto de vista de la administración de la producción, los siguientes objetivos a cumplir por el sistema laboral:

- a. Producir la cantidad pedida (Q) para el momento requerido (T).
- b. La cantidad de cada insumo que se requiera para fabricar las Q unidades a producir debe tender a cero,⁴ pues el costo de producción será menor.
- c. El tiempo que transcurra entre T (momento o fecha requerida para finalizar la producción) y la fecha inicial del proceso debe asimismo tender al mínimo, pues la inversión requerida en activo de trabajo será menor.

El sistema laboral será *eficaz* en la medida en que cumpla el compromiso Q/T (es decir, cantidad y fecha de pedido), y será *eficiente* en la medida en que, simultáneamente, alcance los objetivos dados en (b) y (c); en otras palabras, será eficiente en la medida en que cumpla con los objetivos al menor costo posible. Esto último requiere establecer cuál es ese menor costo, un tema que trataremos más adelante, en este mismo capítulo, cuando presentemos el concepto de *estándar*.

En la estructura de nuestra empresa virtual, mientras que el cumplimiento de estos objetivos es responsabilidad del sistema laboral, el seguimiento y coordinación de las diferentes tareas que hacen posible la fabricación del producto es responsabilidad de la gestión o administración de la producción.⁵ Pero ello no implica disminuir la importancia, en el logro de estos objetivos, de las restantes funciones de la empresa, en especial de aquellas directamente relacionadas con el proceso

² Recordemos que la rentabilidad porcentual es la relación entre la utilidad global respecto de la inversión realizada. Nosotros aquí utilizamos la expresión *inversión* en forma global, pero con el mismo sentido que los analistas de estados contables hablan de rentabilidad porcentual respecto del capital de la empresa, o del activo total, etcétera.

³ Los autores queremos dejar claro que establecer la rentabilidad como objetivo fundacional de la empresa solo corresponde a la visión económica deducida de la teoría de la libre empresa, pero ello no invalida otro tipo de juicio de valor sobre la empresa, surgido de otro punto de vista.

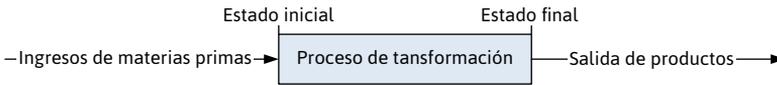
⁴ Recordar que *tender a cero* es una filosofía de empresa que tiene la eficiencia como objetivo estratégico.

⁵ La gestión o administración de la producción está configurada por el conjunto de técnicas y tareas que se engloban en cuatro funciones básicas: la planificación de la producción, la planificación de los requerimientos, la programación de operaciones y el control cuantitativo de la producción. Como puede deducirse, son tareas que hacen al gobierno del flujo material a través del sistema laboral.

de fabricación y el flujo de material en toda su extensión. A modo de ejemplo de las funciones involucradas, podemos mencionar la función ingeniería de proceso.

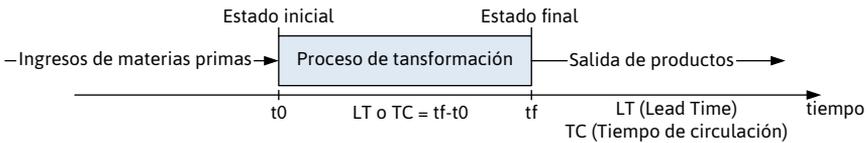
En consecuencia, la eficacia y la eficiencia son objetivos operativos significativos para la empresa en general. De esta forma, queda definido el ámbito de trabajo sobre el cual avanzaremos: el análisis de las tareas que se desarrollan en la cadena de valor, con especial énfasis en las que corresponden al ámbito del sistema laboral. El proceso de transformación mencionado es el resultado de diferentes actividades que parten del estado definido como inicial, generalmente denominado *materia prima*, y concluyen en el estado definido como final, normalmente reconocido como producto finalizado a disposición del cliente.

Figura 7.1. Descripción gráfica de un proceso de transformación



Al realizarse cada actividad del proceso se utilizan distintos insumos, los cuales son bienes económicos que suman costo, en la proporción que corresponda, al proceso de transformación. Con similar sentido de análisis, ahora desde el punto de vista del transcurso del tiempo, la realización de cada actividad no es en modo alguno instantánea, sino que se requiere un lapso de tiempo. La sumatoria de los diferentes tiempos que la realización de las actividades demanda define el denominado tiempo total de circulación,⁶ que denotaremos TC solo para este capítulo, a fin de no confundir la sigla con el tiempo de ciclo, que conceptualmente es muy distinto.

Figura 7.2. Descripción gráfica del tiempo de circulación de un proceso



Independientemente de estos conceptos, el producto resultante de la transformación adquiere valor en la medida en que satisface la necesidad por la cual se lo requiere, además de cumplir con los requisitos de lugar, momento, cantidad y precio adecuados de acuerdo con la ecuación de valor del cliente.

⁶ Este tiempo suele conocerse también, indistintamente, como tiempo de respuesta al pedido del cliente, como *lead time*, etcétera.

Veamos un ejemplo: una persona, en un momento dado, tiene la necesidad de consumir una bebida refrescante. De los diferentes productos que los productores ofrecen en el mercado elegirá aquel cuyas características sean compatibles con su gusto, que pueda disponer de él en el lugar donde se encuentra, en ese mismo momento, del modo en que lo quiere (frío) y en la cantidad que lo quiere. Es claro pensar, en consecuencia, que un refresco almacenado en el depósito comercial de la embotelladora que lo produce no tiene sentido (valor) para la persona que se encuentra distante de ese lugar.

Observando las diferentes actividades que se realizan en el proceso de transformación de un producto, se deduce que, como lo hemos establecido, todas ellas suman costo y tiempo, pero no todas pueden sumar valor desde el punto de vista del cliente, es decir, no todas acercan el producto a las condiciones requeridas por el cliente.

El almacenamiento⁷ de un producto en un lugar distante de lo requerido por el cliente no le agrega valor, ya que este no puede disponer de él para su consumo, y además le agrega el costo que el almacenaje produce. En consecuencia, el objeto del análisis de las actividades consiste en la identificación de aquellas actividades que, agregando costo, no agregan valor al producto, y de los factores de costos utilizados por aquellas actividades que sí agregan valor al producto, para que a través de medios diversos puedan eliminarse las primeras y reducirse los contenidos de costos y tiempos involucrados en las segundas.

En rigor, la empresa óptima es aquella en la que el tiempo de giro y el costo sean nulos, es decir que se tenga reacción instantánea frente al pedido del cliente para que el producto tenga costo cero. Obviamente es redundante explicar la imposibilidad física de la premisa costo y tiempo cero. De esa imposibilidad surge el objetivo de *costos y tiempos tendiendo a cero*.

La expresión *tendiendo a cero* supone una actitud, una filosofía de empresa, en la cual los *costos de hoy son menores que los de ayer, pero mayores que los de mañana*, es decir, existe una tendencia a la disminución constante del costo y del tiempo de transformación y circulación en la cadena de valor. Introducirnos en el análisis de las actividades desarrolladas en la cadena de valor presupone su sistematización, para lo cual acudimos a la metodología de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT).⁸

⁷ Queda claro que no se define *a priori* al almacenamiento como generador de costo sin agregado de valor, sino que su valoración estará dada por el contexto de cada cadena de valor en particular. Un producto ubicado en la góndola del supermercado se encuentra, técnicamente, dentro del *stock* de productos terminados, pero si ese *stock* no existiese el cliente no adquiriría el producto. En este caso, el almacenamiento genera valor para el cliente porque coloca el producto a su disposición en el lugar y momento requeridos.

⁸ La Oficina Internacional del Trabajo es un organismo internacional dedicado al estudio del trabajo y su relación con el trabajador, el medio y las tecnologías.

7.1. LAS ACTIVIDADES SEGÚN EL MODELO OIT

La OIT es una entidad supranacional cuyo propósito es coordinar los objetivos de las organizaciones gubernamentales, obreras y empresarias, en procura de una mayor humanización y eficiencia del trabajo.⁹ Las recomendaciones del organismo acerca de los modos de alcanzar sus metas se han plasmado en un texto de amplia difusión denominado *Introducción al estudio del trabajo*,¹⁰ en el cual se expresan diversas técnicas de posible utilización en las empresas. En ese trabajo, las diferentes actividades que conforman un proceso de fabricación se han sistematizado en cinco tipos de tareas, las cuales pueden observarse en la figura 7.3 y que se describen a continuación:

- **Operación.** Se define así a las actividades que alteran en forma intencional una o más características de un objeto (que denominamos *materia prima*) como parte de su proceso de transformación, el cual generalmente implica la utilización de recursos tecnológicos y humanos. Este concepto puede ampliarse –sin que por ello pierda la esencia de su definición– a las transformaciones informativas. Se pueden mencionar, a modo de ejemplo, tareas como torneado un eje, inyectar una pieza, ensamblar dos componentes asegurando su vinculación por medio de un remachado realizado manualmente, llenar los datos solicitados por el formulario de retiro de materiales de depósito.
- **Transporte.** Es el movimiento de un objeto en transformación de una posición a otra, excepto cuando ese movimiento forma parte de una operación o de un control. Por ejemplo: el traslado de una materia prima desde el depósito a la máquina que la requiere, el envío de un formulario de una oficina a otra.
- **Inspección.** Se realiza para verificar la identidad, calidad y cantidad de un objeto. Por ejemplo: medición de las dimensiones de una pieza, observar si han sido completados correctamente los campos de información exigidos por un formulario, lectura del manómetro de una caldera.
- **Demora o espera.** Es la denominación que se adopta cuando se produce una interrupción del proceso de fabricación como consecuencia de circunstancias que no son propias de ese proceso y que momentáneamente impiden realizar la siguiente actividad planificada. Por ejemplo: demora de los materiales al pie de una máquina a la espera de que finalice la operación en esa máquina (esto puede aplicarse tanto a los materiales que ya han sido procesados como a los que están esperando su proceso), documentos que esperan ser archivados luego de haber completado su proceso informativo.

⁹ <http://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>.

¹⁰ Ginebra, Ediciones múltiples, 1996.

- **Almacenamiento o depósito.** Se caracteriza así a la situación de un material o documento que ha sido inmovilizado y eventualmente ubicado en un espacio físico, y que para su posterior utilización se requiere de una orden expresa de quien posea autoridad para emitirla. En un depósito de materias primas, el retiro de estas debe ser autorizado por un vale de salida emitido por la PYCP.
- **Actividades combinadas.** Son aquellas en las que se realizan en forma simultánea dos o más actividades básicas.

En algunos procesos, especialmente administrativos, suele recurrirse a la figura del almacenamiento temporario (también designado como archivo transitorio para los procesos administrativos), que se diferencia del almacenamiento por no ser necesaria una orden expresa para continuar utilizando el material almacenado. En rigor, la diferencia entre demora y almacenamiento temporario con respecto a un proceso de fabricación es desde nuestro concepto muy sutil; en consecuencia, solo utilizaremos la expresión *almacenamiento temporario* con previa aclaración del porqué; no ocurre lo mismo desde el punto de vista administrativo, donde suelen ser utilizados archivos transitorios.

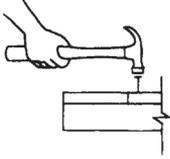
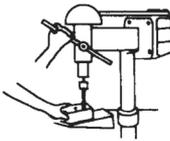
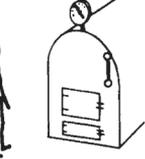
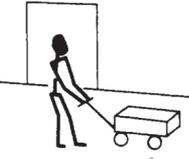
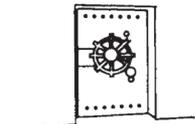
Si bien al definir las tareas básicas hemos puntualizado la amplitud conceptual que deseamos imprimirles para abarcar no solo las actividades fabriles sino también las administrativas e informativas, queremos especialmente puntualizar que si bien nos centraremos en el proceso de fabricación, no por ello nos limitamos a este, sino que debemos tener siempre presente el proceso de transformación en su totalidad, esto es, desde el estado de materia prima en el proveedor al estado de producto en el momento, lugar, cantidad y condiciones requeridas por el cliente. Asimismo, debe tenerse presente que en forma paralela a las actividades físicas sobre el flujo de transformación ocurren transformaciones administrativas, que en definitiva son actividades que forman parte del proceso operativo que se lleva a cabo en la cadena de valor; por ello mencionamos ejemplos de similitud lógica entre actividades físicas e informativas.

Una tarea está cuantificada por su contenido de trabajo, es decir, por el tiempo reloj que demanda su realización. Ese tiempo depende de varios factores que están integrados en lo que denominamos método de realización de la tarea o simplemente método, el cual define los recursos de producción (humanos, de máquinas, de herramientas, de instalaciones, etcétera) a utilizar, así como también las interrelaciones entre ellos, lo que dará lugar a una sucesión de movimientos del recurso humano y de utilización del recurso tecnológico (dicho en general).

Siguiendo el esquema conceptual con el que analizamos las relaciones de costo, tiempo y valor en el caso de las actividades del proceso en su conjunto, podemos establecer la misma relación cuando analizamos los movimientos e interacciones de los recursos en una tarea, y encontraremos que todos ellos sumarán tiempo y, por ende, costo, mientras que no todos sumarán valor, esto es, acercarán al producto a la condición de operación realizada.

Figura 7.3. Corresponde a la figura 21 del manual de la OIT *Introducción al estudio del trabajo* (p. 87). En ella se simbolizan las distintas actividades

Figura 21. Símbolos del estudio de métodos

Actividad	Ejemplo		
OPERACION 	 Clavar	 Agujerear	 Mecanografiar
TRANSPORTE 	 Por carro	 Por aparejo	 A mano
INSPECCION 	 Control de cantidad y/o de calidad	 Lectura de indicador	 Lectura de un documento
ESPERA 	 Material en espera de ser procesado	 Trabajador en espera de ascensor	 Documentos en espera de clasificación
Almacena- miento 	 Almacenamiento a granel	 Depósito de productos terminados	 Archivo

Fuente: Ralph M. Barnes: *Motion and time study* (Nueva York, © John Wiley, 7.ª ed., 1980), pág. 29. Reproducido con la autorización de John Wiley & Sons, Inc.

7.2. CONTENIDO TOTAL DE TRABAJO

Siguiendo los lineamientos de la OIT, el contenido total de trabajo de una tarea está dado por:

$$\text{Contenido total de trabajo} = \text{Contenido básico} + \text{Contenidos suplementarios} + \text{Tiempos improductivos (1)}$$

El *contenido básico* es el tiempo mínimo irreductible que teóricamente se necesita para obtener una unidad de producción con la tecnología disponible, si el diseño y la especificación del producto y los procesos y métodos de elaboración fuesen perfectos y se realizasen sin ninguna pérdida de tiempo. Es, en consecuencia, un tiempo ideal.

Los *contenidos suplementarios*, debidos a deficiencias de diseño o de especificación, en general son atribuidos a diseños que no posibilitan el empleo de procesos sencillos de fabricación, diversidad de componentes y/o falta de normalización que exige la fabricación de pequeñas series; son normas de calidad que por exceso o defecto implican márgenes de tolerancias muy estrictos que redundan en trabajos adicionales o en piezas que no responden a las exigencias de uso o de fabricación. La utilización de procesos mal ejecutados y de máquinas, herramientas, disposiciones de planta y métodos inadecuados son las causas que se involucran como procesos o métodos ineficaces.

Los *tiempos improductivos* imputables a fallas de dirección tienen causas como la variedad excesiva de productos (que implica series de baja cantidad), la mala planificación, la falta de materias primas por fallas de seguimiento de necesidades, el mantenimiento inadecuado, las condiciones de seguridad deficientes –que implican interrupciones y ausencias por accidentes–, etcétera. Por otro lado, ausentismo, impuntualidad, distracción, ociosidad, etcétera, son las causas imputadas a los tiempos improductivos debido al trabajador.

Es necesario destacar que el contenido básico depende, además de las condiciones de diseño mencionadas, del nivel de tecnología disponible, mientras que los contenidos suplementarios y los tiempos improductivos son mayormente imputables a decisiones de la dirección de la empresa en cualquiera de sus niveles. Es por ello que (1) corresponde en rigor al denominado *contenido total de tiempo de la operación en las condiciones existentes*.

7.3. TÉCNICAS PARA REDUCIR EL CONTENIDO DE TRABAJO

Como hemos mencionado precedentemente, en una empresa la filosofía de *costo tendiendo a cero* implica la tarea permanente de la reducción de los costos. La dirección de la empresa puede disponer de diversas técnicas para lograr ese objetivo. Se puede mencionar, a modo de ejemplo, la técnica del *estudio del trabajo*, la técnica del *análisis de valor*, diversas aplicaciones de *estudio de mercado*, las técnicas de programación

y control de la producción, el mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instalaciones, y la capacitación del personal en la filosofía de calidad de la empresa, en observancia de las normas de seguridad.

El *estudio del trabajo*, que es objeto de trabajo de este texto, básicamente se ocupa de los métodos de realización de las actividades y de la determinación de los tiempos requeridos para la ejecución de las tareas. El *análisis de valor*, por su parte, tiene por objeto correlacionar las especificaciones del diseño con las exigencias de uso y calidad derivadas de la ecuación de valor del cliente al cual se dirige el producto para disminuir los contenidos superfluos o despilfarros tanto de materiales como de procesos.

Se entienden por superfluas aquellas características del producto que, a juicio del cliente, no le agregan valor, es decir, no influyen en la decisión de compra del cliente. Por ejemplo: en el caso de una prenda de vestir, es usual agregar algún botón para ser usado como elemento de reposición en caso de pérdida de alguno de los otros. Desde el punto de vista del cliente, esta decisión es interpretada como una respuesta previa de la empresa ante un eventual daño de uso (pérdida de un botón), y ello genera una mejor predisposición hacia el producto. Pero esta decisión de la empresa genera un costo mayor del producto, y si se colocan demasiados botones como eventuales reemplazos el impacto en el cliente no será proporcional al aumento del costo. Si analizamos la comodidad de uso de la empuñadura de un destornillador, veremos que es importante que su diámetro sea proporcional al tamaño medio de la mano de un ser humano, pero una precisión de una milésima de milímetro en la medida del diámetro significará elevar el costo de fabricación por un detalle imperceptible para el cliente.

Un *estudio de mercado* que posibilite una normalización de productos y/o la reconsideración de sus condiciones de calidad a la luz de la demanda real de los consumidores; adecuadas técnicas de *programación y control de la producción* que posibiliten disminuir los tiempos de permanencia de los materiales en el proceso de fabricación; el *mantenimiento preventivo* de instalaciones, máquinas y herramientas que tiene por objeto la disminución de las fallas por rotura; y la implementación y difusión de *normas de seguridad* que posibiliten la disminución de accidentes son diversas técnicas que contribuyen a reducir el contenido de trabajo en la fabricación del producto y al mejoramiento de la eficiencia.

Las técnicas constituyen herramientas que, como tales, están definidas para un campo de aplicación determinado; en consecuencia, su aplicación debe estar circunscripta a las situaciones que se correspondan con dicho campo de aplicación. Por ejemplo: un destornillador está diseñado para satisfacer un determinado esfuerzo de torsión y no para la flexión, pero ¿cuántas veces intentamos realizar un esfuerzo de palanca con el destornillador? Obviamente, no es este último el objeto del diseño del destornillador. Con las técnicas de dirección –y con las técnicas en

general— sucede lo mismo; en consecuencia, debemos ser cuidadosos con la elección de la o las técnicas a aplicar en un ámbito de problema específico.

7.4. EL ESTUDIO DEL TRABAJO

Habiendo establecido el marco de referencia de nuestras tareas, encaramos ahora la descripción del *objeto* de nuestro objeto de estudio, esto es, el desarrollo de un curso de introducción al estudio del trabajo, una disciplina que definiremos como la encargada del proyecto, diseño y armonización de los elementos humanos y materiales requeridos por la ejecución de los procesos industriales, con el objeto de que estos sean más eficientes en un marco de respeto del hombre y su entorno, y más eficaces en la contribución al objetivo básico de la empresa.

El manual de la OIT define el estudio del trabajo como el examen sistemático de los métodos para realizar las actividades, con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. Como puede observarse, la consideración que estamos dando en este libro es más abarcadora; por lo tanto, este concepto de estudio del trabajo podemos aplicarlo más allá de los procesos industriales, involucrando a los procesos en general, toda vez que entendamos como *proceso* al conjunto de actividades (que más adelante precisaremos como operaciones) que nos permiten pasar de un estado definido como inicial a un estado definido como final.

En su actividad, el estudio del trabajo utiliza, entre otras herramientas, el *estudio de métodos* para el análisis y el diseño de los modos de realizar las actividades de los procesos, la *medida del trabajo o estudio de tiempos* para determinar los contenidos de trabajo de las actividades, la *antropometría* para el análisis de las dimensiones, la *ergonomía* para la consideración de las demandas de energía humana requerida por las actividades, y otras técnicas de ingeniería como auxiliares de su gestión.

Establecido el concepto amplio del estudio del trabajo, ensayaremos ahora una descripción de su campo de aplicación, el cual abarca la totalidad de las actividades humanas de transformación. Esta idea de campo de aplicación del estudio del trabajo tiene por objeto sobrepasar los límites estrictos que puedan surgir de la idea de trabajo como actividad rentada o de tipo fabril. El concepto del estudio del trabajo puede, y sin lugar a dudas debe, ser utilizado en el campo de las tareas administrativas de las empresas de servicio, de las instituciones sociales, etcétera, así como también en empresas sin fines de lucro.

Un campo de actividad como el expuesto y la diversidad notoria de actividades existentes pueden llevar a formar la idea de que nos introduciremos en una tarea sin límites y, por ende, de difícil resolución; afortunadamente no ocurre así, dado que de alguna forma existe un principio de universalidad que nos dice que todas las empresas realizan las mismas tareas, lo que varía de empresa a empresa es el

contenido de trabajo de cada una de ellas, y con dicha variación obviamente se configuran empresas en primera instancia diferentes, aun en el caso de empresas del mismo tipo y envergadura similar.

Las personas tienen la misma configuración: identificamos una cabeza, dos brazos, una boca, etcétera, y todas pueden realizar actividades como caminar, reír, comer; entonces, ¿todas las personas son iguales? La respuesta obvia es no. Este ejemplo podemos asimilarlo a las empresas, a su integración y su desarrollo.

Ante esta idea observemos dos consideraciones: por un lado, recordemos la amplitud conceptual que le hemos dado al término *empresa*, aquel que nos permite englobar todo sistema de transformación; y por otro lado, que el principio de *universalidad* se refiere a los diferentes tipos de actividades que utilizan los mismos factores, variando entre ellas la incidencia de utilización de cada factor en función de los objetivos y las características del entorno de cada tarea y empresa en particular.

Esta concepción de universalidad nos permite integrar un curso en el cual desarrollar los principios fundamentales del estudio del trabajo, los cuales son aplicables al estudio de cualquier actividad, en cualquier empresa, con la sola adaptación de esos principios a las particularidades de cada empresa o situación.

RESUMEN

El estudio del trabajo tiene como uno de sus objetivos la mejora continua de la eficiencia del proceso de transformación que realiza la empresa. Esto implica que debe considerarse la totalidad de la empresa como ámbito de aplicación del estudio del trabajo. Las técnicas de mejora presentadas en el capítulo apuntan a brindarle al administrador industrial las herramientas adecuadas a la situación de cada empresa en particular.

Estudio de casos

Mejora de la eficiencia

Ingeniero Jorge Lomelí

Gerente de Recursos Humanos

Introducción

Grupo Tress Internacional le da la bienvenida a AdobeAir por el inicio de sus operaciones en la ciudad de Naco, Sonora. AdobeAir es una compañía líder en la fabricación de enfriadores evaporativos industriales y domésticos, con más de 65 años de presencia en el mercado de Estados Unidos a través de sus marcas comerciales ArticCircle, MasterCool, WhisperCool y Alpine.

Área de oportunidad

La administración de los movimientos de 300 empleados para el IMSS genera una serie de retrasos que no son permitidos por dicha institución, por lo que la empresa se ve en la necesidad de actualizar cambios de salarios manualmente. El sistema TRESS, al tener las herramientas de los *layout* para modificaciones de salario, permitió que la importación de los datos se realizara en un solo proceso, lo cual generó la eliminación de tiempo y posibles errores en la captura manual que se realizaba hasta el momento, antes de la implementación de dichos reportes.

Solución y beneficios

- Actualización de reportes de importación de datos al IMSS.
- Eliminación de trabajo en captura manual de importación de cambios de salarios, altas y bajas al IMSS.
- Actualización de datos en fecha correcta de información en sistemas del IMSS.
- Resultados exactos sin oportunidad de errores humanos.

Ficha técnica del proyecto

- Equipo de trabajo por parte de AdobeAir: Jorge Lomelí.
- Equipo de trabajo por parte del Grupo Tress Internacional: Isela García.

Propuesta de valor

El retraso de la información y la posibilidad de que se produzcan errores de captura en la actualización de la información de los datos al IMSS nos llevó a la necesidad de implementar los reportes de *layout* para modificación de salarios, así como también de altas y bajas al IMSS, lo cual elimina las capturas manuales y posibles errores que nos puedan llevar a multas considerables por medio de la institución mencionada anteriormente. Con dichos reportes se realizan las actualizaciones mediante la importación de los datos correctos que se tengan en el sistema TRESS, así como en fechas correctas propuestas por el IMSS, además de eliminar el tiempo que se pierde en la captura manual.

Testimonio del cliente

El sistema TRESS nos ayudó mucho a hacer las variables del seguro social que anteriormente hacíamos en una forma bastante manual. La ganancia que tuvimos al usar el sistema TRESS puede separarse en dos etapas:

1. Cuando no teníamos el sistema TRESS, teníamos que hacer los cálculos de las variables individualmente, lo cual nos llevaba de dos a tres días.

Luego teníamos que ingresar en TRAMITANET y capturar también en forma individual.

2. Con el sistema TRESS pudimos obtener el cálculo de las variables en una forma automática, aunque todavía usábamos TRAMITANET para capturar el nuevo salario diario integrado de a uno por uno. Esto llevaba aproximadamente unas doce horas. Una vez que pudimos utilizar el IDSE, todo el proceso de las variables se redujo a aproximadamente una hora.

El ahorro de tiempo y la exactitud de la información son altamente apreciados, gracias al sistema TRESS.

Ejercicios

1. **Una empresa con fines de lucro tendrá tres objetivos. Menciónelos y ejemplifique.**
2. **Un objetivo, entre sus características, contiene el realismo de lo alcanzable. Sin embargo, en el presente capítulo se mencionó la idea de llegar al ideal. ¿Qué interpretación se da de esa idea?**
3. **Ejemplifique las distintas actividades catalogadas por la OIT.**
4. **¿En qué unidades se mide el contenido del trabajo?**
5. **Ejemplifique el contenido básico y cada uno de los suplementos mencionados en el presente capítulo.**
6. **Sintetice en un cuadro las técnicas para reducir el contenido del trabajo. Ejemplifique con una actividad sencilla,¹¹ como puede ser una carpintería que fabrica sillas.**
7. **¿En qué colabora el estudio del trabajo a la mejora de la eficiencia del sistema de transformación?**
8. **¿Cuáles son las herramientas que se pueden poner en práctica para mejorar la eficiencia del sistema mediante la aplicación del estudio del trabajo?**
9. **¿Cuáles de las herramientas mencionadas en la respuesta anterior pudieron haberse puesto en marcha en el caso presentado en el capítulo?**

¹¹ Se indica como actividad sencilla dado que es de sencilla comprensión el proceso de fabricación planteado, no así la realización práctica del conjunto de operaciones que transforman la materia prima en el producto terminado.

CAPÍTULO 8

CÁLCULO DE PRODUCTIVIDAD

En este capítulo entenderemos el concepto de productividad desde un punto de vista cuantitativo, sin dejar de lado aspectos sociales y políticos que influyen sobre este indicador. Se identificará el cálculo del estándar y sus componentes constitutivos a partir de un conjunto de estándares que ampliarán este concepto.

Cuando se inicia el estudio de un sistema comienza definiéndose su característica esencial, es decir, su función de transformación. Esa función convierte la función de entrada en una función de salida. A partir de esa transformación, una de las primeras propiedades que se analizan es la aptitud que el sistema demuestra en su capacidad para producir esa transformación.¹ La figura 8.1 representa lo recién expresado en forma gráfica y genérica, para cualquier tipo de sistema.

Figura 8.1. Representación gráfica de un sistema genérico capaz de transformar una función E de entrada en una función S de salida



En consecuencia, la relación de aptitud del sistema en la transformación está dada por:

$$R = S / E \quad (1)$$

La expresión (1) suele conocerse con la denominación de *rendimiento*, dado que expresa cuánto de la función de entrada ha sido convertido en función de salida. Dicho en el otro sentido, qué proporción significa la función salida de la función entrada. Para el caso del motor de combustión interna, el rendimiento indica qué porcentaje de la energía calórica del combustible ha sido convertida (o transformada)

¹ Si tomamos como ejemplo de sistema un motor de combustión interna, la función de entrada está definida por la capacidad energética del combustible que utiliza, mientras que la función de salida está dada por la energía mecánica que dicho motor posibilita. El proceso de transformación está definido por la transformación de la energía calórica del combustible en energía mecánica.

en energía mecánica, y en ese caso el valor de R (rendimiento) será mejor cuando la salida se acerque a la entrada (en valores de energía), y en el caso ideal R será igual a 1. Definida la empresa como un sistema, podemos aplicar el concepto definido en (1) como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8.2. Representación gráfica de un sistema empresa capaz de transformar una función E de entrada, en este caso insumos, en una función S de salida, en este caso Byos (bienes y/o servicios)



Así, la expresión (1) se convierte en:

$$R = \text{Byos} / \text{Insumos} \quad (2)$$

La expresión (2) es conceptualmente idéntica a la (1), y en términos de administración industrial la denominaremos **productividad**.² En consecuencia, la productividad expresa el índice resultante de relacionar la producción obtenida (bienes y servicios) respecto de los insumos utilizados. De idéntica forma, la OIT define la productividad como la relación entre producción e insumo (frase extraída de Kanawati, 1996).

Conceptualmente, podemos establecer que *el índice de productividad es un indicador de la aptitud de la empresa en la transformación de insumos en productos (o servicios)*.

La importancia del mejoramiento constante del índice de productividad como política general de la empresa, y en especial como objetivo del administrador industrial, está dada por el hecho de que una mejora de la productividad permite a igual cantidad de insumos obtener más producto, o a igual cantidad de producto utilizar menos insumos.

Es importante recalcar que este concepto, desde la administración industrial, no debe confundirse con conceptos populares que son erróneos, los cuales puntualizamos a continuación:

- A veces, la productividad se considera como un uso más intensivo de los recursos (mano de obra, máquinas) y no es correcto. Si consideramos, por ejemplo, la mano de obra, la intensidad del trabajo solo significa que un exceso de esfuerzo no es sino un *incremento* de trabajo. Mejorar la productividad significa trabajar en forma más inteligente.
- La productividad no es solamente la eficiencia del trabajo.
- El simple aumento de la cantidad producida no implica un incremento de la productividad.
- Se confunde productividad con rentabilidad.

² Así definida, esta relación podemos denominarla indistintamente con la expresión *productividad* o con el término *eficiencia*.

- Una alta productividad fabril no siempre va acompañada de altos beneficios.³
- Se confunde con eficiencia el hecho de producir bienes de alta calidad en el menor tiempo posible (hay que considerar si esos bienes se necesitan).
- Se confunde productividad con cantidad producida, indicando adicionalmente que un aumento de la productividad significa un aumento de la cantidad producida exclusivamente.

La mejora de la productividad puede pensarse desde diversos ángulos, pero el que no debería descartarse es que a través de ello se puede aumentar la cantidad de producto resultante, lo que amplía el número de personas beneficiadas con su uso, especialmente en la producción de alimentos básicos. El concepto de productividad está cada vez más vinculado con la calidad y seguridad del producto, de los insumos y del propio proceso. La productividad se debe examinar desde el punto de vista social y económico.

Hoy en día no se emplean solamente definiciones cuantitativas de la productividad, sino que se prefiere una concepción más amplia y más cualitativa, relacionada con la realización correspondiente. Dado este concepto amplio de la productividad, se considera que existe un vínculo entre la satisfacción del trabajador, la satisfacción del cliente y la productividad.

Relacionados con la productividad tenemos los conceptos de *eficacia* y *eficiencia*. La eficacia es la medida en que se alcanzan las metas; y la eficiencia es en qué medida se utilizaron los insumos para alcanzar las metas, en relación con las cantidades de insumos previstos (estándares).

En la práctica surge una dificultad para que el numerador y el denominador puedan efectuar comparaciones, ya que pueden ser completamente diferentes, y para ello se recurrirá a los conceptos de metro patrón, ámbito temporal y ámbito espacial,⁴ que ayudarán a resolver este inconveniente.

8.1. FACTORES DEL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

El mejoramiento de la productividad no consiste únicamente en mejorar las cosas, es importante también hacer mejor las cosas correctas. El proceso de producción es un sistema social complejo, adaptable y progresivo. Las relaciones recíprocas entre trabajo, capital y medio ambiente social y organizativo deben estar equilibradas y coordinadas en un conjunto integrado. Para lograr un mejoramiento de la productividad es necesario identificar y utilizar los factores principales del sistema de producción social.

Es conveniente hacer una distinción entre tres grupos principales de factores de productividad: el puesto de trabajo, los recursos y el medio ambiente. Existen

³ Esto debe interpretarse como dos espacios que pueden actuar independientemente uno del otro (la fábrica y el resto de la organización).

⁴ Conceptos que se desarrollarán en el siguiente apartado de este capítulo.

dos categorías principales de factores de productividad: externos (no controlables) e internos (controlables). Los factores externos son los que quedan fuera del control de la empresa, y los internos son los que están sujetos a su control. Para ocuparse de todos los factores se requieren diferentes elementos en las instituciones: personas, métodos y técnicas. Los factores externos afectan la gestión de la empresa; en consecuencia, deben considerarse durante la fase de la planificación del programa.

El primer paso para mejorar la productividad consiste en identificar los problemas que se plantean en esos grupos de factores; el siguiente paso consiste en distinguir los factores que son controlables. Los factores externos y que no son controlables para una institución pueden ser a menudo internos para otra. En este caso, generalmente son internos para la administración pública o para instituciones, asociaciones y grupos nacionales o regionales. Los gobiernos pueden mejorar la política social, la legislación laboral, la política de precios, la infraestructura social, promocionar el acceso a los recursos materiales, pero las organizaciones no pueden hacerlo por sí mismas. El conocimiento de los factores externos es muy importante para una empresa, porque su comprensión la induce a adoptar ciertas medidas que modificarán su comportamiento y su productividad en el largo plazo.

El cuadro 8.1 muestra una clasificación y ordenamiento de los distintos factores que afectan la mejora de la productividad, a la que comúnmente se denomina *modelo integrado de factores de productividad* de una empresa. En este modelo observamos que los factores internos los podemos clasificar como duros y blandos. Se identifican cuáles corresponden a cada uno, y se muestran cuáles son más sencillos de modificar y cuáles son más complejos. Por su parte, a los factores externos (no controlables) se los clasifica en tres grandes grupos: los estructurales, los naturales y la administración pública e infraestructura, y se observa qué factores componen cada uno de estos grupos.

Esquema 8.1. Modelo integrado de factores de la productividad de una empresa



Fuente: *La gestión de la productividad. Manual práctico*, OIT.

8.1.1. Factores internos de la productividad de la empresa

La clasificación de estos factores en duros y blandos sirve para establecer prioridades, es decir, cuáles son los factores que requieren intervenciones financieras y organizativas más fuertes.

8.1.1.1. Factores duros

8.1.1.1.1. Producto

La productividad de este factor representa el grado en que el producto satisface las exigencias de la producción:

- Valor de uso: se puede mejorar perfeccionando el diseño y las especificaciones.
- Valor de lugar: disponibilidad del producto en el lugar adecuado.
- Valor de tiempo: ídem, en el momento oportuno.
- Valor de precio: ídem, a un precio razonable.

El factor volumen en particular aporta una mejor noción de las economías de escala por medio del aumento del volumen de producción. El factor costo-beneficio se realiza aumentando los beneficios con el mismo costo, o reduciendo el costo para obtener el mismo beneficio.

8.1.1.1.2. Planta y equipo

La planta y el equipo son elementos esenciales en todo programa de la productividad, mediante:

- Un buen mantenimiento.
- Funcionamiento de ambos (plantas y equipos) en condiciones óptimas.
- Aumento de la capacidad productiva de la planta mediante la eliminación de los cuellos de botella y la adopción de medidas correctivas.
- Reducción del tiempo ocioso y de los tiempos de paradas, y el incremento del uso eficaz de las máquinas.

La productividad de la planta y de los equipos se puede mejorar prestando atención a la utilización, la antigüedad, la modernización, el costo, la inversión, el equipo producido internamente, el mantenimiento y la expansión de la capacidad, el control de inventarios, la planificación y el control de la producción.

8.1.1.1.3. Tecnología

Debe interpretarse que la innovación tecnológica implica aumento de la productividad. Con la automatización de los procesos y aplicando tecnología a la información se logra un mayor volumen de bienes y servicios, se perfecciona la calidad y se obliga a introducir nuevos métodos de comercialización. La automatización permite asimismo

mejorar la manipulación de los materiales, el almacenamiento, los sistemas de comunicaciones y el control de la calidad.

Algunos ejemplos de aplicación de tecnología son los sistemas automáticos de registros de tiempos muertos y los sistemas automáticos de lubricación, que permitieron reducir el tiempo ocioso de hombres y máquinas así como también gastos en horas extras. Normalmente, la aplicación de nuevas técnicas son el resultado del desarrollo de programas de mejoramiento de la productividad, como tomar medidas relacionadas con la obsolescencia, el diseño de procesos, la promoción de la investigación y el desarrollo, la capacitación del personal, etcétera.

8.1.1.1.4. Materiales y energía

Pequeños esfuerzos por reducir el consumo de materiales y energía permiten obtener notables resultados. Estos recursos de fundamental importancia para la productividad incluyen las materias primas y los materiales indirectos (combustibles, materiales químicos, lubricantes, repuestos, materiales de embalaje). Algunos aspectos importantes a tener en cuenta para la productividad de los materiales son:

- Rendimiento del material: depende de la selección del material correcto, su calidad, el control del proceso y el control de los productos rechazados.
- Uso y control de descartes.
- Perfeccionamiento de los materiales mediante pruebas piloto: mejorar la utilización en el proceso principal.
- Sustitución de importaciones.
- Mejorar el índice de rotación de los inventarios: se liberan fondos que pueden ser destinados a usos más productivos.
- Mejorar la gestión de inventarios: evitar existencias excesivas.
- Promoción de las fuentes de abastecimiento.

8.1.1.2. Factores blandos

8.1.1.2.1. Personas

Son el principal recurso y el factor central de todo mejoramiento de la productividad. Trabajadores, ingenieros, gerentes y empresarios tienen una función que desempeñar, y esa función tiene doble aspecto, dedicación y eficacia. La dedicación es la medida en la que una persona se consagra a su trabajo. Otro factor para estimular y mantener la motivación es construir un conjunto de valores favorables para el aumento de la productividad y para provocar cambios en la actitud de los directores, gerentes, ingenieros y trabajadores.

- La motivación es básica en todo comportamiento humano. Necesidades y materiales son predominantes. Un aumento de productividad debe

recompensarse no solo en forma de dinero, sino también mediante mayor reconocimiento, participación y posibilidades de aprendizaje.

- Los planes de incentivos están siempre relacionados con el volumen del cambio logrado.
- Participación de la mano de obra en el establecimiento de metas (cooperación y participación).
- Mejorar las relaciones humanas mediante la simplificación de los procedimientos de comunicación y reducir al mínimo los conflictos.
- La dirección de la empresa debe estimular a los trabajadores a aplicar sus dotes creativas, a mostrar interés por sus problemas y a promover un clima social favorable.
- Medida del rendimiento: niveles alcanzables para mantener la confianza y la buena voluntad.
- Eficacia: medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados deseados en cantidad y calidad, en función del método, la técnica, la pericia personal, los conocimientos teóricos, las actitudes y las aptitudes (capacidad para hacer).

La capacidad para desempeñar un empleo productivo se puede mejorar por la capacitación y el perfeccionamiento profesional, la rotación de tareas, la promoción en el empleo y la planificación de la carrera. En resumen, los criterios para mejorar la productividad del trabajo son:

- Métodos y técnicas esenciales.
- Salarios y sueldos.
- Formación y educación.
- Seguridad social (pensiones y planes de salud).
- Recompensas.
- Planes de incentivos.
- Participación.
- Negociaciones contractuales.
- Actitudes respecto al trabajo, la supervisión y el cambio productivo.
- Motivación para alcanzar una mayor cooperación.
- Mejoramiento y extensión de la organización.
- Mejores comunicaciones.
- Sistemas de sugerencias.
- Planificación de la carrera.
- Asistencia al trabajo.
- Valor de los bienes y servicios producidos.
- Seguridad en el empleo

8.1.1.2.2. Organización y sistemas

Es importante prever la especialización, la división del trabajo y la coordinación dentro de la empresa. Para ello se aplican principios de la buena organización, de la unidad de mando, de la delegación y del área de control. La organización debe funcionar con dinamismo y estar orientada hacia objetivos, y ser capaz de realizar ajustes y una reorganización en el momento oportuno para alcanzar nuevos objetivos. Los motivos de la baja productividad de muchas organizaciones se debe a:

- Rigidez: incapacidad de prever los cambios del mercado y de responder a ellos.
- Ignorar las nuevas capacidades de la mano de obra, las innovaciones tecnológicas y otros factores externos.
- Carencia de una buena comunicación horizontal, retraso en la adopción de decisiones y obstáculo en la delegación de atribuciones.
- Debe tenerse en cuenta que ningún sistema, por bien diseñado que esté, es eficiente en todas las situaciones.
- Para maximizar la productividad es preciso incorporar dinamismo y flexibilidad al diseño del sistema.

8.1.1.2.3. Métodos de trabajo

En las economías en desarrollo, que cuentan con escaso capital y en las que predominan las técnicas intermedias, el mejoramiento de los métodos de trabajo constituye el sector más prometedor para mejorar la productividad.

8.1.1.2.4. Estilos de dirección

En algunos países, a este factor se le atribuye el 75% de los aumentos en la productividad. La dirección de una empresa es la responsable del uso eficaz de todos los recursos sometidos al control de la empresa. No existe ningún estilo perfecto de dirección. Su eficacia depende de cuándo, cómo, dónde y a quién lo aplica un gerente. Los estilos y las prácticas de direcciones influyen en:

- El diseño organizativo.
- Las políticas de personal.
- La descripción del puesto de trabajo.
- La planificación y el control operativo.
- Las políticas de mantenimiento y compras.
- Los costos de capital (de explotación y fijo).
- Las fuentes del capital.
- Los sistemas de elaboración del presupuesto.
- Las técnicas del control de los costos.

8.1.2. Factores externos de la productividad de la empresa

8.1.2.1. Ajustes estructurales

Los cambios estructurales de la sociedad influyen a menudo en la productividad nacional y de las empresas, independientemente de la dirección de estas. Consecuentemente, los cambios de productividad modifican la estructura de la sociedad. Estos cambios no son solo el resultado, sino también la causa del desarrollo económico y social. Entender estos cambios ayuda a mejorar la política estatal, contribuye a que la planificación de la empresa sea más realista y esté orientada hacia fines, y ayuda a crear una infraestructura económica y social. Los cambios estructurales más importantes son de carácter económico, social y demográfico.

8.1.2.1.1. Cambios económicos

Los más importantes guardan relación con las modalidades del empleo y la composición del capital, la tecnología, la escala y la competitividad:

- El traslado de empleo de la agricultura a la industria manufacturera ha provocado un incremento de la productividad en toda la economía.
- Un segundo cambio estructural histórico es el paso del sector manufacturero a las industrias de servicios. Es interesante destacar que en los Estados Unidos casi las tres cuartas partes de todas las personas que no trabajan en la agricultura lo hacen en el sector servicios.
- Las variaciones en la composición del capital, su densidad relativa, su edad y su tipo también afectan la productividad. El aumento del capital depende del ahorro y de la inversión. La edad del capital social también influye en la difusión de las innovaciones. La densidad del capital (aporte de capital por trabajador) no incrementa forzosamente la producción por trabajador. Algunas industrias manufactureras alcanzan una gran productividad con una densidad de capital relativamente reducida.
- Otro factor importante en el mejoramiento de la productividad en el nivel macroeconómico es el impacto estructural de las actividades de investigación y desarrollo. Las actividades de investigación y desarrollo, de la tecnología y la utilización de nuevos métodos, técnicas, productos y procesos influyen en la productividad y, al mismo tiempo, modifican la estructura. Por ejemplo: líneas de montaje, computadoras y microprocesadores, equipos modernos de comunicaciones. Las inversiones extranjeras son a menudo un factor importante en la introducción de nuevas técnicas.
- La economía de escala (escala de producción) está estrechamente ligada a la productividad y a la estructura industrial. Las pymes pueden ser ampliamente competitivas si se especializan y producen en grandes escalas.

Puede resultar eficaz una transferencia de inversiones de técnicas y tecnología del sector en pequeña escala al sector en gran escala.

- La competitividad industrial afecta la productividad tanto de la economía general como de las empresas individuales. Competitividad implica diseñar, producir y vender bienes y servicios dentro de un ámbito cuyos precios y formalidades independientes del precio formen un conjunto más atractivo que los de los competidores extranjeros o locales.
- Factores que influyen en la competitividad y la eficacia industrial: costos de MOD y MOI, producción per cápita, motivación, rotación, ausentismo de los trabajadores.
- La dinámica del mercado: intensificar los esfuerzos para mejorar la competitividad.
- El dinamismo financiero: importancia de los sectores bancario y comercial, de los mercados de capital y de valores y su capacidad para proporcionar capital.
- Los recursos humanos: son el dinamismo de la población y la fuerza del trabajo, el empleo, el desempleo, la calidad de la dirección y la motivación.
- La función del Estado: en las políticas fiscales y otras reglamentaciones.
- Los recursos y la infraestructura, las fuentes internas de energía y de materias primas.
- La orientación exterior para promover el comercio y la compra y venta de bienes, las inversiones relacionadas con los servicios o cualquier otra forma de intercambio internacional.
- La orientación hacia la innovación: investigación y desarrollo a nivel nacional, actitud de las empresas y de la administración pública respecto a la explotación de nuevas ideas, productos y procesos de producción, el consenso y la estabilidad sociopolíticos, el grado en que las estrategias y las políticas reflejan las aspiraciones de una sociedad.

8.1.2.1.2. Cambios demográficos y sociales

Los cambios estructurales en la fuerza de trabajo fueron demográficos y sociales: en 1950 (período de posguerra) había en el mundo 2.500 millones de habitantes. En 1980 había 4.400 millones. A mediados de la década de 1960, la explosión demográfica comenzó a llegar al mercado laboral, a lo que debe sumarse el importante número de mujeres que se fueron incorporando a la fuerza de trabajo en forma constante. Además, los trabajadores de los países industrializados tuvieron que competir cada vez más no solo entre sí sino también con la mano de obra de los países en desarrollo.

La productividad y los salarios en los países en desarrollo tienden a ser inferiores, y el costo total de producción es competitivo. En los países desarrollados, los factores distintos y un tanto contradictorios tienden a reducir el crecimiento de la productividad:

- En la mayor parte de las empresas se trata de incrementar la productividad para mantener bajos los costos de producción.
- La influencia limitadora de la competencia sobre los salarios induce a las empresas a utilizar más mano de obra en lugar de invertir fuertemente en equipo de capital.

Estos cambios demográficos son referentes en las personas que buscan empleo, en la experiencia y en las técnicas de trabajo útiles del trabajador y en la demanda de bienes y servicios. Los cambios geográficos de la población también afectan la productividad, dado que la densidad demográfica varía de una región a otra. Consideremos los factores sociales que influyen en el incremento de la productividad:

- Aumento porcentual de las mujeres en la fuerza de trabajo. La participación de la mujer en la fuerza de trabajo es todavía inferior a la de los hombres, pero continúa en aumento. Los hombres perciben actualmente ingresos medios superiores a los de las mujeres. En gran parte esto se debe a la educación, al trabajo de tiempo completo o de tiempo parcial y a la extensión de la experiencia laboral.
- La edad de jubilación se eleva. Esto se debe a que mejora la salud y aumenta la longevidad. Las presiones económicas hacen que muchas personas de edad avanzada sigan formando parte de la fuerza de trabajo.
- Los aspectos de la educación en su totalidad afectan la productividad. En los últimos decenios, los gastos en educación han aumentado considerablemente, en especial en los países desarrollados. A fines del decenio de 1970, Canadá destinó el 8% de su PNB a gastos en educación.
- Los valores y las actitudes culturales pueden obstaculizar la productividad. Por ejemplo: los chinos son conocidos por su fe en el trabajo duro, su espíritu emprendedor y su propensión al ahorro. Los japoneses se destacan por su talento para buscar, aceptar, asimilar y adaptarse a las necesidades y circunstancias cambiantes, por su espíritu de equipo y su disciplina. En algunos países se tiene un mayor respeto por la capacidad intelectual que por el trabajo manual. En otros países se aprecia a los ancianos y no simplemente se los tolera. Conviene estudiar y comprender estas creencias, actitudes y tradiciones, las cuales cambian con las nuevas técnicas y el desarrollo económico.

Los países que se orientan hacia el desarrollo están sometidos a una presión creciente para mejorar sus políticas e institucionalizar el cambio social mediante la educación y los medios de comunicación de masas.

8.1.2.2. Recursos naturales

Los más importantes son la mano de obra, la tierra, la energía y las materias primas. Una nación debe tener capacidad para generar, movilizar y utilizar estos recursos para mejorar la productividad. Lamentablemente, a menudo esto no se tiene en cuenta.

8.1.2.2.1. Mano de obra

Es considerado el recurso más valioso. Japón y Suiza son ejemplos de países que carecen de tierra, energía y recursos minerales, y que consideran que su recurso más importante de crecimiento es su población, su capacidad técnica, su educación y su formación profesional, sus actitudes y motivaciones y su perfeccionamiento profesional. Toda inversión en estos factores mejora la calidad de la gestión y de la fuerza de trabajo.

Los países con un alto PNB por habitante suelen tener una población mejor capacitada e instruida. La atención que se presta a la salud y el ocio se traduce en un fuerte ahorro por la reducción de las enfermedades, la mayor esperanza de vida y el aumento de la vitalidad. La calidad general de la mano de obra aumenta al mejorar la salud.

8.1.2.2.2. Tierra

Este recurso exige una administración, explotación y política nacional adecuadas. La expansión industrial y la agricultura intensiva son consumidoras activas del factor tierra. Las presiones para que aumente la productividad agrícola por trabajador y por hectárea pueden acelerar la erosión del suelo. Estas pérdidas de tierra pueden a menudo deberse al empleo de más fertilizantes, con un costo cada vez mayor y con el peligro de la contaminación ambiental. El alto costo de los insumos agrícolas con gran densidad de energía, la limitada disponibilidad de nuevas tierras y la urgente necesidad de una economía agropecuaria más cuidadosa para impedir graves erosiones implican un uso más prudente de las tierras disponibles.

8.1.2.2.3. Energía

Es el recurso que sigue en orden de importancia. El drástico cambio de los precios de la energía durante la década de 1970 fue la causa más importante de la reducción de la productividad y del crecimiento económico. Gran parte de las inversiones durante ese decenio fueron destinadas a equipar con herramientas nuevas a la economía para ajustarse a los precios más elevados de la energía. Eso contribuyó muy poco a elevar la productividad de la mano de obra.

Cuando el precio del barril de petróleo pasó de 3 dólares en 1973 a cerca de 36 dólares en 1980 (luego disminuyó en 1985), una importante cantidad de máquinas y equipos resultaron obsoletos y fue necesario sustituirlos rápidamente o utilizarlos con menos intensidad. A medida que las empresas redujeron el uso de la energía

y las inversiones de capital, incrementaron el empleo de mano de obra. Por ese motivo, la demanda de mano de obra tiende a seguir los aumentos de los precios de la energía. No obstante, aunque se trabaje más horas, la producción total puede no aumentar en forma proporcional. En resumen, la oferta de energía influye en la relación capital-trabajo y, por consiguiente, aumenta o reduce la productividad. Es importante conocer, comprender y tener en cuenta estas consideraciones.

8.1.2.2.4. Materias primas

Al igual que los del petróleo, los precios de las materias primas están sujetos a fluctuaciones, aunque en formas menos extremas. En el caso de los minerales, a medida que sus fuentes más ricas y accesibles se van agotando se explotan yacimientos de categorías inferiores en emplazamientos más difíciles. Esto ha obligado a recurrir a un uso más intensivo de capital y de trabajo, con una reducción de la productividad en las minas a pesar del incremento de la automatización en muchos países.

La explotación de minas cada vez más marginales hace decrecer aún más la productividad. Cuando el costo de los materiales aumenta se hace más necesario reparar, reutilizar y reciclar aunque la productividad, según el concepto convencional, sea inferior para un trabajo. Eso resulta menos caro para la sociedad en su conjunto que comprar materiales nuevos.

8.1.2.3. Administración pública e infraestructura

Las políticas, estrategias y programas estatales repercuten fuertemente en la productividad por intermedio de las prácticas de los organismos estatales, los reglamentos (como las políticas de control de precios, ingresos y remuneraciones), el transporte, las comunicaciones, la energía y las medidas e incentivos fiscales (tipos de interés, aranceles aduaneros, impuestos).

Numerosos cambios estructurales que afectan la productividad tienen su origen en leyes, reglamentos o prácticas institucionales. El incremento de la productividad del sector público permite a los gobiernos prestar más servicios con los mismos recursos o proporcionar los mismos servicios a un costo inferior.

8.2. LA EXPRESIÓN MATEMÁTICA DE LA PRODUCTIVIDAD GLOBAL Y SUS DERIVADAS

La expresión (2) del apartado introductorio es una forma general de expresar la productividad que no permite su uso operativo, motivo por el cual se hace necesario pasar a una expresión de productividad que sí permita su cuantificación, es decir, que exprese numéricamente la *productividad o eficiencia de transformación de un sistema laboral*.

Al estado inicial lo denominamos *insumos*, entendiendo como tal a todo aquello que signifique una erogación para la empresa. Esta erogación podrá ser presente,

pasada o futura con respecto al momento de realización del proceso. Por su parte, al estado final lo podemos denominar *producto*. En consecuencia, es lícito pensar el producto como una sumatoria de insumos, una idea que podemos sintetizar como:

$$\text{Producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Insumos}_i$$

Por consiguiente, puede pensarse que el costo del producto será:

$$\text{Costo del producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Costo de los insumos}_i \text{ utilizados}$$

Y que el costo de cada insumo utilizado está dado por:

$$\text{Cuantía utilizada del insumo} * \text{Precio unitario del insumo}$$

Entonces,

$$\text{Costo del producto} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Cuantía de insumo ut.} * \text{Precio unitario de insumo})_i$$

Al mismo tiempo, podemos establecer que al ser el producto el resultado de una transformación de insumos es lícito pensar que podemos aplicar a dicha transformación nuestro concepto de productividad como un índice indicador de la aptitud de esa transformación. Ahora bien, cuando específicamente hablamos del proceso de fabricación de un producto, este se lleva a cabo en un determinado sistema laboral, en consecuencia, tendremos lo que en forma gráfica podemos observar en la figura 8.3.

Figura 8.3. Representación gráfica de un sistema laboral capaz de transformar insumos (materias primas, mano de obra, recursos tecnológicos) en productos



Por lo tanto, entendemos que es lícito hablar de la productividad del sistema laboral en el mismo sentido en que nos hemos expresado anteriormente y en la fórmula (2). Al señalar la productividad como un índice de la aptitud de transformación, estamos indicando que la productividad es una forma de medir la capacidad de transformación del sistema laboral.

Medir la capacidad de transformación del sistema laboral requiere precisar tres aspectos característicos. El primero tiene que ver con la necesidad de establecer el *metro patrón* de la capacidad de transformación del sistema laboral, con el mismo sentido que podemos establecer la medida de una distancia toda vez que hemos definido el metro patrón como unidad de medida de longitud. El costo estándar, un tema que desarrollaremos en el apartado 8.3, será el metro patrón del sistema de cálculo de eficiencia.

El segundo elemento característico a definir es el *ámbito temporal* en el que se llevará a cabo la medición, dado que el sistema laboral opera sin solución de

continuidad en el tiempo. Este tema lo incluimos en el apartado 8.4. El tercer aspecto que debemos definir es el referido al *ámbito espacial* en el cual se captarán los datos que permitan calcular la productividad. Esto lo desarrollaremos en el apartado 8.5.

Consecuentemente, la productividad global es un índice de aptitud del sistema de transformación, y en principio adoptaremos como ámbito el sistema propio de transformación, es decir, no incluiremos otros subsistemas, como distribución, comercialización, ventas, compras, etcétera. Entonces,

$$Pg = \frac{\text{Resultados teóricos}^5}{\text{Recursos reales utilizados}}$$

Algunos amplían el ámbito espacial tomando el subsistema de ventas, con lo que la incorporación de este subsistema les incorpora a los resultados teóricos el margen de utilidad, lo que enmascara los problemas que se pudieran tener en el subsistema de transformación. En otras palabras y para ejemplificar: supongamos como ámbito espacial exclusivamente el subsistema de transformación y un costo estándar del producto de 10 pesos. El sistema fabrica 950 unidades y consume en recursos (insumos) para su fabricación 12.300 pesos. Por lo tanto, la productividad global del subsistema de transformación será:

$$Pg = \frac{\$10 \times 950 \text{ u}}{\$12.300} = 0,7723$$
$$Pg (\%) = 77,23$$

Claramente, esto indica que el sistema consume más de lo que debería para producir las 950 unidades, y el rendimiento o eficiencia fabril o productividad global de este sistema fabril es del 77,23%. Si ahora incorporamos el subsistema de ventas y tomamos como precio de venta el valor de 15 pesos por unidad, la productividad global será en este caso:

$$Pg = \frac{\$15 \times 950 \text{ u}}{\$12.300} = 1,158$$
$$Pg = 115,8\%$$

Desde el punto de vista absoluto, el responsable podría quedarse tranquilo ya que su empresa tiene un rendimiento superior al 100%. Sin embargo, su sistema de transformación está produciendo cada producto a un valor de 12,95 pesos (que se obtiene de dividir 12.300 por 950), mientras que debería producirlos a un valor de 10 pesos. En otras palabras, pierde casi 3 pesos por unidad fabricada.

Es muy importante entonces que el administrador industrial tenga claridad en la lectura de los resultados, ya que un simple cambio como este le puede generar tranquilidad en el funcionamiento del sistema cuando en realidad debería estar

⁵ Como veremos en el apartado 8.3, será consecuencia de estos resultados teóricos el producto del estándar por la cantidad producida.

muy preocupado. Podrá entonces suceder que la empresa A sea más productiva que la empresa B, a pesar de que la producción de B sea mayor que la de A, y también que la empresa A vea aumentar su productividad entre el año 1 y el 2, aunque haya disminuido la producción en el año 2, por ejemplo, con la reducción del personal.

En la bibliografía aparecen con frecuencia términos que, según el autor o el traductor, presentan diferentes significados. Intentaremos definir los más utilizados, teniendo presente que las acepciones varían según cada fuente y que es importante retener y diferenciar los conceptos.

- **Productividad estándar.** Cuando la productividad se intenta calcular o definir con anterioridad al proceso productivo, deberá calcularse a partir de los objetivos en lugar de los productos obtenidos; y de los recursos estándar en lugar de los recursos utilizados:

$$\text{Productividad estándar} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Recursos estándar}}$$

- **Productividad real.** Por el contrario, si se calcula la productividad disponiendo ya de los datos reales, utilizamos los resultados y la cantidad de recursos insumidos:

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Recursos reales}}$$

- **Eficacia.** Llamaremos *eficacia* al grado en que es alcanzado un objetivo determinado. Por ejemplo: un sector administrativo es eficaz si cumplió con el cronograma de tareas previstas para el período; o bien diremos que si el objetivo es fabricar 100 piezas, alguien será eficaz si fabricase las 100 unidades, y en cambio será solo un 50% eficaz si fabricase 50 unidades. Se trata de una medida expresada en términos de *output* o egresos del sistema:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Objetivos}}$$

- **Eficiencia.** Denominaremos *eficiencia* a la relación entre los insumos planeados y los realmente utilizados. La eficiencia de un sector será del 60% si el consumo estándar es de 300 kilos por unidad, y en la realidad se elevó a 500 kilos por unidad.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Recursos estándar}}{\text{Recursos reales}}$$

Vemos que, a diferencia del concepto anterior, la eficiencia se relaciona con la utilización de los recursos o *input* del sistema. De las definiciones de eficacia y eficiencia se sigue que una empresa o sector puede ser eficaz pero no eficiente si alcanzó las metas previstas pero utilizando incorrectamente los recursos; también puede ser eficiente y no eficaz si, por ejemplo, el objetivo consiste en fabricar los artículos en una hora

y se producen solo 50 en media hora, luego de lo cual se abandona la tarea. Eficacia y eficiencia con frecuencia aparecen correlacionadas en forma positiva, pero debe tenerse presente la diferencia conceptual.

- **Efectividad.** Integrando las definiciones anteriores, diremos que la efectividad de un sistema es el producto de la eficacia y la eficiencia, o bien la relación existente entre la productividad real y la estándar:

$$\text{Efectividad} = \text{Eficacia} \times \text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultados}}{\text{Objetivos}} \times \frac{\text{Recursos estándar}}{\text{Recursos reales}}$$

$$\text{Efectividad} = \text{Productividad real} \times \text{Productividad estándar}$$

El aumento de la efectividad de un sistema denota pues la optimización de su funcionamiento a través de los recursos, los resultados o de ambos simultáneamente.

- **Rendimiento.** Se emplea el término rendimiento para expresar cualquier relación entre un resultado y su insumo, en distintas unidades. Por ejemplo:

kg de aluminio/kw consumido

Quintales de trigo/ha labrada y cosechada

Por lo general se reserva el término *rendimiento* para expresar el grado de utilización de la maquinaria. Veamos algunos ejemplos. Volviendo a nuestro concepto de productividad, y a poco de elaborarlo, notaremos que es fundamental compatibilizar las unidades que se manejan en el numerador y el denominador, sobre todo si se tiene en cuenta que la medición de la productividad puede encararse a nivel de sector, empresa, industria, región, nacional o internacional. Si, por ejemplo, intentamos medir la productividad de un horno de ladrillos y tejas, nos encontramos con que puede expresarse como:

$$pv1 = 10.000 \text{ ladrillos/hora}$$

y además,

$$pv2 = 5.000 \text{ tejas/hora}$$

Un primer análisis nos inclinaría a pretender cuantificar la medida así expresada como:

$$pv = 15.000 \text{ unidades/hora}$$

No siempre será significativa esta interpretación, ya que si, por ejemplo, los ladrillos pesan 5 kilos y las tejas 2,5 kilos, poco podrá explicar el indicador de 15.000 unidades/hora. Aparece entonces el concepto de *producto equivalente*, al que deberemos reducir todos los productos medidos para que adquieran significación. En nuestro ejemplo, teniendo como base el ladrillo, calculamos:

$$pv1 = 10.000 \text{ ladrillos/h} = 10.000 \text{ unidades/h} = 10.000 \text{ p.e./h}$$

$$pv2 = 5.000 \text{ tejas/h} = 5.000 \text{ unidades/h} = 5000 \text{ u/h} \times \frac{2,5 \text{ kg/u}}{5 \text{ kg/u}} = 2.500 \text{ p.e./h}$$

Entonces, escribimos la productividad del horno como:

$$pv = 10.000 + 2.500 = 12.500 \text{ p.e./h}$$

Esto expresa de forma correcta la relación entre los ladrillos, o su equivalente, y el recurso, en nuestro caso las horas insumidas. En forma análoga aparece la dificultad cuando los denominadores difieren. Si, por ejemplo, medimos la productividad de un sector que produce piezas estampadas a partir de flejes o chapas, se obtendrían los siguientes valores:

$$pv1 = 20 \text{ pzas/mflejes}$$

$$pv2 = 30 \text{ pzas/kgchapa}$$

Nuevamente, debemos reducir las unidades y hallar un denominador común, transformando los metros de fleje a kilos de chapa o viceversa. En el primer caso, si cada metro de fleje pesa 0,5 kilos, tenemos que:

$$pv1 = \frac{20 \text{ piezas}}{\text{m. flejes}} = \frac{20 \text{ piezas}}{0,5 \text{ kg}} = 40 \frac{\text{piezas}}{\text{kg}}$$

Entonces, expresamos:

$$pv = 40 \frac{\text{piezas}}{\text{kg}} + 30 \frac{\text{piezas}}{\text{kg}} = 70 \frac{\text{piezas}}{\text{kg}}$$

Siempre que sea posible intentaremos reducir tanto el numerador como el denominador a cantidades equivalentes, tomando como referencia alguno de ellos. Sin embargo, es frecuente pretender expresar la productividad de un sector y encontrarse con recursos disímiles en sus características o en el producto de distintas unidades. Es el caso de:

$$Pv = \frac{5.000 \text{ unidades}}{20 \text{ HH} + 400 \text{ kg materia prima} + 50 \text{ H.M.}}$$

$$pv = \frac{100 \text{ piezas torneadas} + 50 \text{ conjuntos ensamblados}}{10 \text{ HH}}$$

En estos casos no tendremos otra alternativa que reducir elementos diferentes a su valor monetario. Obtenemos entonces:

$$Pv = 5.000 \text{ u} = \frac{10 \text{ u}/\$}{\$500}$$

$$Pv = \frac{\$600}{10 \text{ HH}} = \$60/\text{HH}$$

Al reducir a su expresión monetaria diferentes elementos perdemos información en lo referente a variaciones de precios relativos entre esos elementos, se vuelve indefinido el índice si no se indica a qué costo se valorizan los insumos, y se pierde

capacidad comparativa si los resultados se miden en un contexto inflacionario. Por ello, se buscarán, en lo posible, relaciones entre unidades materiales que mantengan su significado en cualquier tiempo y lugar.

Habíamos visto que la productividad podía ser estándar o real, según sean los datos calculados o medidos. A su vez, según el número de productos o recursos que intervengan en su cálculo, se tiene:

- **Productividad específica.** Es la referida a un recurso aislado. Por ejemplo: 10.000 u/HH, o 5.000 Kg/l, donde las HH o los empleados constituyen la cantidad de insumo necesario para la producción de las 10.000 u o los 5.000 Kg. Aparecen entonces los términos productividad específica de la mano de obra, productividad específica de la materia prima, etcétera.
- **Productividad parcial.** Se trata de la relacionada con un producto en particular, como el caso de 700 piezas tipo A/Kg o 2.000 conjuntos B/\$, y se denominan entonces, respectivamente, productividad parcial del producto A o productividad parcial de los conjuntos B.
- **Productividad específica parcial.** De las anteriores definiciones surgen las combinaciones de, por ejemplo, la productividad específica parcial de la materia prima en el producto A (10 Kg de tejas/300 gr de aditivo), o de la mano de obra en el conjunto B (100 conjuntos B/HH).
- **Productividad específica total.** Si se pretende medir la productividad de un sector que produce piezas A, B y C, recurrimos a la productividad específica del sector. En este caso, se obtendrán valores como 10.000 p.e./kg de materia prima, si medimos la productividad específica de la materia prima, o también 500 \$/HH, habiendo expresado así la productividad específica total de la mano de obra.
- **Productividad parcial global.** Al calcular la productividad de un artículo en relación con todos sus insumos, recurrimos a la productividad parcial global (10 piezas armadas/\$ insumo).
- **Productividad global total.** Finalmente, teniendo en cuenta las definiciones anteriores, diremos que calculamos la productividad global total cuando se miden todos los productos en relación con todos los insumos. Por ejemplo: 30 p.e./\$, o también el caso de ser 5\$ producto/\$ insumo.

Los conceptos anteriores se resumen en el cuadro 8.1, en el que se pueden observar claramente las distintas productividades para el caso de un sistema de transformación que incluye varias MP y varios productos.

Cuadro 8.1. Clasificación de las distintas productividades en función de los productos e insumos

		Productos			
		A	B	C	
Insumos	1	Específica parcial	Específica parcial	Específica parcial	Específica total
	2	Específica parcial	Específica parcial	Específica parcial	Específica total
	3	Específica parcial	Específica parcial	Específica parcial	Específica total
		Global parcial	Global parcial	Global parcial	Global total

8.3. EL COSTO ESTÁNDAR

Como hemos indicado en (2), la expresión de la productividad resulta de la relación de cantidades expresadas en diferentes magnitudes, dado que, por ejemplo, la producción realizada puede cuantificarse en unidades físicas (pieza, metros, kilos, etcétera), mientras que los insumos utilizados lo son en las diferentes unidades de medida que caracterizan a cada uno de ellos. Así, por el ejemplo, el recurso humano se indica en horas hombre; las materias primas en kilos, metros; la energía eléctrica en kw/hora, el gas en m³, etcétera. En consecuencia, es necesario homogeneizar los términos de la expresión (2) y expresarlos en términos de unidad de moneda a través de su costo unitario.

En ese orden, la expresión de lo utilizado en una producción determinada, el gasto real, puede conseguirse con relativa facilidad en la medida en que el sistema administrativo contabilice la totalidad de los gastos generados por la producción. Lo mismo puede decirse respecto de la cantidad de unidades producidas en ese período.

Si pretendemos tener una idea de la productividad refiriéndonos a la expresión (2) con las cantidades así cuantificadas, el resultado no tendría sentido, dada la diversidad de unidades de medida en que son expresados los insumos utilizados. Para que realmente la expresión (2) sea útil debemos cuantificar numerador y denominador en una misma unidad de medida, de modo que el cociente nos exprese un índice.⁶

La cuantificación de la cantidad producida en términos de moneda exige afectar las unidades producidas por un costo, que debe ser un **costo normativo o patrón**,⁷ esto es, el costo que **debería resultar** para una fabricación determinada si ella se

⁶ Debe tenerse en cuenta que un índice global, por definición, es una relación entre dos magnitudes de idéntica unidad, no así los índices específicos que generan cuantías relativas entre distintas unidades.

⁷ El costo normativo es de alguna manera el costo óptimo que mencionábamos en la presentación de la unidad 3, dado que es el menor que puede obtenerse en las condiciones actuales de diseño de producto y de la tecnología disponible en el sistema laboral.

efectuase totalmente en las condiciones preestablecidas de diseño y fabricación, es decir, el *debería ser, o sea, el gasto que debería haber ocurrido*.⁸

Dado que el producto (y recordemos que en esta expresión general también incluimos los servicios) es una sumatoria de diferentes insumos que concurren al mismo tiempo en cuantías propias de cada relación producto específico/insumo, su costo será la sumatoria de los costos de participación de cada insumo en el producto. La expresión *costo*, industrialmente, nos exige precisar a través de qué mecanismo y en qué momento se integran los costos de los insumos en la cuantificación del costo del producto.

Con el objeto de entender esta idea, analicemos el caso de una materia prima que tiene un precio por unidad de medida dado por el mercado de 1 peso por kilo. Si su participación en un producto (cuantía) es de 0,3 kilos por unidad de producto terminado, puede pensarse de inmediato que su participación en el costo del producto será:

$$\text{Costo de participación del insumo (CPI)} = \text{cuantía} * \text{Precio unitario}$$

O sea,

$$\text{CPI} = 0,30 \text{ kg/upr.} * 1 \text{ \$/kg} = 0,30 \text{ \$/upr}$$

Pero ¿es realmente así? En la determinación del costo de la chapa utilizada hemos dejado de lado una serie de tareas que la empresa debe realizar para que la chapa esté efectivamente disponible para el proceso de fabricación.

En un repaso simple, no exhaustivo, de las tareas que han sido realizadas para que la materia prima desde el proveedor original llegue en tiempo y forma al depósito de nuestra fábrica, se pueden indicar: las actividades propias de la gestión de previsión de la necesidad y de la adquisición; de la recepción y del control de lo recibido; de su almacenaje; etcétera. Es evidente que todas ellas le han generado una serie de gastos a la empresa, que indudablemente son parte del gasto que genera la fabricación del producto, de lo cual surge de inmediato la pregunta: ¿y ello forma parte del costo del producto? En el caso de una respuesta afirmativa, se nos agrega un nuevo interrogante: ¿cómo y cuándo se integra?

Responder estos interrogantes implica establecer una visión, por lo menos panorámica, del concepto de costo, lo cual haremos simplemente a título de breve comentario y sin otra pretensión que facilitar la comprensión de los conceptos de

⁸ La idea de valorizar la producción real por medio del costo normativo o patrón es la de establecer cuál debería haber sido el gasto realizado en insumos si su proceso de transformación en producto hubiese ocurrido estrictamente como lo indica la hoja de proceso del producto. Se puede observar que si ello efectivamente ocurriese el resultado numérico de la expresión (2) sería igual a 1, lo que indica una transformación total de insumos en producto sin pérdida alguna de insumo, lo cual constituye un ideal.

productividad. La forma de integrar los diferentes factores al costo del producto está dada por la interrelación de los datos surgidos de:

- La función ingeniería de producto.
- La función ingeniería de procesos.
- El sistema administrativo.
- El sistema de costeo.

La *ingeniería de producto* determina las formas, dimensiones y relaciones de la cantidad de cada insumo, expresada en su propia unidad de medida, y la unidad de producto. El contenido de tiempos es lo que nos especifica *la ingeniería de procesos* que establece el proceso de fabricación; indica qué operaciones son requeridas, sus métodos de realización y las máquinas, herramientas e insumos propios del proceso de fabricación (oportunamente ampliaremos estos conceptos).

El *sistema administrativo* determina el valor de cada insumo, partiendo de la base de que en un *stock* pueden encontrarse partidas de material cuyo costo de adquisición haya sido distinto (tanto en más como en menos), una circunstancia que deberá ser tenida en cuenta de alguna manera. El sistema administrativo provee la herramienta por la cual se determina cuál será el costo que corresponde tomar para cada insumo en dichas circunstancias.

A modo ilustrativo, pueden emplearse procedimientos como el denominado FIFO (*first input/first output*; primero entrado/primer salida), el LIFO (*last input/first output*; último entrado/primer salida), el promedio ponderado de precios, el valor de reemplazo, etcétera, siendo el sistema adoptado meramente una decisión política de cada empresa. Asimismo, el sistema administrativo determinará otros aspectos de la formación de los costos, como los centros de costo, etcétera.

El *sistema de costeo* establece el procedimiento por el cual los diferentes insumos son llevados al costo del producto. Existen distintos sistemas de costeo, como el costeo directo o variable, el costeo integral o por absorción, el costeo por órdenes, etcétera. Asimismo, el sistema de costeo determinará el momento de integración de los insumos, y desde este punto de vista los costos son históricos (los costos ocurridos) o predeterminados (costos a ocurrir).

Para nuestra expresión matemática de la productividad utilizaremos el concepto de costo predeterminado por estándares como costo normativo o costo del debería ser. Este costo así calculado se considera el costo que debería ser o resultar si el proceso real de fabricación se lleva a cabo como se ha preestablecido; y los materiales que componen el producto, como fuera establecido por ingeniería de producto.

Además de las características técnicas que definen un estándar, hay aspectos que deben precisarse. Para la cuantificación de los resultados esperados bajo la forma de estándares, el ingeniero industrial dispone hoy de una cantidad y variedad de técnicas de las que no dispuso antes la dirección de empresas. Como ninguna evaluación puede ser más exacta que el patrón o estándar con el que se mide la

desviación y se la compara, es importante destacar que, como todo elemento de medición, un estándar o patrón requiere ser:

- De una estabilidad razonable (estabilidad de condiciones, mantenimiento).
- Reducible a formas permanentes (productos, organización de líneas).
- Reproducible (verificable, demostrable).
- Representativo.
- Aplicable al problema específico (contemplar condiciones locales).
- Universal dentro de los límites del problema.
- Libre de ambigüedades (definición clara, refinamiento).
- Consistente (es decir, determinado en función de criterios homogéneos y similares para toda la empresa y todos los ítems).
- Se refiere a una fecha de referencia o fecha base.
- A esa fecha de referencia se refiere la configuración del producto.
- Los procesos tienen en cuenta las posibilidades técnico-económicas vigentes a la fecha de referencia.
- La fecha base toma la estructura de administración y servicios de planta.
- Los estándares tienen una duración temporal estipulada (generalmente un año).⁹

El estándar de un producto está definido por la sumatoria de los estándares de los insumos que lo integran, y el cambio de cualquiera de sus componentes produce un cambio en el estándar. En este proceso de subdivisión o de integración los estándares de ingeniería juegan un papel principal porque, en última instancia, representan la cuantificación de los objetivos parciales que integran el objetivo general, y es en función de esos objetivos parciales cuantificados que debe dimensionarse la implementación (personal y de sistemas) necesaria para alcanzarlos.

Según la definición adoptada por la ASME, *estándar* es cualquier regla, modelo o criterio establecido o aceptado contra el cual se realizan comparaciones. Esta definición, que aproxima el concepto a una unidad de medida, implica que un estándar debe ser estable, bien definido, y responder a criterios o relaciones objetivas. El estándar de un insumo está dado por el producto de la cuantía¹⁰ estándar multiplicado por el precio unitario del insumo, es decir, que:

$$\text{Estándar del insumo} = \text{Cuantía estándar} * \text{Precio estándar (a)}$$

⁹ Si bien en los cuatro primeros ítems nos estamos refiriendo a las condiciones vigentes a la fecha base, debe también admitirse como válido hacer referencias a situaciones o estructuras que si bien no están vigentes a dicha fecha sí lo estarán a corto plazo producto de una actividad de cambio concreta y posible.

¹⁰ Si bien en el texto llamamos *cuantía estándar* a la cantidad de insumo (expresada en unidades de insumo) que se defina como parte del producto, y *estándar del insumo* a la expresión en términos de dinero de dicha cuantía, es común hablar de *estándar* para referirse indistintamente a la cuantía expresada en unidades físicas como a la expresión en unidades monetarias.

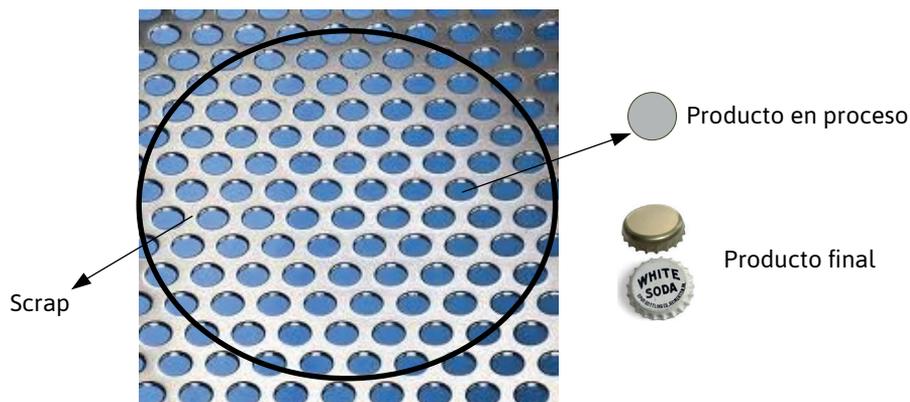
En la expresión (a) tenemos que la cuantía estándar está dada por:

$$\text{Cuantía estándar} = \text{Contenido básico} + \text{Desecho inevitable} + \text{Desecho evitable}^{11} \text{ (b)}$$

Para precisar los componentes indicados en (b) tomemos el ejemplo del procedimiento que nos permite establecer el estándar de materia prima de una pieza estampada, que de acuerdo con el diseño de la herramienta utiliza un largo determinado (paso de la matriz) de una cinta de acero por unidad. El *contenido básico* está dado por el peso del material en la pieza terminada (imagen 8.1: producto en proceso), mientras que el *desecho inevitable* está dado por la diferencia entre el peso del paso cortado menos el peso propio de la pieza (relación permanente en la medida en que no cambie el diseño de la matriz). Ver imagen 8.1 (*scrap*) y figura 8.4.

Los *desechos evitables* configuran lo que podríamos definir como ineficiencias aceptadas, toda vez que ello es la pérdida de material que por deterioro, obsolescencia, faltantes, etcétera, se producen por fallas en el cuidado del material.

Imagen 8.1. Pieza matrizada a partir de una cinta de chapa



Estableciendo un procedimiento sencillo que sirva para fijar conceptos de cálculo de productividad, podemos considerar el costo estándar constituido únicamente por tres factores: la mano de obra, los materiales y los gastos generales o gastos de fábrica. Por consiguiente, la expresión *costo estándar* podemos indicarla como:

¹¹ Las denominaciones de contenido básico que utilizamos en la configuración del estándar de un insumo no deben confundirse con la idea de contenido básico que se desprende de su utilización en el concepto de contenido total de trabajo. En este caso, contenido básico se refiere a un procedimiento ideal; en el caso del estándar se refiere a un procedimiento real.

$$C_e \text{ del producto} = C_e \text{ Materiales} + C_e \text{ Mano obra}^{12} + C_e \text{ Gastos de fábrica}$$

Donde:

C_e = Costo estándar

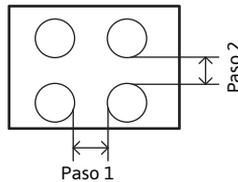
C_e Materiales = (Cuantía estándar MP1 * C_e MP1 + Cuantía estándar MP2 * C_e MP2 + ... + Cuantía estándar MPn * C_e MPn)

C_e Mano obra = Cuantía estándar MO * Valor hora¹³

C_e Gastos de fábrica = similar razonamiento que el utilizado en los materiales, utilizando el criterio de todo lo que se necesita para fabricar el producto y que no fue tenido en cuenta en materiales ni mano de obra.

Otra forma que suele utilizarse es un porcentaje de los materiales y de la mano de obra en función de los gastos que existieron en un determinado período (un año, por ejemplo).

Figura 8.4. Gráfico de una chapa perforada con sacabocado



Nota: Se puede apreciar que el corte de la pieza requerirá una cantidad de material mayor que su peso propio, dadas las características de diseño de la herramienta de corte.

Fuente: elaboración propia.

La cuantía estándar de MO se obtendrá de la función métodos y tiempos tal como desarrollaremos en el capítulo de tiempos, mientras que el valor hora está definido por el sistema de costeo que utilicemos y representa todos los gastos asociados al trabajo a partir de la remuneración del operario. También suele utilizarse el valor hora máquina cuando por las características de la operación realizada es la máquina la que define el tiempo de la operación. Los gastos de fábrica generalmente se calculan como un porcentaje del costo de los materiales y del costo de mano de

¹² Con costo de mano de obra nos referimos al costo de la operación de transformación física del insumo en producto. Como oportunamente veremos, este costo está asociado al tiempo que demanda y que, de acuerdo con las características particulares de cada operación del proceso de transformación, puede estar definido por la actividad del operario o de la máquina, o en la forma conjunta de la relación hombre-máquina.

¹³ El valor hora se calcula en función de las características propias del puesto de trabajo y del sistema de costeo que la empresa utilice. En términos generales, en él se incluyen los costos derivados de los salarios de la mano de obra directa y, eventualmente, los derivados del funcionamiento de la máquina.

obra, calculados a partir del presupuesto anual.¹⁴ En consecuencia, la expresión (2) se transforma en:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas} * \text{Costo estándar}}{\text{MO}_{r.u.} * \text{Pu}_{m.o.} + \text{Mat. prima}_{r.u.} * \text{Pu}_{m.p.} + \text{Gastos fábrica}} \quad (3)$$

Donde:

Unidades producidas: cantidad de producto elaborado en un período de producción.

$\text{MO}_{r.u.}$: horas de mano de obra realmente utilizada en el período de producción.

$\text{Pu}_{m.o.}$: costo por unidad de tiempo (hora) de mano de obra.

$\text{Mat. prima}_{r.u.}$: cantidad de materia prima utilizada en el período de producción considerado.¹⁵

$\text{Pu}_{m.p.}$: Costo por unidad de materia prima.

Gastos de fábrica o gastos generales: sumatoria de todos los gastos reales ocurridos por la producción y no considerados como costo de mano de obra o costo de material, pero que son generados por la fábrica.

La expresión (3) define la productividad global del sistema de transformación (para un único producto), dado que estamos involucrando la totalidad de los insumos de producción. Como en general, y dadas las características de los insumos que lo componen, los gastos de fábrica (o de fabricación, o como se los denomine) resultan de difícil cuantificación en la unidad de producto, suele utilizarse una forma abreviada de la expresión matemática de la productividad eliminando los gastos generales tanto en la formulación del costo estándar como en la cuantificación de los gastos reales de los insumos utilizados. Por consiguiente, se tendrá:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas} * \text{Costo estándar}}{\text{MO}_{r.u.} * \text{Pu}_{m.o.} + \text{Mat. prima}_{r.u.} * \text{Pu}_{m.p.}} \quad (3)$$

Donde:

$$C_e \text{ del producto} = C_e \text{ Materiales} + C_e \text{ Mano obra}^{16}$$

¹⁴ El presupuesto anual de gastos de fábrica incluye la totalidad de los insumos que son utilizados por el sistema laboral, con excepción de los materiales y la mano de obra directa, y su monto anual se calcula en función de los datos históricos, la incidencia del plan de actividad del próximo período y las metas u objetivos a alcanzar en el período bajo análisis. Una forma de obtener el porcentaje de incidencia de los gastos de fábrica en cada producto surge de relacionar el monto total del presupuesto anual de esos gastos con los correspondientes al presupuesto de materiales y mano de obra directa que surgen del plan de actividad que estamos considerando.

¹⁵ Para el caso de que el producto utilice más de una materia prima, se debe efectuar la sumatoria de los productos y la cantidad utilizada por precio unitario de cada una de ellas.

¹⁶ Con costo de mano de obra nos referimos al costo de la operación de transformación física del insumo en producto. Como oportunamente veremos, este costo está asociado al tiempo que demanda y que, de acuerdo con las características particulares de cada operación del proceso de transformación, puede estar definido por la actividad del operario o de la máquina, o en la forma conjunta de la relación hombre-máquina.

El estándar, tal como se expresó, será entonces un elemento de comparación, y hasta el momento hemos caracterizado solamente el estándar del producto que fabrica el sistema de transformación. Sin embargo, existen otros objetivos organizacionales a los cuales este tipo de estándar no se acomoda para sus comparaciones. Una clasificación de estándares podría ser como la que se expresa a continuación. Es esta la que adoptaremos para nuestra bibliografía de trabajo.

8.3.1. Clasificación de estándares

Un estándar puede referirse a cualquier aspecto de la actividad, en todos los niveles, aunque no siempre es tangible y cuantificable, como surge de la clasificación de los estándares propuesta por Davis en su obra *Los fundamentos de la dirección de empresas*:

1. Estándares de servicio, incluyendo criterios de:
 - Valor final del bien o servicio específico.
 - Atributos de sus partes componentes o elementos.
 - Estándares éticos de la conducta mercantil.
2. Estándares de políticas y funciones, incluyendo criterios de:
 - Estructura de la organización.
 - Procedimientos mercantiles.
3. Estándares físicos, incluyendo criterios de:
 - Factores físicos del medio ambiente general.
 - Factores locales de las condiciones.
4. Estándares de personal, incluyendo criterios de:
 - Atributos característicos requeridos de los individuos y los grupos.
 - Estándares de moral.
5. Estándares de comportamiento, incluyendo criterios sobre los resultados de:
 - Logros del proyecto.
 - Logros del grupo.
 - Estándares éticos o de conducta:
 - Los objetivos de una organización industrial o comercial incluyen objetivos sociales colaterales.
 - Los objetivos primarios, secundarios y personales deben ser logrados de forma que sean compatibles con esos objetivos sociales.
 - Los criterios por lo que se determina la conducta ética de la empresa deben ser tomados en consideración al determinar los objetivos de servicio y los métodos mediante los cuales serán logrados. De lo contrario pueden perjudicarse seriamente las relaciones públicas, con los clientes y con los trabajadores.
 - La forma en que son logrados los objetivos empresarios es, por lo tanto, una cuestión de interés para el público.

- Los estándares de conducta que guían a los ejecutivos en sus tareas de dirigir la empresa son, por consiguiente, de interés general.
- Las contribuciones de los estándares éticos o de conducta en la realización de la empresa tienen mucho que ver con una determinación más exacta de lo bueno y lo malo en relación con la ejecución de sus actividades.
- Por su naturaleza es un intangible y su cuantificación aparece como imposible. Pero debe recordarse que los estándares intangibles son tan importantes como los tangibles (imagen de la empresa, moral de trabajo, desarrollo del personal, etcétera).
- Nosotros, al desarrollar esta parte de la especialidad en ingeniería industrial, nos limitaremos a los estándares cuantificables.
- Estándares operativos específicamente determinables con técnicas de ingeniería de la producción.

El cuadro 8.2 resume los tipos de estándares operativos que consideramos para los diversos aspectos de la actividad empresarial que cubre la ingeniería industrial.

Cuadro 8.2. Tipos de estándares operativos considerados en la ingeniería industrial

División	Nomenclatura	Determinación	Propósito		Alcance (relación tiempo)
			General	Particular	
Estándares de ingeniería	Óptimo	Cálculo teórico (no tienen en cuenta ineficiencias operativas o ejecutivas)	Planeamiento	Inversiones	Largo
	Mejorado			Inversiones	Mediano a largo
	Esperado			Política laboral	Corto a mediano
Estándares de trabajo	Control	Empírico estadístico (directamente o aplicando tolerancias en estándares de ingeniería)	Control	Planeamiento presupuestario Eficiencia total Eficiencia específica	Mediano a largo
				Recursos (stock y compras)	Inmediato a corto
	Programación		Programación	Producción Ventas	Inmediato

Por consiguiente, un estándar de ingeniería (y los estándares de trabajo de ellos derivables) puede establecer un patrón o meta parcial para, por ejemplo, los siguientes resultados esperables:

- Producción de una máquina, equipo u operario (P unidades/Máq. Hora; P unidades/HH).
- Personal (Horas Hombre/Máq. Hora; HH/Unid.).
- Materiales (Kg/Unidad; Metros/Kg).
- Insumos (MH/U; HH/U; Kg/U; KWH/MH; KWH/U; Kg vapor/MH).

- Índices o ratios (MO In./MO directa; % Rechazos/U producidas; % desperdicios/Kg insumidos).
- Períodos improductivos (paros) (Preparación: MH de paro/ciclo de manutención o alimentación; Reparación eventual: MH de paro/1000 MH de funcionamiento y atención múltiple de máquinas).
- Mermas (% Velocidad pérdida por resbalamiento).

8.3.2. Estándares de ingeniería para diferentes niveles

Siguiendo una metodología parecida a la vista en las mediciones de productividad por comparación con estándares universales, podrán definirse estándares de ingeniería para distintas condiciones modificables por diferentes niveles de la dirección por estar bajo su autoridad tomar las medidas correctivas para modificarlos y mejorar los resultados esperables. Los estándares de tiempos unitarios son los determinados con las técnicas de estudios del trabajo o adoptados como estándares universales por su confiabilidad.

- **Estándar previsto o esperado.** Es el resultado esperable en las condiciones actuales de explotación del material, de la técnica y del equipo existente, suponiendo que se utiliza con los métodos actuales con tiempos operativos unitarios estándar y máxima eficiencia operativa.
- **Estándar mejorado.** Es el resultado esperable del material y del equipo existente, explotándolos con la mejor eficacia operativa con las técnicas y métodos mejorados.
- **Estándar óptimo.** Es el resultado esperable con el empleo del mejor equipo disponible explotado con la máxima eficiencia, los mejores métodos y la mejor técnica.

Con este enfoque podríamos definir los resultados esperables en las condiciones del equipo, de la técnica, de los métodos y de la eficiencia operativa que se indican en el cuadro 8.3.

Cuadro 8.3. Resumen de los resultados esperables de los estándares industriales

Con equipo	Con técnica y método	Tiempos operativos unitarios	Con eficiencia operativa	Resultados esperables
Actual	Actual	Actuales	Actual	Real, determinable estadísticamente
Actual	Actual	Estándar	Óptima o máxima	Estándar previsto o esperable
Actual	Mejorados	Estándar	Óptima o máxima	Estándar mejorado
Óptimo	Mejorados	Estándar	Óptima o máxima	Estándar óptimo

8.3.3. Metodología para la determinación de estándares

8.3.3.1. Técnicas de ingeniería de la producción

Para todas estas determinaciones deben emplearse extensivamente todas las técnicas de la ingeniería industrial, especialmente las siguientes:

- Estudio del trabajo (análisis de operaciones, estudio de métodos y tiempos predeterminados, *layout*).
- Estadística técnica.
- Control de calidad.
- Normalización.
- Especialización y entrenamiento.
- Investigación operativa.
- Investigación y desarrollo tecnológico.

8.3.3.2. Determinación de los estándares de ingeniería

Los estándares de ingeniería deben estar basados en el óptimo uso de los hombres, las máquinas y las materias primas. Por lo tanto, antes de establecerlos es necesario estudiar físicamente los movimientos operativos, para asegurar que esos estándares sean los mejores que puedan obtenerse. De tratarse de mano de obra productiva, es necesario determinar los mejores métodos y procesos, la óptima carga de máquina por número de operarios, es decir, una carga que represente una razonable producción operador. Ni las pérdidas de tiempo ni las demoras deben ser incluidas, es decir, aquellas que resulten de averías mecánicas o bien las producidas por fallas en la alimentación de las máquinas. Una vez establecidas las condiciones óptimas, los estándares propiamente dichos deben ser determinados en forma correcta, y de ahí en adelante deben ser cuidadosa y constantemente revisados, con el fin de contar siempre con cifras perfectas.

En lo posible, los presupuestos deben estar basados en la medición de elementos físicos (o sea, en estándares de ingeniería), siendo el factor determinante que limite la aplicación de este principio que el costo de establecer estándares correctos no exceda el costo de la variación que se pretenda controlar. Ciertamente, costos de mantenimiento, operaciones administrativas e ítems similares, de tipo fijo, deben ser eventualmente tratados de la manera indicada anteriormente.

Los estándares de ingeniería basados en condiciones de eficiencia operativa óptima son esenciales, dado que constituyen la única base en que pueden ser determinados positivamente y con precisión. Sin embargo, las condiciones son raramente óptimas.

8.3.3.3. Estándares de producción

Si bien la determinación de los estándares puede implicar una metodología distinta según se trate de estándares para producción, personal, mantenimiento, abastecimiento, ventas, etcétera, las siguientes notas sobre la técnica a seguir para determinar estándares de producción pueden ser ilustrativas para los demás aspectos.

Se parte de la producción teórica, o sea, la alcanzable con la máquina o equipo trabajando permanentemente a la velocidad teórica instantánea, medible o especificable por el fabricante o recomendable por la mejor experiencia ajena o propia compatible con sus posibilidades mecánicas y conveniencia económica, de acuerdo con el artículo procesado, suponiendo que trabaja siempre con el máximo aprovechamiento, sin detenerse nunca o disminuir su producción instantánea por ninguna causa.

A partir de esta producción teórica se determina la producción estándar, teniendo en cuenta las siguientes pérdidas (paros y mermas):

- Paros inevitables y predeterminables (debidos a la naturaleza del proceso: paros por alimentación, descarga, preparación, mantenimiento preventivo, interferencia por paros simultáneos).
- Paros eventuales (azarosos o aleatorios) no predeterminables pero cuya incidencia puede ser estimada en función de la mejor experiencia presente y pasada, propia y ajena (roturas, reparaciones, atascamientos).
- Merms, o sea, disminuciones parciales de la producción (sin cese de la producción) debidas a resbalamiento, descarte de partes o unidades, irregularidades de la velocidad en sus arranques y paradas, etcétera.

Estas pérdidas (o factores negativos) deben ser tenidas en cuenta a los efectos de determinar la producción estándar a partir de la producción teórica, con la incidencia o magnitud que surja de las siguientes consideraciones:

- Suponer que los paros o mermas ocurren con la menor frecuencia compatible con una buena organización del trabajo y una ejecución eficiente.
- Suponer que cada vez que se presente uno de estos factores negativos se encara su corrección asignando en forma organizada y eficiente los recursos necesarios para superarlos.
- Suponer que el personal asignado emplea siempre, en cada intervención, el menor tiempo esperable de un trabajo eficiente.

8.3.3.4. Estándares de personal

Los estándares de personal son determinados en función de los estudios del trabajo, siguiendo las metodologías que se ven en Organización Industrial I pero con el objeto de evitar confusiones con la nomenclatura empleada en los estudios del trabajo y la acepción que en esta obra le damos al vocablo *estándar*. Valga la siguiente aclaración: en estudio del trabajo se designó como tiempo estándar o tiempo asignado al tiempo

que le demandaría realizar una tarea u operación a un operario con habilidad media (o normal), y que en condiciones habituales (o normales) se aplica a realizarla con un esfuerzo o empeño definido como medio o normal, y caracterizado como intermedio en relación con el del operario que no se esfuerza o empeña más porque no tiene un incentivo especial que lo motive, y que, por otra parte, realiza un esfuerzo honesto sin trabajar deliberadamente despacio.

Ese tiempo estándar o asignado incluye determinadas concesiones que tienen en cuenta la recuperación por fatiga, por necesidades personales y por demoras inevitables. Sobre la base de estos tiempos estándares o asignados puede deducirse el tiempo que le demandaría realizar esa tarea a un operario que la realiza con habilidad superior y esfuerzo excelente. A este tiempo debería designárselo como tiempo óptimo, y según las técnicas empleadas para la medición de los tiempos y el criterio empleado por las concesiones su valor puede fluctuar entre 0,75 y 0,80 del tiempo asignado (tiempo asignado dividido por 1,33 a 1,25, eficiencia del operario óptimo).

Respetando nuestras definiciones y nomenclaturas, ambos tiempos representarían un estándar, y su forma de cálculo será tratada en los capítulos correspondientes al estudio del tiempo.

8.4. EL ÁMBITO TEMPORAL DE LA PRODUCTIVIDAD

Nos ocuparemos ahora del segundo aspecto característico que debemos definir cuando encaramos una medición de productividad,¹⁷ y que, como hemos mencionado precedentemente, se refiere al lapso temporal en el que se llevará a cabo esa medición. Dado que la medición de la actividad no es un fin en sí mismo sino que, por el contrario, es un medio que nos brindará información sobre el accionar del sistema laboral, y que a partir de ella vamos a actuar para mejorar los costos, como los tiempos de los procesos, el interés de la dirección no radica en la observación puntual, tipo fotografía, de la productividad sino, por el contrario, en su evolución a través del tiempo.

Debido a que debe cuantificarse tanto la producción realizada como los insumos utilizados en ella, y teniendo en cuenta que la operación del sistema laboral ocurre en forma continuada, se debe establecer el lapso de tiempo en el que se contabilizarán tanto los consumos como la producción realizada. La duración de ese lapso de tiempo deberá ser tal que permita alcanzar dos objetivos básicos: que sea lo suficientemente extenso como para comprender situaciones aleatorias que indefectiblemente de plantearán en la operación del sistema laboral, y que sea lo suficientemente corto como para que los resultados obtenidos y los análisis co-

¹⁷ En rigor, deberíamos decir *de la recolección de datos que permitirán calcular la productividad*, y este no es un tema secundario, pues de la calidad de los datos recogidos será la calidad de la información resultante.

rrespondientes permitan adoptar soluciones de algún modo contemporáneas a los problemas observados.¹⁸

En función de lo expresado, el ámbito temporal puede ser el día, la semana, la quincena o el mes. Una precaución que debe tenerse es que como el sistema laboral tiende a producir en forma continua pero con caudales variables, el *stock* en proceso de fabricación puede ser diferente al inicio que a la finalización del período de medición, y dado que dicha variación¹⁹ va a afectar el cálculo de la productividad del período, esta alternativa debe ser tenida en cuenta a través de la ponderación de dichos *stocks* en proceso. Nos resta definir la primera característica que hemos establecido como necesaria para medir la productividad: el ámbito de medida o ámbito espacial.

8.5. EL ÁMBITO ESPACIAL DE LA PRODUCTIVIDAD

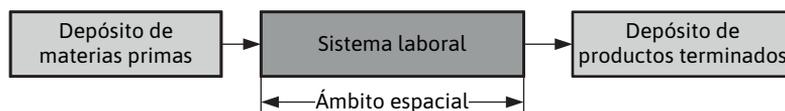
Siendo el cálculo de productividad una herramienta que utilizaremos en la optimización del sistema laboral, la definición del ámbito espacial tiene significación en la medida en que su definición tenga en cuenta el ámbito de responsabilidad jerárquica sobre el sistema, dado que ello será esencial para definir la responsabilidad de las acciones de mejora que deban implementarse a partir del análisis de los resultados del cálculo de productividad.

Obviamente, en la definición del ámbito espacial influirá la magnitud del sistema laboral y de su estructura jerárquica. Si consideramos el sistema laboral en su conjunto (ver figura 8.5), estamos indicando que el ámbito espacial ocupa desde la salida de los materiales del depósito de materias primas hasta la entrega del producto en el depósito de productos terminados. No quiere decir que estos productos terminados incluyan en su valor el precio de venta, sino que, por el contrario, el análisis del sistema laboral (solo la transformación) define el producto terminado como una sumatoria de insumos. Por lo tanto, solo estamos hablando del costo del producto.

¹⁸ Sin lugar a dudas, la medición y el control de la productividad plantean un típico caso de control en el que deben adecuarse los costos de control en relación con los beneficios a obtener a partir de dicho costo, y esto no amerita una única respuesta de carácter general sino que, por el contrario, a partir de conceptos generales cabe una solución particular para cada caso.

¹⁹ Es habitual que una parte de la producción realizada en un período se dé por finalizada en algún momento del período anterior. En definitiva, la necesidad de ponderar los *stocks* en proceso será resuelta en el análisis de las características de cada sistema laboral en particular.

Figura 8.5. Gráfico conceptual del ámbito espacial



Nota: El ámbito espacial definido establece que se cuantificarán los insumos que están comprendidos entre la salida del depósito de materias primas y el ingreso del producto terminado. Un ámbito similar debe establecerse para cuantificar los restantes insumos.

Fuente: elaboración propia.

Para el control de la mano de obra deben adoptarse criterios similares, indicando, por ejemplo, las horas reloj en cuanto a la presencia de los operarios en el sector geográfico definido como dato de entrada, mientras que para el caso de los gastos de fabricación se debe precisar qué sistema de cuantificación se utilizará de acuerdo con el criterio indicado para materiales y mano de obra.²⁰

Es común que por razones de envergadura del sistema laboral o por otras emergentes de las particularidades del proceso o de la empresa se quiera tener datos de productividad de cada sector de planta, por lo tanto suele subdividirse el ámbito espacial total en ámbitos parciales de acuerdo con la información deseada. En este punto es necesario definir con claridad los alcances de cada ámbito, de modo que sea correcta la recolección de los datos operativos pertinentes.

Tomando como ejemplo una planta de cierta complejidad, en la que simultáneamente se desarrollen tareas de diferente sentido de transformación, esquema típico de un modelo de producción organizado por principio de realización, es común que quiera conocerse la productividad de cada sector o del sector que corresponde a cada supervisor, de modo de poder observar la responsabilidad de cada uno de ellos en el accionar del conjunto del sistema.

8.6. PRODUCTIVIDAD Y COSTO

La empresa, como organismo vivo, tiene, por un lado, una aptitud potencial que proviene de su nivel tecnológico instalado; esto define su *capacidad teórica de hacer*. Por otro lado, tiene una aptitud dinámica definida por la capacidad del sistema social de la empresa de adaptarse al nivel tecnológico y por la capacidad de gestionar la empresa; esto define su *capacidad real de hacer*.

²⁰ Dado que por sus propias características los gastos fijos de fabricación suelen hacer difícil la tarea de relacionarlos con la unidad de producto o con un determinado lote de producción, es común que su control se haga a nivel de gasto mensual real (medido en su conjunto) respecto del nivel presupuestado, lo que simplifica el control de la productividad al reducirlo a la consideración de la MOD y las MPD.

En muchas oportunidades se escuchará hablar de conceptos como la productividad global de la economía, o también del nivel de productividad y otras acepciones que son un tanto diferentes de los conceptos de productividad que utilizamos a nivel de ingeniería. A partir de esto introducimos dos conceptos: el de productividad estática²¹ y el de productividad dinámica; y aunque presentemos una cierta contradicción respecto del uso del término *productividad*, dado que en sí la productividad es una conceptualización dinámica toda vez que es la comparación de una actividad realizada respecto de una situación considerada como patrón, vamos a definir como productividad estática a aquella que expresa la aptitud potencial de la empresa y que deviene de la capacidad tecnológica instalada. Por lo tanto, si se produce una modificación de dicha capacidad se producirá una modificación de la productividad potencial que tendrá su correlato en una consecuente variación del *costo previsto* de la producción.

La productividad dinámica expresa el grado de convergencia de la realidad laboral del sistema con respecto a la aptitud potencial, y es, en definitiva, lo que hasta este momento hemos definido como productividad. Si por una mejor actividad de la dirección en capacitación, supervisión del personal u otra causa se logra una disminución de los desechos reales o de los rechazos de calidad (dados a modo de ejemplo), se habrá producido una mejora en la productividad dinámica, lo cual se traducirá en una disminución del *costo real de fabricación*.

8.7. PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD

La productividad es y debe ser una constante preocupación del administrador industrial, como lo hemos visto hasta aquí. Incorporaremos a esta preocupación una justificación matemática adicional. La rentabilidad la podemos sintetizar como:

$$R = \text{Utilidad/Costos}$$

Siendo la utilidad:

$$R = \frac{\text{Cantidad de producto} \times \text{Precio de la unidad}}{\text{Cantidad de insumos} \times \text{Costo de la unidad}}$$

Así podremos expresar la rentabilidad como:

$$\text{Rentabilidad} = \text{Productividad} \times \text{Factor de conversión comercial}^{22}$$

²¹ Podríamos hablar de *capacidad productiva* en lugar de *productividad estática*, pero el concepto de capacidad productiva normalmente está referido a lo cuantitativo de la producción, mientras que la idea del concepto de productividad estática hace referencia tanto a lo cuantitativo de la producción como a su costo.

²² Entendemos a este factor de conversión como una definición estratégica de la empresa acerca de cuánto desea que rinda el peso invertido (Precio de venta/Peso invertido).

La expresión deja claramente de manifiesto que la productividad es directamente proporcional a la rentabilidad. Entendiendo como productividad la eficiencia del sistema fabril y como rentabilidad la eficiencia del sistema comercial, a mayor productividad mayor será la eficiencia del sistema comercial.

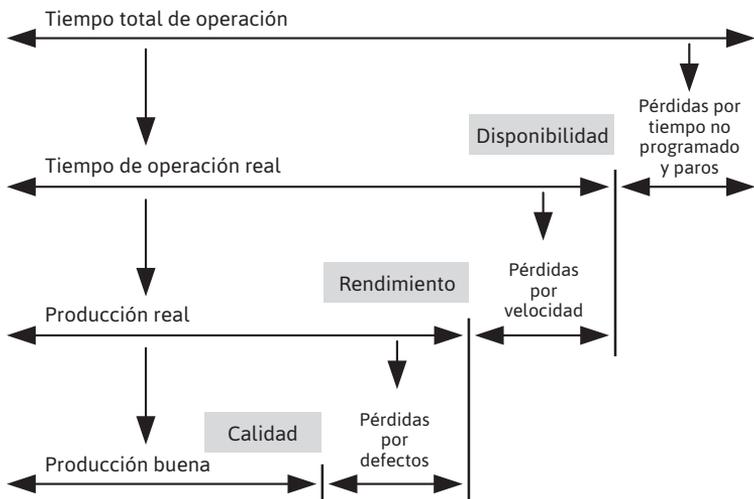
8.8. MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DE EQUIPOS

Cuando de equipos se trata, no hablamos de productividad ni de eficiencia; en este caso, en los distintos sistemas de mantenimiento²³ el control se realiza mediante un indicador denominado OEE (Overall Equipment Effectiveness), cuyo valor surge del producto de otros tres indicadores:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

La *disponibilidad* hace referencia al tiempo que realmente se encontró disponible la máquina (la figura 8.6 aclara este indicador). Su cálculo surge de la relación entre el tiempo de operación y el tiempo programado de operación. El *rendimiento* relaciona la producción real (cantidad de piezas producidas / tiempo de operación) con la producción ideal (cantidad de piezas que deberían producirse en una jornada de trabajo / tiempo que ocupa una jornada de trabajo). La *calidad* surge de la relación entre la cantidad de piezas buenas producidas y el total de piezas procesadas.

Figura 8.6. Medición de efectividad de equipos



Fuente: elaboración propia.

²³ Se refiere a los distintos tipos o metodologías que adoptan las industrias para mantener operativas las maquinarias del proceso productivo.

Ejemplo 1:

Factor OEE	Turno 1	Turno 2
Disponibilidad	90,0%	95,0%
Rendimiento	95,0%	95,0%
Calidad	99,5%	96,0%
OEE	85,1%	96,6%

Ejemplo 2:

Ítem	Datos
Turno	8 horas = 480 min.
Suplementos	2 @ 15 min. = 30 min
Comidas	1 @ 30 min. = 30 min
Pérdidas velocidad	47 minutos
Producción ideal	60 piezas por minuto
Total de Piezas	19.271 piezas
Piezas rechazadas	423 piezas

- Dados los siguientes datos, calcular el OEE.
- Tiempo planificado de producción = Turnos - Suplementos = 480 - 60
- Tiempo planificado de producción = 420 min
- Tiempo de operación = Tiempo planificado de producción - Pérdidas
- Tiempo de operación = 420 - 47 = 373 min
- Piezas buenas = Total de piezas - piezas rechazadas = 19.271 - 423
- Piezas buenas = 18.848
- Disponibilidad = $Top/Tpl = 373/420 = 0,8881$ (88,81%)
- Rendimiento = $(Tot. piezas/Top)/60 piezas/m = (19.271/373)/60$
- Rendimiento = 0,8611 (86,11%)
- Calidad = Piezas buenas/Tot. piezas procesadas = 18.848/19.271
- Calidad = 0,9780 (97,80%)
- OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad
- OEE = $0,8881 \times 0,8611 \times 0,9780 = 0,7479$ (74,79%)

RESUMEN

Luego del desarrollo del capítulo debería quedar clara la existencia de una serie de indicadores que permiten el control del sistema industrial. Debe tenerse en cuenta que el cálculo de esos indicadores en forma aislada poco pueden dar como información para la toma de decisiones.

Deberá el administrador/ingeniero industrial realizar un seguimiento periódico de ellos y aplicar, como veremos en los capítulos siguientes, los conceptos del estudio del trabajo para lograr las mejoras necesarias en el sistema de transformación.

Estudio de casos

Mejora de la productividad en pymes (Aniceto Gómez S.A.) Implementación de un nuevo método de trabajo en el sector depósito

Aniceto Gómez fabrica y comercializa resortes de suspensión para automóviles. El arrollado es la etapa principal del proceso de fabricación de un resorte. El tiempo que se requiere para realizar el cambio de un modelo a otro de resorte determina en gran medida la eficiencia de todo el proceso productivo.

Objetivos:

- Recuperar superficie de trabajo en el sector depósito.
- Reducir la manipulación de los productos.
- Mejorar la logística del sector.
- Mejorar el tiempo de respuesta para pedidos fuera de programa.

Situación inicial:

- Stock de producto terminado sobredimensionado: resortes a granel y embalados en cajas.
- Los resortes embalados permanecían en sus cajas durante períodos tan prolongados que cuando llegaba el momento de despacharlos al cliente los embalajes estaban deteriorados y debían reemplazarse por otros nuevos.
- Desorden generalizado en el sector.



Fuente: www-biblio.inti.gov.ar/trabinti/TEC-242.pdf.

Metodología:

- Capacitación del personal.
- Trabajo en equipo para el diseño de un nuevo método de trabajo para el sector (equipo formado por personal de INTI y de Aniceto Gómez).
- Trabajo por pedido: embalaje solo de los productos que serán despachados en lo inmediato.
- Redimensionamiento del stock y organización de las existencias en el depósito según su frecuencia de salida.



Fuente: www-biblio.inti.gov.ar/trabinti/TEC-242.pdf.

Resultados:

- Se recuperó un área de 362 metros cuadrados en el depósito.
- Se comenzó a trabajar por pedidos, lo que evitó embalar productos que no serían despachados en lo inmediato, con lo cual se redujo la manipulación y el consecuente deterioro de los productos.
- Al embalar resortes solo en las cantidades requeridas, se logró mayor capacidad de respuesta para cumplir con pedidos puntuales que estuvieran fuera de programación.
- Se redujeron los tiempos de trabajo como consecuencia de la reorganización del sector.



Fuente: www-biblio.inti.gov.ar/trabinti/TEC-242.pdf.

Conclusiones:

El sector en su conjunto adquirió un gran dinamismo, lo que se consiguió como resultado de:

- Nuevo diseño de los métodos de trabajo.
- Organización de toda la logística según las necesidades actuales de la empresa.
- Uniformidad de criterios entre los integrantes del sector.

A partir de la puesta en marcha del proyecto, las personas evidenciaron gran motivación y compromiso en la realización de sus tareas

Fuente: www-biblio.inti.gov.ar/trabinti/TEC-242.pdf.

Ejercicios

1. **¿Qué menú de opciones encuentra para subir la utilidad?**
2. **Defina qué es la rentabilidad.**
3. **¿Qué diferencia observa entre la utilidad y la rentabilidad?**
4. **Si subo la inversión, ¿qué pasa con la utilidad?**
5. **Si subo la inversión, ¿qué pasa con la rentabilidad?**
6. **Si subo la materia prima en stock, ¿qué pasa con la rentabilidad?**
7. **Si bajo la cantidad de productos en proceso de elaboración, ¿qué pasa con la utilidad y con la rentabilidad?**
8. **Defina el concepto de productividad.**
9. **¿Cuál es la expresión matemática de la productividad? Analícela.**
10. **Si para una máquina definimos las pérdidas como aquello que disminuye la calidad de la máquina y hace que esta no tenga un buen rendimiento, ¿qué encuentra en relación con este concepto para las organizaciones, es decir, lo que hace que disminuya la productividad?**
11. **¿Qué es el costo estándar?**
12. **¿Qué es el estándar?**
13. **¿Qué es un producto, visto desde el concepto de la productividad?**
14. **¿Qué es la relación de lo que debería ser versus lo que fue en la realidad?**
15. **¿Cuál es el contenido básico de un insumo?**
16. **¿Cómo define los desechos evitables?**

17. ¿Cómo define los desechos inevitables?
18. ¿Qué productividades relativas imagina que pueden existir?
19. ¿Es fijo el costo estándar definido por el sistema de costo? Si la respuesta es afirmativa, ¿por cuánto tiempo?
20. ¿Qué condiciona en el tiempo al costo estándar?
21. ¿Qué condiciones deben cumplir los estándares y cómo se logran?
22. ¿Qué es el ámbito temporal?
23. ¿Qué es el ámbito espacial?
24. Si un operario hace su tarea en forma lenta, ¿afecta la productividad? ¿Por qué?
25. ¿Entre qué valores puede variar la productividad global?
26. ¿Puede la productividad global superar el 100%? ¿Por qué?
27. Sabemos que al fabricar 1.000 unidades de producto se consumieron los siguientes insumos:

MPA = 625 kilos; MPB = 2.930 m; se pagaron 4.950 hh y se consumieron en gastos generales 12.800 pesos, con costo de la materia prima A = \$20/kilo, materia prima B = \$3/mm, HH = \$25, siendo la cuantía estándar de la MPA = 0,5 kilos, la cuantía estándar de la MPB = 2.500 mm, la cuantía estándar de MO = 3 hh con un $GF_E = \$12$. Calcule la PG y sus parciales.
28. Una empresa de servicios se dedica a la colocación de membranas asfálticas en techos. Es contratada por el Estado para la colocación en 100 casas construidas por un plan. El techo de las casas es de 47,6 m², y las medidas son 7 x 6,8 metros. Los rollos de membrana son de 20 metros de largo por 1 metro de ancho. Las membranas pueden empalmarse una con la otra, pero se desechan los 20 cm que sobran. A su vez, por tratarse de membranas económicas es muy común que 2 de cada 100 rollos tengan problemas y no puedan utilizarse. Adicionalmente, se necesitan 3 horas hombre para la colocación y unos 20 pesos de gastos generales, entre los que se encuentran gas, nafta, solvente, etcétera. El costo del rollo de membrana es de 130 pesos, y la hora hombre cuesta 40 pesos. Se Solicita:
 - a. Calcular el costo estándar por unidad funcional.
 - b. Si la productividad parcial de la materia prima es del 82%, se están consumiendo 4,8 horas hombre por casa y se consumen 30 pesos de gastos generales. ¿Cuál es el costo real por unidad funcional?
 - c. Con los datos del punto b, ¿cuál es la productividad global?

- d. ¿Cuál es la pérdida que tuvo la empresa en las 100 unidades funcionales?
- e. Si se trató de una licitación y la empresa cotizó un 10% por encima del costo estándar calculado, cómo resultó la operación.

29. ¿Cuál será el OEE de una máquina que debiendo funcionar 868 horas funcionó solo 750, y que debiendo procesar 60 piezas por hora solo procesó 28, y el 15% de las piezas procesadas fueron rechazadas?

Respuestas

Ejercicio 27

$$C_E = MP_E + MO_E + GF_E$$

Donde: MP_E es Materia Prima Estándar; MO_E es Mano de Obra Estándar; GF_E es Gastos de Fabricación Estándar

$$MP = ((Cu_E \text{ MPA}) \times \text{Costo MPA}) + ((Cu_E \text{ MPB}) \times \text{Costo MPB})$$

Donde: Cu_E Cuantía Utilizada Estándar

$$MP_E = (0,5 \text{ Kg} \times \$20/\text{Kg}) + (2.500 \text{ mm} \times \$3/\text{mm}) = \mathbf{\$7.510}$$

$$MO_E = Cu \text{ MO} \times \text{Costo MO} = 3 \text{ hh} \times \$25/\text{hh} = \mathbf{\$75}$$

$$GF_E = \mathbf{\$12}$$

$$C_E = \$7.510 + \$75 + \$12 = \mathbf{\$7.597}$$

Por otra parte, calcularemos el costo real:

$$MP_R = (625 \text{ Kg} \times \$20/\text{Kg}) + (2.930.000 \text{ mm} \times \$3/\text{mm}) = \$12.500 + \$8.790.000 = \mathbf{\$8.802.500}$$

$$MO_R = Cu \text{ MO} \times \text{Costo MO} = 4.950 \text{ hh} \times \$25/\text{hh} = \mathbf{\$123.750}$$

$$GF_R = \$12.800 = \mathbf{\$12.800}$$

Donde: **GFT** Gasto de Fabricación Total; **UF** Unidades Fabricadas

$$C_R = \$8.802.500 + \$123.750 + \$12.800 = \mathbf{\$8.939.050}$$

Nota: el subíndice R hace referencia a la cuantía realmente utilizada.

$$PG = \frac{C_E \times CF}{C_R} = \frac{\$7.597 \times 1.000}{\$8.939.050} = 0,8499 \quad \mathbf{PG = 84,99\%}$$

El lector deberá realizar el cálculo de las otras posibles productividades, analizarlas y emitir una opinión que indique dónde se encuentra la mayor causa del problema que hace disminuir la productividad del sistema.

ANEXO

EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD

En este anexo veremos la importancia de disponer de un sistema de control que permita mantener indicadores (principalmente de productividad) dentro de valores que no pongan en riesgo el cumplimiento de los objetivos organizacionales. Se plasmarán las características principales de un sistema de control y se particularizarán para cada uno de los modelos fabriles.

En el capítulo hemos establecido los conceptos básicos de la productividad. En el presente anexo analizaremos el funcionamiento de los modelos productivos desde el punto de vista de la concordancia entre los objetivos y la realidad de su desempeño. El funcionamiento real de los sistemas laborales no puede, en ningún caso, prescindir del surgimiento de hechos que generen causas de ineficiencia, y esto es así pues el sistema laboral no deja de ser un sistema cuya confiabilidad está limitada por diversas circunstancias. Analicemos entonces qué sucede en tres de los principales factores que son parte del sistema laboral: el recurso humano, el recurso tecnológico y el recurso materias primas (ver figura 8.3 en el capítulo 8).

En el caso del recurso humano es obvio que su participación en el sistema laboral está destinado a la realización de las tareas que requiera el proceso productivo;¹ en consecuencia, cuando no desarrolle su tarea por ausencia, sea esta justificada o no, o su desempeño sea inferior al denominado ritmo normal,² esto será causa de la generación de ineficiencias en el funcionamiento del sistema laboral.

Si nos referimos al recurso tecnológico, esto es, máquinas, equipos, herramientas, sabemos que su uso produce un desgaste y que, de no mediar una adecuada atención, esto puede conducir al colapso de la unidad, lo que limitará o impedirá su utilización. Asimismo, el desgaste de la unidad sin llegar al colapso puede producir una disminución de su capacidad de trabajo o de la calidad de su tarea, junto con la variación de los tiempos establecidos para su realización.

¹ Cuando mencionamos *proceso productivo* lo hacemos desde el punto de vista más general posible, con independencia del tipo de tarea que realice.

² En el capítulo de tiempos precisaremos el concepto de *ritmo normal*.

Las materias primas que utiliza el sistema laboral son el resultado de procesos industriales cuya característica central es la variabilidad dimensional de lo producido. Por cierto, el control de calidad a través de la inspección dimensional, física o química permite la obtención de datos que a través de su análisis facilitan adoptar decisiones que mantengan la dispersión de la dimensión de las variables medidas dentro de un rango definido como aceptable. Pero también es cierto que dichas inspecciones normalmente se realizan en forma aleatoria y con un cierto margen de error.

Ya sea por la incidencia de alguno de estos tres factores en particular o de varios de ellos en forma simultánea, el sistema laboral podrá realizar su tarea en forma deficiente y, por ende, a un costo mayor del que debería ser.³ Es muy importante que se comprenda que todo costo adicional al estándar afecta (disminuye) la utilidad que la empresa busca como objetivo fundacional, un hecho que además se agrava por la posibilidad de que el funcionamiento deficiente del sistema laboral afecte la posibilidad de que la producción realizada no alcance su objetivo de cantidad/tiempo, lo que puede incidir en el cumplimiento de los objetivos comerciales de la empresa.⁴

Las deficiencias apuntadas, como todas las que normalmente suceden, son centralmente aleatorias y, por ende, imprevistas. Esa imprevisibilidad de ocurrencia de una ineficiencia exige una tarea de prevención para evitar el colapso de la continuidad productiva o de mayores costos de operación. La prevención, por su parte, exige una actividad de control sobre la operación del sistema, un control que tiene esencialmente un costo y que, por otro lado, no genera valor, lo que provoca una situación clara de solución de compromiso.

A8.1. LA TAREA DE CONTROL

El control es una tarea inexcusable de la dirección, pues no solo basta con establecer objetivos sino que también se debe prestar atención a que las actividades con las que se procura que dichos objetivos sean alcanzados logren su propósito. En resumen, podemos decir que el *control* es el conjunto de tareas destinadas a asegurar la correspondencia entre las actividades realizadas y a realizar y los objetivos a alcanzar. En el caso de la gestión de producción, el objetivo está definido y contenido en la orden de fabricación,⁵ pues allí se detalla el producto a elaborar, la cantidad a producir y la fecha en que debe finalizar la producción.

³ Superior al estándar.

⁴ Este no cumplimiento de Q/T (cantidad en tiempo) es en definitiva lo que permite cumplir con el cliente, es decir que estas deficiencias generan clientes no conformes.

⁵ El sistema laboral siempre actúa bajo órdenes, no produce nada de por sí. En cada modelo laboral la orden de fabricación adquiere las características más adecuadas para ese modelo.

La tarea de programación se da por finalizada cuando se emite⁶ una orden, y si bien la programación ha establecido el objetivo a cumplir en los datos de la orden –en forma coherente con las necesidades futuras del producto, en cuanto a elaboración y verificado de la disponibilidad de los insumos requeridos para ello–, nada asegura que el sistema laboral alcance el objetivo en tiempo y forma.

El proceso de fabricación demanda un lapso de tiempo que será tanto mayor cuanto mayor sea la complejidad del producto o del proceso a realizar, o bien la complejidad de funcionamiento del propio sistema laboral. Asimismo, y en función de dicha complejidad, la probabilidad de alcanzar el objetivo establecido por la orden generalmente disminuye y, en la medida en que el lapso de tiempo que demanda el proceso sea mayor, la posibilidad de ocurrencia de factores causales de demoras o problemas aumenta. En consecuencia, la observación del desarrollo del proceso de fabricación desde el punto de vista del cumplimiento de los objetivos de cantidad y fecha⁷ se hace prioritaria en la medida en que la empresa asuma como política de empresa el cumplimiento de la fecha de entrega del producto. A esta tarea de observación la denominamos *control cuantitativo de la producción*.

Hemos establecido el objetivo de la tarea del control cuantitativo, nos resta establecer el sistema por el cual esa tarea se lleva a cabo, aunque en rigor deberíamos hablar de los principios que permiten el desarrollo de un sistema de control, toda vez que debemos ser coherentes con nuestra idea de que hay diferentes modelos logísticos, cada uno de los cuales, dentro de sus principios generales, abarca diferentes alternativas de empresas; en consecuencia, es lógico pensar que, si bien podemos definir lineamientos generales, su aplicación será relativa a cada modelo logístico en general y a cada empresa en particular.

Siendo el proceso de control parte del proceso administrativo de la empresa, nos apropiamos, como punto de partida de nuestra intención de definir los lineamientos generales de un sistema de control, de las ideas de algunos autores relativamente actuales, como Stephen Robins y James Stoner. Ambos afirman que la tarea de los administradores o gerentes debe ser realizada, simultáneamente, con eficacia y eficiencia. Como ya sabemos, la eficacia significa conseguir que las actividades se realicen (es decir, alcancen sus objetivos) en tiempo y forma, mientras que la eficiencia se refiere al costo.

⁶ La emisión de una orden consiste en la entrega formal de esta al sistema laboral, que supone su puesta en elaboración. Esa entrega se realiza de acuerdo con las características de cada modelo productivo y de cada empresa en particular.

⁷ Al establecer como objetivos del control cuantitativo de la producción alcanzar las condiciones de fecha y cantidad, eso no implica desconocer el objetivo de calidad, ya que desde el punto de vista de la función de control cuantitativo solo se consideran las piezas o productos con calidad aprobada. Tampoco implica desconocer el objetivo de alcanzar un determinado costo de producción, puesto que ello es objetivo de la empresa en su conjunto.

Stoner (1996) establece que desde finales del siglo XIX se acostumbra definir a la administración en términos de cuatro funciones específicas de los gerentes (administradores): la planificación, la organización, la dirección y el control. Con ligeras variantes, Robbins (1996) también sostiene que son esas cuatro las funciones de la administración. Sin ánimo de establecer una polémica o una diferenciación carente de sentido, pero sí aunando términos que utilizaremos en nuestra actividad profesional, o por lo menos en el presente curso, vemos conveniente definir que el proceso de administrar comprende, para nosotros, las actividades de *planear, planificar, programar, dirigir y controlar*. Estamos utilizando expresiones usuales en programación y control de la producción y otras asignaturas, en las que se entiende que:

- **Planear.** Es la actividad de establecer en forma muy general objetivos en el largo plazo. Expresado de otra forma, entendemos como planeamiento la acción o el conjunto de acciones que posibilitan fijar en el presente objetivos en forma macroscópica que tendrán repercusión futura sin detallar metas intermedias ni explicitar todas las variables en juego. Son, en definitiva, los aspectos estratégicos del mediano y el largo plazo.
- **Planificar.** Es la acción o conjunto de acciones que permiten la determinación sistemática previa de los fines productivos (productos y servicios) y de los medios (métodos, procedimientos, recursos humanos y materiales) necesarios para la consecución de esos fines del modo más eficiente y rentable. Es la visión de mediano plazo.
- **Programar.** Es la acción o el conjunto de acciones que permiten asignar a cada actividad las cantidades que deben producirse, en qué momento y cuáles son los recursos que se requieren para su producción. En resumen, es la visión del corto plazo.
- **Dirigir.** Para este concepto asumimos el mismo significado que tiene para Stoner, quien sostiene que dirigir implica mandar, influir y motivar a los empleados para que realicen las tareas asignadas.
- **Controlar.** Consiste en comparar el desarrollo de las actividades llevadas adelante con respecto a las programadas en función de los objetivos establecidos, tanto estratégicos como operativos.

Es precisamente a partir del control que surge el problema, o sea, la diferencia entre la realidad y lo deseado (lo deseado es la realidad que presupone el objetivo a alcanzar). Siguiendo los lineamientos de Schoderbek (1984), los elementos básicos de un sistema de control, los cuales constituyen sistemas en sí mismos, son:

- Un objeto de control o la variable a controlar.
- Un detector o sistema de exploración.

- Un comparador.
- Un activador o sistema de adopción de acciones.

Por su parte, Stoner sostiene que la función de control de los administradores entraña los siguientes elementos básicos:

- Establecer estándares de desempeño.
- Medir los resultados presentes.
- Comparar los resultados con las normas establecidas.
- Tomar medidas correctivas cuando se detecten desviaciones.

Observemos la concordancia de conceptos entre Schoderbek y Stoner: cuando el primero habla de un objeto o variable de control, el segundo habla de establecer los estándares de desempeño, que consecuentemente constituirán el objeto de control. El detector o sistema de exploración de Schoderbek es el que permite medir los resultados del presente que demanda Stoner. Del mismo modo, el comparador requerido por ambos es quien compara los resultados reales respecto de los objetivos. Finalmente, el activador de Schoderbek es el que adopta las decisiones pedidas por Stoner.

No debe considerarse extraño comenzar un desarrollo pormenorizado de las actividades del administrador para la tarea de control enunciada en el último lugar de la secuencia metodológica de tareas de la administración, dado que en el desarrollo de esa tarea encontraremos aspectos singulares que deben ser claramente explicitados. Esos aspectos son: un objetivo mensurable, las implicancias de la tarea de medir, un sistema de generación de alternativas y un sistema de decisión.

Un objetivo mensurable

Esto significa que los objetivos que se propone la empresa deben ser cuantificables, pues ello configura un requisito indispensable del proceso de control. Carece de sentido establecer como objetivo ser los mejores del mercado si ello no se traduce en términos cuantificables, puesto que de no ser así sería imposible la comparación o la medición. En ese sentido, es necesario precisar qué cantidad de una determinada unidad permitirá comparar la situación actual de la buscada o esperada.

Implicancias de la tarea de medir

La tarea de medir significa comparar una realidad frente al estándar que esa realidad debería alcanzar. En consecuencia, existe un dato o un conjunto de datos que expresarán esa realidad, aunque en rigor deberíamos decir que existe un dato o un conjunto de datos extraídos en un momento y lugar dados, en los que se desarrollan las actividades bajo control. La fase siguiente es la comparación de esos datos con los estándares establecidos. Pero frente a esta tarea cabe preguntarse:

- ¿Son los datos extraídos de la realidad congruentes con los requeridos por la medición, o requieren un proceso de adaptación o transformación? Por ejemplo: si el objetivo de control es la producción semanal de una línea de armado, el dato de la producción del día martes debe ser integrado al conjunto de datos de la semana productiva.⁸ En este punto debemos distinguir entre *datos e información*.
- Independientemente de lo dicho en el punto anterior, ¿se realiza la comparación entre la realidad captada y la que presupone el objetivo alcanzado con diferencia de tiempo y espacio respecto del lugar y momento de la medición? Normalmente, el comparador y el sistema de adopción de decisiones se hallan distantes del lugar de la medición observada y, consecuentemente, se establece una diferencia de tiempo entre el registro y su análisis.

Las respuestas a los interrogantes planteados precedentemente, así como también las de otros interrogantes que podamos sumar en el mismo sentido –por ejemplo: ¿cómo se obtiene el dato?, ¿quién lo obtiene?–, configuran un concepto que denominaremos *sistema de información*. Este procedimiento nos permite obtener el dato y expresarlo en la forma requerida por el procedimiento de control.

En los párrafos precedentes hemos apuntado a uno de los aspectos esenciales que deben verificarse en un sistema de control: un dato captado de una realidad expresa solo una característica de esa realidad en un instante y lugar definidos, mientras que para efectuar propiamente la tarea de control son necesarias informaciones y no datos. Es decir, estamos planteando una diferencia conceptual entre datos e información.

Veamos un ejemplo a partir de la suposición de que estamos dentro de una habitación cerrada, sin ventanas e iluminada con luz artificial. Asimismo, no sabemos en qué día o mes nos encontramos; en consecuencia, para salir al exterior debemos vestirnos con ropa de abrigo adecuada. Ante esta situación, escuchar que la temperatura ambiente exterior es de 15 grados es un dato de la realidad, pero ese dato ¿nos permite solucionar el problema de cómo vestirnos? Sin lugar a dudas no son lo mismo 15 grados a las 16 horas de un día de agosto que 15 grados a las 3 horas de un día de enero. En el primer caso, la temperatura descenderá rápidamente, mientras que en el segundo lo hará en sentido inverso, es decir, irá aumentando con el transcurso de las horas.

Tanto la hora como el mes son también datos de la realidad, pero ninguno de ellos por separado nos permitiría decidir cómo vestirnos, mientras que el conjunto

⁸ En los sistemas de información, son *datos* los provenientes de la observación puntual del valor de una o varias variables de un proceso determinado, mientras que *información* es un conjunto de datos ordenados para la toma de decisiones.

de la temperatura, la hora y el mes sí nos dará un apreciable conocimiento de la realidad. Los datos de la hora, el mes y la temperatura aislados constituyen datos por sí solos; en consecuencia, podemos decir que una información es un conjunto de datos ordenados para la toma de decisiones.

Ahora bien, cuando dijimos que la temperatura exterior era de 15 grados, tuvimos la percepción de la certeza del dato, pero ¿en qué escala hemos medido la temperatura, en grados Centígrados o Fahrenheit? En la percepción del dato hemos supuesto que la cantidad estaba expresada en la escala en que estamos habituados. En el mismo sentido, el dato del mes, enero o agosto, es útil en la medida en que tenemos el conocimiento de datos históricos del comportamiento de la temperatura en esos meses, pero ello supone el conocimiento del hemisferio en que nos encontramos (recordemos que nuestra realidad es una habitación cerrada, sin ventanas, que no sabemos dónde se ubica); nuevamente, hemos supuesto el hemisferio en el que estamos ubicados. Este ejemplo nos lleva a la conclusión de que es necesaria la definición del dato como paso previo a su transformación en información.

Un sistema de generación y elección de alternativas

La medición de la realidad frente a los estándares que expresan la realidad de un objetivo alcanzado arroja un resultado que presenta dos alternativas: convergencia y divergencia. La convergencia indica que las actividades están encaminadas a alcanzar, en tiempo y forma, el objetivo fijado. Por su parte, la divergencia indica la dificultad de que ello ocurra. Cuanto mayor sea la divergencia, mayor será la dificultad de alcanzar el objetivo.

Frente a esta situación deben indicarse medidas correctivas, lo que da lugar a un proceso de desarrollo de soluciones o caminos alternativos en procura de corregir la situación, es decir que estamos frente al típico ejemplo de una actividad de diseño.⁹ Este proceso de diseño de alternativas puede ser una tarea del responsable del control, o bien de una persona cuya función sea precisamente generar soluciones independientemente de la responsabilidad de su ejecución. Son las denominadas funciones *staff*, en términos de clasificación de las actividades desarrolladas en la empresa, o de un equipo especialmente integrado para ello, o de otro tipo de procedimiento como el sistema de sugerencias del personal.

Dado que un problema puede ser analizado desde diversos puntos de vista, es evidente que podrán desarrollarse diversas soluciones alternativas, cada una de las cuales presentará ventajas y desventajas, como la forma más elemental de adopción

⁹ Una actividad de diseño implica realizar la tarea de *creación*, una tarea intelectual que configura el acto de imaginar la forma de alcanzar la solución buscada, y la *concreción*, que consiste en transformar, mediante las tecnologías disponibles, la idea intelectual en una herramienta concreta. Esa herramienta, en este caso, adopta la forma de procedimiento.

de una mejor alternativa.¹⁰ Ahora bien, ¿qué entendemos por diferentes puntos de vista? Desde nuestro criterio, el punto de vista es la posición desde la cual se analiza el problema. Veamos un ejemplo: si una orden de fabricación se encuentra atrasada, ¿qué debemos hacer? Las soluciones que podemos concebir pueden ser, entre otras:

- a. Trabajar horas extras.
- b. Dar prioridad absoluta a la orden atrasada.
- c. No hacer nada y continuar la actividad.
- d. Negociar con el cliente una nueva fecha de entrega.
- e. Imaginar alguna combinación de las alternativas mencionadas.

Las opciones (a) y (b) se configuran a partir del punto de vista de respetar la fecha de entrega prometida al cliente, pero significa afrontar un costo adicional. La opción (c) es el resultado de considerar que el atraso ha sido inevitable y que debe ser asumido como tal; no toma en cuenta al cliente. La opción (d) presupone un punto de vista negociador con el cliente atento a los sobrecostos que las decisiones que se adopten puedan generar. En este camino, podíamos imaginar otros puntos de vista y, consecuentemente, desarrollar otras soluciones alternativas.

Del párrafo anterior surge que se han elaborado diferentes caminos alternativos que procuran la corrección de la diferencia que hemos medido entre la realidad y lo deseado, y entre esas alternativas habrá una que será la mejor; ante ello surge de inmediato el interrogante: ¿cómo reconocer la mejor alternativa? La mejor solución surgirá de un proceso de evaluación que forma parte de un procedimiento más amplio que denominamos *proceso de adopción de decisiones*¹¹ o simplemente *decisiones*, un procedimiento por el cual los administradores adoptan decisiones, es decir, el modo en que se elige una alternativa, dado que, en definitiva, una decisión es intrínsecamente la elección de una alternativa entre varias posibles. Y esto es válido aunque solo se haya elaborado una alternativa, pues la decisión (o sea, la elección) será aceptarla o desecharla.

Los tipos o modos de control

Como tipo o modo de control definimos cuál es el centro de atención desde el cual desarrollamos el sistema de control. Debemos diferenciar *centro de atención* del concepto de *punto de vista*, puesto que con centro de atención nos estamos refiriendo al concepto a partir del cual desarrollamos el sistema de control, esencialmente en la captación de datos y su transformación en información, mientras que con punto de

¹⁰ Más adelante, el estudio de métodos nos revelará otras herramientas que permitirán la elección de la mejor alternativa.

¹¹ La adopción de decisiones es una de las tareas centrales en la actividad de un administrador de empresas, y su capacidad de decisión establecerá la diferencia central en la evaluación de su desempeño.

vista nos referimos al factor componente del problema bajo análisis que consideramos prioritario para definir la elección de una solución, es decir, cuál es la variable a controlar. En otras palabras, el centro de atención hace referencia al cómo lo haremos, mientras que el punto de vista hace referencia a qué variables utilizaremos.

Robbins presenta tres clases o modos de control: el control de fomento al avance o control proactivo, el control concurrente o control de proceso, y el control por retroalimentación o de análisis de resultados.

El control de fomento al avance o control proactivo es definido por Robbins como el más deseable de los modos de control, dado que previene los problemas por anticipado. Esta forma de control conceptualmente se dirige hacia el futuro. La clave para el control de fomento al avance es tomar la acción administrativa de corrección antes de que se presente el problema. Desde nuestro punto de vista, este tipo de control se presenta generalmente como una tarea de funciones, como la de mantenimiento, cuando se encara el denominado mantenimiento preventivo y otros, cuyo objeto es precisamente evitar la existencia de los problemas que puede generar una rotura imprevista, o en tareas de programación y control de producción, por ejemplo, cuando se realiza un seguimiento del ingreso de materiales para fines productivos, pues con ello se trata de conseguir que al momento programado de inicio de una orden de fabricación se disponga de los materiales por ella requeridos.

El control concurrente o control de proceso es señalado por Robbins como el control que se lleva a cabo mientras una actividad está en proceso. El objeto de esta modalidad es evitar que durante el desarrollo del proceso de fabricación se produzcan desvíos que generen costos superfluos por acciones deficitarias o demoras que afecten la condición fecha-cantidad que la orden de fabricación en desarrollo requiere. Dado que el proceso se desarrolla a una determinada velocidad, se pone de manifiesto la posibilidad cierta de que se produzca un desfase temporal entre la captación del dato, su análisis y la acción correctora que eventualmente el proceso requiera. En consecuencia, una característica central de los sistemas de control de proceso es su velocidad de reacción, pues en la medida en que el tiempo de reacción aumenta, disminuye la posibilidad de correcciones eficientes y eficaces.

El control de retroalimentación o de análisis de resultados actúa entre dos variables, dado que tiende a mantener una relación prescrita entre dos variables de un sistema comparando funciones de estas variables y utilizando la diferencia entre ellas como medio de control (Schoderbek, 1984);¹² por ejemplo: la acción del termostato en un circuito de calefacción. A este tipo de soluciones, en una visión sistémica, se las conoce bajo el nombre de sistemas de lazo cerrado.

¹² En el texto de Schoderbek, como en cualquier otro texto de cibernética, pueden ampliarse los conceptos relativos al control por retroacción. Desde nuestro punto de vista –el relativo al control cuantitativo de la producción– no analizamos las diferencias entre sistemas abiertos y cerrados que pueden considerarse desde un punto de vista rigurosamente basado en la cibernética.

Las denominaciones de control proactivo o preproceso, control de proceso y control de resultados indican, desde el punto de vista fabril, el campo de aplicación de cada uno de los modos de control. Cuando previo a la emisión de una orden de fabricación se está verificando la disponibilidad de las materias primas en proceso, estamos haciendo control proactivo. Cuando se verifica el avance en el proceso de fabricación de una orden, estamos realizando control de proceso, mientras que el control de retroacción o análisis de resultados lo desarrollamos cuando verificamos las condiciones de cumplimiento final de una orden de trabajo.

Ahora bien, ¿cuál es el sistema de control más aconsejado para mi proceso? La respuesta es obvia y siempre la misma: depende. No es lo mismo reponer materia prima que sea de existencia cierta y abundante en forma local que medianamente cierta en forma local, o aleatoria en forma local, o cierta en forma importada, o aleatoria en forma importada. Si del control de materias primas se trata el problema, cada proceso tendrá su sistema de control más conveniente; cada problema, en definitiva, tendrá su sistema de control más conveniente. En muchos procesos, los sistemas de control por lazo cerrado con dispositivos microcontrolados con sensores son muy válidos y aconsejados por lo eficiente (buenos resultados a bajo costo), pero si descartar una pieza del proceso con un sistema como este genera un costo elevado de *scrap*, es evidente que debemos ir a un control proactivo. Por consiguiente, será una tarea del profesional de la organización industrial la búsqueda del sistema de control más eficiente para cada proceso.

A8.2. CUALIDADES DE UN SISTEMA DE CONTROL EFICIENTE

Los sistemas de control eficiente, según Robbins, que en el tema cita a Newman (1975), tienden a tener ciertas cualidades en común. A modo general podemos citar:

- **Precisión.** Si un sistema de control no está basado en datos ciertos carece de sentido práctico.
- **Oportunidad.** La información del control, además de cierta, debe ser oportuna, esto es, compatible con la posibilidad temporal de ser usada en la tarea de corrección.
- **Economía.** Un sistema de control debe justificar sus costos por los beneficios que produce. Un costo evitado por acción del control debe ser computado como un beneficio derivado del sistema de control.
- **Flexibilidad.** Dado que en general los ambientes de las empresas no son demasiado estables, un sistema de control debe poder adaptarse a las variaciones.
- **Comprensión.** Los datos y las informaciones del control que no son entendidos o no son prácticos a los fines de la corrección carecen de sentido práctico.

- **Criterio razonable.** Los criterios de control deben ser razonables y alcanzables, pues de no ser así se carece de la motivación requerida para resolver los problemas.
- **Ubicación estratégica.** La administración no puede ni debe (en primer lugar por la relación costo-beneficio) pretender el control absoluto de todo lo que sucede en la operación de la empresa.
- **Énfasis en la excepción.** Dado que hemos establecido que la administración no puede ni debe controlar todas las operaciones de la empresa, los sistemas que utilicen el principio de excepción como norma de procedimiento pueden ser concurrentes con las cualidades que hemos estado explicitando. El principio de excepción establece que lo que se cumple según las pautas establecidas no es un dato, por lo que no debe traducirse en información de control. Solo debe informarse aquello que no se cumple según las pautas o programas establecidos.
- **Criterio múltiple.** Un sistema de control debe tratar de observar las actividades bajo control desde diferentes puntos de vista para evitar la parcialización en la que se incurriría con un control desde un único punto de vista. Si tenemos bajo control el tiempo de inactividad de las máquinas solamente por causa de una rotura, el dato resultante solo servirá para indicar algún tipo de responsabilidad de mantenimiento, pero no sabremos la incidencia de ese valor sobre el total de las horas de la máquina parada.

A8.3. EL ÁMBITO DE CONTROL

En los temas precedentes hemos tratado de explicitar los aspectos fundamentales de un sistema de control y sus implicancias en la vida¹³ de las empresas. Si bien los temas desarrollados tratan de alcanzar el objetivo de ser explícitos, en los requerimientos para lograr un sistema eficiente de control se entiende que es necesario puntualizar un tema que, si bien está implícito en los temas desarrollados, no ha sido destacado en su importancia. Nos referimos al *ámbito de control*.

Como ámbito de control vamos a definir la distancia¹⁴ que media entre dos puntos sucesivos de control (o puntos de captación de datos de control) en un proceso o área de actividad. En general se tiende a que un ámbito de control corresponda a un ámbito de responsabilidad, de modo de poder asignar la responsabilidad emergente

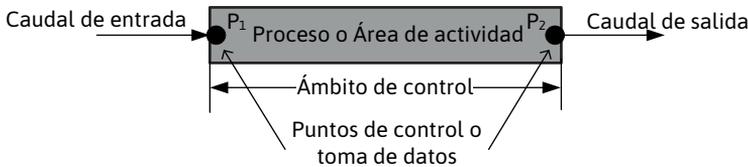
¹³ El concepto de *vida de la empresa* se puede asemejar al ciclo de vida de los productos, y se denomina ciclo de vida de las empresas. Sobre el tema existe abundante bibliografía, entre la que podemos citar a Noemí Brenta, *Ciclo de vida de las empresas dinámicas en Argentina* (http://www.feg.org.ar/Descargas/CicloVidaEmpDinamFinal%20Informe%20_Brenta_.pdf).

¹⁴ Esa *distancia* no debe considerarse exclusivamente en forma geográfica o topográfica, sino que, en forma más amplia, es la diferencia espacio-temporal que media en la captación de dos datos sucesivos.

de los datos del control a un claro nivel de supervisión. Algunos autores, Robbins entre ellos, designan a este concepto como *tramo de control*.

Si apelamos a la idea de la caja negra, el ámbito de control define el tamaño de esa caja, ya que como vemos en la figura A8.1 los puntos de control se configuran en la entrada P_1 y en la salida P_2 del ámbito definido, con lo cual se obtendrán datos solamente en esos puntos, y por lo tanto todo lo intermedio que ocurra escapa al sistema de control. En la figura A8.2 vemos qué sucede cuando se disminuye el ámbito de control al introducir un nuevo punto de control P_i .

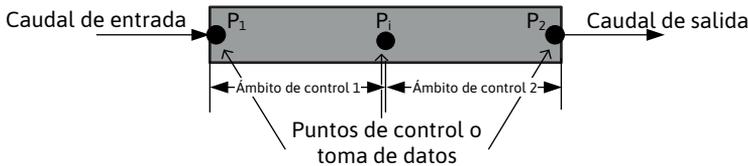
Figura A8.1. Gráfico conceptual del ámbito de control



Nota: El ámbito de control es la diferencia espacio-temporal que media entre dos puntos sucesivos de captación de datos.

Fuente: elaboración propia.

Figura A8.2. Gráfico conceptual del ámbito de control



Nota: La introducción de un nuevo punto de control reduce el ámbito de control sobre el proceso; en consecuencia, pueden obtenerse mejores condiciones de solución en caso de que se detecten desvíos en relación con lo programado. Como contrapartida, se produce un aumento del costo de control.

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, reducir el ámbito de control implica introducir un nuevo punto de control (o punto de captación de datos de control), con lo cual se habrá incrementado el conocimiento del proceso o del conjunto de actividades bajo control, lo que permitirá una reacción de la administración ante el desarrollo del proceso o de las actividades, pero simultáneamente se habrá incrementado el costo económico del control por el consecuente aumento en el tiempo de los recursos humanos necesarios para interpretar la información resultante de dichos puntos de control, así como de los tiempos de uso de los sistemas de captación de datos y su transformación en informaciones.

Si bien el costo del proceso de control tanto en lo económico como en el tiempo que insume su utilización son factores preponderantes en la determinación del ámbito de control, hay otro factor de significación en su determinación, y ello está constituido por el objetivo del control, es decir, la respuesta al interrogante de para qué controlamos. De hecho, no debe confundirse el objeto de control con el objetivo del sistema de control. El objeto de control es la variable o conjunto de variables sometidas a seguimiento, mientras que el objetivo de control es la característica o conjunto de características del sistema bajo control que se desea alcanzar con precisión.

Este párrafo merece un ejemplo aclaratorio: si estamos ante el desarrollo de un proyecto cuyo objetivo es su finalización para una cierta fecha, esa fecha constituye una característica muy importante del proyecto que deseamos alcanzar con precisión; en consecuencia, se convierte en un objetivo del sistema de control. Para que ello sea posible deseamos controlar un cierto número de tareas que se consideran críticas para el logro de los objetivos del sistema. De esas tareas controlaremos su desarrollo en función del tiempo y la disponibilidad de los insumos requeridos en tiempo y forma. Estas variables constituyen el objeto de control. En definitiva, el ámbito de control se define por la ponderación de tres aspectos esenciales del proyecto o sistema a controlar: la envergadura económica, la complejidad técnica y los requerimientos comerciales o externos a cumplir.

La *envergadura económica* se refiere al monto total de costo del proceso, tarea o proyecto a controlar, expresado en unidades monetarias, ya que de acuerdo con la ecuación costo-beneficio, esta no podrá superar un cierto valor. Si, por ejemplo, el desarrollo de un sistema de control demanda un costo de 25.000 pesos, su incidencia en un sistema cuyo costo total sea de 1.000.000 de pesos es del 2,5% de dicho valor total, mientras que si un sistema de control que cuesta 4.000 pesos se realiza sobre un proyecto o sistema cuyo valor es de 20.000 pesos, la incidencia será ahora del 20% del valor total, una incidencia que, *a priori*, solo puede ser justificada por alguna causa distinta de la económica.

Así, entonces, la ecuación costo-beneficio debe ser evaluada en la consideración de los *costos de no cumplimiento* de las condiciones que el cliente requiere, dado que no debe perderse de vista que en general la satisfacción del cliente es prioritaria para la empresa.¹⁵ En este caso, los costos no incurridos se consideran el beneficio que se alcanzará si el sistema de control permite alcanzar el cumplimiento de las condiciones requeridas por el cliente.

El costo de no cumplimiento está compuesto por dos factores: los costos explícitos y los costos implícitos. Son costos explícitos aquellos que específicamente están

¹⁵ Recordar que si bien el objetivo fundacional de nuestra organización es la obtención de utilidades, estas serán obtenidas por el pago que nuestros clientes hacen por los productos que fabricamos, y si los productos no satisfacen a nuestros clientes no obtendremos las utilidades buscadas.

previstos, como las multas o compensaciones que la empresa debe reconocerles a sus clientes por el incumplimiento de alguna de las condiciones establecidas como parte de la compra. Por su parte, los costos implícitos están compuestos por dos factores: los costos erogables y los costos no erogables. Los primeros son aquellos que expresamente generan un aumento del costo, como las horas de retrabajo motivadas por una mala calidad del proceso, las horas de espera de los materiales, etcétera. En tanto, los costos implícitos no erogables son aquellos que, si bien no generan un aumento del costo, suponen la posibilidad de una pérdida económica posterior, como puede ocurrir por la pérdida de confiabilidad ante el cliente por el incumplimiento de alguno de sus requerimientos.

Debe entenderse que el costo por el incumplimiento de las características solicitadas por el cliente puede llegar a tomar magnitudes que pongan en riesgo seriamente a la empresa. En términos generales, es dificultosa la expresión monetaria de esas pérdidas, pero de algún modo deben ser cuantificadas para poder expresar correctamente la ecuación costo-beneficio.

La *complejidad o envergadura técnica* se refiere a las dificultades intrínsecas que presente la operación del sistema o la realización del proyecto, ya sea por las características de las actividades que conforma el proceso, la tecnología a utilizar, la distancia o características de los proveedores, el grado de experiencias previas, los requerimientos de calidad, etcétera. Es evidente que a mayor complejidad la tendencia es a un mayor control, por lo cual el ámbito de control debe tender a reducirse (se debe tener presente que el grado de control y el ámbito de control son de relación inversa), ya que se incrementarán los costos, los recursos y los sistemas de control en el proceso.

Los *requerimientos comerciales o técnicos a cumplir* se refieren a las características que el sistema o proyecto bajo control debe cumplir desde el punto de vista comercial o de sus propias características de funcionamiento. Por ejemplo: un proyecto a entregar llave en mano en una fecha determinada puede considerar un conjunto de penalidades por incumplimiento de esa fecha. Otro tipo de requerimiento, en este caso técnico, está dado por un sistema cuyo funcionamiento requiera que su probabilidad de falla sea cero (si bien esto es técnicamente imposible, o al menos sumamente dificultoso de lograr, podemos considerar un estrechísimo margen de falla posible, como puede suceder con el aislamiento eléctrico de aparatos domésticos, el funcionamiento de un cohete tipo Saturno, etcétera).

Tanto los seguidores de la teoría clásica de administración como los estructuralistas (escuela de la burocracia) preferían ámbitos de control pequeños, en especial a medida que se ascendía por la estructura de la empresa, en virtud de considerar que en cada nivel superior los problemas eran menos estructurados, y cuya solución exigía más dedicación, lo cual en cierta medida era cierto. En la actualidad existe una cierta tendencia a disminuir el número de niveles intermedios en la estructura jerárquica de la empresa, pues se considera que las estructuras

resultantes de la aplicación de las ideas de los clásicos producen una empresa sumamente estructurada con numerosos niveles intermedios de autoridad, lo que se traduce en lentitud en la toma de decisiones, y eso conspira contra la agilidad de la empresa para responder a los cambios de mercado.

Las empresas más chatas, haciendo referencia a la reducción de los niveles intermedios, no solo surgen como cambio de concepto en lo referente a la dimensión del ámbito o trecho de control, sino que ese camino está fuertemente influenciado por la aparición de los sistemas de información procesados por computadora, que han producido profundas modificaciones en el contenido del trabajo de las actividades y, por consiguiente, en la concepción del trabajo.

Por otra parte, y desde la aparición de los sistemas de calidad acuñados por Edward Deming, Joseph Juran e Ishikawa, con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial, se asegura que el estado ideal de la calidad aparecerá cuando no exista control, refiriéndose a un control de supervisión y asegurando que los sistemas de control deberán ser operados y contar con tomas de decisión por el mismo personal de operación, lo que no indica la desaparición de los sistemas de control.

Desde nuestra posición, la definición del ámbito de control debe considerar el ámbito de responsabilidad de quien adopta las medidas de corrección que eventualmente puedan surgir como resultado del control, e indudablemente el ámbito de responsabilidad debe ser coherente con el ámbito de autoridad, puesto que no puede hablarse de responsabilidad sin autoridad y tampoco puede pensarse en autoridad sin responsabilidad.

Las consideraciones generales que hemos realizado sobre los diferentes aspectos relativos al control parecerían contradecir nuestro enunciado del principio de universalidad de tareas, puesto que como todas las empresas compran, transforman, venden, administran, esto nos puede llevar a pensar que si el objeto de las tareas es idéntico, también serán idénticos los desarrollos de cada una, y ello no es así ya que cada empresa es un organismo vivo, y al igual que ocurre con las personas, que genéricamente son iguales pero cada individuo es distinto, cada empresa es distinta, y por ello la importancia del ingeniero industrial, para saber reconocer las igualdades genéricas y apreciar las diferencias individuales en cada empresa en particular.

A8.4. DEL DATO A LA INFORMACIÓN

Si bien ha estado implícito en todo el desarrollo precedente, debemos indicar que existe una diferencia de tiempo y espacio entre el momento y el lugar en que se capta un dato de control, y el lugar y el momento en que ese dato se transforma en información, a partir de la cual comienza el proceso de análisis y las subsiguientes actividades que permitirán, en caso de ser necesario, adoptar las soluciones correctivas desarrolladas. Esa diferencia de tiempo y espacio requiere un sistema de transmisión de los datos

captados, lo que presenta una amplia gama de alternativas, desde la tradicional base de papel hasta los más sofisticados sistemas derivados de las tecnologías de información que incorporan día a día novedosos sistemas de comunicaciones y de captación.

No es un dato menor el sistema de transmisión de datos, pues de ello dependerá en buena medida la diferencia de tiempo entre la captación del dato y su análisis. Asimismo, debe recordarse el *comparador* de Schoderbek,¹⁶ dado que en algunas situaciones podrá ser de resolución automática el tipo de acción del termostato de un sistema de calefacción hasta una tarea absolutamente humana (sin comparador) en la que no existe termostato. En definitiva, la definición de un sistema de control exige pensar en las características del proceso que permiten pasar del dato a la información, salvando las distancias de tiempo y espacio que existen entre la captación del dato y su utilización.

A8.5. EL CONTROL EN EL SISTEMA LABORAL

En los párrafos precedentes hemos establecido las bases teóricas de un sistema de control, vamos ahora a analizar su aplicación sobre un sistema laboral genérico. Como hemos comentado, un sistema laboral tiene por objeto la fabricación de un producto; para ello utiliza una sumatoria de diversos insumos. En consecuencia, es lícito pensar que:

$$\text{Producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Insumos } i \quad (1)$$

Desde el punto de vista de una empresa, se considera que un insumo es todo aquello que genere directa o indirectamente una erogación de dinero antes, durante o después del proceso de transformación que genera el producto.¹⁷ En consecuencia, podemos decir que el costo de un producto¹⁸ es el resultado de la suma del costo de la *totalidad de los insumos utilizados*.

$$\text{Costo del producto} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{del costo de los insumos } i \quad (2)$$

Mientras, el costo del insumo utilizado en cada unidad de producto será igual a:

$$\text{Costo del insumo} = \text{Cantidad utilizada de insumo} * \text{Precio unitario del insumo} \quad (3)$$

¹⁶ Recordar los sistemas de lazo cerrado.

¹⁷ Si queremos mayor amplitud conceptual, siempre desde el punto de vista de la empresa, más que decir “o después del proceso de transformación”, deberíamos decir “o después de la permanencia de los insumos en la cadena de valor”.

¹⁸ La expresión que damos en (2) es de carácter general y puede referirse tanto a una unidad como a un lote de n unidades de producto.

Siendo la variación de la productividad inversa a la variación del costo del producto, se hace evidente que para conseguir la disminución de costos, o por lo menos el mantenimiento de los costos reales resultantes de un proceso al nivel de los costos previstos, *se hace necesario el control de las cantidades de insumos utilizados en ese proceso*. En consecuencia, queda planteado que los insumos utilizados por el sistema laboral conforman el objeto o la variable de control que Schoderbek plantea en su concepción teórica.

Ahora bien, ¿cuáles son los insumos que debemos controlar?, ¿todos o algunos? Si son algunos, ¿cuáles de ellos? El interrogante planteado no tiene respuesta universal, dado que en cada caso particular las respuestas concretas que demos a los interrogantes previos –¿para qué controlar?, ¿qué costo de control aceptaremos?– constituirán los limitantes de cada caso particular.

En términos generales, podemos observar que las materias primas, las horas hombre y las horas máquina conforman los principales insumos utilizados por un sistema laboral genérico, a los cuales consideraremos como variables u objetos de control. En la figura A8.3 podemos ver gráficamente lo mencionado. En las ideas tanto de Schoderbek como de Stoner se requiere la existencia de un patrón o estándar de desempeño que nos permita comparar la realidad del desempeño del sistema respecto de la base establecida por esos estándares. La existencia orgánica o no de esos estándares define la posibilidad de acceder a un procedimiento de control del sistema laboral.

Habitualmente, los estándares de materia prima, mano de obra¹⁹ y máquina requeridos por la fabricación de un producto son definidos por ingeniería de proceso y registrados en su hoja de ruta (u hoja de proceso).

Figura A8.3. Principales insumos que se constituyen en variables de control



Fuente: elaboración propia

Nos resta definir el ámbito temporal como el espacio de control, y para ello lo aconsejable es su análisis en cada uno de los diferentes modelos productivos que hemos definido.²⁰

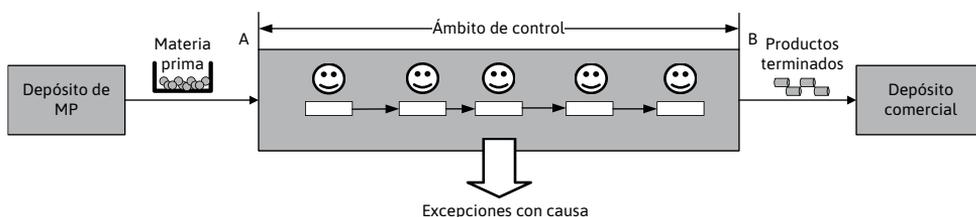
¹⁹ Ver el capítulo 11: “Estudio de tiempos”, en el que desarrollamos el concepto de tiempo estándar o tiempo asignado a una operación.

²⁰ Es habitual que el diseño de un sistema de control de productividad se base o asocie a un sistema de control cuantitativo de la producción, dado que ambos sistemas pueden utilizar la misma información simultáneamente.

A8.6. EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MODELO DE PRODUCCIÓN CONTINUA

En el capítulo 5 hemos analizado las características distintivas del modelo de producción continua, del cual hemos resaltado que, en ese modelo, el sistema laboral sigue en la distribución de sus puestos de trabajo los lineamientos del principio de flujo, es decir que dichos puestos se dispondrán en la sucesión establecida por la hoja de proceso del producto. En la figura A8.4 puede apreciarse el conjunto de los puestos, lo que puede sintetizarse en una caja negra que los involucre a todos.

Figura A8.4. Gráfico conceptual del ámbito de control



Nota: El diseño de un sistema laboral dispuesto según el principio de realización, en lo que a número de puestos de trabajo se refiere, se realiza teniendo en cuenta las características de las tareas a realizar y de la cantidad de unidades de producto por unidad de tiempo que el sistema debe ser capaz de fabricar.

Fuente: elaboración propia.

Como puede desprenderse de la figura A8.4, el ámbito de control está claramente definido por el ingreso de las materias primas al sistema, por lo tanto usaremos el dato de salida de materiales del depósito (MP) y el ingreso al depósito comercial de los productos elaborados (PT), puntos que se identifican respectivamente con A y B en la figura mencionada.

Si contabilizamos la materia prima entregada al sistema²¹ y la producción realizada²² de acuerdo con lo indicado en el capítulo 8 (productividad parcial), podemos calcular la productividad del sistema en la transformación de la materia prima. Para calcular la productividad parcial de la mano de obra tenemos, por un lado, la producción realizada, y por otro lado podemos registrar la totalidad de las horas pagadas a la mano de obra directa afectada al funcionamiento de la línea. De una forma similar podemos registrar la eficiencia de uso del conjunto de las máquinas y/o puestos de trabajo que integran la línea.

²¹ Esto implica la identificación de la salida del depósito de las materias primas que son utilizadas por el sistema laboral.

²² Igualmente, el ingreso de la producción realizada al depósito del producto terminado debe ser perfectamente identificada y estar en condiciones aprobadas de calidad.

En la figura A8.4 también puede advertirse una flecha indicada como *excepciones con causa*: ¿qué entendemos por excepciones con causa? Para responder el interrogante, primero precisamos que la totalidad de los materiales ingresados a la línea son de la calidad requerida, pues así lo han establecido los controles de calidad realizados previamente al ingreso de dichos materiales al depósito, o bien el contrato de aprovisionamiento que regula el procedimiento de entrega del proveedor indica que este es el responsable de entregar solo materiales que respondan a las características requeridas. Sin embargo, generalmente, los controles, ya sean de nuestra empresa o del proveedor, serán del tipo muestral,²³ y por ende no aseguran un 100% de unidades de la calidad requerida. Por consiguiente, si en algún momento del proceso de fabricación se detecta material no adecuado, este se tiene que reemplazar, para lo cual se debe informar una excepción de consumo por calidad.²⁴ No ocurre lo mismo si, por ejemplo, un material está mal ensamblado y el producto resultante es defectuoso, pues ello es responsabilidad de la línea, y la reposición sí debe considerarse como más consumo.

La excepción con causa referida a la mano de obra parte asimismo de la idea de que en toda hora de presencia²⁵ el operario directo debe encontrarse disponible para realizar su tarea, y si ello no ocurre por una causa no imputable a él, ello debe considerarse una excepción, y por consiguiente esas horas deben ser deducidas de las horas de presencia (por ejemplo, las horas no trabajadas por falta de material o rotura de una herramienta que impiden el funcionamiento de la línea). Asimismo, y siguiendo los lineamientos ya expresados, se puede proceder al cálculo de la productividad global de la línea. Este cálculo lo haremos desde dos puntos de vista: el *operativo*, que corresponde al ámbito de la supervisión directa de la producción, es decir que no se toman en cuenta los consumos debidos a excepciones con causa; y el *total*, en el cual sí se considera el total de los consumos.

La idea básica de este doble cálculo es el de poder analizar, por un lado, la capacidad de gestión de la supervisión directa de la producción y, por otro lado, la capacidad de la empresa en la transformación de insumos en productos. Por otra

²³ El control de calidad muestral indica un sistema de calidad estadístico que verifica las características de la materia prima de una determinada cantidad por lote ingresado, un tema que será desarrollado en otra materia de la carrera de Ingeniería Industrial y de la Licenciatura en Organización Industrial.

²⁴ Esta excepción permite identificar la causa última de un problema, y el material entregado para reemplazar el defectuoso no debe ser considerado consumo de la línea, dado que ello no ha sido responsabilidad del sistema laboral bajo control.

²⁵ Se entiende por *hora de presencia* todo el tiempo que el operario se encuentra o debería encontrarse disponible para la realización de su tarea. En algunos sistemas se utiliza un sistema más amplio, y se consideran primero las horas realmente pagadas y luego las horas de presencia. La diferencia entre estos dos conceptos son las horas que la empresa debe pagar pero que no tienen la contrapartida de que el operario se encuentre disponible para trabajar, como ocurre cuando el operario se encuentra enfermo.

parte, queda pendiente definir el *ámbito temporal* del control de la productividad. La definición del lapso de tiempo requiere recordar qué respuestas le hemos dado a los interrogantes del control de eficiencia: para qué y a qué costo, pues en función de esas respuestas el lapso puede ser diario, semanal, mensual, etcétera. Claro está que cuanto más reducido sea el tiempo, más posibilidades tendremos de corregir errores, sin embargo podría generarse alguna distorsión por algún problema puntual que pudiera existir en ese breve lapso analizado.²⁶ Desarrollemos un ejemplo de cálculo a partir de los siguientes datos:

- Período de control: semana 16 (del 16 al 20/4).
- Producción realizada: 1.750 unidades.
- Costo estándar del producto = \$200/unidad.
- Costo estándar de materiales = \$150/unidad.
- Costo estándar de MOD = \$50/unidad.
- Consumo de materiales = \$270.000.
- Horas de presencia: 2.670 horas.
- Costo estándar de la hora de MOD: \$35/hora.
- Excepciones de consumo de materiales.
 - Por calidad: \$3.000.
- Excepciones de uso de MOD.
 - Por falta de materiales: 120 horas.
 - Por rotura de herramienta: 35 horas.

Procedimiento de cálculo

1. Consumo neto de materiales:

$$\begin{aligned}\text{Consumo neto materiales} &= \text{Consumo total} - \text{Consumo debido a excepciones} \\ &= 270.000 - 3.000 = \$267.000\end{aligned}$$

2. Consumos netos de MOD:

Utilización neta de MOD = Horas de presencia – Horas debidas a excepciones

Horas debidas a excepciones: 120 h + 35 h = 155 h

Utilización neta de MOD (en horas) = 2.670 – 155 = 2.515 h

Importe de horas netas de MOD = 2.515 * 35 \$/h = \$88.025

3. Cálculo de la productividad operativa:

- a. De la productividad global

$P_g = \text{Valor producción realizada} / \text{Consumos totales netos}$

$P_g = \text{Cant. producida} * \text{Costo estándar} / \text{Consumo neto de mat.} + \text{MOD}$

$P_g = (1.750 \text{ u} * 200 \text{ \$/u}) / (\$267.000 + \$88.025)$

$P_g = \$350.000 / \355.025

$P_g = 98,6\%$

²⁶ Podrían ser los casos de un problema excepcional de transporte, falta de materia prima por retraso de importación, corte de energía o cualquier tipo de causa que no suceda generalmente.

- b. De la productividad parcial de MOD

$$Pp_{MOD} = \text{Valor producción realizada (en MOD)} / \text{Consumo neto MOD}$$

$$Pp_{MOD} = 1.750 \text{ u} * \$50/\text{u} = \$87.500 / \$88.025$$

$$Pp_{MOD} = 99,4\%$$
- c. De la productividad parcial de materiales

$$Pp_{mat} = \text{Valor producción realizada (en \$ mat.)} / \text{Consumo neto mat.}$$

$$Pp_{mat} = (1.750 \text{ u} * \$150/\text{u}) / \$267.000$$

$$Pp_{mat} = 98,3\%$$
4. Cálculo de la productividad total:
- a. De la productividad global

$$Pg = \text{Valor producción realizada} / \text{Consumos totales}$$

$$Pg = (1.750 \text{ u} * \$200/\text{u}) / (270.000 + 2.670 * 35)$$

$$Pg = 350.000 / 363.450$$

$$Pg = 96,3\%$$

Por diferentes conceptos se ha producido un pérdida del 3,7% del valor estándar de la producción, es decir, \$13.450 pesos durante el período considerado.

- b. De la productividad parcial de MOD

$$Pp_{MOD} = \text{Valor producción realizada (en MOD)} / \text{Consumo total de MOD}$$

$$Pp_{MOD} = 1.750 \text{ u} * \$50 / \text{u} = \$87.500 / 2.670 * 35$$

$$Pp_{MOD} = 1.750 \text{ u} * \$50 / \text{u} = \$87.500 / 93.450$$

$$Pp_{MOD} = 93,6\%$$
- c. De la productividad parcial de materiales

$$Pp_{mat} = \text{Valor producción realizada (en \$ mat.)} / \text{Consumo total mat.}$$

$$Pp_{mat} = (1.750 \text{ u} * \$150/\text{u}) / \$270.000$$

$$Pp_{mat} = 97,2\%$$

Es lógico preguntarse por qué no se han incluido entre los factores de costo estándar considerado los denominados gastos generales de fabricación (o gastos de fabricación a secas). La respuesta hay que hallarla en las características de esos gastos, que generalmente son independientes²⁷ de las cantidades producidas y de dificultosa asignación a cada producto. Es por ello que para esos gastos se elabora un presupuesto

²⁷ En algunas empresas, la administración de esos gastos requiere de un mayor análisis, y así se tienen los gastos de fabricación fijos, los variables y, en algunos casos, los semifijos o semivariables. Estas subdivisiones dependerán significativamente de la envergadura de la empresa y de sus características particulares.

mensual, que pasa a tener las características de estándar, y se controlan los gastos reales contra ese presupuesto.

A8.7. EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MODELO DE PRODUCCIÓN DISCONTINUA

Las características básicas del modelo de producción discontinua, en lo que se refiere a la existencia simultánea de numerosas órdenes de fabricación en proceso, a considerables cambios de estado (preparación, producción, desalistamiento no operativo por causa, etcétera) en la continuidad laboral de un puesto de trabajo, y al tiempo total de permanencia de una orden significativamente mayor al de fabricación propiamente, hacen del modelo de producción discontinua un modelo complejo de controlar.

Asimismo, en plantas de este tipo, en las que además conviven varias tecnologías (matrizado, tornería, centros de mecanizado, etcétera), es posible encontrar supervisores de área en cada una de estas tecnologías con un número diferente de operarios directos en cada una.

Otro factor de significación en la operatoria del modelo lo constituye el volumen de *stock* en proceso de fabricación, que a diferencia del modelo de producción continua, en el que además de ser relativamente bajo es casi constante, en este caso es bastante mayor y variable de período en período, lo que complejiza el control y pone muy de relevancia el concepto de ámbito temporal y espacial.

Es cierto además que para un sistema real la incidencia de estas alternativas es de alguna forma acotada y prácticamente constante, lo cual facilita la aplicación de algún sistema de control. Nosotros vamos a aplicar un sistema de control a partir de algunas precisiones que, entendemos, son de aplicación bastante amplia. En este orden, precisamos que tomaremos:

- Ámbito temporal: semana y mes.
- Ámbito espacial: por sección.
- Factores de costo: materiales y mano de obra, en ambos casos los directos.
- Causas de excepciones: las que resulten aplicables al sistema laboral.

La definición de dos ámbitos temporales tiene relación con la incidencia del *stock* en proceso, que al influir sobre los resultados calculados requieren de algún tipo de ajuste de cantidades, lo que se efectuará mensualmente con los resultados de los períodos semanales calculados, dado que entre dos fines de mes pueden contener algún porcentaje de error. La idea del control semanal es que, dado que se tiene el flujo de datos, el cálculo no depara mayores costos y previene sobre la tendencia del cálculo mensual.

Cuando un supervisor tenga a su cargo más de una sección, el ámbito espacial suele adecuarse a esa realidad, unificando para ello las secciones involucradas. Esto

se hace así pues en realidad lo que interesa es tener resultados por área de responsabilidad operativa. Respecto de los gastos de fabricación, puede seguirse el criterio ya enunciado en cuanto al modelo de producción continua.

Limitando, lógicamente, el ámbito de cada sección, podemos definir un punto de entrada, por el que ingresarán las materias primas o los productos en elaboración, y un punto de salida, por el que egresarán los productos fabricados. Dado que el pase de un lote en proceso de una sección a otra de la fábrica normalmente se realiza a través de un puesto de control de calidad, este además de verificar la calidad del lote también certifica la cantidad de unidades de ese lote que pasan a la sección siguiente, según indique la carta de fabricación del producto.

En la figura A8.5 se observa el flujo del material y los puntos de control. Los cálculos semanales siguen los lineamientos ya comentados en el modelo de producción continua, pero en el cálculo mensual se debe introducir el *stock* en proceso a partir de la ecuación de continuidad que establece que:

$$\text{Stock inicial} + \text{Ingresos} = \text{Consumo (aparente)} + \text{Stock final}$$

Donde:

$$\text{Consumo (aparente)} = \text{Stock inicial} + \text{Ingresos} - \text{Stock final}$$

Stock inicial se refiere al *stock* en proceso al inicio del período²⁸ (que es igual al *stock* final de cierre del período anterior). *Ingresos* se refiere a los ingresos recibidos por la sección en el período calculado. Esos ingresos provienen del depósito de materias primas o de la sección anterior a través de un puesto de control. Para el caso de la mano de obra, se computan las horas del personal asignado a la sección. *Consumo (aparente)* es el consumo aparente de la sección, pues si a ese consumo le restamos las excepciones con causa, obtenemos el consumo real del período.

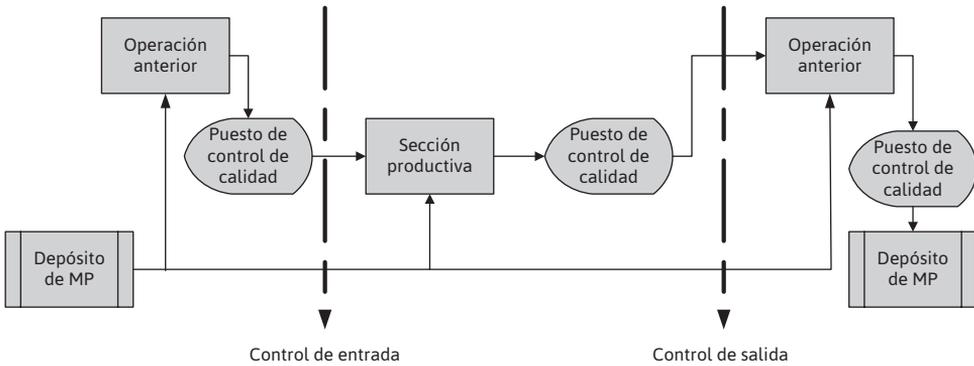
El consumo real de la sección podemos calcularlo a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo real} = \text{Consumo aparente} - \text{Consumos por excepciones con causa}$$

Calculados los consumos reales, podemos realizar los cálculos según el procedimiento ya descrito en el caso del modelo de producción continua. Deberá considerarse que el hecho de tomar en cuenta la variación de *stocks* en proceso está fundamentado en cómo dicha variación afecta el consumo real de la sección.

²⁸ En el ámbito espacial y temporal en estudio.

Figura A8.5. Gráfico conceptual del ámbito de control



Nota: La entrada de materiales se produce a través de un puesto de control de calidad y/o de una entrega del depósito de materias primas. El control de salida se realiza a través de un puesto de control de calidad (que además de la calidad certifica la cantidad).

Fuente: elaboración propia.

A8.8. EL CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN POR PROYECTO Y JUSTO A TIEMPO

Si bien al modelo de producción por proyecto lo hemos definido por sus características propias y diferenciadoras del modelo de producción discontinua, desde el punto de vista del control de productividad del sistema laboral se puede decir que ambos modelos se comportan de la misma forma, dado que, en rigor, parten de igual disposición de su sistema laboral, lo cual sigue los lineamientos del principio de realización. Debe tenerse en cuenta que, en líneas generales, los tiempos de proceso de las operaciones que permiten la fabricación de los productos en el modelo de producción discontinua tienden a ser más precisos en su determinación que los correspondientes a los tiempos de fabricación en el modelo por proyecto, dadas las características de determinación de esos tiempos, que ya hemos comentado en el capítulo anterior.

Lo mismo podríamos decir del modelo de producción justo a tiempo respecto del modelo de producción continua, dado que ambos modelos utilizan el mismo principio –el principio de flujo– en la disposición de su sistema laboral, aunque en este caso los tiempos de operación no presentan la dispersión indicada en el caso anterior.

Ahora bien, a pesar de las diferencias enunciadas, y dado que ambos casos generalmente operan sobre el mismo principio de distribución del sistema laboral, es decir, el principio de flujo para los modelos continuos y justo a tiempo, es factible que el control de productividad sea realizado en estos modelos en forma similar

a lo ya descrito tanto para el modelo continuo como para el discontinuo. Asimismo, deberá tenerse en cuenta que en el modelo de producción por proyecto suelen utilizarse otros modelos productivos, como los que nosotros hemos denominado modelo de punto fijo y modelo de producción por sistemas móviles.

RESUMEN

Luego de leer y analizar este anexo, el lector debería comprender la importancia de tener y mantener un sistema de control, especialmente de la productividad, orientado hacia los distintos modelos productivos. En síntesis, el sistema de control de la producción desde el punto de vista de la productividad deberá cumplir con las características apropiadas, de manera que sea apropiado para cada caso particular. Las particularidades de cada uno de los sistemas ameritan tener en cuenta los ámbitos temporales y espaciales de cada caso, así como los distintos casos de excepciones de MP y MO.

Estudio de casos

Problema o desafío de la industria minera

La extracción de oro en los aluviones profundos de ríos constituye una de las actividades principales de las industrias mineras. Sin embargo, el oro extraído del lecho del río debe pasar por un proceso de beneficio para ser separado de los demás materiales del río. Este proceso se realiza a bordo de diferentes dragas de cuchara bajo condiciones extremas de humedad y temperatura. El proceso exige ser supervisado a través de elementos adecuados de medida que ayuden a conocer los valores de producción en las diferentes etapas. Dadas las condiciones del material a ser beneficiado y los equipos de producción existentes, se debe presentar una ingeniería básica que le proporcione al cliente la base para la implementación de un sistema de supervisión y de control que facilite la detección de fallos y el seguimiento de los indicadores de producción del proceso.

Solución propuesta por Actkon S.A.

Actkon S.A. ha identificado la problemática inicialmente argumentada en la ausencia de un sistema de monitoreo adecuado del funcionamiento de los diferentes equipos del proceso de concentración gravimétrica y en la falta de elementos de medida que permitan conocer indicadores reales de producción.

La empresa estructuró una propuesta de ingeniería básica para el sistema de supervisión y control del proceso de recuperación teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Diagnóstico de la instrumentación y del sistema de control actual del cliente.
- Propuesta de selección de elementos de medida del producido en cada etapa y seguimiento de las condiciones de operación del proceso.
- Propuesta de arquitectura para el sistema de control y supervisión del proceso de beneficio que se ajusta a las características de la actual arquitectura del cliente.
- Propuesta para el sistema HMI²⁹ de monitoreo de las diferentes variables leídas, con indicadores de alarmas, tendencias e históricos de variables.

Resultado

El cliente ha recibido con satisfacción el servicio de ingeniería básica propuesto por Actkon S.A., y lo tomó como base para realizar la implementación del sistema de supervisión y control del proceso de recuperación a bordo de cada una de las dragas de cuchara.

Fuente: www.actkoncorp.com, última visita 14-5-2008.

Ejercicios

1. **¿A qué denominamos sistema de control?**
2. **¿Qué sistemas de control reconoce? Ejemplifique.**
3. **¿Cuáles son las cualidades que debe tener un sistema de control?**
4. **Defina qué es el ámbito de control.**
5. **¿Qué definimos como ámbito de la responsabilidad del control?**
6. **¿Qué implicancias tiene el aumento de los puntos de control?**
7. **¿Cómo controlaría un modelo de producción continua? Ejemplifique.**
8. **¿Cómo controlaría un modelo de producción discontinua? Ejemplifique.**
9. **¿Cómo controlaría un modelo de producción μT ? Ejemplifique.**
10. **¿Cómo controlaría un modelo de producción por proyecto? Ejemplifique.**

²⁹ Siglas de “interface hombre-máquina”, muy utilizadas en sistemas generalmente informáticos o digitales, o en los que la codificación no es fácilmente interpretada por el hombre. Estas interfaces constan de un software que se ejecuta en un circuito microcontrolado que traduce la información específica en información que pueda ser interpretada fácilmente por el hombre.

CAPÍTULO 9

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD OPERATIVA

Es evidente que una alta productividad, como hemos visto, tiene muy buenas ventajas. En este capítulo veremos, siguiendo los lineamientos de la OIT, una serie de herramientas que nos permitirán mejorar la productividad de una organización.

En el capítulo 8 hemos desarrollado los conceptos básicos de productividad, mientras que en el anexo de ese capítulo se han expuesto los lineamientos generales de los sistemas de control de productividad. Ahora bien, cabe preguntarse si todo lo anterior es de uso corriente en las empresas o si solo se trata de exposiciones teóricas carentes de posibilidad de aplicación práctica.

La respuesta a ese interrogante no solo debe darse desde una visión de la realidad industrial de nuestro país sino también desde una perspectiva más amplia, esto es, por donde pasa el desarrollo industrial del mundo en los albores del siglo XXI, y desde este punto de vista la respuesta es que independientemente de la realidad de hoy, la búsqueda de la eficiencia es un objetivo inexorable de toda industria que quiera de alguna manera acompañar el desarrollo industrial del mundo; en otras palabras, que quiera tener un espacio de acción en un contexto cada vez más competitivo, en el cual queda poco lugar para quienes no piensen en estos conceptos casi elementales.

En nuestro concepto, una empresa industrial no solo debe basarse en las denominadas ventajas comparativas¹ sino también en una obsesiva búsqueda de la eficiencia y la innovación.² Por este camino debemos ahora enfrentar los desafíos que surgen del desarrollo de sistemas de control de eficiencia. Por un lado, esto

¹ *Ventajas comparativas* es el concepto que analiza los costos de un mismo insumo entre diversos países. Pueden existir ventajas naturales, como la capacidad de la tierra de admitir sembrados, la disponibilidad de agua, el clima, etcétera. Asimismo, existen ventajas comparativas ocasionales o no estructurales, como los costos de mano de obra, el valor de cambio de la moneda del país respecto de las divisas fuertes, etcétera.

² Debe entenderse esta obsesión como filosofía de mejora continua.

implica considerar qué herramientas utilizamos para mejorar los índices de eficiencia a partir de los datos que arroje el sistema de control; y por otro lado, cómo encaramos la mejora estructural de la productividad, es decir, cómo reducimos el costo del producto.

Si la empresa cuenta con un amplio sistema de control de eficiencia,³ es evidente que las excepciones con causa generarán el primer campo de acción. Si volvemos al ejemplo planteado en el capítulo anterior, existe una pérdida de 3000 pesos por calidad deficiente de la materia prima. Ante esta situación, la gestión del sistema laboral debe encarar el análisis de la causa última (o primera), es decir, encontrar aquello que realmente generó la falla de calidad. El sistema de mejora de calidad no debe quedarse en la anécdota de considerar si el porcentaje de pérdida respecto de lo consumido es relevante o no desde el punto de vista de la incidencia económica concreta o tangible, dado que además se pueden tener pérdidas intangibles, como la demora de entrega de la producción o el sobrecosto que genera o puede generar la recepción de la materia prima que reemplaza la fallada.

El diagrama de Ishikawa es una herramienta significativa en el proceso de identificación de la denominada causa raíz, es decir, de aquello que generó la ineficiencia detectada.⁴ Claramente se impone tener claridad de conducción, pues si bien puede ser aconsejable operar con prontitud en resolver el faltante, de ningún modo puede dejarse de investigar por qué se generó la ineficiencia.⁵ Otra herramienta especialmente apta para la solución de problemas en términos generales y en los sistemas industriales en particular es la denominada *estudio del trabajo*, una técnica que comprende el estudio de métodos y el estudio de tiempos.⁶

9.1. EL ESTUDIO DEL TRABAJO

Siguiendo los lineamientos de la OIT vamos a definir el estudio del trabajo como la disciplina que se encarga del proyecto, diseño y armonización de los elementos humanos y materiales requeridos por la ejecución de los procesos industriales, con el objeto de que estos sean más eficientes en un marco de respeto del hombre y su entorno y eficaces en la contribución al objetivo básico de la empresa. Asimismo, en su

³ Debe recordarse que existe o puede existir una profunda interrelación entre los sistemas de control cuantitativo de la producción y de control de eficiencia, toda vez que los datos captados pueden ser utilizados simultáneamente por ambos sistemas.

⁴ La aplicación del diagrama de Ishikawa no se limita a la investigación de problemas en materias primas, sino que sirve también para todo aquello que haya sido definido como problema.

⁵ Una aplicación irrestricta de los principios de mejora de calidad puede llegar a detener el proceso de fabricación hasta que se encuentre la causa última y se defina el proceso de mejora.

⁶ Siguiendo los lineamientos de la OIT (http://www.ilo.org/global/publications/ilo-bookstore/order-online/books/WCMS_091133/lang-es/index.htm).

actividad el estudio del trabajo utiliza, con especial énfasis, las técnicas del estudio de métodos y la medida del trabajo, las cuales podemos definir de la siguiente manera:

- **Estudio de métodos.** Es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y reducir costos.
- **Medida del trabajo.** Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

En este capítulo encararemos el desarrollo de los temas concernientes al estudio de métodos, mientras que en el capítulo siguiente trataremos el tema de la medida del trabajo.

9.2. EL ESTUDIO DE MÉTODOS

En la definición del estudio de métodos (EDM) encontramos la expresión *sistemático*, que implica establecer que su realización se efectuará siguiendo un procedimiento metodológico definido, el cual implicará la realización de diferentes actividades que hemos agrupado en una secuencia de etapas, cada una de las cuales han sido denominadas identificando el objeto de dicho grupo de actividades. En ese orden, reconocemos la siguiente secuencia:⁷ definir, registrar, examinar, desarrollar, adoptar, implementar y controlar.

La etapa de *definir* implica establecer los objetivos de la aplicación y sus prioridades, además de fijar los límites y las restricciones del estudio. *Registrar* es la denominación del conjunto de tareas que conforman la observación directa de todos los detalles inherentes a la tarea objeto de la aplicación del EDM y su registro en documentos adecuados a cada tipo de observación, de modo que esta pueda ser interpretada exactamente como sucedió en el momento y lugar de la observación. La etapa de *analizar* sintetiza el grupo de actividades que tienen por objeto someter lo observado a un riguroso análisis crítico frente a los objetivos establecidos para el estudio. *Desarrollar* implica la formulación de una⁸ o varias alternativas de modificar parcial o totalmente la actividad en estudio, de modo que converjan con el objetivo establecido. Las tareas de la etapa de *adoptar* tienen por objeto la evaluación de las diferentes alternativas desarrolladas como soluciones en la etapa anterior, y la adopción de una de ellas como la mejor solución alternativa (posteriormente desarrollaremos de manera más amplia el concepto de *mejor*). *Implementar* es la

⁷ En la enumeración y denominación de las etapas nos hemos apartado ligeramente de las denominaciones de la OIT, pero solamente con el sentido de mejorar, según nuestro criterio, el aspecto didáctico.

⁸ En forma excepcional, buscando preferentemente que sean siempre más de una, y cuantas más mejor.

etapa que integran las diferentes tareas que tienen por finalidad posibilitar que la solución alternativa elegida pueda ponerse en práctica. La etapa de *controlar* implica la observación periódica de la solución implementada, de modo de asegurar el cumplimiento de los objetivos del estudio en el tiempo.

El campo de aplicación del EDM permite diferenciar dos aplicaciones básicas: el EDM aplicado al estudio de los procesos y el EDM aplicado al estudio de una operación.⁹ Este procedimiento de raíz metodológica configura, en rigor, un procedimiento de adopción de decisiones, ya que el desarrollo de un estudio de métodos implica centralmente decidir acerca de soluciones alternativas que posibiliten alcanzar el objetivo establecido, es decir, *una solución al problema planteado*.

9.3. EL ESTUDIO DE MÉTODOS APLICADO AL ESTUDIO DE LOS PROCESOS

La decisión de comenzar un EDM para un proceso parte generalmente de alguna de las siguientes premisas:

- a. Estudio de una propuesta de proceso enteramente nueva.
- b. Gestión de rutina (mejora) sobre procesos existentes.
- c. Resolución de un problema como consecuencia del resultado de un sistema de control.

En el caso de que el punto de partida del EDM esté dado por la introducción de un proceso nuevo, opción (a), el objeto de su aplicación será el análisis previo de las ventajas/desventajas que la propuesta tiene o bien el análisis comparativo de diferentes alternativas. La opción (b), como punto de partida, se entiende en la concepción misma del estudio del trabajo (EDT) como filosofía de trabajo en la mejora continua; de la aplicación periódica de un proceso de mejora surgen saltos cuantitativos y cualitativos de la calidad. Si el punto de partida estuviese dado por la opción (c), la resolución de un problema nos impone previamente definir o establecer un concepto de problema que sirva de contención para el desarrollo del trabajo a realizar.

9.3.1. Concepto de problema

Establecemos como *problema* la diferencia que surge entre los datos observados de una situación real y los datos a observar respecto a una situación hipotética que se

⁹ La *operación* es una parte definida de un proceso y puede definirse como un conjunto de actividades que permiten pasar de un estado definido como inicial a un estado definido como final. Nótese que esta forma de conceptualizar la operación es conceptualmente similar a lo que hemos establecido como *proceso*. Si queremos evitar posibles confusiones, podríamos establecer un concepto más restringido de proceso, y definirlo como un conjunto de operaciones, mientras que una *operación* es un conjunto de actividades de sentido concurrente y distintivo de otra.

supone corresponde a un objetivo alcanzado. En definitiva, podemos establecer que un *problema* es la *diferencia entre la realidad* (lo que es) *y lo deseado* (lo que debería ser). Esta forma de definir un problema impone ciertas consideraciones. En primer lugar, que exista un objetivo, ya que sin él no habrá ninguna diferencia a observar dado que no puede presuponerse una situación diferente de la real. En segundo término, y como consecuencia directa de considerar el problema como una diferencia, debemos contar con el procedimiento y los medios adecuados para medir esa diferencia, lo que implica que el objetivo sea mensurable en la misma unidad de medida en la que expresaremos nuestra visión de la situación actual y viceversa, de modo que podamos medir la realidad en las mismas unidades de medida en que expresamos la cuantificación del objetivo.

Esta premisa es importante dado que si enfrentamos un problema de diseño estético de un producto no podemos decir que queremos que ese diseño sea más bonito, pues ello no es cuantificable; para sea cuantificable se debe expresar qué se entiende por bonito.¹⁰

Figura 9.1. Ejemplo gráfico de la definición del problema



Asimismo, debe pensarse que un problema ocurre dentro de un determinado ámbito espacial y que, en consecuencia, una vez definido ese espacio existirán elementos internos y externos. Los elementos internos son los que forman parte del *universo* del problema, y los externos son los condicionantes emergentes del *medio* en el que el problema existe.

La figura 9.1 ejemplifica lo que es un problema. Allí se observa que este surge como la diferencia entre el estado de lo que debería ser y otro de lo que es. Como elementos del problema podemos mencionar los baches, la señalización, las banquetas (internos), y como condicionantes, la economía, la falta de atención, la desidia, la corrupción, etcétera (externos).

Pensemos en el caso de que nuestra empresa tuviera un problema de rentabilidad en uno de sus productos; si es nuestra intención lograr una mejora de esa

¹⁰ Si no pudiese expresarse cuantitativamente, debería establecerse algún criterio cualitativo de expresión.

rentabilidad tendremos que observar en qué parte de la cadena de valor debería actuarse primariamente para lograr esa adecuada mejora en el menor lapso de tiempo posible. No tendría sentido, en una primera instancia, estudiar el costo de fabricación si nuestros mayores costos provienen de una cadena de comercialización defectuosa, así como tampoco analizar nuestra acción comercial si el abastecimiento de los insumos requeridos por el producto es deficiente.

No debería tampoco descartarse la existencia del ámbito temporal en la ocurrencia del problema. Un problema puede detectarse en determinados momentos y no en otros. Asimismo, cuando procedamos al estudio de un problema deberemos observarlo dentro de un espacio de tiempo previamente definido.

9.3.2. La etapa de definir

Las tareas que comprende la etapa de definir, que en la nomenclatura de la OIT se denomina *seleccionar*, tienen como objeto establecer todos los parámetros y lineamientos de actividad que guiarán la aplicación del EDM. Es habitual que cuando se imparte la orden de desarrollar un estudio, y en general cuando se imparte una orden de trabajo no comprendida en rutinas específicas, esa orden sea dada en forma expresa con sentido general. Es normal escuchar al gerente de planta impartir una orden como: ¡Ingeniero Pérez, debe encarar la mejora de los procesos inmediatamente!

En un contexto de premura por bajar costos, la orden expresa adquiere una dimensión un tanto más acotada y definida, pero aun así está lejos de contener la totalidad de parámetros y lineamientos necesarios para que la tarea a encarar resulte satisfactoriamente en todos sus aspectos. Por ello, el ingeniero Pérez debe comenzar la etapa de *definir* con la tarea de precisar qué hacer, cómo hacerlo, en qué tiempo, con qué medios, atendiendo a qué restricciones, dentro de qué espacio, para alcanzar qué objetivo y para saber cómo cuantificar el avance de las tareas.

Las actividades de la etapa *definir* pueden agruparse en las siguientes tareas:

- Expresar el objetivo central y las prioridades de los objetivos secundarios.
- Establecer límites y restricciones.
- Delinear un plan de actividades.

Expresar el objetivo central y las prioridades de los objetivos secundarios, si los hubiere, implica establecerlos de tal forma que no solo sean mensurables sino también entendibles, aceptables y alcanzables por la organización. Cuando decimos *entendible y aceptable* por la organización estamos puntualizando que el objetivo de un estudio debe ser claro, conciso y estar detalladamente explicitado, de modo que el sistema social de la empresa, su personal, pueda comprenderlo y comprometerse con él. Difícilmente se alcanzará un objetivo que no sea parte de las aspiraciones del sistema social de la empresa; la negación al cambio, la comodidad, la falta de visión o sentido

de totalidad de la empresa, etcétera, son generalmente algunos de los principales escollos a vencer al formular un objetivo.

Cuantificar o hacer mensurable el objetivo central que debe alcanzar el EDM a realizar significa traducir los términos de la orden recibida: reducir el costo de fabricación en el orden del 5% y, adicionalmente, reducir los *stocks* en proceso en un 20%, en un plazo de no más de 180 días. Esta forma de expresión del objetivo a alcanzar nos pone de manifiesto que ese objetivo está dado por la reducción directa de los costos de fabricación, y que el objetivo secundario, que también incidirá sobre el primero, está dado por la reducción de las existencias en proceso. Esto no solo resulta claro y preciso para la organización, sino que se han expresado los objetivos de tal modo que puedan cuantificarse los resultados de las propuestas a introducir luego del estudio.

Establecer límites implica definir qué se considerará como parte o ámbito interno del problema y qué se considerará como externo o medio dentro del cual se encontrará el problema. Veamos un ejemplo: si un proceso utiliza componentes elaborados por terceros, nuestro estudio puede incluir el análisis del costo de adquisición del componente o simplemente trabajar a partir de la existencia del componente en el proceso sin la consideración de su precio de adquisición, lo que implicará formas diferentes de realizar el trabajo pues los límites dentro de los cuales actuaremos serán diferentes, ya que en un caso se incluirá el costo de adquisición del componente como factor de análisis, y en el otro caso ese costo será un parámetro de trabajo.

La disyuntiva que planteamos es una de las tantas que pueden surgir cuando comenzamos con la aplicación de un estudio de métodos. Indudablemente debe darse una respuesta clara y homogénea en relación con los objetivos a alcanzar, puesto que, de acuerdo con el criterio que se adopte, serán diferentes los caminos a seguir, y nuestro trabajo está, en definitiva, limitado en sus posibilidades no solo por objetivos cuantitativos únicamente, sino por objetivos cuantitativos en el tiempo, es decir que se manifestará, como en toda actividad industrial, el conflicto *objetivo-costo-tiempo*.

Asimismo, incidirán en la realización del EDM las *restricciones* que se le impongan. Como ejemplos de restricciones podemos mencionar, entre otros:

- Que las modificaciones a introducir no signifiquen incorporación de capital fijo.
- No modificar condiciones contractuales de trabajo.
- Orientar las soluciones a la incorporación de procesos automatizados.

Con estos ejemplos podemos apreciar que las restricciones no tienen únicamente sentido negativo, sino que abarcan también aspectos positivos que constituyen elementos que *necesariamente deben formar parte de las soluciones alternativas que se generen*.

Establecidos los objetivos, límites y restricciones para poder *delinear un plan de actividades*, debemos tener definidos los recursos humanos y los tiempos calendario con los que debe desarrollarse el estudio, así como también el costo máximo admisible para el estudio a desarrollar. Dado que para establecer un plan de actividades debemos conocer los contenidos de trabajo de las tareas a realizar, en este camino debemos precisar cuáles son los componentes del universo de procesos susceptibles de ser sujetos del EDM en desarrollo.

Si consideramos la totalidad de los procesos comprendidos en el ámbito del estudio definido para la aplicación del EDM, podremos encontrarnos en una situación de conflicto respecto de la ecuación costo-beneficio que toda aplicación de EDM debe generalmente respetar. Una forma de romper tal disyuntiva es que de alguna manera se pueda identificar cuáles son los procesos que seleccionaremos, en virtud de sus características y en relación con el objetivo del estudio, como sujetos del EDM en desarrollo.

En la consideración de la respuesta que brindemos, se debe partir del hecho de que, en cada proceso, interactúan tres importantes factores: el humano, el económico y el técnico. Dentro del ejemplo que venimos comentando –la reducción de costos–, el factor que preponderará en la elección de los procesos a seleccionar estará dado por el factor económico, mientras que los factores técnicos y humanos pasarán a ser objetivos complementarios.¹¹

Con estas premisas, una herramienta que nos permita identificar los procesos a seleccionar estará dada por la utilización de la conocida regla del 80-20 o principio de Pareto,¹² que es, en definitiva, una herramienta de selección que opera de la siguiente forma: los procesos que están sujetos a la posibilidad del estudio tienen dos características: el costo de realización y el número de veces que este se repite en un lapso de tiempo. La interacción de ambos factores permite definir una ponderación de cada proceso a través del producto:

$$\text{Costo} * \text{Cantidad de repeticiones}$$

De esta expresión podemos mencionar un ejemplo de aplicación en la tabla 9.1. En el ejemplo mencionado hemos analizado la incidencia de los diferentes procesos de

¹¹ El hecho de que se haya mencionado un ejemplo del orden de *reducir costos*, no quiere decir que *siempre* las causas que determinan la necesidad de un estudio sean económicas. Consideraciones de seguridad en la realización de las tareas, mejorar las exigencias de la tarea desde el aspecto ergonómico, eliminación de efluentes al exterior, etcétera, son causas normales que generan la realización de estudios.

¹² La teoría de Pareto puede enunciarse así: dado un conjunto integrado por un número suficientemente grande de componentes y definida una variable característica de esos componentes, se verificará que un gran porcentaje del valor acumulado de la variable, del orden del 80%, se verificará en un número relativamente pequeño de componentes, del orden del 20% del total. La expresión *suficientemente grande* significa que no puede, *a priori*, definirse la importancia relativa de los diferentes procesos respecto de la variable definida con precisión y sencillez.

fabricación, lo cual es coherente con los límites definidos para el ámbito del estudio, pues se ha establecido que los precios de los materiales y de los componentes adquiridos de terceros son datos fijos y, en consecuencia, exteriores al campo de análisis.

Obviamente, el proceder descrito no es la única alternativa de trabajo, y, por ejemplo, a partir de la misma orden general dada pueden definirse otros límites que responderán a otras circunstancias y motivaciones, y en función de ello puede incorporarse el análisis de los precios pagados por componentes y materias primas como parte del ámbito del estudio.

Sin lugar a dudas, la etapa de *definir* puede considerarse en sí misma como un problema, y ante ello, para no verse envuelto en un círculo de problemas indefinidos, ¿cuál debe ser la actitud del ingeniero Pérez? Es evidente que no existe una única respuesta a este interrogante, pues se deben combinar dos factores de distinta índole: el técnico que hace la evaluación en términos de dinero de los factores que componen el producto, y los factores circunstanciales que imponen la decisión. Estos factores circunstanciales generalmente serán externos al producto, como la presión de la competencia, la participación del producto en el mercado, la participación del producto en la generación de utilidades, etcétera.

Entonces, el ingeniero Pérez deberá proponer como resultado de la etapa de definición más de una alternativa. Antes de avanzar en este camino, veamos qué sucede con los datos que han originado la tabla 9.1. Para una mejor lectura de los datos, podemos ordenar la tabla por valores decrecientes de la columna ponderación.¹³ Eso lo expresamos en la tabla 9.2. En esa tabla podemos apreciar que un limitado número de procesos suman un porcentaje importante del costo total de los procesos.

Tabla 9.1. Datos de un proceso determinado

Proceso	Costo unitario actual (\$/U)	Repeticiones del proceso en el período (U/período)	Ponderación \$ x período
1	12	1.000	12.000
2	3	800	2.400
4	1	2.500	2.500
8	2	4.000	8.000
9	5	5.000	25.000
20	2	19.000	38.000
22	40	200	8.000

¹³ En la teoría de la gestión económica de *stocks*, normalmente el tiempo del período analizado es de un año, y a la ponderación se la designa como demanda anual valorizada.

La tabla ordenada por valores decrecientes de la ponderación costo*cantidad de repeticiones dentro de un período nos permite identificar cuáles son los procesos más importantes y sobre cuáles resultará más significativa la reducción de los costos, dado que un pequeño porcentaje sobre esos procesos resultará para la empresa más ventajoso que un porcentaje alto sobre valores de ponderación bajos.

Tabla 9.2. Ordenamiento de la tabla 9.1 según el valor de la ponderación

Proceso	Costo unitario actual (\$/U)	Repeticiones del proceso en el período (U/período)	Ponderación \$ x período
20	2	19.000	38.000
9	5	5.000	25.000
1	12	1.000	12.000
8	2	4.000	8.000
22	40	200	8.000
4	1	2.500	2.500
2	3	800	2.400
Total de procesos			Sumatoria de las ponderaciones
25			95.900

Como comentario, debemos precisar que el número de repeticiones será un dato aportado por programación y control de la producción, y ello será el resultado de las necesidades emergentes del cumplimiento del programa de producción vigente. En la tabla 9.2 podemos operar agregando para cada proceso la participación relativa individual y acumulada sobre el total de la sumatoria de las ponderaciones de la totalidad de los procesos, lo que indicamos en la tabla 9.3.

El análisis de la tabla 9.3 nos pone de manifiesto la expresión de la ley de Pareto (regla del 80-20), que nos dice que un pequeño porcentaje de causa acumulada tiene una elevada incidencia de consecuencias. En nuestro caso, un pequeño número de procesos (4 o 5) sumarizarán un alto porcentaje (entre el 79 y el 85%) del costo total de realización de los procesos. Resulta claro, en consecuencia, que si nuestro objeto es la disminución del costo de los procesos debemos encarar un profundo estudio de los procesos más significativos, pues cualquier reducción de costo que en ellos se obtenga gravitará con significación en el costo total de los procesos.

Otro modo de aplicar este procedimiento es el de incluir como factores los costos de las materias primas utilizadas en los procesos y analizar la composición porcentual de los materiales y de los procesos en el costo total del producto, y a su vez la gravitación de cada uno de ellos; en consecuencia, podemos encontrar otra prioridad de análisis diferente a la expuesta en el párrafo anterior, lo cual es lógico pues ella responderá a otro ámbito de problema.

Cuando la selección de procesos a estudiar responda, como punto de partida, a factores humanos, se deberá atender como herramienta de selección las causas de reclamo, como tiempos mal establecidos, procesos que exigen esfuerzos físicos importantes, condiciones de salubridad, etcétera, como factores que, a través de indicaciones puntuales, o bien a partir de datos estadísticos, o eventualmente un análisis previo, permitan identificar los procesos a estudiar. En el mismo sentido se procederá cuando la selección de los procesos a estudiar responda, como punto de partida, a problemas técnicos generados por causas varias, como insuficiencia de los volúmenes de producción, deficiencias de calidad, de seguridad, etcétera.

Tabla 9.3. Búsqueda del 80% más significativo del proceso

Proceso	Costo unitario actual (\$/U)	Repeticiones del proceso en el período (U/ período)	Ponderación \$ x período	Porcentaje del ítem	Porcentaje acumulado
20	2	19.000	38.000	39,62	39,62
9	5	5.000	25.000	26,07	65,69
1	12	1.000	12.000	12,51	78,21
8	2	4.000	8.000	8,34	86,55
22	40	200	8.000	8,34	94,89
4	1	2.500	2.500	2,61	97,5
2	3	800	2.400	2,5	100
Total de procesos			Sumatoria de las ponderaciones		
25			95.900		

A partir de la identificación de los factores a estudiar estamos en condiciones de elaborar un plan de trabajo que guiará las diferentes actividades que encararemos. Es necesario destacar que, si bien la selección de los procesos ha sido realizada a partir

de un factor determinado y para alcanzar objetivos específicos, siempre debe tenerse en cuenta que el estudio del trabajo tiende a armonizar eficazmente la totalidad de los factores de producción.

9.3.3. La etapa de registrar

La tarea de registrar tiene como objeto la observación directa de todas las circunstancias y hechos bajo los cuales se lleva a cabo el proceso en estudio y la documentación sistemática de la observación realizada. Un aspecto que debemos mencionar es que a partir de la definición de los límites del problema estamos precisando su ámbito interno o propio y su ámbito externo o contexto. Nuestra tarea de observación del ámbito interno o propio del problema no implica dejar de considerar la interacción que este puede tener con el medio externo o contexto, ya que dichas interacciones pueden formar parte del problema.

Si, por ejemplo, debemos realizar un estudio sobre el diseño de un puesto de trabajo –estudio motivado por una causa técnica que afecta la calidad de lo producido–, puede considerarse que el ámbito propio se refiere específicamente al puesto de trabajo; en consecuencia, será contexto todo lo que lo rodea, y dentro de ese contexto una de sus variables estará dada por la temperatura, la humedad y la aireación ambiente, la cual indudablemente afectará el rendimiento del operario, por lo que, si bien es un factor externo al ámbito del problema, no debe dejar de considerarse su influencia, que expresaremos como un parámetro y no como una variable, dado que pertenece al contexto externo del problema.

Es evidente que el objetivo a alcanzar en nuestro estudio no solo limita el campo del problema sino que también orienta nuestra visión de la realidad. En la tarea de documentar los hechos registrados debemos utilizar una serie de diagramas que permiten normalizar y sintetizar lo observado, de modo que a partir de la lectura e interpretación de dichos diagramas puede reconstruirse la realidad verificada sin necesidad de volver a observar el proceso en el lugar en que este se realiza.

Dentro del conjunto de diagramas diseñados para sistematizar las observaciones destacadas de un proceso, observaremos que cada uno de ellos tiene un objeto propio, un campo de aplicación definido y un formulario específico, y aunque no existe una norma de uso generalizado que los normalice internacionalmente, los usos y costumbres nos permiten precisar los elementos esenciales de cada uno con suficiente universalidad de criterios. Los diagramas más utilizados en el análisis de procesos los comentamos a continuación.

a. Diagrama de operaciones del proceso

- **Concepto.** En el diagrama de operaciones del proceso, también denominado cursograma sinóptico en la nomenclatura de la OIT, se registran

únicamente la totalidad de las operaciones e inspecciones que forman parte del proceso.

- **Objeto.** Este diagrama puede ser utilizado como representación sintética del proceso de fabricación, de modo de poder expresar una idea lo más amplia posible del conjunto de operaciones y los componentes elaborados en la planta, es decir que no sean de provisión externa.
- **Campo de aplicación.** En general este diagrama se utiliza cuando se requiere tener disponible una representación esquemática del proceso.
- **Formulario utilizado.** Este diagrama carece de un formulario preimpreso, pero en su construcción generalmente se respetan los lineamientos dados en el ejemplo 1 del anexo de este capítulo. Como comentario general respecto de este diagrama debe consignarse que su objeto de descripción general limita, por lo menos en las ideas, la cantidad de información que contiene el diagrama respecto de las operaciones indicadas, aunque en la práctica la información a incluir, como el puesto de trabajo en que se realiza, el número de operación, el tiempo de ejecución, el tiempo de preparación, etcétera, dependerá del uso habitual que en una empresa se le asigne al diagrama. Como referencia debe tenerse que toda información agregada amplía las posibilidades de uso, pero aumenta el costo y el tiempo de confección del diagrama. Asimismo, no compartimos el criterio de numeración de operaciones e inspecciones que se manifiesta en la nomenclatura de la OIT, pues creemos conveniente que el número que identifica tanto las operaciones como las inspecciones refleje el correspondiente número dado en la hoja de proceso (o carta de fabricación), un documento emitido por ingeniería de proceso en el que se establece la secuencia de actividades de un producto (decimos producto en su expresión más general, la cual involucra desde un producto complejo hasta un simple componente).
- **Procedimiento de realización.** La ejecución de un diagrama de operaciones reconoce dos puntos de partida, uno mediante la hoja de proceso y otro por observación directa del proceso en la planta. En ambos casos se recomienda una lectura de la hoja (o recorrida del proceso en realización), de modo de poder fijar la idea de la línea de secuencias de operaciones que se definirá como línea principal del proceso,¹⁴ la cual se dibujará sobre la derecha de la hoja, y la secuencia de operaciones se indicará en forma creciente desde arriba hacia abajo de la hoja. Los componentes o conjuntos también elaborados en el proceso se dibujarán sobre líneas paralelas ubicadas a la izquierda de la línea principal. Obsérvese que se trata de dar al dibujo la expresión más clara posible.

¹⁴ Esta línea se indica como principal únicamente a los fines de una mejor expresión del dibujo.

b. Diagrama de análisis del proceso¹⁵

- **Concepto.** En este diagrama se registrará la totalidad de las actividades que se suceden durante un proceso de fabricación, de modo que quedan claramente indicadas las tareas realizadas (que formen parte expresa del proceso o que sean extrañas a él), su sucesión, medios y modos utilizados, distancias recorridas, tiempos empleados y nivel de personal utilizado en cada una de las actividades que se verifiquen a través de la observación directa del proceso.
- **Objeto.** A partir del registro sistemático y exhaustivo de la totalidad de las actividades del proceso, este documento sirve de base para la realización de las tareas de análisis de procesos existentes y de desarrollo de soluciones alternativas, documentar la observación de procesos, etcétera.
- **Campo de aplicación.** Este diagrama se aplica al seguimiento de los procesos y puede realizarse desde tres puntos de vista diferentes: siguiendo el desplazamiento del material en elaboración, siguiendo el desplazamiento de los operarios en el proceso, o bien siguiendo el desplazamiento de las máquinas o equipos activos en el proceso.
- **Formulario utilizado.** Si bien, como ya hemos establecido, no se dispone de diseños normalizados en líneas generales, existen dos diseños tipo de uso habitual, los cuales están indicados en los ejemplos 2 y 3 del anexo del presente capítulo.
- **Procedimiento de realización.** Como tarea previa a la confección del documento, se sugiere efectuar una observación íntegra del proceso, de modo de obtener un panorama global de este. Tanto el objetivo del estudio –que se ha establecido en la etapa de definir– como la observación previa sugerida en las líneas anteriores han permitido establecer cuál será el centro de observación de las actividades que se desarrollan en el proceso, es decir, si será la actividad del operario, el seguimiento del material o del equipo utilizado. Asimismo, el campo definido por los límites y restricciones que hemos establecido en la etapa de definir nos permite establecer cuáles serán las actividades que comprenderemos como partes del proceso en estudio, y cuáles serán consideradas como parámetros externos a él. A partir de estos lineamientos previos se efectúa una observación detallada del proceso y se van registrando en el formulario, en forma muy precisa, las diferentes actividades que vamos observando. La idea que debe animar la confección del documento es que una persona que no tenga idea previa de ese procedimiento pueda comprender la sucesión de actividades que otra persona y en otro momento

¹⁵ Este diagrama suele denominarse también diagrama de análisis de las operaciones del proceso o cursograma analítico.

ha observado. El registro de las observaciones no debe limitarse a una descripción breve de la actividad y de su correspondiente representación en las columnas de símbolos, sino que además deben registrarse todas las circunstancias que forman parte de la actividad en la columna de observaciones (recorrido, número de bultos transportados, elemento de transporte, causas de esperas, etcétera).

c. Diagrama de recorrido

- **Concepto.** Este diagrama permite registrar los movimientos del centro de atención del estudio: el hombre, el material o el equipo, en forma gráfica.
- **Objeto.** La utilización de este diagrama permite analizar los movimientos efectuados, las distancias recorridas, las frecuencias, las magnitudes transportadas (unidades, peso, volumen), etcétera, tanto en el plano horizontal como vertical.
- **Campo de aplicación.** En el estudio de procesos en que los transportes sean significativos, resulta un complemento adecuado para el análisis de los movimientos.
- **Formulario utilizado.** El diagrama puede confeccionarse en función de dos alternativas:
 - *Diagrama esquemático* del área en estudio, en el que se representan los sectores de máquinas y equipos en forma indicativa, y las distancias recorridas son medidas en la realidad e indicadas sobre el trazo representativo de la trayectoria del movimiento en el esquema (ejemplo 4 del anexo del presente capítulo).
 - *Sobre un plano a escala* del sector involucrado, en el que se dibuja cada uno de los sectores de máquinas y equipos representando, de acuerdo con la escala del dibujo, las superficies ocupadas. Las trayectorias dibujadas permiten interpretar en la escala del dibujo las distancias recorridas.
- **Procedimiento de realización.** El punto de partida para la realización de un diagrama de recorrido puede ser una consecuencia de la realización de un diagrama de análisis de proceso en el que se haya detectado un número considerable de movimientos de transporte. Otra alternativa que origine la necesidad de efectuar el diagrama de recorridos estará definida por el objetivo por el cual se encara el estudio de métodos. En este caso, se recomienda una observación previa del proceso. Los registros de observación previos a la realización del diagrama son anotados en una planilla. En esa planilla se reservará espacio para anotar los registros de tiempos del inicio, la finalización del movimiento y el cálculo del tiempo empleado. Estos datos son opcionales, ya que en ciertas ocasiones solo interesa el tipo de trayectoria o los metros recorridos, mientras que en

otras ocasiones sí pueden interesar los tiempos empleados. Posteriormente, se vuelcan esos registros sobre un esquema o sobre un plano de la planta. En algunos casos particulares de procesos que se desarrollan en plantas diferentes y niveles superpuestos se confecciona un diagrama por planta y se indica la posición y el tipo de elementos de transporte vertical.

d. Diagrama de hilos

- **Concepto.** Este diagrama puede considerarse una variante del diagrama de recorrido.
- **Campo de aplicación.** Se emplea cuando en el estudio de los movimientos interesa conocer las frecuencias de movimiento entre dos o más puntos.
- **Formulario utilizado.** La confección de este diagrama exige la utilización de un plano del sector bajo análisis en el que se indiquen los diferentes sectores e instalaciones también bajo escala.
- **Procedimiento de realización.** La información necesaria para confeccionar este diagrama puede obtenerse con un procedimiento similar al indicado para el caso del diagrama de recorridos, con lo que se obtendrá una planilla de iguales características a las ya mencionadas. A partir de esa planilla se pinchan alfileres en el punto de arranque del proceso y en los puntos de entrada y salida de los diferentes sectores de la planta, así como también en cada uno de los puntos de cambio de dirección del recorrido observado. Sobre esos alfileres se va pasando un hilo por cada uno de los movimientos; en consecuencia, la longitud del hilo permitirá interpretar en la escala del plano las longitudes recorridas, mientras que el número de hilos entre dos alfileres indicará la frecuencia de viajes entre ellos. Dado lo relativamente complejo de su construcción, este diagrama es de aplicación en casos particulares.

e. Matriz de trayectorias

- **Concepto.** Es un cuadro o matriz de registro de movimiento de trabajadores, equipos o materiales entre diferentes sectores de la planta.
- **Objeto.** El diagrama, que puede considerarse una variante del diagrama de recorridos, tiene como principal objetivo establecer frecuencias de movimiento entre sectores especificados.
- **Campo de aplicación.** Como variante del diagrama de recorridos, se utiliza en aquellos casos en que quieran establecerse frecuencias en puntos específicos y se aproveche la sencillez de su construcción, dado que no requiere ni planos ni esquemas de lugar.
- **Formulario utilizado.** Se dibuja una matriz, la cual tiene igual cantidad de filas y columnas que responden al número de sectores que se incluyan

en el estudio. Los números de cada fila y de cada columna representan un sector, y los números de las columnas identifican el sector de partida o inicio del movimiento, mientras que los números de las filas indicarán el sector de llegada o finalización del movimiento.

- **Procedimiento de realización.** Los datos del movimiento real son previamente recogidos en una planilla de observación de movimientos, como hemos empleado en los diagramas de movimientos antes explicitados y luego volcados a la matriz. Asimismo, puede utilizarse como fuente de información sin tener que recurrir a la observación práctica, la brindada por las hojas de proceso. En la figura 9.2 podemos apreciar que desde el sector 4 se producen durante el tiempo de estudio 6 movimientos con destino al punto o sector 2, mientras que desde el punto 6 se produce el inicio de 4 movimientos hacia el sector 1; 3 movimientos hacia el sector 2, etcétera; y, analizando las llegadas, podemos por ejemplo apreciar que al sector 5 llegan 4 movimientos iniciados en el sector 2 y 1 movimiento iniciado en el sector 6. Debemos consignar que la indicación (5) registrada en el movimiento con punto de salida en el sector 4 y llegada al sector 2 indica la cantidad de unidades que han sido trasladadas en ese movimiento, lo cual configura una posibilidad de información adicional, esto es, que además de indicar el movimiento y su trayectoria se indique la cantidad de unidades involucradas en él. Lógicamente, este dato puede ser incluido en todos los registros.

Con la explicación de los diagramas de operaciones (sinóptico), de análisis del proceso (cursograma), de recorrido, de hilos y de la matriz (gráfico) de trayectorias, hemos completado los diagramas de uso habituales en el registro de actividades de los procesos, y dado que las etapas posteriores son conceptualmente similares a las que se realizarán en el caso de la aplicación de un EDM al análisis de una actividad u operación, postergamos la exposición de sus fundamentos para dar lugar a la formulación de conceptos referidos a las etapas *seleccionar* y *registrar* para el caso del EDM aplicado al análisis de las actividades u operaciones, y luego retomar el desarrollo de las siguientes etapas.

Figura 9.2. Ejemplo de una matriz de trayectoria de viajes o recorridos

		Puestos de salida						Total de llegadas
		1	2	3	4	5	6	
Puestos de llegada	1				2		4	6
	2	1			3 (5)			4
	3					3		3
	4	3		3				6
	5		4				5	9
	6	2			1	6		9
Total de salidas		6	4	3	6	9	9	

9.4. EL EDM APLICADO A LAS OPERACIONES

Hemos hecho la distinción de la aplicación del EDM a los procesos y a las actividades como medio de facilitar la interpretación conceptual de la diferencia de puntos de vista que existen entre ambos y poder apreciar con mayor facilidad el campo de aplicación de los diferentes diagramas que permiten sistematizar los registros de observación de las actividades sometidas al análisis de métodos.

9.4.1. La etapa definir en el EDM aplicado a las operaciones

El contenido de esta tarea prácticamente sería nulo si la selección de la actividad fuese consecuencia directa de un EDM aplicado al proceso del cual esta actividad forma parte. Si ello no fuese así –esto es, si la causa que define la necesidad de realizar un EDM aplicado a una actividad específica– en la etapa de seleccionar se deberá encarar el encuadre dentro de la aplicación de criterios derivados de los objetivos establecidos para el particular estudio a realizar, utilizando los mismos conceptos con los cuales hemos comentado la etapa definir en el caso del EDM aplicado al análisis de procesos. Es decir que deberemos encarar lo siguiente: expresar el objetivo central y las prioridades de objetivos secundarios, establecer límites y restricciones, y delinear un plan de actividades. Lógicamente, estas tareas serán desarrolladas atendiendo a la actividad sobre la que se desarrollará el EDM.

9.4.2. La etapa de registrar en el EDM aplicado a las operaciones

A la hora de realizar la etapa de registrar en un EDM aplicado a las actividades u operaciones se tiene la posibilidad de usar los siguientes diagramas según el caso:

a. Diagrama bimanual

- **Concepto.** Este diagrama permite representar simbólicamente los movimientos de las manos de un operario que realiza una tarea de acuerdo con un método definido (también se lo conoce como diagrama de la mano derecha e izquierda y como diagrama del proceso del operario).
- **Objeto.** El objeto de este diagrama es permitir registrar para luego analizar los movimientos de las manos del operario, de modo de detectar los movimientos ineficientes y lograr un ciclo de trabajo más armónico y eficaz.
- **Campo de aplicación.** El uso de este diagrama está especialmente recomendado para las tareas de armado o montaje de elementos que requieran el uso simultáneo de ambas manos y que sean altamente repetitivos.
- **Diseño del formulario.** Si bien los diferentes autores coinciden en el concepto y el objeto del diagrama, no sucede lo mismo con el diseño del formulario a emplear. En la metodología de la OIT, el diseño del documento (figura 6 del apéndice) nos permite apreciar la existencia de dos áreas básicas que se utilizan para indicar el movimiento de cada mano y a su vez cada área dividida en cinco columnas; una de ellas se utiliza para la descripción literal del movimiento, y las otras cuatro para representar los símbolos de cada una de las actividades posibles de las manos. El símbolo de operación se emplea para actos como asir, sujetar, soltar, etcétera; el de transporte, para todo movimiento de la mano con o sin material; el de espera, para inactividad de la mano; mientras que el de almacenamiento se emplea con el objeto de indicar el acto de sostener una pieza o herramienta. En otras metodologías suele utilizarse otro tipo de nomenclatura, que se considera más adecuada para la actividad real de las manos. Esta se consigna de varias maneras: como operación, y se representa con el símbolo (O) a toda tarea de manipulación de material o de herramientas utilizadas en la tarea; como transporte con carga, cuando la mano se mueve sosteniendo una carga, y se indica con (TL); como transporte sin carga (TE), cuando hay un movimiento de la mano sin carga; como sostenimiento (H), cuando hay un acto de sostener un elemento; y como descanso (R), cuando hay inactividad de la mano.
- **Procedimiento de realización.** La confección del diagrama exige un procedimiento cuidadoso de observación previa al registro, de modo de ir conformando una apreciación del ciclo, luego se debe registrar una mano por vez y anotar en cada renglón las sucesivas actividades de la mano, y

finalmente hay que verificar que las acciones registradas en cada renglón correspondan a movimientos simultáneos de ambas manos. Existen otros procedimientos¹⁶ de registro de movimientos de las manos que permiten un tipo de registro de mayor detalle que el bimanual, pero son sumamente específicos y requieren complejos elementos de observación y análisis, y consecuentemente están reservados para operaciones manuales de ensamblado de un elevadísimo número de repeticiones, un campo de aplicación virtualmente desaparecido en la actualidad pues la tendencia es a eliminar ese tipo de tareas, ya sea por ensamblado automático o por sustitución de la tarea debido a la utilización de otras tecnologías en la fabricación de componentes. En el ejemplo 5 del anexo podemos observar un diseño de formulario de diagrama bimanual, el cual hemos adoptado simplemente por practicidad de diseño.

b. Diagrama hombre-máquina

- **Concepto.** Este diagrama permite representar la interacción de un operario y la máquina que atiende.
- **Objeto.** El objeto de este diagrama es permitir registrar las fases de actividad del operario y de la máquina, de modo de poder analizar la realización del ciclo con el fin de optimizar su desarrollo.
- **Campo de aplicación.** Básicamente, en aquellas tareas de maquinado o de relación hombre-medio de elaboración.¹⁷
- **Diseño del formulario.** Si bien no existe un formulario normalizado de uso universal, el principio de diseño es similar en la mayoría de los casos. En el ejemplo 6 del anexo se puede apreciar un diseño habitual de formulario para diagrama hombre-máquina. Como todo formulario de registro de observaciones utilizado en estudio de métodos, existe un área del documento destinada a identificar con precisión las características de la actividad observada y otra para el registro propio de la observación, la cual está subdividida en dos columnas, una para la actividad del operario y otra para la actividad de la máquina, mientras que en forma horizontal expresa, en determinada escala, los tiempos observados, y

¹⁶ Los procedimientos a los que hacemos referencia son los denominados *sistemas de tiempos predeterminados* en sus diferentes variantes. En el capítulo 11: *Estudio de tiempos*, haremos referencia a algunos de ellos. Asimismo, se han realizado filmaciones de tareas manuales con el objeto de un profundo análisis posterior de sus movimientos. En la actualidad, los trabajos manuales de ensamblado que requieran un alto número de repeticiones son realizados por sistemas automáticos o semiautomáticos que disminuyen la intervención del hombre como factor de rendimiento de la tarea y, por ende, de la profundidad de observaciones a realizar.

¹⁷ En rigor, el diagrama es conceptualmente aplicable al registro de actividad de dos elementos cualesquiera que interactúan entre sí.

se debe especificar que en la rigurosidad de registro de los tiempos, observación simple o procedimiento de estudio de tiempos, estará dada la finalidad de uso del registro; asimismo, es conveniente tener una idea previa de la duración del ciclo a los fines de elegir la escala de tiempos más adecuada a la representación.

- **Procedimiento de realización.** La confección de un diagrama H-M reconoce dos puntos de partida: el primero es consecuencia de un estudio de tiempos desarrollado sobre una tarea de maquinado y de la cual se desea profundizar el estudio de la interrelación entre la actividad del operario y la actividad en ciclo automático de la máquina; mientras que el segundo punto de partida es para registrar, en forma esquemática, dicha interacción. El diagrama debe registrar un ciclo completo de la actividad en el momento en que esta se encuentra en la etapa de repetición rutinaria, es decir, liberada de las influencias de la puesta en marcha de la máquina o de cualquier cambio que afecte esa rutina, como cambio de alimentador, interacción aleatoria con el supervisor, etcétera. La realización del diagrama impone, en el caso de la primera opción de punto de partida, la condición de que exista un método de trabajo de la operación y se hayan definido los tiempos de los diversos elementos que configuran la tarea. Obsérvese que el objeto del diagrama es el de posibilitar el análisis de la interacción entre el operario y la máquina, y para poder hacerlo es requisito disponer de los tiempos establecidos para cada elemento. Para el segundo punto de partida, el requisito es la observación directa de la operación, pero deberá tenerse en cuenta la influencia del ritmo de trabajo del operario.¹⁸

c. Diagrama de actividades múltiples

- **Concepto.** Este diagrama permite representar los tiempos de actividad/inactividad de un conjunto de factores concurrentes en un puesto de trabajo en una actividad. En rigor, este diagrama puede comprender el diagrama hombre-máquina como caso particular; si lo presentamos por separado es simplemente por razones didácticas.
- **Objeto.** Permitir el análisis de las interacciones de tiempos de actividad/inactividad de los diferentes factores involucrados en una operación.
- **Campo de aplicación.** Este diagrama está especialmente aconsejado para el caso de que se quiera estudiar la actividad simultánea de varios factores en un puesto de trabajo, como la actividad de un operario que atiende varias máquinas automáticas o semiautomáticas, la actividad conjunta de varios

¹⁸ En nuestra opinión, el diagrama H-M así realizado solo tiene valor aproximativo.

operarios que trabajan sobre un objeto en elaboración, etcétera, es decir, la interacción de diversos factores.

- **Diseño del formulario.** El diseño del formulario a utilizar con el fin de sistematizar la información observada sigue los lineamientos generales dados para el diagrama hombre-máquina, con la salvedad de que debe dibujarse una columna de información por cada factor en estudio.
- **Procedimiento de realización.** Dado que el diagrama H-M puede considerarse como un caso particular de este diagrama, su confección debe seguir las indicaciones que en aquel caso hemos dado.

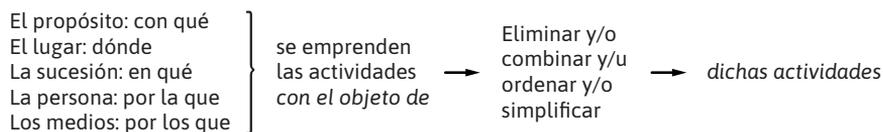
9.4.3. Punto de unificación del EDM

Hemos completado la descripción de los formularios de registro de observación que normalmente son utilizados en el EDM, ya sea cuando los aplicamos al estudio de los procesos como al estudio de las operaciones, y es conveniente recordar que todos los diseños de los diferentes documentos contienen un área destinada a la identificación precisa de quién realiza la observación, de las condiciones de su realización y de la actividad observada en sí, y de todas las características relevantes de cada una de ellas. Esta indicación que hemos realizado ocasionalmente en algún documento es extensiva a todos y se considera fundamental para la etapa de análisis. Continuamos ahora con el desarrollo de las diferentes tareas del EDM, las que se aplican por igual cuando este se aplica tanto a los procesos como a las operaciones.

9.4.4. La etapa de examinar

El objeto de esta etapa, también denominada de *analizar*, es someter a todos los factores involucrados en cada una de las actividades bajo estudio a una rigurosa confrontación de su justificación frente a los requisitos emanados del objetivo que guía la aplicación del EDM. Según Niebel, La experiencia ha demostrado que prácticamente todas las operaciones pueden mejorarse si se estudian suficientemente. Puesto que el procedimiento del análisis sistemático es igualmente efectivo en industrias grandes y pequeñas, en talleres y en la producción en masa, se puede concluir que el análisis de la operación es aplicable a todas las actividades de fabricación, administración de empresas y servicios del gobierno (1993).

Una herramienta adecuada para el objeto de esta tarea, siguiendo los lineamientos de la OIT, está dada por la denominada *técnica del interrogatorio*, que podemos definir como el medio de efectuar un examen crítico sometiendo sucesivamente a cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas para justificar la actividad frente a los requisitos emanados del objetivo del estudio. Se indican a continuación las preguntas que se realizan en un orden bien determinado para averiguar el propósito, el lugar, la sucesión, la/s persona/s y los medios involucrados en la realización de la tarea:



La técnica del interrogatorio comprende dos niveles de cuestionamiento: uno denominado *preliminar*, cuyo objeto es poner en tela de juicio cada actividad registrada con el objetivo de justificar el propósito, el lugar, la persona y los medios de ejecución de la actividad; y otro denominado *de fondo*, que constituye la segunda fase de cuestionamiento, en la cual se prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, a fin de mejorar el método empleado, sería factible y preferible reemplazar por otros el lugar, la sucesión, la persona o el medio, o todos ellos.

a. El cuestionario preliminar

El cuestionario preliminar comprende las siguientes preguntas:

- Propósito: ¿qué se hace (o se obtiene) en realidad?; ¿por qué hay que hacerlo?
- Lugar: ¿dónde se hace?; ¿por qué se hace en ese lugar?
- Sucesión: ¿cuándo se hace?; ¿por qué se hace en ese momento?
- Persona: ¿quién lo hace?; ¿por qué lo hace esa persona?
- Medios: ¿cómo se hace?; ¿por qué se hace de ese modo?

Las preguntas respecto del propósito de la actividad tienen por finalidad verificar la consistencia de la actividad frente al objeto del proceso o de la actividad como parte del proceso; recordemos la relación actividad-costo-valor.

b. El cuestionario de fondo

La segunda fase del análisis consiste en ampliar el cuestionario con preguntas que prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si, a fin de mejorar el método empleado, sería factible y preferible reemplazar por otros el lugar, la sucesión, la persona o el medio, de modo de lograr una actividad consistente con el objeto del estudio encarado. En consecuencia, al cuestionario preliminar se le agrega:

- Del propósito: ¿qué otra cosa podría hacerse?; ¿qué debería hacerse?
- Del lugar: ¿en qué otro lugar podría hacerse?; ¿dónde debería hacerse?
- De la sucesión: ¿cuándo podría hacerse?; ¿cuándo debería hacerse?
- De la persona: ¿qué otra persona podría hacerlo?; ¿quién debería hacerlo?
- De los medios: ¿de qué otro modo puede hacerse?; ¿cómo debería hacerse?

En forma similar, Niebel especifica que la tarea de analizar la técnica de los cuestionarios es una herramienta de adecuada utilización, la cual desarrolla sobre diez puntos de vista o aspectos particulares del proceso sometido a estudio. Esos puntos de análisis son:

- Propósito de la operación.
- Diseño de la parte o pieza.
- Tolerancias y especificaciones.
- Materiales.
- Proceso de fabricación.
- Preparación y herramental.
- Condiciones de trabajo.
- Manejo de materiales.
- Distribución de la planta.
- Principios de economía de movimientos.

Dado que todas las actividades que forman parte del proceso de fabricación del producto suman costo y no todas suman valor,¹⁹ la preocupación del analista no solo debe pasar por anular del proceso aquellas actividades que no suman valor, sino también anular o reducir el contenido de trabajo de aquellas que suman valor al producto.

Al igual que la OIT, Niebel sugiere la utilización de cuestionarios que permitan el análisis crítico de los puntos sobre los que hace foco. En este camino, respecto del *propósito de la operación*, se pregunta: ¿qué finalidad tiene la operación que se realiza?, ¿se puede eliminar la operación?, ¿se puede combinar con otra?, ¿cómo puede mejorarse la operación?, ¿puede mejorarse la secuencia de operaciones?, etcétera.

Respecto del diseño de la pieza, el analista de proceso no debe aceptar que el *diseño del producto* sea inmodificable, sino que debe realimentar a los ingenieros de producto con sugerencias y observaciones sobre modificaciones de diseño y materiales utilizados que permitan un proceso de fabricación más económico. En el mismo sentido, el análisis de las *tolerancias de fabricación* puede llevar a modificar aquellas tolerancias cuya rigurosidad no se compatibiliza con su uso. Demos al término *rigurosidad* el doble sentido de *estricto*, en un extremo, o *amplio*, en el otro. Asimismo, debe tenerse en cuenta que el concepto de *tolerancia* hace a la calidad del producto; en consecuencia, su análisis debe realizarse desde el punto de vista de la calidad requerida del producto.

¹⁹ Recordemos que para nuestro análisis el valor del producto lo establece el cliente cuando lo relaciona con la capacidad de satisfacer la necesidad que originó su adquisición y con las condiciones en que requiere el producto. En consecuencia, una actividad sumará valor al producto cuando lo acerque a las condiciones requeridas por el cliente.

Los materiales a utilizar en el producto dependen de varias consideraciones, como los usos y costumbres de la empresa, el grado de conocimiento tanto de los materiales como de las facilidades de su procesado que el diseñador disponga, de las condiciones del mercado en un momento dado, etcétera; por consiguiente existe un amplio campo de participación del analista de proceso en la sugerencia de alternativas. Un aspecto importante en la formación del costo está dado por la estandarización de materiales, debido a que la unificación de materiales permite su adquisición en cantidades mayores, reduce las necesidades de *stocks* de protección, etcétera.

Respecto del *proceso de fabricación*, las líneas generales tienden a automatizar aquellas operaciones de mayor frecuencia repetitiva, aunque no debe descartarse de ningún modo el mejoramiento de las operaciones manuales o combinadas por medio de la aplicación de pequeños dispositivos que faciliten la sujeción de piezas, sistemas de expulsión de piezas por medio de elementos mecánicos, de aire comprimido o gravedad, etcétera. La idea de hacer dos piezas por vez puede ser aplicable en determinadas circunstancias. Alimentadores automáticos, por gravedad, etcétera, son elementos a considerar en cada caso particular.

Con el mismo sentido, el análisis de factores como las *condiciones de trabajo*, en un todo de acuerdo con los aspectos ergonómicos y antropométricos que oportunamente mencionáramos, y *el manejo de materiales* a través de técnicas sencillas, como la estiba en embalajes normalizados, transportes por gravedad o cintas transportadoras, son circunstancias que junto con un adecuado *layout o distribución de planta*, que tenga por objeto facilitar la circulación de materiales y personas, son elementos que no deben dejar de tenerse presentes en el momento del análisis de un proceso, al igual que el empleo de los *principios de economía de movimientos*²⁰ en la consideración de las tareas del operario.

9.4.5. La etapa de desarrollar

A partir del análisis crítico y sistemático, como expresan tanto la OIT como Benjamin Niebel, debe encararse el *desarrollo de soluciones alternativas* que atiendan al objetivo de mejorar el proceso (o la operación) de acuerdo con el objetivo oportuno.

²⁰ Los principios de economía de movimientos fueron el resultado de los trabajos de los esposos Gilbreth, quienes estudiaron las características de los movimientos que realizaban los operarios en tareas manuales repetitivas, como generalmente se da en las operaciones de ensamblado manual. Estos estudios, perfeccionados luego, principalmente por Ralph Barnes, establecen 21 indicaciones o principios fundamentales agrupados en tres subdivisiones básicas: las relativas al uso del cuerpo humano, basadas en la fisiología de la persona humana; y las relativas a la disposición y condiciones del puesto de trabajo, basadas en que el diseño del puesto de trabajo tenga en cuenta la simplificación de tareas a través de la aplicación de los conceptos de la ergonomía y la antropometría, cuyos conceptos también se hacen extensivos al diseño de herramientas y equipos utilizados en el puesto de trabajo.

tunamente establecido. La tarea de desarrollar soluciones tiene un componente imaginativo en el mismo sentido que cuando nos ocupamos del proceso de diseño de un producto; a partir de su definición comercial, decimos que ello es un acto imaginativo de esencia intuitiva.

Dado que resulta difícil establecer normas o procedimientos que permitan imaginar, es necesario establecer que, sin lugar a dudas, como abona la experiencia, un análisis exhaustivo del procedimiento actual, como el conocimiento profundo de las técnicas utilizadas, contribuye a facilitar el camino de desarrollar soluciones. En el mismo sentido que en el diseño del producto, a la tarea de creación le sigue la de *concreción*, es decir, la aplicación de las técnicas y conocimientos que permiten materializar la creación; a la tarea de imaginar o crear un nuevo proceso (u operación) le sigue la tarea de su concreción, es decir, recurrir a las tecnologías y conocimientos que hagan posible su materialización.

El conocimiento amplio de tecnologías, procesos, métodos, dispositivos, etcétera, contribuirá a facilitar el proceso de creación de soluciones alternativas. Si bien las tareas que agrupan las diversas actividades que comprende la ejecución de un EDM las presentamos esquemáticamente como etapas independientes y sucesivas, son en la realidad tareas que interactúan entre sí y con el/los diseñadores del proceso. Esta interacción tiene la ventaja de facilitar el desarrollo de soluciones alternativas, pero al mismo tiempo parcializa la visión del problema que obtiene el analista; es por ello que es aconsejable tratar de desarrollar las soluciones alternativas desde diferentes ángulos o puntos de vista, pues ello nos permitirá dejar de lado usos y costumbres que habitualmente incorporamos a nuestros desarrollos sin un adecuado análisis de su valor.²¹

Como decíamos precedentemente, es difícil, y por qué no casi imposible, establecer procedimientos de *tener o desarrollar ideas*, pero esa es la tarea esencialmente creativa de la aplicación del EDM y, sin dudas, una de las usinas de mejoras de la productividad. Un procedimiento aplicable a esta etapa del EDM es el conocido *brainstorming* o *tormenta de ideas*,²² que configura una técnica basada en la reunión de varias personas con el objeto de proponer soluciones para un problema. Esta técnica tiene la particularidad de que nos enfrenta a los diferentes puntos de

²¹ En términos generales, cada sistema productivo, de alguna forma, tiene definido su *paradigma productivo*, que condiciona fuertemente nuestros puntos de vista y, por ende, nuestra posibilidad de pensamiento. Si bien dentro de ese paradigma es posible la mejora, no debe descuidarse el cambio de paradigma productivo como posibilidad de mejora. En este caso conviene recordar que el cambio de paradigma significa pasar de un sistema productivo tipo *push* a otro tipo *pull*.

²² El *brainstorming* o *tormenta de ideas* consiste en la reunión de especialistas en proceso, en fabricación, etcétera, para exponer probables soluciones a un problema o establecer diferentes puntos de vista sobre un tema. La mecánica de la reunión exige que cada idea sea escuchada atenta y respetuosamente; luego se trata de unir las características comunes de las diferentes exposiciones y, finalmente, extraer conclusiones para valorar.

vista de los participantes, con lo cual podemos evitar el acostumbramiento que anteriormente mencionamos.

9.4.6. La etapa de adoptar

La etapa de adoptar soluciones implica determinar cuál de las soluciones alternativas propuestas es la mejor para la solución del problema objeto del EDM. El concepto de la mejor solución es aquella que mejor se ajusta a los requerimientos del objetivo buscado en el desarrollo del EDM. Como hemos indicado en la descripción de las tareas de *definir*, los objetivos de un EDM deben poder expresarse cuantitativamente, y el mismo criterio debe adoptarse en relación con las prioridades cuando exista más de un objetivo a alcanzar.

A partir de estas consideraciones, las diversas soluciones alternativas propuestas deben expresarse de acuerdo con los objetivos así establecidos. Un procedimiento que nos permite la ponderación de las soluciones alternativas frente a los requerimientos de los objetivos del EDM está dado por la aplicación de la matriz de ponderación en la que expresamos la participación de cada objetivo en cada solución particular.

Para ello se conforma una matriz que en las columnas expresa los requerimientos objetivos, y las filas indican las diversas soluciones alternativas, como se indica en la tabla 9.4. En esta tabla indicamos en valores comprendidos entre 0 y 10 la relación que existe entre un factor objetivo y una solución alternativa. En el caso del factor objetivo 1, hemos valorado con 5 la solución 1; con 7 la solución alternativa 2, etcétera.

Tabla 9.4. Elección de la mejor alternativa

	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Valoración
Solución 1	5	3	8	16
Solución 2	7	3	2	12
Solución 3	6	8	6	20

Con el mismo criterio se trabaja con los restantes factores objetivos, de modo que a cada solución alternativa le corresponda un puntaje total. En el ejemplo, para la solución 1 es 16 puntos, para la solución 2 es 12 puntos, mientras que la solución 3 acumula 20 puntos y, en consecuencia, podemos considerarla la mejor de las soluciones alternativas.

Debemos tener presente que en este ejemplo, en el que cada factor objetivo participa con la misma incidencia, si por el contrario la incidencia de los factores objetivos fuese diferente, la tabla 9.4 pasaría a ser como expresamos en la tabla 9.5. En el ejemplo anterior hemos establecido que el factor objetivo 1 tiene una

incidencia del 50% en la solución, mientras que el 2 y el 3 participan con el 30 y el 20%, respectivamente.

Si bien no cambia la ponderación de cada factor objetivo en cada solución alternativa, sí va a modificarse su ponderación, pues ahora al valor absoluto asignado hay que afectarlo al porcentaje de participación que ese factor objetivo tiene establecido como objeto del EDM. Así, podemos observar que, con la definición de objetivos del EDM en desarrollo, la mejor solución es ahora la número 1.

El procedimiento de ponderación de soluciones indicado *no configura el procedimiento* único de decisión de elección entre las alternativas propuestas.²³ Así, por ejemplo, del campo de la investigación operativa podemos extraer diversas herramientas aplicables de acuerdo con las circunstancias y características del estudio desarrollado.

Tabla 9.5. Elección de la mejor alternativa utilizando ponderación

	Objetivo 1		Objetivo 2		Objetivo 3		Valoración
		50%		30%		20%	
Sol. 1	5	2,5	3	0,9	8	1,6	5
Sol. 2	7	3,5	3	0,9	2	0,4	4,8
Sol. 3	6	3	8	2,4	6	1,2	6,6

9.4.7. La etapa de implementar

En esta etapa debemos desarrollar un conjunto de actividades que deben ser convenientemente planificadas y ejecutadas, pues en muchas ocasiones una inadecuada implementación conspira contra el éxito que se pretende alcanzar. Estas tareas son *difundir, disponer, instruir e iniciar*.

Debemos tener presente que una característica del ser humano es su oposición al cambio. Dicha oposición, que puede estar motivada por la concurrencia de diferentes factores, como el temor a lo desconocido, la creencia de que el nuevo procedimiento atenta contra su continuidad laboral, la falta de conocimiento de los objetivos del EDM realizado, la pérdida del supuesto ámbito de poder que implica el conocimiento de la actividad a reemplazar, el rechazo a la imposición arbitraria del cambio, etcétera, puede alcanzar diferentes magnitudes y formas de expresión del descontento causado por el cambio a enfrentar.

El analista debe tener presente que puede enfrentarse a situaciones de crítica abierta y a la extrema situación de una oposición silenciosa y sistemática que tiene

²³ Diferentes ideas acerca de adopción de decisiones pueden obtenerse en Drucker *et al.* (2004).

por objetivo desacreditar tanto la solución propuesta como a sus autores. No debe pensarse que la motivación a la crítica de las soluciones estará fundada siempre en actitudes poco éticas por parte del personal involucrado, es necesario tener presente tanto las diferentes teorías de motivación que la psicología ha aportado a la ciencia de la administración como los aportes de la sociología al estudio de las características de los grupos humanos que conforman el plano social de la empresa.

La tarea de *difundir* está fundada en las consideraciones precedentes; el conocimiento amplio y adecuado de los fundamentos y objetivos del estudio puede eliminar suspicacias de parte del personal. Su participación en el desarrollo de las diferentes etapas del estudio facilita su adhesión a las soluciones alcanzadas y su compromiso con la aplicación exitosa de la solución.

La tarea de *disponer* tiene por objeto evitar un problema que con mucha frecuencia sucede: que se define el momento de la puesta en práctica de la solución propuesta y se carece de los elementos indispensables para su aplicación. Dispositivos, herramientas, instrucciones, procedimientos deben estar perfectamente establecidos y disponibles en el momento y la forma requeridos al iniciar la aplicación de la solución elegida.

Si bien las actividades que comprende la tarea de *instruir* pueden comprenderse dentro del conjunto de tareas de *disponer*, hemos querido puntualizar la importancia de la instrucción necesaria para que el personal involucrado conozca perfectamente las exigencias y requerimientos a los cuales deberá adaptarse en el momento de iniciación del nuevo procedimiento.

La tarea de *iniciar*, en rigor, más que una tarea comprende un instante o momento de inicio, que deberá ser consensuado con las diferentes partes involucradas (personal, supervisión, etcétera) y que, asimismo, exigirá la presencia del analista en la observación y el apoyo de la tarea que se inicia.

RESUMEN

Es evidente que la resolución de problemas por medio de un método sistemático como el presentado en este capítulo nos permite garantizar buenos resultados. Si, por el contrario, el resultado no es el esperado (si no cumple con los objetivos planteados), podrá realizarse nuevamente el método atendiendo con mayor profundidad cada una de las etapas, especialmente aquellas en las que se registra la actividad actual, el examen crítico y sistemático, y la generación de alternativas.

En general, la experiencia indica que el método aquí presentado, si es rigurosamente puesto en marcha, asegura resultados exitosos, teniendo en cuenta que, bajo la filosofía de la mejora continua, es conveniente periódicamente aplicarlo, y así llegar a situaciones reales cada vez más cercanas al ideal y que permitan subir los índices de productividad.

Estudio de casos

Como se ha mostrado a través de estas páginas, el objetivo de la aplicación de la ingeniería de métodos es aumentar la productividad mediante la reducción de la cantidad de trabajo y tiempo requeridos para la ejecución de las distintas labores. Como se puede observar en los documentos que se presentan aquí, son muchas las ventajas que se obtienen cuando se aplican correctamente los principios y conceptos de la ingeniería de métodos.

Aplicación de la ingeniería de métodos en el proceso de producción de paletas en la empresa cubana Servicios Logísticos S.A.

Raúl D. Sasson Rodés y Yudiesky Moreno Curbelo
Servicios Logísticos S.A., representación centro, Cuba

Junto con la revolución científico-técnica que se ha manifestado en este último siglo, ha surgido una transformación profunda en los métodos de análisis e investigación de los fenómenos, y, en consecuencia, también sucedió con el grado de desarrollo alcanzado por la ciencia y con las posibilidades que brindan los altamente evolucionados equipos e instrumentos de apoyo a la investigación y el tratamiento de la información y el control puestos al servicio del hombre. Es así que, en la pasada centuria, surge el estudio del trabajo con una disciplina técnica y científica, cuya categoría ha sido elevada por el desarrollo de las fuerzas productivas, que las impuso en los procesos de producción, transportación y servicios en el puesto de trabajo, fundamentalmente para el logro o diseño del sistema hombre-medio de producción de manera más eficiente.

El estudio del trabajo tiene como objetivo general la conjugación más racional de las técnicas y de los hombres en el proceso único de producción. Está íntimamente vinculado a la organización de la producción y a la dirección, tanto en el terreno teórico como en el práctico. Una de las técnicas de gran utilidad para mejorar procesos productivos y de servicios es la ingeniería de métodos o el análisis de operación, que tiene por objeto idear procedimientos para incrementar la producción por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios, mientras se mantiene o mejora la calidad. Esta técnica se define como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo escrutinio, con vistas a introducir mejoras que faciliten la realización del trabajo y que permitan que este se haga en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida. El análisis de los gastos de tiempo tiene una gran importancia en la organización del trabajo, ya que posibilita conocer cómo se utilizan esos gastos en el proceso de trabajo. Este trabajo tiene como objetivo general hacer un estudio de métodos en los flujos de producción de las paletas de intercambio de madera para analizar el impacto de estas técnicas en la eficiencia de la organización, que se traduce en una mejor respuesta al mercado.

Ejercicios

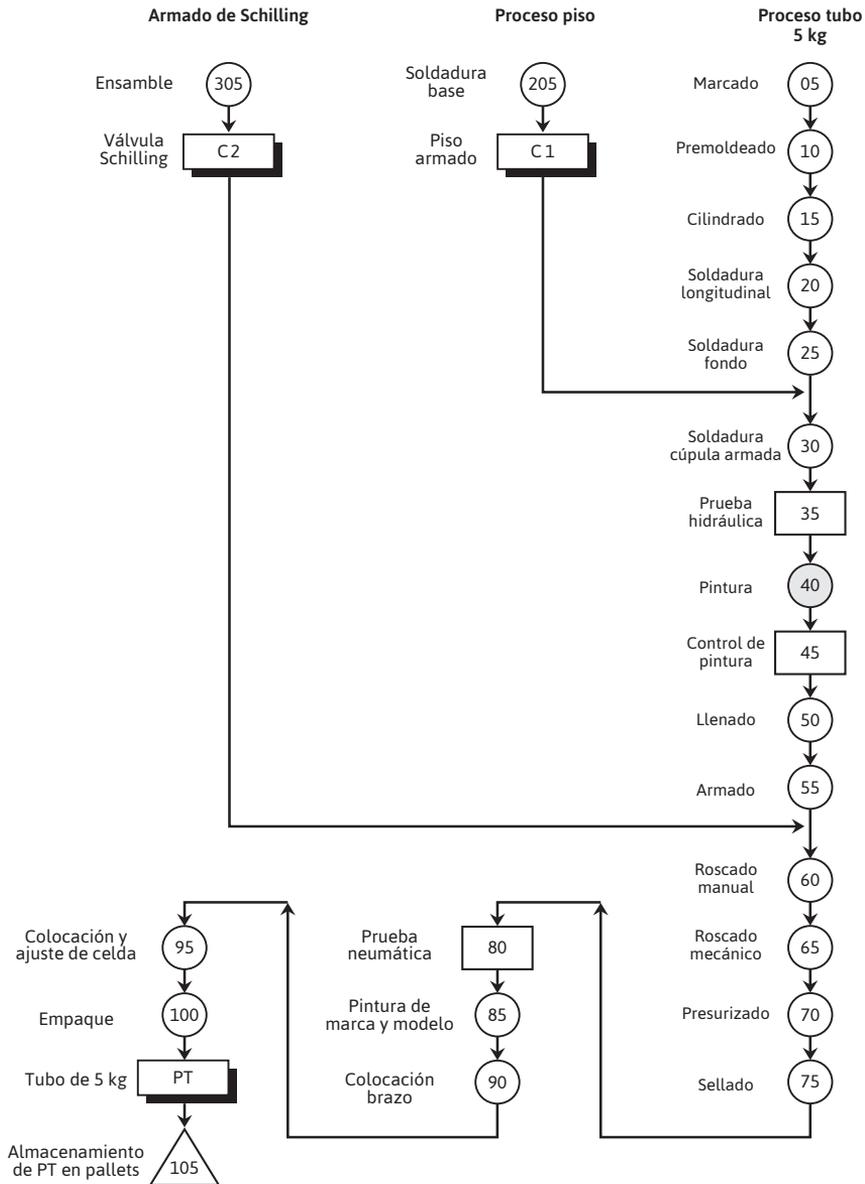
1. Explique qué es el estudio de métodos.
2. ¿Por qué se dice que mejora la productividad? Adicione a la explicación una justificación matemática.
3. ¿Cuáles son las etapas del EDM? Descríbalas sintéticamente.
4. ¿Qué tipos de registros reconoce para documentar procesos? Ejemplifique y describa sus planillas típicas.
5. ¿Qué tipos de registros reconoce para documentar operaciones? Ejemplifique y describa sus planillas típicas.
6. Describa el cuestionario preliminar y ejemplifique.
7. Describa el cuestionario profundo y ejemplifique.
8. ¿Qué objeto busca un cuestionario? ¿En qué etapa del EDM se utiliza?
9. ¿Cómo elige la mejor opción? Ejemplifique con distintas alternativas que permitan mejorar la condición del aula en la que se encuentra cursando.
10. ¿En qué casos se aplica el EDM? ¿Imagina usted otros casos? ¿Cuáles?
11. Aplique el método para solucionar un problema crónico de su vida personal, describa luego el proceso llevado a cabo y los resultados obtenidos.
12. Observe el video que encontrará en este enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=eAgWUemkkw0>. Luego, realice un diagrama bimanual.
13. Observe el video que encontrará en este enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=aZgEDJiY2no>. Luego, realice un diagrama hombre-máquina.
14. Realice un cursograma sinóptico correspondiente a la fabricación de un banquito de madera como el de la siguiente imagen:



ANEXO

Planillas de registro

Ejemplo 1. Diagrama de operaciones del proceso

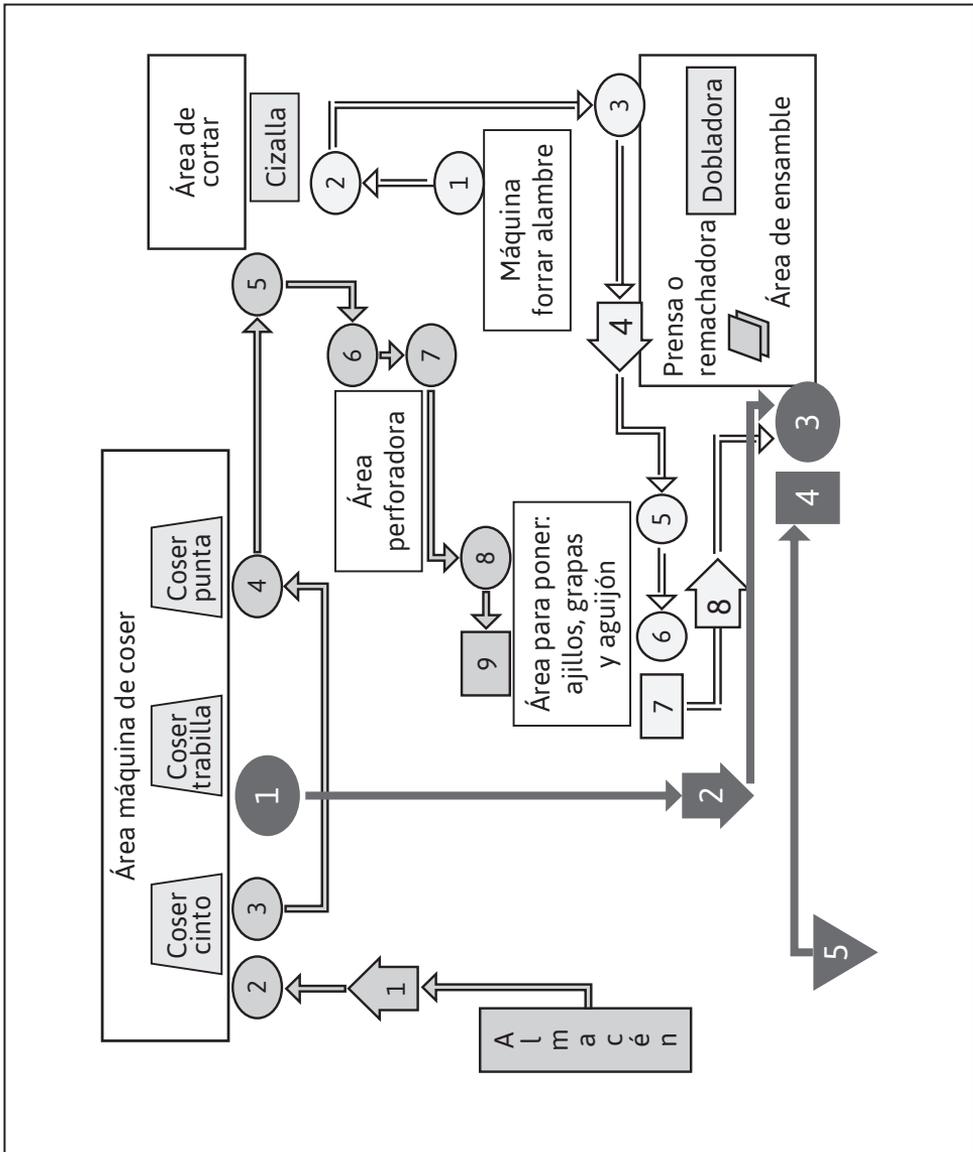


Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo 2. Diagrama de análisis de proceso

Página	1 de 1	Método actual	x	Método propuesto				
Proceso	Elaboración perro caliente							
Resumen	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección			
Cantidad total	12	8	2	0	1			
Tiempo total (s)	720	500	90	0	60			
Distancia total (m)	101	0	101	0	0			
Actividades	Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección	Tiempo	Distancia	Observaciones
1 Alistar la materia prima						1 m 10 s		Alistar y revisar el estado del producto
2 Sacar las salchichas del empaque						5 s		
3 Cocinar las salchichas en agua						5 m		
4 Tajar el pan						30 s		El pan debe abrirse por la mitad sin despegarlo en su totalidad
5 Trasladar el pan hasta el horno						30 s	1 m	
6 Esperar hasta que el pan esté dorado						1 m		
7 Poner la salchicha en medio del pan						10 s		
8 Agregar los vegetales (cebolla)						35 s		
9 Agregar pollo y champiñón						25 s		
10 Agregar papas picadas						25 s		
11 Agregar salsas						1 m 10 s		
12 Entrega final						1 m	100 m	

Ejemplo 3. Diagrama de recorridos o de trayectorias



Ejemplo 4. Diagrama bimanual

Diagrama1	Hoja 1	Disposición del lugar de trabajo
Dibujo y pieza		
Operación		
Suajado de hojas salidas de offset		
Lugar: empresa Maxprint		
Operario		
Compuesto por:		
Bermúdez, Gómez, Ruiz		

Descripción mano derecha	○	←	◐	▽	▽	◐	→	○	Descripción mano izquierda
Desplaza a materia prima									Desplaza a máquina para suaje
Toma hoja	●							●	Espera
Desplaza a máquina para suaje								●	Espera
Coloca hoja en máquina para suaje	●							●	Espera
Regresa a materia prima								●	Espera
Toma hoja	●							●	Toma hoja máquina para suaje
Desplaza a máquina para suaje								●	Desplaza a P.T.
Coloca hoja en máquina para suaje	●							●	Coloca suajado en P.T.
Regresa a M.P.								●	Regresa a máquina para suaje

	Resumen			
	Actual		Propuesto	
	Izq.	Der.	Izq.	Der.
Método				
Operaciones	2	4	-	-
Transporte	3	5	-	-
Esperas	4	0	-	-
Sostenimiento	0	0	-	-
Totales	9	9	-	-

Ejemplo 5. Diagrama hombre-máquina actividades múltiples

Operario	Tiempo	Inyector 1	Tiempo	Ensambladora	Tiempo	Inyector 2	Tiempo
Desc. iny. 1	2	Descarga	2				
Arranca iny. 1	1	Arranca	1				
Rebabeado manual	3						
Desc. ens.	2			Descarga	2		
Carga ens.	1			Carga	1		
Desc. iny. 2	2					Descarga	2
Arranca iny. 2	1					Arranca	1
Rebabeado manual	3						
Desc. ens.	2						
Carga ens.	1						

Ciclo: 18 min
 Producción por ciclo: 2 piezas
 Piezas por día: 2 x 480 / 18 min = 53,3 = 53 piezas

CAPÍTULO 10

TÉCNICA DE LAS OBSERVACIONES INSTANTÁNEAS O MUESTREO APLICADA A LA MEJORA DE PROCESOS

Desarrollaremos en este capítulo una técnica sencilla y muy práctica que, si bien tiene dos aplicaciones, una de ellas será descrita en un capítulo futuro. Aquí aplicaremos el muestreo como herramienta que permite detectar problemas en una industria.

En la unidad elemental de transformación (UET), como oportunamente hemos establecido, el recurso humano y el tecnológico interactúan entre sí intercambiando energía e información, lo que produce una transformación sobre un flujo material que está sometido a condicionantes provenientes del ambiente externo. Esa interacción produce a su vez influencias sobre dicho ambiente. Este concepto de UET nos permitió definir el sistema laboral como una vinculación de n UET. Como todo sistema de transformación, el sistema laboral puede definir su aptitud para producir una transformación como relación entre lo producido (salida P) respecto de lo ingresado (entrada E); en consecuencia, su relación de transformación es $\eta = P/E$.

Figura 10.1. Representación esquemática de un sistema laboral capaz de transformar entradas en productos



En los sistemas laborales, esta relación se denomina *productividad*, a la que recordamos como un índice indicador de la aptitud del sistema laboral para transformar insumos en bienes y/o servicios (productos en general). *La productividad pasa a ser un indicador de base en la gestión de un sistema laboral dado que demuestra su aptitud en su capacidad de transformación.*

Una visión amplia de los factores componentes nos indican que, además de los mencionados (materiales, mano de obra y equipo), debemos tener en cuenta otros factores implícitos o no en su definición, como las fuentes de energía que requieren el uso de los recursos tecnológicos, las herramientas que se utilizan en el proceso, las interacciones entre los componentes y partes del sistema, etcétera. La particularidad que tienen todos los factores intervinientes en una UET, y por extensión en un sistema laboral, es que esos factores son netamente económicos; en consecuencia, su utilización configura un costo económico.

A partir del concepto de productividad vemos cómo surge la necesidad de optimizar la utilización real¹ de los recursos (o factores) involucrados en la actividad del sistema laboral como medio de aumentar su productividad, esto es, o bien disminuir el consumo de factores para un cierto nivel de producción o bien lo inverso: para un cierto consumo de factores, aumentar la producción realizada.

10.1. FUNDAMENTOS DEL USO DEL MUESTREO

Dado que la tarea de las máquinas, como la de los operarios directos, tiene como destino la fabricación de piezas que cumplan determinadas condiciones de cantidad, fecha y calidad,² **cuando esta condición no se esté cumpliendo**, toda situación en la cual una máquina u operario se encuentren detenidos o realizando una tarea que no agregue valor al producto debe considerarse una ineficiencia, y por consiguiente debería ser eliminada.

La reducción de los tiempos improductivos requiere el conocimiento de las causas que los han motivado. En algunos sistemas laborales, a través de adecuados sistemas de información³ que pueden ser derivaciones de un sistema de control cuantitativo de la producción o de sistemas de control de eficiencia, puede disponerse de los datos que permitirán conocer esas causas.

En otras situaciones, que lamentablemente suelen verificarse en muchas oportunidades, se carece completamente de la información necesaria, o bien la información de la que se dispone no cumple la condición básica de la contemporaneidad requerida para el desarrollo de soluciones eficaces. En estos casos, el desarrollo e implementación de sistemas de información puede ser dificultoso, ya sea por la urgencia de encarar la identificación y resolución de problemas o por la carencia de una estructura administrativa mínima.

¹ *Real* indica realmente utilizados en el proceso productivo.

² Al respecto, conviene recordar que el cumplimiento de la calidad requerida es una condición de base para considerar la cantidad producida; por ende, solo contabilizaremos como cantidad aquello aprobado en calidad.

³ Principalmente en una gama de pymes que no conforman la gran mayoría de los sistemas fabriles.

Para estas circunstancias se han desarrollado diversos sistemas cuyo objeto es reunir la información que permita discriminar las causas que generan ineficiencias. Dos procedimientos de características similares son los dispuestos tanto por la OIT como por la REFA,⁴ los cuales están basados en estudios de cronometraje de larga duración. Esos estudios tienen por objeto determinar tanto la aparición como la duración de causas que generan ineficiencias en el proceso productivo, así como también precisar la duración de tareas complementarias en la fabricación, como la preparación de máquinas, carga y descarga de materiales en el puesto de trabajo, etcétera.

La captación de tiempos distributivos en la metodología de la REFA o la realización de un estudio de producción por medio de estudios de cronometraje de larga duración son en general no solo costosos en tiempo sino que además requieren la disponibilidad de especialistas para realizar el estudio, lo cual puede convertirse en una limitación de suma importancia para sistemas laborales de envergadura mediana o pequeña.

El marco de situación descripto ha llevado a los estudiosos del tema a desarrollar aplicaciones que conjuguen la posibilidad de alcanzar informaciones relativas al desempeño del sistema laboral con adecuado grado de confiabilidad en tiempos y costos compatibles con la envergadura⁵ del sistema laboral.

Dentro de este contexto, el denominado método de las observaciones instantáneas o muestreo de actividades, o simplemente muestreo, configura una herramienta que permite obtener y procesar datos de la realidad del sistema laboral con márgenes de confianza y niveles de error razonables a un costo y con requisitos de obtención posibles de asumir en un amplio campo de sistemas laborales.

10.2. LÓGICA DEL MUESTREO

De acuerdo con el desarrollo precedente, uno de los objetivos de la dirección del sistema laboral se centra en la utilización eficiente de los recursos. Ello implica que los operarios de producción y máquinas deben encontrarse activos y en operaciones productivas, lo cual se entiende que es absolutamente lógico pues para ese fin se han reunido. Partiendo de esta premisa, el muestro como herramienta de obtención de datos se basa en la observación directa⁶ de la situación de tareas de obreros y máquinas, los cuales pueden encontrarse en dos estados: en trabajo o inactivos.

Si luego de un cierto número de observaciones, digamos 40 a modo de ejemplo, directamente realizadas sobre el sistema laboral hemos registrado 36 observaciones

⁴ REFA (Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung) es una asociación para la conformación del trabajo, la organización empresarial y el desarrollo de empresas. Surgió en 1924 en Alemania a raíz de una fuerte crisis económica.

⁵ En referencia a su envergadura técnica, económica y administrativa.

⁶ Se entiende por *directa* al propio lugar y momento en el que se produce.

con operarios directos⁷ en actividad y 4 observaciones con operarios directos en inactividad, y si dichas observaciones fueron realizadas en forma aleatoria y durante toda la jornada, se puede deducir que en el 90% de las observaciones el operario estuvo activo, y que en el 10% de las observaciones el operario estuvo inactivo. En consecuencia, es dable pensar que el mismo porcentaje del tiempo total de permanencia en el taller estuviera repartido con los mismos porcentajes.

Un aspecto importante es que si organizamos adecuadamente nuestras observaciones, además de consignar si el operario se encuentra activo o inactivo podemos observar y registrar qué causas producen la inactividad del operario⁸ y, consecuentemente, su incidencia en esa inactividad. Con un criterio similar podemos observar y registrar la actividad o la inactividad y sus causas respecto de la utilización de las máquinas o de algún equipo o instalación en particular. En virtud de que las causas por las cuales el operario y/o las máquinas se encuentran inactivo/s son de carácter aleatorio, podemos basarnos en las leyes de la probabilidad para fundamentar nuestro procedimiento de observación y registro.

Como sabemos, dado un conjunto amplio de variables (denominado *universo*), configuradas por las causas que generan la inactividad de operarios y/o de máquinas, es posible conocer la ocurrencia de esas causas en el total del universo a partir del conocimiento de su ocurrencia en una determinada parte o *muestra representativa* del universo. Por lo tanto, pasa a ser muy relevante cómo dimensionar una muestra, de modo que lo que observemos en ella lo podamos considerar como representativo del universo que no conocemos.

En el ejemplo que hemos planteado precedentemente, ¿puede la muestra definida por nuestras 40 observaciones considerarse representativa del universo conformado por la actividad de todos los operarios, todos los días del año, aunque no sepamos qué error puede tener esa observación? Para develar el interrogante debemos recordar algunos conceptos estadísticos.

La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno aleatorio, como es el hecho de que un operario no esté trabajando en producción planificada, por una causa específica constituye un problema que la estadística ha estudiado y expresado en leyes que permiten fundamentar la teoría del muestreo.⁹ Se entiende que para este tipo de muestras la curva de distribución normal representa la probabilidad de ocurrencia de cierto fenómeno aleatorio, por lo tanto, definidos un cierto nivel de

⁷ Recordemos que son operarios directos todos aquellos cuyo tiempo de trabajo sobre un producto puede ser cuantificado con precisión.

⁸ En rigor, denominamos *inactividad* no solo al hecho de que el operario no esté trabajando sino también al hecho de que esté trabajando pero realizando tareas diferentes de la producción planificada, como puede ser limpieza de la máquina, fabricación de muestras, reparación de piezas defectuosas, etcétera.

⁹ En nuestro trabajo damos por conocida la justificación matemática de las leyes estadísticas. Nos interesa fundamentalmente la aplicación práctica del principio de muestreo.

confianza¹⁰ y una cierta precisión o margen de error, se puede determinar el número de observaciones necesarias para que se verifique el objetivo deseado, esto es, el margen de error establecido.

Si, por ejemplo, deseamos que los resultados de nuestro estudio verifiquen una precisión de $\pm 5\%$, con un margen de confianza del 95%, deberíamos recurrir a la expresión:

$$S.p = 2 \sqrt{p(1-p) / N} \quad (1)^{11}$$

Donde:

S: precisión relativa deseada.

p: porcentaje de ocurrencia del hecho aleatorio, expresado en forma decimal.

N: número de observaciones realizadas.

Siendo 2 el sigma utilizado en este caso.

Si del hecho aleatorio no se tiene idea previa de su posible porcentaje de ocurrencia se debe hacer un estudio o análisis previo que permita obtener una primera aproximación al valor de p que abarque, por ejemplo, 100 observaciones, y suponiendo que de ese estudio preliminar resulta que el número de observaciones de máquina detenida alcanza el 25%, tendremos en consecuencia:

$$S = 0,05 \qquad p = 0,25$$

Y, por consiguiente:

$$0,05 \times 0,25 = 2 \sqrt{0,25 (1 - 0,25) / N}$$

De donde:

$$[0,05 \times 0,25]^2 = 4 \times 0,25 \times 0,75 / N$$

$$N = 4 \times 0,25 \times 0,75 / [0,05 \times 0,25]^2$$

$$N = 4800 \text{ observaciones}$$

Es decir que deberíamos realizar 4.800 observaciones para que nuestro estudio resulte con un error del 5% y un margen de confianza del 95%. Dado que el porcentaje del 25% de ocurrencia de máquina detenida fue resultado de un corto estudio previo, el cual sirvió a los efectos de programar el trabajo a realizar, es conveniente que durante su transcurso se efectúen revisiones periódicas de ese valor para ajustar el número de observaciones que correspondan a los objetivos fijados.

¹⁰ El nivel de confianza nos dice la probabilidad que tenemos de que el valor verdadero de la variable especificada se encuentre dentro del +/- indicado por el margen de error.

¹¹ Esta fórmula está dada para un nivel de confianza de 2 sigma, mientras que para $nc = 1$ sigma la expresión es $Sp = 2 (p(1-p) / N)^{1/2}$, mientras que para 3 sigma es $Sp = 3 (p(1-p) / N)^{1/2}$.

Si, por ejemplo, al realizar 500 observaciones se registraron los siguientes valores:

- Máquina funcionando: 350 observaciones.
- Máquina detenida: 150 observaciones.

Y si ahora con $p = 0,30$ (150/500) recalculamos utilizando la expresión (1) anterior, el número de observaciones requeridas por el margen de confianza y el nivel de error definido, tendremos $N = 3.733$. Lo que nos indica que día a día debe verificarse el número de observaciones a realizar, de modo de asegurar la calidad del estudio.

Dado un porcentaje de máquina detenida del 30%, es dable suponer que el 30% del tiempo disponible de esas máquinas no será utilizado, y por consiguiente en una jornada de 9 horas, o sea, 540 minutos, tendremos una no utilización de máquinas de $162 \pm 5\%$, o sea que el tiempo de detención real de las máquinas se comprenderá entre 153,9 y 170,1 minutos por jornada.

Ahora bien, si $p = 0,15$, resultará que en un 15% del tiempo disponible de las máquinas, estas no se utilizarán, es decir que tendríamos una pérdida del 15% de los 540 minutos laborales del día; esto significa que el tiempo de detención real de las máquinas será de 81 minutos $\pm 5\%$, o sea que oscilará entre 76,95 y 85,05 minutos.

En el primer caso, esto es, $p = 0,30$, el error del 5% equivale al 5% de 162 minutos, o sea, 8,1 minutos, que frente al total de 540 minutos disponibles representa un error absoluto del 1,5%. En tanto, en el segundo caso, cuando $p = 15\%$, el error del 5% equivale al 5% de 81 minutos, o sea, 4,05 minutos, que frente al total de 540 minutos disponibles representa un error absoluto del 0,75%.

Obsérvese que el error absoluto, que en el primer caso era del 1,5%, ha pasado a ser en el segundo caso del 0,75%. Con respecto al número de observaciones requerido, que en el primer caso ($p = 0,30$) era de 3.733 observaciones, si volvemos con el valor de $p = 0,15$ a la expresión (1) tendremos:

$$S \cdot p = 2 \sqrt{p(1-p) / N} \quad (1)$$

Donde:

$$S = 0,05 \text{ y } p = 0,15$$

Por consiguiente:

$$\frac{S^2 p^2}{4} = \frac{p(1-p)}{N}$$

De donde:

$$N = \frac{4 p(1-p)}{S^2 p^2} = \frac{4 \times 0,85}{0,0025 \times 0,15} = 9.066 \text{ observaciones}$$

El número de observaciones ha aumentado significativamente con respecto a las necesarias para $p = 0,30$, y con ello, obviamente, el tiempo y el costo del estudio, lo

que nos induce a pensar seriamente en los criterios de error y confianza establecidos. Lo precedente significa que debemos adecuar los criterios de margen de error y nivel de confianza a los fines del estudio que concretamente desarrollamos.

10.3. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE MUESTREO

Como habitualmente ocurre en el ámbito del estudio del trabajo en particular y de las actividades empresarias en general, llevar a cabo un estudio exige realizar una secuencia metodológica de tareas, las cuales comprenden las siguientes actividades:

- 1. Definir el problema.** Con criterio similar al que fijamos para la realización de un EDM, en esta etapa debe definirse el objetivo a alcanzar, que en este caso puede traducirse como el problema a analizar, por lo que se deberá:
 - Fijar los objetivos del estudio.
 - Definir y describir con precisión problemas o factores a identificar y medir.
 - Establecer límites y restricciones.
- 2. Comunicar el estudio.** Como es norma, todo estudio que deba ser realizado en la planta y que de algún modo involucre la observación directa o indirecta del personal, requiere como base esencial la previa notificación al personal de los fines, métodos y tareas a desarrollar con el estudio a realizar.
- 3. Determinar la precisión que se desea obtener en los resultados finales:** Puede expresarse como precisión relativa (S) o absoluta y el nivel de confianza requerido (1, 2 o 3 sigmas, lo cual define la expresión de N a utilizar). En la especificación de la precisión deben ser tenidas en cuenta las definiciones que se adopten respecto del objetivo, límites y restricciones del estudio a desarrollar, así como también las consideraciones de costo-beneficio que se esperan.
- 4. Estimación preliminar del porcentaje de ocurrencia del factor a medir.** Puede efectuarse según estimaciones sobre valores previos o bien según un estudio preliminar de, por ejemplo, 100 observaciones que permitan definir un valor previo de p .

5. **Proyectar el estudio.** Esta actividad implica:
 - Calcular el número de observaciones (N) a realizar de acuerdo con el valor previsto de p y el margen de error y nivel de confianza requerido por el estudio.
 - Determinar la ruta a seguir por el observador y estimar el tiempo de cada recorrido.
 - Determinar el número de días de trabajo que durará el estudio.
 - Elegir los observadores necesarios e instruirlos adecuadamente.
 - Establecer precisamente el plan diario de trabajo, los horarios y puntos de partida del recorrido, de modo que las observaciones sean totalmente aleatorias. Para ello es conveniente recurrir a una tabla de números aleatorios.
 - Diseñar la hoja de observaciones en la que se registrarán cada una de las observaciones realizadas.

6. **Realizar las tareas definidas.**
 - Realizar las observaciones en los horarios definidos.
 - Resumir los datos observados cada día.
 - Realizar el gráfico de control.
 - Recalcular el número de observaciones N en función del valor de p obtenido en el desarrollo del estudio.
 - Comprobar la precisión de los datos reunidos al finalizar el estudio.
 -

7. **Análisis y conclusiones.** Analizar los datos obtenidos en función de los objetivos del estudio fijado, establecer conclusiones, desarrollar soluciones, realizar un informe final.

10.4. ALGUNOS ASPECTOS EN LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO

En el punto anterior desarrollamos el procedimiento general de realización de un estudio de muestreo de actividades. Ahora puntualizaremos algunos aspectos.

10.4.1. Uso de números aleatorios

Dado que los acontecimientos (o factores) que deseamos medir son de ocurrencia aleatoria, debemos asegurar que cada uno de ellos tenga la misma probabilidad de ser observado, para lo cual la realización de las observaciones debe ser también aleatoria. Para ello, es conveniente la utilización de una tabla de números aleatorios que sirva de base para la determinación de las observaciones, tanto en el momento como en el punto de partida y el sentido del recorrido.. Seleccionamos los siguientes números de una tabla de números aleatorios:

950622	220985	783807
150869	362686	485453
899093	785913	610163
269577	163214	211559

De esa tabla seleccionaremos los números necesarios para realizar las observaciones requeridas por el estudio. Por ejemplo: si hubiésemos seleccionado el número 150869, podríamos establecer el criterio de que 150 indica que debe realizarse un recorrido a 1 hora y 50 minutos centesimales de iniciada la jornada de trabajo; en consecuencia, si la actividad diaria comienza a las 7 horas, a ese número le corresponderá un recorrido que deberá realizarse a las 8:30 horas. Ese recorrido, a su vez, comenzará a partir de la cifra indicada por el cuarto dígito del número seleccionado, esto es, por el punto de observación 8. El número 69, por su parte, como es mayor que 50, podrá indicar que el recorrido de los distintos puestos que arrancan por el puesto 8 seguirán en el sentido creciente de la numeración de puestos. Por el contrario, números como el 50 o menores indicarían que el sentido corresponde hacia los números decrecientes de los puestos de trabajo.

10.4.2. El gráfico de control

Un elemento normalmente utilizado en la realización de estudios de muestro es el gráfico de control, que permite asegurarnos la validez de los datos recogidos. En el siguiente ejemplo indicamos su uso. Supongamos que en un taller se realiza un estudio de muestro para determinar los tiempos de inactividad de los operarios de producción. Al cabo de 12 días de estudio, durante los cuales se realizaron 100 observaciones diarias, se contabilizaron 1200 tiempos de inactividad, los cuales se indican en la tabla 10.1.

La idea es verificar que la totalidad de los datos obtenidos se encuentren comprendidos entre valores límite que permitan establecer que si un punto cae fuera de esos límites, eso corresponderá con seguridad a un hecho de características anormales.

Para fijar los límites recurrimos a los conceptos derivados de la curva de distribución normal. Se adopta como límites válidos aquellos que consideran tres veces la desviación estándar, es decir que se verifica un 97% de posibilidades de ocurrencia de fenómenos aleatorios, en consecuencia, solo nos queda un 3% de posibilidades de que un punto fuera de dichos límites corresponda a un hecho aleatorio no anormal.

Tabla 10.1. Cantidad de inactividades de operarios observadas por día y porcentaje de incidencia sobre el total de operaciones inactivas para cada día

Día de observación	Fecha	N° observ. inactivo	% de inactivo
1	01-03	9	7,5
2	02-03	11	9,17
3	03-03	13	10,83
4	04-03	9	7,5
5	05-03	8	6,67
6	08-03	10	8,33
7	09-03	23	19,17
8	10-03	9	7,5
19	12-03	10	8,33
11	15-03	10	8,33
12	16-03	8	6,67
TOTAL		120	

La expresión que nos permite calcular los límites de p es:

$$p = p \pm 3 \sqrt{p(1-p) / n_d}$$

Donde:

n_d = N° de observaciones diarias

p = N° de observaciones de operario inactivo / N° total de observaciones

En consecuencia:

$$p_s = 0,10 + 3 \sqrt{0,10 * 0,90 / 100}$$

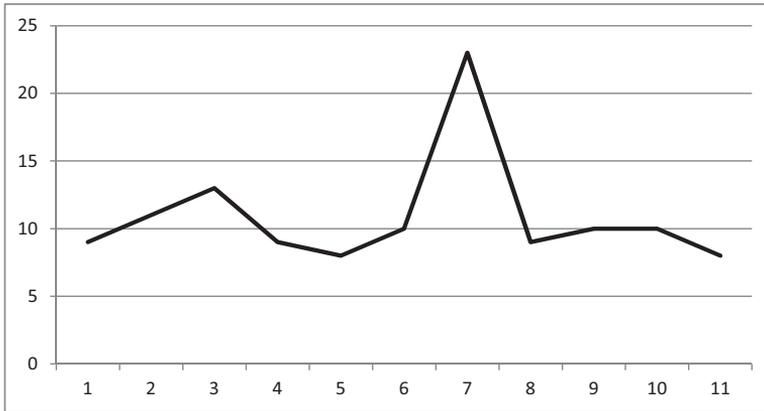
$$p = 0,10 \pm 0,09$$

de donde

$p_{max} = 0,19$ y consecuentemente

$p_{min} = 0,01$ y gráficamente

Figura 10.2. Ubicación de las operaciones inactivas por día



Nota: La figura indica que las observaciones de un día se encuentran fuera del rango admisible; por ende, se consideran provenientes de una causa excepcional.

Fuente: elaboración propia.

Si en el gráfico de la figura 10.1 trazamos las líneas correspondientes a p_{max} y p_{min} , que indicamos con trazo y dos puntos, observaremos que el punto 7, que corresponde a la observación del día 9-3, se ubica fuera de la línea de máxima, lo cual induce a suponer la existencia de un hecho anormal. En nuestros registros se verifica que ese día se produjo un accidente que motivó una alteración de la actividad y, por consiguiente, se desecha la observación.

El descarte de un registro puede motivar la continuidad del estudio si no se verifica el margen de error deseado, como hemos comentado anteriormente al verificar el número de observaciones necesarias, por lo que debe recalcularse p y el número de observaciones necesarias de acuerdo con lo que hemos explicitado precedentemente. Con el mismo criterio puede originarse un nuevo gráfico de control.

Si en el ejemplo consignado anulamos el registro del séptimo día de observación, se registrarán las siguientes inactividades de operarios.

$$p = 97 / 1.100 = 88,1\%$$

$$p = 0,088 \pm 3 \sqrt{0,088 * 0,93 / 100}$$

$$p = 0,097 \pm 0,085$$

$$p_{max} = 0,183 \text{ y } p_{min} = 0,013 \text{ (ahora todas las observaciones inactivas se encuentran dentro de los límites)}$$

Tabla 10.2. Resumen de las operaciones inactivas por día

Día de observación	Fecha	N° observ. inactivo	% de inactivo
1	01-03	9	9,28
2	02-03	11	11,34
3	03-03	13	13,40
4	04-03	9	9,28
5	05-03	8	8,25
6	08-03	10	10,31
7	09-03	23	23,71
8	10-03	9	9,28
19	12-03	10	10,31
11	15-03	10	10,31
12	16-03	8	8,25
	TOTAL	97	

Eliminando

Nota: Si se anulan las observaciones del día 7, se tendrá un número de observaciones válidas de 100 y un número de 97 observaciones de operarios que no trabajan.

10.5. CAMPO DE APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LAS OBSERVACIONES INSTANTÁNEAS

En los párrafos precedentes hemos descripto el procedimiento general de aplicación de un estudio de muestreo en su forma más sencilla, la que nos permite determinar el porcentaje de inactividad de un factor de producción. Pero, así aplicado, dicho estudio no nos proporciona mayor información más allá del conocimiento de ese porcentaje. Llevar a cabo un estudio de esta naturaleza en un sistema laboral del cual se carece absolutamente de datos sobre su desempeño real constituye una herramienta sumamente adecuada, pues a muy bajo costo y en relativamente poco tiempo, y sin tener que disponer de personal sumamente capacitado ni de información previa, se logra tener un dato que puede orientar nuestra tarea futura.

A modo de ejemplo, si nuestra preocupación nace del incumplimiento que el sistema demuestra en lo referido a la relación entre cantidad a producir y fecha de entrega, y si el análisis primario de máquina funcionando/máquina detenida arroja un porcentaje significativo de máquinas detenidas, es evidente que debemos profundizar en la determinación de las causas que generan la inactividad de las máquinas, dado que puede existir una correlación entre la máquina detenida y el incumplimiento de metas productivas tanto en fecha como en cantidad. Si, en cambio, dicho porcentaje

es relativamente no significativo, la ubicación de las causas de incumplimiento debe buscarse mediante la aplicación de otro tipo de herramienta.¹² En el siguiente punto vamos a desarrollar una aplicación del muestreo para la determinación de las causas primeras de ocurrencia del no funcionamiento de la máquina.

10.6 APLICACIÓN DEL MUESTREO EN LA DETERMINACIÓN DE CAUSAS DE NO FUNCIONAMIENTO

Cuando ocurre que la administración del sistema laboral no cuenta con un adecuado grado de información y se nos presenta, luego de un estudio primario realizado a través de una aplicación sencilla de muestreo, un porcentaje de no funcionamiento que juzgamos significativo, debemos dar paso a un nuevo estudio de muestreo, ahora de mayor profundidad, de modo que nos permita un diagnóstico de las causas primeras que dan lugar a la pérdida de eficiencia y eficacia en el sistema.

Para ello, debemos incluir en la tabla de registro de las observaciones las causas probables de generar interrupciones al proceso productivo. Este es un punto significativo a resolver antes de iniciar el estudio, dado que, en la medida en que somos restrictivos con las causas especificadas, la observación tiende a ser más sencilla, pero la información resultante será más reducida. Como siempre, es el criterio del profesional el que, frente a una situación específica, define qué hacer.

Vamos a desarrollar, aunque sea parcialmente, un ejemplo, de modo que podamos consolidar conocimientos. Si seguimos el procedimiento del EDM aplicado al muestreo, comenzamos con:

1. **Definir el problema.** Dado que el estudio previo arrojó un porcentaje de máquina parada que la dirección considera elevado,¹³ se desea realizar un nuevo estudio que permita conocer qué causas, en primera instancia, provocan la situación de máquina detenida.
2. **Comunicar el estudio.** Se considera importante que todos los miembros de la organización presten su colaboración; para ello, es recomendable que se encuentren perfectamente compenetrados no solo con los objetivos sino con la forma de llevar a cabo el estudio.

¹² La elección de la herramienta a utilizar en este caso dependerá fundamentalmente del grado de desarrollo del que la administración del sistema laboral disponga. Cuando decimos *administración* lo hacemos a partir de considerar si existe documentación técnica del producto y del proceso de fabricación, tiempos asignados, programación de actividades, etcétera. Si no se dispone de esta información, o bien si ella es deficiente, un camino posible a recorrer estaría dado por determinar cuáles son los productos más importantes del espectro comercial de la empresa, medidos en función del ingreso por ventas que generan, y a ellos (los muy importantes) aplicarles, por ejemplo, un estudio de métodos orientado a la observación de su proceso de fabricación.

¹³ Nuevamente, insistimos en que no existe un único criterio de validez universal. En este caso, será considerado elevado todo aquello que la dirección entienda que para el funcionamiento de su sistema es elevado y atente contra los objetivos de la empresa.

3. **Determinar la precisión que se desea obtener en los resultados finales.** Si bien se parte de un estudio previo, el margen de error y el nivel de confianza deberían ser iguales a los del estudio previo realizado. Ahora bien, dado que el estudio previo solo se centró en máquina operativa/máquina detenida y en las causas de detención, se presupone que podría encararse un estudio rápido, de modo de verificar la ocurrencia de las causas establecidas y la aparición o no de otras causas.
4. **Estimación preliminar del porcentaje de ocurrencia del factor a medir.** Dadas las consideraciones del punto anterior, se decide la realización de un preestudio de causas limitado a 360 observaciones en cuatro días, es decir, a razón de 90 observaciones por día.
5. **Proyectar el estudio.** Dado que se tienen 40 puestos de trabajo en cada observación, se deberán realizar 3 recorridos por día a intervalos aleatorios y con sentido de observación también aleatoria. Para ello, y como se indica en el apartado sobre el uso de números aleatorios, utilizaremos una tabla de números aleatorios.

De esa tabla seleccionaremos los números necesarios para realizar las observaciones requeridas por el estudio. A modo de ejemplo, si hubiésemos seleccionado el número 150869, podríamos establecer el criterio de que 150 indica que debe realizarse un recorrido a 1 hora y 50 minutos centesimales de iniciada la jornada de trabajo; en consecuencia, si la actividad diaria comienza a las 7 horas, a dicho número le corresponderá un recorrido que deberá realizarse a las 8:30 horas, y que comenzará en la intersección 69. Los puntos de inicio están definidos por la intersección de un pasillo y un corredor; así, el punto 69 es la intersección del pasillo 6 con el corredor 9, y así sucesivamente. El dígito 8, al ser par, indica que hay que continuar en el sentido de las agujas del reloj, y como es mayor que 5, se debe iniciar hacia el pasillo 5 (si el dígito fuera 3, por ejemplo, por ser impar el giro debería ser antihorario, y al ser menor que 5, debe hacerse hacia el pasillo 7). Con este procedimiento nos quedan definidos los horarios, los puntos de comienzo y el sentido de circulación. El diagrama del formulario de observación podría ser del modo indicado en la tabla 10.3, y, como puede apreciarse, *el centro de observación*, es decir, aquello cuya situación vamos a observar, es la *máquina*.

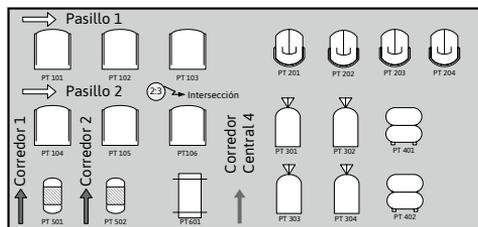
La definición del objeto de observación es de suma importancia en la realización del estudio. Si, por ejemplo, nosotros eligiéramos al operario como objeto de estudio, todas las consideraciones y, por ende, las conclusiones, serían diferentes. Téngase en cuenta que nosotros hemos supuesto las causas que entendemos principales de inacción de las máquinas. Pero se ha tenido la precaución de dejar una columna para indicar causas no especificadas previamente. Si además de indicar con un tilde o una cruz en esa columna la aparición de una causa no prevista se hace una breve indicación de quién tiene a su cargo la observación, puede, en caso

de que dicha causa se repita con cierta frecuencia, abrir una columna de registro independiente, de modo de resaltar su incidencia en el problema.

La recolección de datos (observaciones instantáneas) se realiza, según el plan establecido, a partir de la tabla de números aleatorios, y de hecho el diseño del formulario es suficientemente explícito, ya que ello facilita la observación y, por ende, el registro de datos. Esto destaca la necesidad de que quien lo diseña sea claro y preciso. Los datos resultantes del estudio preliminar definen el porcentaje de ocurrencia de máquina trabajando y de máquina no trabajando (que hemos indicado como p y, en cierta forma, convalida las causas de inacción o nos obligan a modificarla, en la medida en que el porcentaje de *otras causas* sea significativo).

A partir de los datos obtenidos en el estudio preliminar, estamos en condiciones de desarrollar el estudio amplio, estableciendo para ello el margen de error y el nivel de confianza deseado. Cabe, en este momento, aclarar en función de qué definimos el margen de error. Supongamos que el estudio preliminar nos da una ocurrencia de máquina trabajando del 70%; por ende, tendremos un 30% de las observaciones con máquina no trabajando. Si para el estudio amplio nos fijamos una precisión de $\pm 10\%$, el resultado cierto se encontrará entre el 27 y el 33% de máquinas detenidas, que probablemente podríamos aceptar como válido si, por ejemplo, adoptamos un nivel de confianza del 95%. Este punto es muy propio de cada observación. Téngase presente que, a medida que tendemos al menor error y a la máxima confianza, aumenta el número de observaciones y, por ende, la duración del estudio. Como todo en ingeniería, el compromiso entre resultados y costos se hace presente. Si nuestro estudio definitivo durase, por ejemplo, dos semanas, iremos sumando los valores diarios en una planilla resumen, y los promedios que vayamos calculando de cada una de las columnas de datos que observemos nos van a ir definiendo la tendencia que mostrarán los resultados definitivos.

Figura 10.3. Sobre un *layout* de la planta se indican los pasillos y corredores de circulación, así como la disposición de los puestos de trabajo



Los pasillos de circulación horizontales se numeran de arriba hacia abajo en el sentido de la figura, mientras que a los corredores se los numera de izquierda a derecha. El primer dígito del número de puesto de trabajo hace referencia a la sección.

10.6.1. Análisis de resultados

Finalizada la etapa de registro de datos (en la que suponemos hemos efectuado 1.600 observaciones), pasamos a la etapa de análisis. Por lo tanto, podemos encontrarnos con un sinnúmero de alternativas, las cuales trataremos de sintetizar en dos situaciones tipo, sin que por ello pretendamos cubrir el universo de resultados.

Alternativa 1

Podríamos calcular los porcentajes de incidencia de las causas sobre el total de máquinas no operativas, pero ello no cambiaría la incidencia de las causas, simplemente las mostraría de otra manera. De la lectura de los resultados puede inferirse que el porcentaje de máquina detenida es alto, y que la causa principal es la falta de materias primas; en segundo lugar se encuentra la falta de personal, luego la falta de programación, las máquinas en mantenimiento, las herramientas rotas y, finalmente, la calidad. Las restantes dos causas no tienen mayor incidencia y se pueden descartar.

Puesto de trabajo (1)	Máquina		Operación		Causa de máquina detenida					
	Sí (2)	No (3)	Productiva (4)	No prod. (5)	Falta progr. (6)	Falta operario (7)	Falta MP (8)	Herr. rota (9)	Maq. en mant. (10)	Otra (especificar) (11)
Total 1600 observaciones	1200	400	1150	50	50	110	175	25	28	10 calidad 2 otros
% s/total	75	25	71,8	3,2	3,2	6,9	10,9	1,6	1,8	0,6

Conclusiones a las que podemos arribar

En primer lugar, debemos rechazar prontamente la idea de que el departamento de compras es el responsable; puede que lo sea, pero hasta este momento no tenemos datos que nos permitan afirmar o rechazar esa idea. Dado que la falta de materias primas puede deberse a diferentes causas, como una mala gestión del departamento de compras, problemas propios de los proveedores, pedidos que programación y control envían sin tiempo suficiente, o problemas de pago que complican la gestión de compras, es evidente que tendremos que abocarnos a un nuevo estudio que nos permita identificar las causas ciertas que afectan el abastecimiento de materias primas.

En cuanto al segundo rubro de importancia, *la falta de personal*, puede apreciarse que el porcentaje de ausentismo es relativamente alto, si en el cálculo anual de requerimiento de mano de obra hemos tomado la previsión de incluir un cierto porcentaje de ausentismo que entendemos normal. Si esa previsión no se hubiese tenido en cuenta, se debería analizar el momento calendario en que se realiza el

estudio, dado que en verano inciden, por ejemplo, las vacaciones del personal, y por ende buena parte del ausentismo puede atribuirse a esa situación. Sucedería lo mismo si el período fuese el mes de agosto y se tuviera un brote de gripe. Una vez más, tenemos que insistir en el *análisis de las circunstancias propias* en las que se originan los problemas. Dejamos al lector el análisis de los demás porcentajes con la recomendación de que se plantee primero el análisis de las circunstancias en las que ocurren los hechos.

Alternativa 2

En este caso se nos plantea que el porcentaje de máquina en actividad es importante, y sin embargo persisten los problemas de cumplimiento de entregas; por consiguiente, es válido preguntarse: ¿por qué las entregas no se cumplen? Básicamente, y sin perjuicio de que existan otras, podemos encontrar cuatro causas:

- Los pedidos ingresan a fábrica sin el tiempo de fabricación correspondiente.
- La fábrica encuentra colmada su capacidad productiva.
- Los operarios trabajan con bajo rendimiento.
- Las tres anteriores o dos de ellas simultáneamente.

Tabla 10.3. Tabla típica para la aplicación de un muestreo. Deberá ser adaptada para cada caso en particular

Estudio de muestreo / N° Proyecto											
Fecha de realización		Hora		Realizado por							Controló
Puesto de trabajo (1)	Máquina		Operación		Causa de máquina detenida						Observaciones
	Sí (2)	No (3)	Productiva (4)	No prod. (5)	Falta progr. (6)	Falta operario (7)	Falta MP (8)	Herr. rota (9)	Maq. en mant. (10)	Otra (especificar) (11)	
Totales											

Nota: La suma de las cantidades totales indicadas en las columnas 4 y 5 debe ser igual al total de la columna 2. La suma de los totales de 6, 7, 8, 9, 10 y 11 debe ser igual al total de la columna 3.

Obviamente, se pueden generar, además de las dos alternativas mostradas, otras de resultados que una vez más exigirán que el ingeniero industrial ponga en juego su criterio personal.

Puesto de trabajo (1)	Máquina		Operación		Causa de máquina detenida					
	Sí (2)	No (3)	Productiva (4)	No prod. (5)	Falta progr. (6)	Falta operario (7)	Falta MP (8)	Herr. rota (9)	Maq. en mant. (10)	Otra (especificar) (11)
Totales 1.600 observaciones	1.550	50	1.530	20	0	20	5	0	25	
% s/total	96,8	3,2	95,6	1,25	0	1,25	0,3	0	1,6	

10.7. OTRAS APLICACIONES DEL MUESTREO

Dentro del concepto de gestión de producción,¹⁴ la técnica de las observaciones instantáneas o muestreo es aplicable a la determinación de tiempos de actividades y valoración del desempeño de la mano de obra directa. Si bien estas aplicaciones requieren de personal más especializado, en determinadas circunstancias pueden ser de utilidad. Este tema lo desarrollaremos en el capítulo 11: “Estudio de tiempos”.

RESUMEN

Luego de la lectura de este capítulo, el lector debería recordar que:

- Existe una técnica con base estadística de sencilla aplicación que permite encontrar las principales causas del incumplimiento Q/T de la organización.
- Que esa técnica es aplicable solo si se cumple la condición de que, existiendo capacidad en la fábrica para hacerlo, no estemos cumpliendo con las demandas del cliente.
- Que la técnica, por tener base probabilística, debe ser realizada bajo estricta aleatoriedad.
- Que la técnica es de sencilla aplicación y no es necesario personal especializado para ponerla en marcha.

Finalmente, ha quedado abierta la aplicación de esta técnica para otras aplicaciones, que serán expuestas más adelante.

¹⁴ Dejamos la utilización de la técnica al caso del control de calidad para el desarrollo del tema específico.

Estudio de casos

Caso 1: La empresa de extintores

La cátedra de Estudio del Trabajo de la Universidad Tecnológica Nacional de la Facultad Regional General Pacheco fue convocada para determinar la capacidad de la planta de una empresa de extintores y proponer una mejora. Los docentes, en la función de consultores, convocaron a varios estudiantes, cuya función fue la de llevar adelante un muestreo (entre otras funciones) que permitió determinar la capacidad operativa de la planta en las condiciones actuales y tener una clara idea de sus problemas operativos. Las conclusiones indicadas sirvieron para iniciar mejoras que se vieron reflejadas en un aumento de la productividad y de la capacidad de la planta.

Caso 2: La aplicación en la práctica del muestreo de trabajo

Leónidas Sakellaropoulos (Universidad Nacional de La Matanza, Universidad Nacional de San Martín)

La aplicación más lograda

La primera vez que tuve contacto con el muestreo de trabajo fue hace muchos años, por medio de un ejemplar sobre la técnica que editó el ya desaparecido Centro Argentino de Técnicos en Estudio del Trabajo (CATET). Lo complementé con textos de Ralph Barnes. Por ese entonces trabajaba en una autopartista líder que fabricaba frenos de campana, servofrenos y otros componentes, también hoy desaparecida. El sector de mangueras de freno era un tanto caótico y decidí experimentar con el muestreo para identificar las causales del caos, lo cual fue toda una novedad.

El trato con la gente no era el adecuado. Yo recibía críticas por parte de mis superiores dado que, según ellos, un metodista no debía explicar qué hacía a los operarios. Sin embargo, en forma intuitiva, me daba cuenta de que mi franqueza hacía que obtuviera la colaboración de todos, inclusive la de los delegados, con muy pocas reticencias (como hecho anecdótico: el día que me retiré de la empresa para ir a otra con mucha mejor remuneración, los operarios del sector prensas y balancines vinieron a despedirme uno por uno, incluso el delegado; quince días antes se habían implantado todos los estándares de producción del sector con un aumento promedio de esta del 15%).

El muestreo de trabajo en el sector mangueras de freno no fue todo lo exitoso que hubiera querido por la desconfianza que se tenía hacia la técnica, que determinó no tomar todas las medidas que eran necesarias, pero me convenció de que la información y la franqueza generaban la colaboración necesaria para el éxito

de cualquier reorganización. Yo estaba convencido de que era una herramienta poderosa y la apliqué con éxito, en años posteriores, en diferentes sectores de la empresa Alpargatas.

La aplicación más exitosa (a mi juicio)

Luego trabajé en una acería, la más importante exportadora y fabricante de aceros aleados de la Argentina, de origen francés, hoy Acindar-La Tablada. Uno de mis primeros trabajos en la empresa fue la reorganización del sector de terminación de barras de acero, con el fin de aplicar un plan de incentivos, dado que era un sector crítico que, en ocasiones, incumplía con las entregas en tiempo y forma.

La tarea que realizaban los operarios era amolar las fisuras y plegaduras en las barras con amoladoras neumáticas, con el fin de eliminarlas. Las barras eran redondas o cuadradas, de cuatro metros de largo, de aleaciones según normas SAE, DIN, SIS, AFNOR y otras, que provocaban, dada la complejidad de la aleación, más o menos fisuras superficiales (estas se generan por fallas de acería no evitables; las plegaduras suelen ser fallas de laminación cuando se lamina en el metal un poco de escoria).

El acero se produce a partir de la chatarra y se funde, depura y alea por medio de agregados, en un horno eléctrico, en este caso de 30 t. El horno es como una cacerola inmensa en el que se sumergen tres electrodos (uno por fase), y el arco voltaico generado funde los metales. Por una propiedad del flujo eléctrico, cuando el metal está líquido comienza a girar aleándose (similar a revolver un guiso en una olla), pero hay elementos que no se alean con el hierro adecuadamente, como el fósforo y el cobre. Esta particularidad provoca que solo se amalgamen, a veces, pequeñas partes en la superficie de las barras.

Las barras se utilizan para forjado, ya sea de herramientas, autopartes (puntas de eje, árboles de levas, etcétera) y un sin fin de componentes. Si la fisura no se amola, al forjarse la barra la pieza presenta una rajadura y el material es descartado. Las fisuras y plegaduras no son fácilmente visibles para un lego, pero un operario entrenado las detecta con una observación rasante.

La tarea de amolado se considera acíclica, no es repetitiva como una tarea en un CNC. El amolado tiene diferente duración para cada fisura por su forma y la diferente dureza de los materiales. Hay barras con más fisuras que otras, que dependen de la aleación. Hay diferente cantidad de barras por orden de fabricación, y esta puede estar constituida por uno o varios paquetes de 2 a 4 t. Los elementos acíclicos son los cambios de piedra de amolar, parada por pasaje de puente grúa, cambio de cuadros de oxiacetileno, etcétera.

Se realizó un estudio de trabajo tradicional por medio de un cronometraje que duró aproximadamente tres meses, con unos 50 o 60 estudios de tiempo.

Se clasificaron todos los tipos de barras que se procesaban, separándolas por rangos de acuerdo con la cantidad de fisuras y algún emergente según la aleación o norma. Los tiempos dispares para un mismo producto se determinaron con el uso de la estadística (años después corroboré con el libro de Kriek *Ingeniería de métodos* lo acertado de su empleo). El sistema de incentivos fue por rendimiento, estableciendo el 100% como el tope a recibir y el 70% como base de pago. Se negoció el sistema con todos los involucrados y se fijó un plazo de dos meses de prueba.

Grande fue la sorpresa en las siguientes semanas cuando el rendimiento (eficiencia) no superaba el 45%. El desconcierto era total. ¿Qué sucedió? Desde que el cronómetro estaba fallado hasta dónde pusiste el dedo y qué cuernos observaste, los comentarios no explicaban lo sucedido. Entonces, planteé el uso del muestreo de trabajo, pues intuía que las fallas no estaban en la actividad que yo había medido y observado, sino en la *inactividad* (ineficiencia) que había ignorado, como corresponde en un estudio de tiempos.

Mi jefe dijo un nooo terminante o... terminal. Le solicité detalles de su negativa y le aposté mi puesto, si me equivocaba en mi elección y planteo. Era una cuestión de orgullo personal y seguridad en la aplicación del procedimiento. Mi jefe lo había aplicado un año antes, pero en lugar de utilizar personal idóneo, utilizó al personal de seguridad y vigilancia, en su mayoría exonerados de Gendarmería y de la Policía de la provincia de Buenos Aires (que por esa época eran terriblemente ineptos). Debían controlar a los supervisores de la planta, pues un gerente tenía serias dudas de su dedicación. A los supervisores no se les informó del estudio, y el personal de seguridad se escondía y aparecía abruptamente para anotar la observación. Cuarenta y ocho horas después intervino ASIMRA (el sindicato de supervisores metalúrgicos) para negociar el levantamiento del paro de la supervisión y la suspensión del estudio.

Le solicité manos libres y respaldo para aplicarlo después de convencerlo de cuáles eran los errores que se habían cometido anteriormente. Hablamos con cuanto involucrado en el sector había: se les dio un curso breve a los operarios y al capataz, y se habló de los resultados a obtener con el personal indirecto de control de producción y de calidad, jefes del sector, gerentes y comisión interna. Durante los dos primeros días se le explicaba a cada operario que lo requiriera detalles del estudio aunque se saltara el momento de la observación (al fin y al cabo, esos dos primeros días se despreciaban).

Las inactividades inicialmente contempladas fueron: espera de material a procesar, espera de retiro de material procesado, instrucciones del capataz, paradas varias (paso de puente grúa, cambios de piedra, etcétera) y las necesidades fisiológicas (para verificar su duración con el fin de no omitir nada, en esta inactividad también consideramos la ida al médico, a enfermería o a la oficina de personal).

Una sorpresa al cabo de los dos primeros días, y que no había sido observada durante el cronometraje, fue que al terminar el control del paquete de barras, el control de calidad volante cortaba con soplete un extremo de una de las barras y llevaba ese trozo al laboratorio de control de calidad, donde se calentaba al rojo vivo y se aplastaba en un martinete; si no presentaba fisura se aprobaba el paquete, se avisaba al operario y al capataz, se sunchaba y se esperaba al puente grúa para el retiro y estibado correspondiente. Durante todo el tiempo de espera hasta la aprobación de la calidad, el operario *estaba inactivo*.

Después de aproximadamente un mes obtuvimos los siguientes resultados: 1) Espera del operario para recibir un nuevo paquete para procesar: al recibir el ok del control de calidad, avisaba al capataz, mientras se le retiraba el paquete terminado. El capataz solicitaba la orden de fabricación a la cabina de programación, si no la había recibido, y recorría unos 60 metros hasta la salida del tren de laminación de barras para buscar el paquete correspondiente, que, como era bastante habitual, se encontraba debajo de una pila de paquetes. Para mover los paquetes y retirar el correspondiente a la orden de fabricación, se traía el puente grúa de la nave de terminación, que aplastaba a los otros dos puentes grúa. Las naves eran dos, de 25 x 50 metros cada una, separadas por un pasillo de 20 metros de ancho. Una nave era la del sector de terminación, a la que le correspondía un puente grúa; la otra nave se usaba para el almacenado provisorio a la salida del tren de laminación y otros stocks, y también disponía de un puente grúa para el retiro del material. El tercer puente grúa se utilizaba para la carga de semirremolques, que se ubicaban en el pasillo. 2) Espera del operario para el ok de control de calidad. 3) Esperas varias que incluían las necesidades fisiológicas.

La suma de todas estas inactividades constituía entre un 40 y un 50% de la jornada. Como mi jefe desconfió de los resultados, pues eran muy redondos, aplicamos durante una semana un estudio de tiempos de grupos (que no es otra cosa que un muestreo sistemático). Los resultados fueron idénticos, con lo cual pasamos a la fase siguiente: la reorganización del sector.

La reorganización

- 1) Los puentes grúa de las naves debían mantenerse, salvo excepciones, en su sector. El puente grúa que cargaba los camiones (tarea no muy frecuente) se encargaría de ser el nexo entre ambas naves: tomaría los paquetes a procesar según la programación de la salida del tren de laminación y los trasladaría a las mesas de terminación. Así se evitó la situación anterior en la que solían quedar inoperantes dos puentes grúa al usar el de la nave de terminación.
- 2) Se convino con el sector de programación que entregaría las órdenes de fabricación hasta cuatro horas antes, lo que le daría tiempo al capataz para ordenar

los paquetes (órdenes de fabricación) en el piso (para evitar el desapilado) para su posterior traslado y evitar así la consiguiente espera del operario (parte de los paquetes se llevaban a la nave de terminación, como se expone en el siguiente punto).

- 3) Se duplicaron las mesas de amolado (dos por operario); en una se trabajaba y en la otra se disponía la orden de fabricación siguiente, de manera de evitar la espera del ok de control de calidad. En este caso, para evitar cualquier espera se colocaron algunas mesas en el fondo de la nave para prever una posible mayor demora del control: el operario no esperaría sino que se dirigiría a esa mesa adicional (las mesas estaban hechas de palanquillas de 110 mm, con una cuna en cada lateral –longitudinal– para colocar las barras amoladas y luego suncharlas).
- 4) El capataz fue enviado a un curso de capacitación de capataces para mejorar el manejo y la administración del sector (había sido ascendido por ser el mejor operario, lo que provocó la pérdida de un excelente operario y que se ganara un mediocre capataz; por suerte, era muy inteligente, el curso lo potenció y se logró también un excelente capataz).
- 5) Se establecieron con control de calidad una serie de pasos para acelerar los resultados de cada muestra.
- 6) Durante el período de prueba se realizaron algunos ajustes menores relacionados con los cambios de piedra, el retiro de materiales, etcétera.

Resultados

Luego de tres meses de estudios y reorganizaciones se logró un promedio del 85% de rendimiento, que equivalía a aproximadamente un 20% más del jornal base. Se había *duplicado* el rendimiento inicial. Con el correr de los meses y ante el éxito de las mejoras, se agregaron al sector algunas tareas más, con lo que se logró, a pesar de ello, acercarse al 90% de rendimiento.

A raíz de este resultado, todas las tareas del tipo acíclico se estudiaron por medio del muestreo de trabajo, utilizando el mismo procedimiento: informar a todos los operarios y al resto de los involucrados pocos elementos a controlar, no más de un mes de duración del estudio y sencillez en la elaboración de los intervalos de control.

Un par de años después, con la incorporación de un centro de amolado de tochos (lingotes) y palanquilla gruesa sueco denominado Centro Maskin, se disminuyó drásticamente la cantidad de fisuras, y el rendimiento superó el 100% teórico.

En los últimos años, un autor estadounidense, Fred E. Meyers (citado en la bibliografía), también está haciendo hincapié en la información a todos los involucrados.

Ejercicios

- 1. ¿En qué se basa la técnica de las observaciones instantáneas?**
- 2. ¿Cuándo utilizaría un muestreo?**
- 3. Describa sintéticamente la técnica de muestreo.**
- 4. ¿Qué pasos se recomiendan para realizar una técnica de muestreo?**
- 5. ¿Por qué se recomienda la utilización de números aleatorios en la técnica de muestreo?**
- 6. Realice un ejemplo de utilización del uso de números aleatorios en la técnica de muestreo.**
- 7. ¿Cómo relaciona el tiempo de máquina parada y el porcentaje de máquina parada en la técnica de muestro?**
- 8. Ejemplifique en una tabla el uso de la técnica de muestro.**

CAPÍTULO 11

ESTUDIO DE TIEMPOS

En este capítulo se introduce el concepto del estudio de tiempos y se presentan los dos grandes grupos de técnicas que lo componen, además de las técnicas que serán ampliadas en los capítulos sucesivos.

En la actividad de la empresa, el factor tiempo juega un papel preponderante bajo dos funciones: estratégica y operativa. Como aspecto *estratégico* se pone de manifiesto al ser el factor tiempo un componente de la ecuación de valor con la que el cliente evalúa el producto que le ofrece la empresa. La variable que corporiza la función estratégica del tiempo es el denominado *tiempo de respuesta* de la empresa al pedido del cliente, es decir, cuánto demora la empresa en entregar el pedido que efectuó un cliente, *considerando a qué punto de penetración pertenece dentro del mercado.*

El concepto de *tiempo de respuesta* comprende desde el tiempo que demora la entrega a domicilio¹ de un producto de consumo familiar hasta la entrega de un producto complejo que deba ser fabricado de acuerdo con especificaciones del cliente. El factor tiempo, como factor de posicionamiento estratégico de la empresa, que en la actualidad asume características relevantes, incide sobre el sistema laboral forzándolo a disminuir sustancialmente sus tiempos totales de fabricación en consonancia con los objetivos que la empresa se imponga respecto de su tiempo de respuesta al pedido del cliente. No es casual encontrar que en un significativo número de empresas el tiempo de respuesta es uno de sus principales objetivos estratégicos, con lo que pretenden marcar un factor de diferenciación.

Por su parte, el tiempo como *función operativa* implica su uso como factor de programación de tareas y como factor de control del desarrollo de estas. Dadas las características de nuestro campo de conocimiento, nos limitaremos a la consideración del tiempo en su aspecto operativo, pero sin dejar de lado la incidencia que sobre el sistema laboral ejerce el uso del tiempo como factor estratégico.

Comenzamos nuestra tarea definiendo qué se comprende bajo la denominación de estudio de tiempos o medida del trabajo:

¹ Hacemos referencia a la actividad conocida frecuentemente con el nombre de *delivery*.

La medida del trabajo consiste en la aplicación de técnicas que permiten determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

En esta definición podemos observar la presencia de varios conceptos que merecen ser destacados.

- **Técnicas.** El uso del plural de la palabra *técnica* indica que no hacemos referencia a una única forma posible de determinación de tiempos, sino que es dable deducir la existencia de varias formas o técnicas de definirlos. Por otra parte, el empleo de la palabra *técnica* nos dice que esa definición de tiempos se efectúa a través de procedimientos metodológicos definidos y sistemáticos.
- **Trabajador calificado.** La realización de una determinada tarea requiere del operario que la deba realizar una serie de requisitos, como una buena contextura física cuando se requiera movilizar pesos considerables, agudeza visual cuando se desarrollen trabajos de precisión, habilidad manual cuando se ejecuten tareas de ensamblado de piezas pequeñas, etcétera. El apelativo de calificado al operario que realiza una tarea recuerda el concepto de *idoneidad* bajo los conceptos de ergonomía y antropometría, que se refiere a las habilidades de la persona para desarrollar una gama de actividades. Esas habilidades están definidas por la aptitud (o habilidad), el conocimiento, la experiencia y el entrenamiento necesario en la tarea. En definitiva, un *operario calificado para una tarea* es aquel que posea las idoneidades que cubran los requerimientos de la tarea laboral o perfil del operario del puesto.
- **Tarea definida.** El concepto de *tarea definida* implica que la ejecución de la tarea se realiza de acuerdo con una forma preestablecida, esto es, *que se ejecuta siguiendo un método determinado*. Como consecuencia, el tiempo de la operación es una función del método de realización; si se modifica el método, entonces se modifica el tiempo.
- **Norma de rendimiento.** La norma de rendimiento se refiere a la disposición con que el operario encara su trabajo durante la jornada laboral, y ello tiene que ver con los conceptos de disposición e impulsos, los cuales se entienden como diferentes estados que modifican la velocidad con la que se realiza el trabajo. Este es, sin duda, uno de los puntos más conflictivos de la determinación de los tiempos, dado que hace a la velocidad de trabajo del operario durante la jornada.

En el transcurso del tiempo se ha ido desarrollando la idea del denominado *ritmo normal* de trabajo, el cual permite la realización de tareas sin demoras ni dilaciones, pero evita que el trabajador sufra fatiga excesiva y que, por consiguiente, pueda recuperarse con un adecuado período de descanso. Para poder expresar estos conceptos en forma práctica y entendible se han desarrollado bases de comparación, como definir el ritmo o velocidad normal con la velocidad de movimientos que le permite

recorrer a una persona una distancia aproximada de 5,4 km en el término de una hora sobre un camino llano y sin traslado de carga.

Más allá de los ejemplos que puedan desarrollarse con el objeto de identificar la velocidad de movimiento que debe corresponder al denominado *ritmo normal*, debe tenerse presente que el cuerpo tiende a realizar movimientos naturalmente acompasados ejecutados a una velocidad que le permita responder a la exigencia requerida por la tarea en forma continuada durante un cierto lapso de tiempo. La observación reiterada de tareas dentro de un determinado tipo de industria le permitirá al analista de tiempos ir acumulando la experiencia necesaria para establecer cuál es la velocidad normal de trabajo que permite cada tarea.

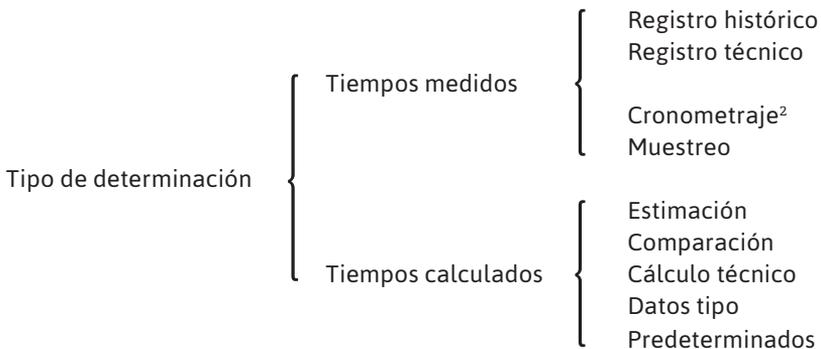
11.1. TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE TIEMPOS

El conjunto de técnicas que permiten determinar los tiempos de las actividades puede ser dividido en dos tipos: las que determinan los tiempos por medición directa y aquellas que lo hacen a través de algún tipo de cálculo. Obviamente, el primer grupo exige como condición que la tarea esté en realización, mientras que las segundas pueden independizarse de esa ejecución.

Se denominan *tiempos reales o medidos* los tiempos empleados en la ejecución concreta de una actividad, y solo pueden ser captados mediante medición directa, la cual puede ser realizada por un observador externo. Es muy importante que, cuando se utilicen este tipo de observaciones, los operarios sean informados del objetivo del estudio, con el fin de que el desarrollo de sus tareas no se vea influenciado y sufra algún tipo de cambio.

Los *tiempos previstos o calculados* son tiempos que han sido derivados de tiempos reales captados con anterioridad y que, a través de determinados procedimientos, pueden ser utilizados en la asignación de tiempos de las actividades.

Dentro del conjunto de técnicas para la determinación de tiempos podemos mencionar:



² En la metodología de la OIT, esta técnica se denomina *estudio de tiempos*.

11.1.1. Registro histórico

Este sistema toma datos de tiempo empleado y producción realizada de algún sistema de control del sistema laboral, y simplemente consiste en acumular datos a través del tiempo que luego permiten establecer la duración media de cada tarea. Los datos registrados pueden provenir de autorregistros, esto es, de anotaciones realizadas por los mismos operarios respecto de la cantidad producida en una tarea; para ello confeccionan diariamente una planilla en la que se anota la tarea, la hora a la que se inicia, la hora de finalización y la cantidad producida.

El autorregistro puede aplicarse a dos tipos definidos de fabricación: a la fabricación de repetición aleatoria y a los casos de fabricación única. En este último caso, el tiempo así registrado permite calcular los costos de fabricación de la orden, mientras que en el caso de la fabricación de repetición aleatoria (o discontinua) el tiempo unitario será consecuencia del cociente entre las horas utilizadas y la cantidad realizada. Estos datos se van volcando en una ficha de registros históricos, los cuales permiten establecer un cierto promedio.

En general, ese promedio puede ser llevado en forma simplemente aritmética o bien en forma ponderada por la cantidad registrada en cada anotación. Este sistema puede ser complementado por medio de algún autorregistro de horas productivas perdidas, de modo de poder expresar las horas netas dedicadas a la fabricación del lote al completar la orden de trabajo (OT) o la orden de producción (OP).

Figura 11.1. Orden de fabricación típica

ORDEN DE TRABAJO			N°
PRIORIDAD:		CUENTA N°	
REQUERIDO POR:	APROBADO POR:	FECHA:	
EQUIPO:			
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:			
SUPERVISOR:		SECCIÓN:	FECHA:
MATERIAL Y HERRAMIENTAS ESPECIALES NECESARIAS:			
COORDINADO POR:		DEPARTAMENTO:	
N° DE ORDEN DE IMPEDIMENTO DE LA OPERACIÓN:		TIEMPO:	FECHA:
REGRESA A OPERACIÓN: FECHA		HORA:	SUPERVISOR:
SERVICIO VERIFICADO: <input type="checkbox"/>		RESPONSABLE	
SUMARIO DEL SERVICIO EJECUTADO:			
FECHA DE TERMINACIÓN DEL SERVICIO:			HORA:
COMENTARIOS SOBRE EL PROBLEMA:			
Horas-hombre estimadas	Horas-hombre reales	Nombres	Comentarios relativos al consumo de horas-hombre

Nota: Correctamente completada y archivada servirá como base de información futura.

11.1.2. Registro técnico

Es un sistema de características similares al histórico, en el cual los datos básicos son obtenidos a través de diferentes dispositivos de obtención de datos que funcionan en forma autónoma y que en general forman parte de las propias máquinas (CNC, tornos modernos, fresadoras automáticas, etcétera). Este dato es guardado por el supervisor del área y formará parte de un histórico que pueda ser utilizado en el futuro.

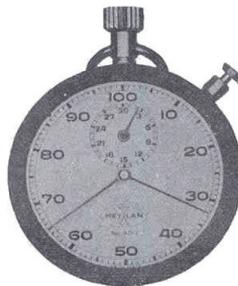
Imagen 11.1. *Display* de un torno CNC



11.1.3. Estudio de tiempos por cronometraje

Es una técnica de amplia difusión basada en la captación de datos reales a través de su medición por cronometraje.

Imagen 11.2. Cronómetro centesimal, utilizado inicialmente para la toma de tiempos (observar que se encuentra tarado en 100 unidades)



11.1.4. Muestreo

Es un procedimiento de base estadística que permite obtener tiempos de operación a partir de un estudio realizado sobre la base de observaciones instantáneas sobre una muestra representativa del universo de operaciones.

11.1.5. Estimación

Es un procedimiento basado en la experiencia que permite definir tiempos según la apreciación de la cantidad de trabajo que demanda la fabricación de un producto; recordemos que la expresión *producto* está dada en su acepción más general.

11.1.6. Comparación

Es un sistema por el cual se utiliza un producto, cuyo tiempo es conocido y aceptado como válido, de características similares al producto del cual se quiere determinar su tiempo. A partir de esa base se realiza un estudio de las similitudes y diferencias que existen entre el producto base y aquel cuyo tiempo se quiere determinar. El tiempo que se asigna al nuevo producto³ resulta de la suma algebraica de los tiempos estimados de las diferencias registradas entre las piezas analizadas y el tiempo de la pieza tomado como base.

11.1.7. Cálculo técnico

Esta técnica se utiliza en la determinación del tiempo de piezas o de un elemento⁴ máquina del ciclo de operación. El cálculo se realiza a partir de los datos técnicos de la máquina, como la velocidad de avance de la herramienta, y datos de la operación, como longitud del avance, etcétera.

11.1.8. Datos tipo

Se refieren al sistema que se suele crear en algunas empresas por el cual se genera un banco de datos de los tiempos registrados de tareas tipo habituales y con cierta frecuencia de uso en el sistema laboral. Como ejemplos de tareas de este tipo podemos mencionar colocar una pieza en la boca de la matriz en una actividad de matrizado, accionar dispositivos de seguridad que permitan el accionamiento del balancín, retirar manualmente una pieza estampada, colocar una pieza en las bridas del plato de un torno y apretar, etcétera. En cierta medida, esta técnica puede considerarse una particularidad de los sistemas de tiempos predeterminados.

11.1.9. Sistemas predeterminados

Han sido desarrollados a partir de los trabajos de los esposos Gilbreth, quienes estudiaron los modos en que el cuerpo humano realiza los movimientos que le demanda una tarea laboral. Encontraron que, cualquiera sea el movimiento, este

³ Recordemos que nuestra denominación de *producto* no solo hace referencia a un producto comercial sino también al resultado de cualquier actividad.

⁴ Ver el concepto de *elemento* en el capítulo 12: "Tiempos reales o medidos".

será el resultado de una secuencia de movimientos elementales que responderá a las características propias del cuerpo humano.

Imagen 11.3. Esposos Gilbreth, psicólogos dedicados a la mejora de los métodos de trabajo



Si observamos atentamente qué movimiento realizamos cuando tomamos una lapicera que se encuentra sobre el plano de la mesa de trabajo, podremos establecer que existe un movimiento del brazo cuyo eje se encuentra en el hombro (este movimiento acerca la mano a la posición en la que se encuentra la lapicera), un movimiento de la mano cuyo eje de giro es la muñeca (que permite posicionar la mano sobre la lapicera), un movimiento de los dedos respecto de sus nudillos (para asir la lapicera), y luego un movimiento del brazo de retorno a la posición de escritura, que se realiza simultáneamente con un giro que los dedos realizan sobre la lapicera a fin de tomarla en la posición habitual de escritura.

Los diferentes sistemas de tiempos predeterminados⁵ han organizado esos movimientos elementales de acuerdo con sus diferentes características, y asignaron tiempos a cada uno de ellos, con lo cual se elaboran tablas de tiempos unitarios para cada tipo de movimiento elemental. Dado que este tipo de técnica exige una minuciosa descripción del método de realización de las actividades de la operación, permiten determinar un tiempo con un nivel de error relativamente pequeño.

En virtud del alto costo de determinación que la aplicación de esta técnica demanda, los diferentes sistemas han desarrollado procedimientos abreviados que simplifican la tipología de los movimientos agrupando varios movimientos elementales en uno solo de orden superior; de esta forma se disminuye el tiempo requerido por el análisis de la operación, y si bien con ello se aumenta el error relativo del tiempo determinado, permite su aplicación a un campo más amplio de tareas industriales.

Como puede deducirse de lo comentado, la utilización de algunas de las técnicas de tiempos predeterminados permite definir el tiempo asignado a una operación con el único requisito de que se haya definido su método de realización, lo que tiene la ventaja de poder disponer de tiempos asignados antes de que la operación

⁵ Sistemas como MTM, Work Factor, Beadox, etcétera.

se realice por primera vez, una situación ventajosa para analizar el equilibrio de funcionamiento de líneas de producción.

11.2. CAMPO DE APLICACIÓN

En la determinación de los tiempos de las actividades hemos mencionado diversas técnicas, cada una de las cuales, como luego veremos, tiene su campo de aplicación específico. Esas técnicas permiten la definición del tiempo con diferente nivel de confianza y margen de error, pero a su vez con costos y tiempos de gestión diferentes. En definitiva, la elección de una técnica determinada estará dada en cada circunstancia por la relación costo-beneficio y por la posibilidad técnica de su aplicación a la circunstancia.

Con esta premisa claramente presente, los tiempos definidos por alguna de las técnicas mencionadas son de amplísima utilización en la actividad diaria de la empresa. Como ejemplo de utilización podemos mencionar el siguiente, sin que el orden presentado indique prelación de utilidad:

- Comparar la eficacia de varios métodos diferentes de una misma tarea.
- Si se considera necesario, distribuir y balancear, con la ayuda de un diagrama de actividades múltiples, las diferentes tareas de un proceso dentro de un equipo de trabajo.
- Determinar el número de máquinas de funcionamiento automático o semiautomático que pueden ser controladas por un operario.
- Brindar información sobre las necesidades de mano de obra y máquinas para un plan de producción.
- Obtener información para basar presupuestos y plazos de entrega.
- Servir de base a los costos y al control de producción.
- Identificar tiempos improductivos y, a partir de su análisis, decidir su reducción o eliminación.

11.3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Con una concepción de características similares a las comentadas en el desarrollo de una aplicación de estudio de métodos, un proceso de determinación de tiempos se realiza siguiendo un procedimiento metodológico que implica las siguientes fases o etapas: definir, registrar, cuantificar, examinar, establecer, implementar, evaluar.

En la etapa de *definir*, por una parte, se desarrollan las mismas actividades que hemos definido para el caso de la aplicación de un estudio de métodos, esto es, definir el objetivo, los límites y las restricciones, y planificar actividades del estudio a desarrollar. Por otra parte, se integra a esta etapa la actividad de *seleccionar la técnica* de cuantificación de tiempos que aplicaremos en el estudio. La etapa de *registrar* es el conjunto de actividades que permiten establecer las circunstancias en

que se realiza el trabajo, los métodos, los elementos y las condiciones en las cuales se desarrolla la tarea cuyo tiempo quiere establecerse. La etapa de *cuantificar*, que en la metodología de la OIT recibe el nombre de *medir*, engloba las actividades que a partir de la utilización de la técnica seleccionada permiten establecer el contenido de tiempo de la actividad.⁶ La etapa de *examinar* engloba el conjunto de actividades que implica el análisis crítico de los datos registrados, de modo de verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces y separar los elementos improductivos y extraños de los productivos. Esta etapa cobra sentido si la técnica de determinación seleccionada es el estudio de tiempos por cronometraje, dado que existe una observación directa de la actividad cuyo tiempo se busca determinar. La etapa de *establecer* comprende la actividad de *compilar*, en la que se establece el tiempo asignado a la actividad considerando los márgenes correspondientes para el descanso, necesidades personales, contingencias, etcétera, requeridos por la tarea, y la actividad concerniente a establecer las condiciones de validez (método, condiciones de trabajo, etcétera) del tiempo establecido.

Un aspecto importante que debemos precisar es que el procedimiento que hemos desarrollado es de carácter general y pensado para cuando se quieren definir tiempos asignados (*tiempos tipo* en la nomenclatura de la OIT); en consecuencia, debe adecuarse a los requerimientos de la técnica de determinación del tiempo que hayamos seleccionado para el estudio.

11.4. EL OPERARIO CALIFICADO

El concepto de operario calificado surge del análisis de los requerimientos que la tarea laboral le impone al factor humano. Cada tarea tiene un objeto propio, y en su desarrollo se deben realizar actividades que exigen habilidad manual en un caso, precisión visual en otro, o puede exigir esfuerzos físicos significativos, etcétera. A su vez, cada tarea exige un grado de conocimiento previo propio de la actividad a desarrollar, y se efectuarán en un determinado tipo de entorno que le puede agregar solicitaciones al factor humano (postura de trabajo, temperatura ambiente, etcétera). De estos elementos resulta el denominado *perfil del puesto*, que servirá para establecer el concepto de *calificado* a la persona que reúna los requisitos establecidos en ese perfil. En consecuencia,

el trabajador (operario) calificado es aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas, conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso, según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

⁶ La denominación de *cuantificar* me parece más acorde con la posibilidad de englobar las diferentes técnicas, ya que a nuestro juicio la idea de *medir* es propia de técnicas como el estudio de tiempos. En definitiva, esta distinción de términos en modo alguno implica diferenciación sobre el objeto de la etapa.

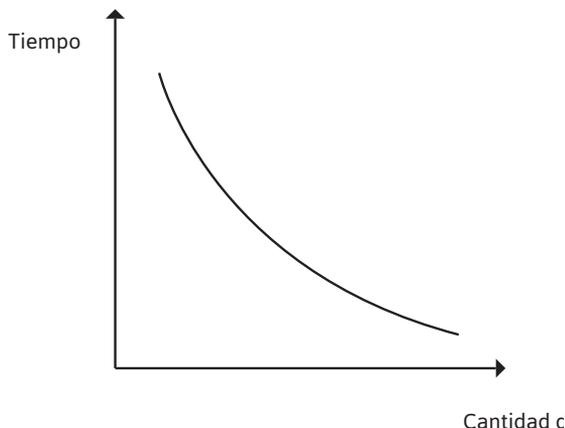
11.5. EL APRENDIZAJE

De la definición precedente debemos destacar que el término de *calificado*, asimismo, exige que el operario se habitúe a la tarea, y que por más que sea del mismo orden que las registradas en su experiencia previa, es una tarea nueva; en consecuencia, a través de un proceso de repeticiones debe internalizar el método de ejecución, de modo de lograr una adecuada automatización de ejecución de movimientos. Este proceso se denomina *aprendizaje*.

Experimentalmente, se define que, de acuerdo con la duración de la tarea, se establece el número de ciclos que se consideran recomendables a los fines de dar por captado el entrenamiento en el nuevo método. Esa relación (tiempo de la tarea, ciclos de aprendizaje) generalmente se expresa en la denominada *curva de aprendizaje*, en la que puede apreciarse que, en la medida en que el ciclo tiene mayor duración, se reduce el número de repeticiones necesarias, e inversamente, en la medida en que disminuye el tiempo del ciclo, aumenta el número de repeticiones consideradas necesarias para lograr el aprendizaje del método.

Un ejemplo práctico del concepto de aprendizaje lo podemos extraer de visualizar qué nos ocurre cuando, sabiendo conducir automóviles, debemos conducir un auto diferente al que estamos habituados, y que aunque sea de las mismas características no comenzamos a manejar con la misma soltura con la que lo hacemos habitualmente, sino que durante un cierto lapso de tiempo estamos pendientes de la ubicación de la palanca de cambios, de la posición de cada velocidad, de la altura y posición del asiento, de la ubicación de los espejos retrovisores, de la respuesta del freno, del pedal de embrague, etcétera. Durante el transcurso de ese lapso de tiempo vamos incorporando las respuestas y logramos la soltura de conducción a la que estamos acostumbrados. La curva de aprendizaje ha sido estudiada y es posible determinar matemáticamente la cantidad de ciclos necesarios para establecer como aprendida la tarea.

Figura 11.2. Forma típica de la curva de aprendizaje de una tarea llevada adelante por un trabajador capacitado pero no entrenado para su realización



La figura 11.2 muestra la forma de una curva de aprendizaje que matemáticamente podrá ser expresada como:

$$y = k x^n$$

Para su estudio es conveniente linealizarla; por lo tanto, aplicando las propiedades de los logaritmos, obtenemos que:

$$\log_{10} y = \log_{10} k + n \log_{10} x$$

Donde:

y = tiempo del ciclo

x = n° de ciclos o unidades producidas

n = exponente de la pendiente

k = valor del primer tiempo de ciclo.

De esta manera, realizando unas mediciones y tabulándolas, puede establecerse la cantidad de ciclos necesarios para llegar al tiempo asignado a la tarea. Es importante destacar que n (pendiente de la curva linealizada o valor del exponente) es la característica de cada persona, y está determinada por la capacidad del aprendizaje de la tarea; es por ello que debe tabularse para cada individuo en forma práctica, y así obtener la pendiente de la curva linealizada.

RESUMEN

Podemos expresar que en este capítulo hemos encontrado dos grupos de técnicas que permiten establecer el tiempo con el cual un trabajador calificado realiza una tarea bajo un método establecido, y que el tiempo a través de una metodología de normalización puede considerarse como el tiempo que debe cumplir cualquier trabajador con las condiciones antes dichas.

Encontramos que estas técnicas están agrupadas en dos conjuntos, uno que establece los tiempos mediante mediciones reales realizadas en el preciso instante en el que se efectúa la tarea, y otro que, utilizando datos derivados de la observación, logra calcular ese tiempo. Finalmente, hemos presentado las distintas técnicas que desarrollaremos en capítulos posteriores.

Estudio de casos

Las ventajas de saber gestionar el tiempo

Juan Sebastián Celis Maya, autor experto en temas de desarrollo personal

Tener un trabajo puede ser una actividad extremadamente estresante. Las personas pierden gran parte de su tiempo simplemente pensando en su trabajo, o discutiendo acerca de él. Usualmente, un trabajo tiende a formar parte del estilo de vida y, por lo tanto, consume gran parte del día. Así, es común ver cómo las personas pierden su sentido de prioridad con las actividades que realizan.

Sin embargo, independientemente de si se trata de un trabajo o no (quizás se trate de alguna actividad cotidiana), estos inconvenientes son causados por una incorrecta *gestión del tiempo*. Sabiendo gestionar el tiempo que dedicamos a nuestras tareas, podremos gozar de múltiples ventajas a la hora de cumplir con ellas, y adicionalmente tendremos siempre lugar para nuestros emprendimientos, objetivos, sueños, propósitos y metas.

El problema

Sin una correcta gestión del tiempo es posible que te encuentres a menudo de cara a situaciones llenas de estrés. Debes recordar que la productividad *no significa* hacer muchas cosas a la vez. Es indispensable crear un balance entre las actividades que permita que cada una de ellas se realice de manera eficiente y eficaz.

Cuando te enfrentas a múltiples tareas, es muy posible que falles continuamente: con la puntualidad en reuniones, entregas, etcétera, así como también que dejes varias cosas para hacer en el mismo momento, lo que finalmente desemboca en una gran pérdida de eficiencia y en mucho *tiempo* perdido. Puede que esto no te afecte significativamente a corto plazo, pero si logras mejorar este aspecto de tu vida, no solo incrementarás tu puntualidad y cumplimiento, sino que también reforzarás aspectos que requieren una *gestión del tiempo integral*.

La solución

Una buena gestión del tiempo puede prevenir estos eventos y muchos otros, por el simple hecho de que no tendrás que preocuparte tanto de tus quehaceres si tienes todo dentro de tu cronograma. Te liberas de mucho estrés y además priorizas tu vida. Contar con prioridades no solo permite ser ordenado y contar con mucho menos estrés, sino que además es un camino más corto al éxito. Cada emprendimiento que realices lo tendrás en tu agenda y, por lo tanto, dedicarás una parte de tu vida (dependiendo de su prioridad) a lograrlo. Sin embargo, *una exitosa gestión del tiempo* es un poco complicada de lograr. Debes incorporar a tu vida el hábito de la autodisciplina para poder gestionar las eventualidades correctamente.

Una pertinente **gestión del tiempo** es una herramienta sumamente poderosa, pues permite contar con un plan efectivo de realización de las tareas. Sin contar con que crea en nuestras vidas un hábito valioso que nos permite ser buenos en todo aquello que nos propongamos. Terminar todo *a tiempo* y cumplir nos puede permitir cosas como dejar el trabajo, montar una empresa y mucho más. Pues estas son actividades que requieren un alto compromiso personal y disciplina, algo que se logra **gestionando el tiempo** eficiente y eficazmente.

Adicionalmente, **si gestionas bien tu tiempo** contarás con menos estrés, lo que en última instancia se traduce en que gozarás de una mejor salud a largo plazo. Recuerda también que descansar es una de las partes más importantes de la productividad. Finalmente, una de las más grandiosas **ventajas de saber gestionar el tiempo** es que podrás distribuirlo, de manera que tendrás lo suficiente para invertirlo en tu familia, seres queridos y amigos. Y a tener en cuenta que no he hablado de la distracción y la diversión, partes importantes de nuestra vida cotidiana y nuestro bienestar. *Gestionando tu tiempo* podrás vivir la vida a tu propio ritmo, crear y modificar tu rutina y darte espacios para conocerte y educarte mejor sobre ti mismo.

Fuente: <http://www.sebascelis.com/las-ventajas-de-saber-gestionar-el-tiempo/>.

Ejercicios

1. **Desarrolle el concepto de medida del trabajo.**
2. **¿A qué denominamos trabajador calificado?**
3. **¿Por qué el estudio de tiempos solicita que se trate de un trabajador calificado realizando la tarea con un método?**
4. **¿Cuándo utilizaría el tiempo estimado?**
5. **¿Qué técnicas conoce para el estudio de tiempos? Descríbalas y gráfíquelas.**
6. **¿En qué consiste la técnica de los tiempos medidos?**
7. **¿Para qué sirve la técnica del muestreo?**
8. **¿Qué tipos de métodos de tiempos medidos conoce? Descríbalos sintéticamente.**
9. **¿Qué entiende por tiempos calculados?**
10. **¿Qué tipos de métodos de tiempos calculados conoce? Descríbalos sintéticamente.**
11. **Describa sintéticamente el estudio de métodos aplicado al estudio de tiempos.**
12. **¿En qué caso utilizaría la ecuación que trata la temática del aprendizaje? Ejemplifique con un caso numérico.**

CAPÍTULO 12

TIEMPOS MEDIDOS O REALES

En este capítulo estudiaremos las distintas técnicas propuestas por la OIT englobadas en el grupo de tiempos medidos o reales, como se ha presentado en el capítulo anterior. Se establecerá así el tiempo asignado a la tarea contemplando las condiciones y circunstancias bajo las cuales esta se realiza.

Como hemos consignado en el capítulo precedente, para la determinación de un tiempo, independientemente de la técnica utilizada, se sigue un procedimiento básico (metodológico) en el cual se realizan las siguientes etapas: definir, registrar, cuantificar, examinar, asignar, implementar, evaluar.¹ Estas etapas requieren diferentes contenidos de trabajo según la técnica de determinación de tiempo que se utilice. De las diferentes técnicas que integran el campo de la determinación de tiempos medidos, comenzaremos considerando la *técnica del cronometraje* (estudio de tiempos en la denominación de la OIT).²

12.1. TIEMPOS MEDIDOS POR CRONOMETRAJE

La determinación de tiempos de una actividad que se realiza a partir de un estudio de tiempos por cronometraje está situada dentro de las técnicas de captación de datos reales a partir de la medición de la tarea por medio de su cronometrado. Esta técnica es de amplio campo de utilización dado que, en términos generales, nos permite disponer del tiempo de una operación con adecuado nivel de confianza y reducido margen de error a un costo de generación razonable (aunque se debe reconocer que

¹ Recordar que, si bien las denominaciones que hemos asignado a las fases de desarrollo de un estudio difieren de la nomenclatura de la OIT, ello no presupone diferencia conceptual digna de mención.

² El lector sabrá disculpar las reiteradas diferencias semánticas en la identificación de tareas, conceptos, técnicas, etcétera, pero ello es producto de la falta de universalización de términos y conceptos que lamentablemente ofrece la administración en la actualidad, y dado también a que los diferentes términos son habitualmente utilizados.

es la más elevada en costos de las técnicas), y al mismo tiempo permite abarcar una amplísima gama de actividades fabriles.

El objeto de la aplicación de un estudio de tiempos por cronometraje es la determinación del *tiempo asignado a la operación*, también conocido como *tiempo estándar* o, en la denominación de la OIT, *tiempo tipo*, siendo este tiempo el que empleará un operario calificado para realizar un ciclo de trabajo de la operación trabajando a ritmo normal y teniendo en cuenta las diferentes contingencias propias de la tarea y del operario.

La técnica del estudio por cronometraje presenta una excelente relación costo-beneficio con un adecuado margen de error y nivel de confianza, siendo su campo de aplicación el referido a operaciones que presenten un número elevado de repeticiones en cada período de tiempo considerado. Por su parte, esta técnica tiene requisitos previos que merecen destacarse:

- Deberá ser aplicado por personal técnico con adecuada preparación y experiencia.
- La actividad a estudiarse debe realizarse de acuerdo con un método pre-establecido y en ejecución.
- El operario que realiza la operación debe ser un operario calificado para la tarea en estudio.
- El operario debe contar con el entrenamiento previo requerido por las condiciones de aprendizaje definidas para la tarea.

12.1.1. La etapa de definir

El objetivo de esta etapa guarda características similares con respecto a lo que hemos definido como procedimiento sistemático para llevar a cabo un estudio de métodos, aunque, y lógicamente, debemos tener en cuenta las características particulares inherentes a la determinación del tiempo de la actividad por medio de la técnica del cronometraje. La decisión de someter una determinada tarea a un estudio de tiempos por cronometraje puede ser generada por diferentes motivos:

- Derivación desde un estudio de métodos.
- Pedido de los operarios.
- Cumplir una de las revisiones periódicas que se realizan a partir de la adopción de un tiempo y con motivo de mantener un estándar válido.
- Balancear las actividades de sucesivos puestos de trabajo.
- O bien por cualquier otro punto de partida.

Si bien la experiencia acumulada a lo largo del tiempo hace confiable el estudio de tiempos tanto para los empresarios como para los obreros, cuando se dispone la realización de un estudio deben extremarse las precauciones para evitar problemas por malentendidos; para ello debe explicarse con claridad el objeto del estudio y contar

con la buena disposición del personal afectado. Nótese que el estudio de tiempo implica la observación y valoración de la persona que ejecuta la tarea, y que, por otro lado, suele ser habitual que parte de la remuneración de los operarios dependa de los tiempos establecidos (primas por rendimiento). Esto, para tener una comprensión de lo sensible del tema.

Si bien dentro de la etapa de seleccionar involucramos los aspectos de relación social exigidos como condición necesaria para la realización de una tarea exenta de cuestionamientos laborales, no es menos cierto que dentro de esta etapa, y en similar sentido con lo que hemos actuado en esta misma etapa en la aplicación de un EDM, debemos establecer los objetivos del estudio, sus límites, restricciones, duración, nivel de confianza, margen de error pretendidos, etcétera. En definitiva, el objeto de esta etapa es precisar clara y concretamente el objetivo que anima la realización del estudio, y que sea comprendido y aceptado por todas las partes involucradas.

12.1.2. La etapa de registrar

Esta etapa está conformada por tres actividades básicas: reunir la información pertinente de la tarea a estudiar, comprobar la vigencia del método establecido y dividir el ciclo de la operación en elementos.

12.1.2.1. Reunir la información pertinente

La información que identifica la operación y el estudio pueden agruparse en los siguientes ítems:

- Identificación exacta del producto bajo estudio, a través de:
 - Código y descripción de la pieza.
 - Identificación de la documentación técnica del producto.
 - Verificación de la concordancia de la pieza en elaboración y la fecha de vigencia de la documentación técnica.
- Identificación de la operación por medio de reconocer el departamento o sección y el puesto de trabajo en el que se realiza la tarea, y la descripción de la máquina (marca, modelo, capacidad, velocidad de trabajo, avance, dispositivos, plantillas, calibres de control, etcétera).
- Identificación del operario: nombre y apellido, sexo, número de ficha, categoría, etcétera.
- Tiempo de duración del estudio por medio del registro de la hora de inicio, de finalización y el tiempo transcurrido.
- Condiciones climáticas, ambientales y características del trabajo: temperatura, humedad, iluminación, nivel de ruido, peso levantado, monotonía del trabajo, esfuerzo visual, postura del operario, disponibilidad de silla para descanso o para el trabajo, etcétera.

12.1.2.2. Comprobar el método

Un requisito esencial previo a emprender el estudio de tiempos es la verificación de que el método empleado por el operario en la tarea sea acorde con el método establecido. La concordancia debe comenzar a analizarse a partir de la verificación de que el método escrito corresponde a la última versión del plano de la pieza; aunque aparezca una verificación extraña suelen encontrarse diferencias entre ellos.

Asimismo, la verificación no solo debe realizarse respecto de los movimientos del operario, sino también de las condiciones de la materia prima, de la disposición del puesto de trabajo, de las condiciones de operación de la máquina y de la utilización de las herramientas y dispositivos. Esta última verificación no solo se refiere a su identificación sino también a su adecuado estado de uso, verificación de temperaturas y regulaciones de operación, verificación de calidad de las piezas producidas, etcétera. Debe tenerse presente también que esta concordancia no solo es exigida por la relación continua *operación-método de realización-tiempo asignado*, sino que además es requisito de la vigencia de las normas ISO 9000, entre otras.

12.1.2.3. Dividir el ciclo en elementos

Dado que a lo largo del desarrollo del ciclo de trabajo en observación pueden presentarse circunstancias diversas que requieran consideraciones diferentes entre sí,³ es conveniente, para facilitar la medición y evaluación de las condiciones de trabajo, la división del ciclo en partes sucesivas, que denominaremos *elemento*, y que definiremos de la siguiente manera:

El elemento es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, la medición y el análisis.

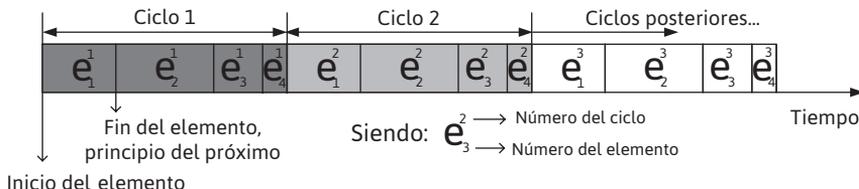
Mientras que definiremos *ciclo* de la siguiente manera:

El ciclo de trabajo es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea (operación) u obtener una unidad de producción. El ciclo comprende elementos previstos y casuales.

El ciclo de trabajo empieza al comienzo del primer elemento de la operación o actividad y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación, donde, en consecuencia, comienza un nuevo ciclo.

³ Desde el punto de vista del análisis de los requerimientos de la tarea, no es lo mismo desplazarse por un camino plano que subir por escaleras, desplazarse con o sin transporte de carga, etcétera.

Figura 12.1. Metodología de identificación de los elementos del ciclo



Los elementos se caracterizan por:

- Tener un comienzo y un fin claros y precisos, de modo que una vez establecidos puedan reconocerse con facilidad y precisión en los ciclos siguientes. Deben consignarse situaciones como accionar el arranque de una máquina, depositar una herramienta, tomar una herramienta, etcétera.
- Su tiempo de duración deberá ser tan corto como sea posible, y, en rigor, medible. Las experiencias indican, en forma tentativa, entre un mínimo de 0,04 minutos centesimales (2,4 segundos) y un máximo de 0,33 cm (20 segundos).⁴ Asimismo, las experiencias indican que a un elemento corto le sigue uno largo y así sucesivamente.
- Los elementos deben definirse de acuerdo con las características del movimiento, es decir que debe respetarse la clasificación de los elementos (que especificaremos a continuación), de modo que un elemento responda a un único tipo de movimiento o actividad.

12.1.2.3.1. Clasificación de los elementos

Los elementos se han clasificado en ocho clases o tipos: repetitivos, casuales, constantes, variables, manuales, mecánicos, dominantes y extraños.

- **Repetitivos.** Son los que aparecen exactamente iguales en cada ciclo estudiado, como tomar una pieza y colocarla en el dispositivo, sacar el conjunto del dispositivo de armado y colocarlo en una bandeja, apretar una sujeción, etcétera.
- **Casuales.** Son los que no aparecen en cada ciclo de trabajo sino a intervalos regulares o irregulares, como limpiar la viruta acumulada en la bandeja de descarga, recibir instrucciones del capataz, etcétera. Estos elementos forman parte del ciclo de trabajo y se incorporan al tiempo de la tarea ponderados en su incidencia.

⁴ Los términos de duración de los elementos explicados se aplican a aquellos elementos no mecánicos y son producto de la experiencia.

- **Constantes.** Son aquellos cuya duración es siempre igual (entiéndase *igual* conceptualmente), como colocar una mecha en el mandril, medir con calibre, etcétera.
- **Variables.** Son aquellos cuya duración va a depender de alguna característica del equipo, del producto, del proceso, etcétera.
- **Manuales.** Son aquellos cuya duración está determinada por el operario.
- **Mecánicos.** Son aquellos cuyo tiempo está determinado por una máquina (o proceso) sobre la base de fuerza motriz. Un desbaste en torno con avance automático se considera un elemento mecánico, pero un desbaste con avance manual debido al operario se considera un elemento manual.
- **Dominantes.** Son aquellos que duran más tiempo que otros elementos realizados en su transcurso, como por ejemplo controlar la pieza anterior mientras la máquina en forma automática está realizando el maquinado de la siguiente. Este tipo de elementos suelen llamarse de *tiempo o trabajo exterior*, cuando se refieren al maquinado, y *tiempo o trabajo interior*, cuando se refieren a la tarea de controlar (en el caso del ejemplo dado u otra tarea operativa, como suele hacerse, por ejemplo, en el caso de la inyección de piezas plásticas; durante el tiempo de inyección el operario trabaja sobre la pieza anterior efectuando una impresión, control o rebabado).
- **Extraños.** Son aquellos que ocurren durante el estudio y que al ser analizados no resultan ser una parte necesaria del trabajo; por ejemplo, la interrupción del suministro eléctrico.

Debe consignarse que esta clasificación no contempla categorías excluyentes entre sí, y debe quedar claro que, por ejemplo, un elemento repetitivo puede ser constante o variable, así como un elemento casual puede ser constante o repetitivo, etcétera.

12.1.3. La etapa de medir

Una vez cumplimentada la etapa de registrar estamos en condiciones de iniciar la siguiente etapa, que corresponde a las actividades que involucramos en la fase denominada *medir*, en la que podemos identificar las actividades de preparación y de medición propiamente dichas. Previo a la descripción de esos grupos de actividades, es conveniente precisar algunos conceptos de importancia en el procedimiento; ellos son:

- Los sistemas de cronometraje.
- Los tipos habituales de cronómetros.
- La extensión del estudio, o sea, la determinación del número de ciclos a observar.
- El concepto de valoración.

Los sistemas de cronometraje

Existen dos procedimientos principales de cronometraje para establecer los tiempos observados (o cronometrados): el cronometraje acumulativo y el cronometraje con vuelta a cero. En el *cronometraje acumulativo* el reloj funciona de modo ininterrumpido desde el inicio del estudio hasta su finalización; en consecuencia, la lectura que se tendrá al finalizar cada elemento será la que corresponda desde el inicio del estudio, y para determinar el tiempo observado de un elemento en particular debe procederse a la resta del tiempo anotado a la finalización de ese elemento y del tiempo registrado para su comienzo (que, obviamente, corresponde a la lectura de finalización del elemento anterior). Si bien este tipo de cronometraje tiene el inconveniente de necesitar un cierto trabajo de cálculo posterior a la medición, se compensa por la relativa facilidad de lectura y registro del tiempo cronometrado. Debe comprender el lector que la tarea de medir implica registrar en la planilla el valor observado en simultáneo mientras se realiza la tarea, lo cual requiere de un alto nivel de concentración y entrenamiento.

En cambio, en el sistema de *cronometraje con vuelta a cero* los tiempos se toman directamente al finalizar cada elemento, y en ese mismo instante se vuelve a cero el cronómetro. Simultáneamente se arranca de nuevo, de modo de poder medir el elemento siguiente. Si bien este tipo de cronometraje evita el trabajo de cálculo posterior, exige del analista que realiza el estudio una mayor experiencia y ductilidad en el manejo del cronómetro y en el registro de los datos observados.

De todos modos, la elección del sistema de cronometraje es algo personal del analista, o bien puede suceder que sea costumbre de la empresa la utilización de un tipo determinado. En las consideraciones acerca de la decisión sobre el sistema a emplear debemos tener en cuenta que en la actualidad la utilización de cronómetros electrónicos permite una mayor ductilidad de uso que los antiguos cronómetros mecánicos.

Los tipos habituales de cronómetros

Los cronómetros habituales en la realización de los estudios de tiempo son de dos tipos: analógicos y digitales. Los analógicos son los cronómetros mecánicos tradicionales, que pueden encontrarse con diversas características, como cronómetros con apreciación de 0,01 minuto; con apreciación de 0,001 minuto, o de 0,00001 hora.

La apreciación se define como la lectura que corresponde a cada división del cuadrante central del aparato. Los cronómetros decimales de minutos presentan un cuadrante central con 100 divisiones, y la manecilla central demora 1 minuto en dar una vuelta completa. A su vez, presentan un cuadrante más pequeño, cuya vuelta completa comprende 30 minutos. Este tipo de cronómetro habitualmente es el utilizado para esta tarea. El cronómetro con apreciación de 0,001 minuto presenta

un cuadrante central con 100 divisiones, pero el tiempo empleado por la manecilla central o mayor es de 0,01 minuto. Este aparato se utiliza para la toma de tiempos de elementos muy breves.

El cronómetro decimal de hora presenta el cuadrante mayor en 100 divisiones, pero cada una de ellas corresponde a un diezmilésimo de hora (0,0001), con lo cual la vuelta completa de la aguja central corresponderá a 0,001 hora, o sea, 0,6 minutos. Si bien este cronómetro tiene la ventaja de expresar los tiempos en hora, al ser la velocidad de rotación de la aguja central más rápida que en el decimal de minuto requiere mayor experiencia de uso.

Tanto el decimal de minuto como el de hora son de uso en cronometraje de vuelta a cero. Cuando se prefiere la utilización de la técnica de cronometraje continuo suele utilizarse cronómetro de doble aguja central, que permite detener una de las agujas, mientras que la otra continúa funcionando, lo cual facilita la lectura del tiempo registrado para el elemento y luego se acciona un botón lateral que permite que la aguja que se encontraba detenida alcance a la aguja en movimiento y continúen unidas hasta una nueva detención. Este tipo de cronómetro es muy apto para personas con poca experiencia, pues permite una lectura más tranquila.

La aparición de los cronómetros digitales junto con la posibilidad de adoptar memorias digitales y facilitar su conexión a computadoras ha simplificado enormemente el trabajo del analista y la destreza requerida para el registro de tiempos –en lo que a uso del cronómetro de refiere–, así como también las tareas administrativas posteriores, pero en modo alguno eximen al analista de la evaluación de la tarea y del análisis crítico de las observaciones realizadas.

Determinación del número de ciclos a observar

Dado que el estudio de tiempos es una técnica estadística o de muestreo, ya que a partir de una muestra representativa (número de repeticiones del ciclo en estudio a observar) del conjunto (total de repeticiones del ciclo que se realizan en el tiempo de fabricación) determinamos el tiempo de la tarea, la exactitud de ese tiempo dependerá, en alguna medida, del número de observaciones realizadas. Pero más allá de las consideraciones estadísticas que puedan realizarse para que el estudio arroje resultados comprendidos dentro de un cierto error y con adecuado nivel de confianza, existen consideraciones propias de la tarea en desarrollo y del ámbito en el cual se realizan:

- Si bien el tiempo asignado resultante de un primer estudio puede considerarse válido y aplicable, siempre que se hayan verificado las condiciones que previamente hemos exigido en cuanto al método y al operario, no es usual determinar en forma definitiva un tiempo a partir de las observaciones de un solo estudio, dado que si la jornada laboral es extensa conviene realizar observaciones en horas o turnos y operarios diferentes, de

modo de poder asegurar que se hayan considerado todas las alternativas o variaciones posibles. Se debe prestar atención a que se hayan observado todos los elementos infrecuentes que forman parte del ciclo, como la manipulación de recipientes con materiales procesados y a procesar, ajuste de herramientas, etcétera.

- El número de ciclos a observar dependerá de las variaciones de tiempos de los elementos de la tarea y de la complejidad de esta, la cual es afectada por el grado de tolerancias necesarias, el tipo de acabado, las dificultades del proceso y/o de los materiales, etcétera.
- En modo alguno, en la duración del estudio debe soslayarse la ecuación costo-beneficio, toda vez que en la medida en que aumenta la rigurosidad del estudio, lógicamente aumenta su costo, y ello obliga a precisar el campo de utilización de ese tiempo, dado que obviamente no tiene la misma significación establecer un tiempo para una tarea realizada por un solo operario en un corto lapso de tiempo a tener que establecer el tiempo de un proceso cuyo número de repeticiones es importante y que permanece en el tiempo e involucra un número considerable de operarios. Con esta consideración queremos condicionar las exigencias del punto precedente a la realidad de las condiciones técnico-económicas de la tarea en estudio.
- Como es comprensible, por tratarse esta técnica de un método estadístico y probabilístico, debemos considerar las condiciones de error que pretendemos para nuestro estudio. Consecuentemente, si hacemos referencia a esto, la cantidad de ciclos a observar vendrá dada por la expresión:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Esta expresión es válida para un nivel de confianza del 95% y un error del 5%, donde:

n = tamaño de la muestra

n' = tamaño de la muestra previa

x = valores observados

Veamos un ejemplo para aclarar el uso de la expresión:

Observación	Tiempo de observación (x)	x ²
1	8,5	72,25
2	9	81
3	9	81
4	8,9	79,21
5	9,1	82,81
6	8,5	72,25
7	8,8	77,44
	61,8	545,96

$$n' = 7$$

Reemplazando los valores en la fórmula, obtenemos que:

$$n = 9,70$$

Lo cual implica tomar 10 observaciones. Tal como se observa, la cantidad de ciclos a cronometrar, a error y confianza fijos, depende solamente del tiempo del ciclo y, por lo tanto, pueden tabularse como se observa en la tabla 12.1.

Tabla 12.1. Cantidad de muestras a tomar en función del tiempo del ciclo

Minutos por ciclo	Hasta 0,10	Hasta 0,25	Hasta 0,50	Hasta 0,75	Hasta 1,0	Hasta 2,0	Hasta 5,0	Hasta 10,0	Hasta 20,0	Hasta 40,0	Más de 40
Número de ciclos recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Fuente: *Introducción al estudio del trabajo*, OIT.

El concepto de valoración

Una de las premisas que debe alcanzar un estudio de tiempos es que el tiempo asignado –como resultado del estudio– para una operación sea de uso universal, esto es, que sea aplicable a todo trabajador calificado y entrenado en la tarea siempre que el método establecido no se haya modificado. El concepto de medición del trabajo establece la existencia de una *norma de ejecución preestablecida*; en consecuencia, la medición del tiempo de la actividad debe hacerse con arreglo a esa norma de ejecución.

Aunque se verifiquen en cada operario las condiciones de idoneidad y entrenamiento establecidas al momento de efectuar la medición y aun durante su transcur-

so, el operario puede desempeñarse con diferentes velocidades de trabajo (no debe desecharse la posibilidad de que ello ocurra adrede), lo cual plantea un problema de compatibilidad entre la realidad observada y las premisas a alcanzar. La técnica del cronometraje procura resolver el inconveniente acudiendo a los conceptos de *ritmo normal* y de *valoración*.

El ritmo normal (en la terminología de la OIT se denomina “desempeño tipo”) se define como el rendimiento que obtienen naturalmente y sin esforzarse los trabajadores calificados, como promedio de la jornada o turno, siempre que conozcan y respeten el método especificado y que se les hayan dado motivos para aplicarse (pero cuya remuneración no esté incentivada por el rendimiento).

El problema que ahora se nos plantea es *representar el ritmo normal*, y para ello se recurre a estudios experimentales que permitan obtener un procedimiento de ejemplificación del ritmo normal. Este estudio se basa en la noción de promedios de población, aunque en rigor el hombre promedio no existe, pero para una cierta población se puede, por ejemplo, establecer una altura promedio: si esa altura es de 1,72, tendremos un significativo porcentaje de la población con alturas entre 1,70 y 1,75; asimismo, los porcentajes de población irán disminuyendo en la medida en que nos alejemos de la altura promedio.

Si de una manera similar tomamos, por ejemplo, una población de 500 operarios calificados que llevan a cabo una tarea de acuerdo con el método establecido y trabajando con dedicación pero sin que su remuneración esté sujeta a incentivos monetarios, la relación de tiempo empleado en la operación por los operarios más rápidos será de 1 a 2 con respecto a los más lentos, pero el porcentaje más grande de operarios se situará en una relación aproximada de 1 a 1,5 con respecto a los más rápidos, mientras que el total de los operarios se dispondrá siguiendo los lineamientos de una distribución normal, lo cual nos permitirá establecer que el ritmo (o velocidad) de trabajo correspondiente a ese grupo de operarios corresponde al criterio de ritmo normal.

Esta abstracción estadística nos permite definir *el operario representativo u operario promedio* del conjunto de operarios que han realizado la tarea, y con ello la consideración de que el ritmo tipo o ritmo normal de trabajo será aquel que corresponde al de este operario. Sin embargo, las posibilidades reales de efectuar un estudio con una población de la envergadura citada en el ejemplo son virtualmente nulas; por otra parte, *el operario promedio o representativo es de existencia ideal*, pero es a partir de esta suposición que podemos desarrollar el concepto de ritmo de trabajo, y con la observación de situaciones reales puede establecerse una visualización práctica del ritmo normal como la velocidad de desplazamiento que puede mantener una persona desplazándose por un camino llano y sin carga para recorrer una distancia de aproximadamente 5,4 km en 1 hora.⁵ Dado que, en definitiva, el

⁵ El procedimiento indicado no debe considerarse como único; en rigor existen diferentes

ritmo normal es una definición, tendremos diferentes criterios dependiendo de los convenios empresarios/gremiales.

Establecido el patrón de ritmo tipo, su visualización es relativamente simple a partir de un adecuado entrenamiento, y como comprobación de ello analicemos el siguiente y simple ejemplo: si observamos cómo van caminando las personas por la calle, podemos apreciar que lo hacen a distintas velocidades, y podemos establecer que algunas lo hacen en forma lenta, otras muy lenta, algunas muy rápido, otras a paso vivo y otras a velocidad normal; en consecuencia, solo con nuestra experiencia sobre nuestro propio modo de andar reflejada en la observación de terceros podemos apreciar su velocidad de desplazamiento y compararla con nuestra idea de ritmo normal de caminar.

Imagen 12.1. Posición de los miembros y posiciones corporales ante las diferentes velocidades de traslado del hombre



Fuentes: Hombre corriendo, Fuente: https://es.pngtree.com/freepng/the-running-man_1384239.html

Hombre caminando, Fuente: https://es.pngtree.com/freepng/a-man-walking-with-a-satchel-on-his-back_3412510.html

Hombre paseando, Fuente: <https://mx.depositphotos.com/99670456/stock-illustration-man-with-the-child-for.html>

Este proceso de comparación de la velocidad de trabajo observada respecto de nuestra idea de velocidad normal define el concepto de *valoración*, que podemos expresar como:

Valorar el ritmo de trabajo es justipreciarlo por correlación con la idea que se tiene de lo que es el ritmo tipo.

En los párrafos precedentes hemos utilizado casi como sinónimos las expresiones ritmo normal (ritmo tipo en la nomenclatura de la OIT) y velocidad de desplaza-

procedimientos para visualizar el ritmo normal o tipo. A su vez, debe considerarse tanto el clima como las condiciones culturales del ámbito de trabajo, que inciden en la conformación del ritmo tipo. Si bien el concepto de ritmo tipo o normal es un concepto intelectual, el sentido común nos permite aseverar que el conocimiento de los movimientos que exige el desarrollo de una actividad nos permite apreciar cuál es su velocidad o modo de realización que más se adecúe a la capacidad física del operario calificado para esa tarea. Como ejemplo, nosotros podemos estimar si una persona camina en forma rápida, normal o lenta, simplemente porque tenemos incorporado intelectualmente cuál es el modo normal de caminar.

miento, sin embargo cuando hablamos de ritmo estamos indicando la cadencia de movimientos (como sucesión regular o armónica de movimientos).

Volviendo sobre el tema del aprendizaje que exige poder aplicar la valoración, el analista de tiempos debe a su vez poseer adecuados conocimientos de las tareas que evalúa, pues si bien se está cronometrando a un operario calificado que trabaja de acuerdo con un método preestablecido, el cual ha sido previamente verificado en su realización, no es menos cierto que el operario puede realizar movimientos superfluos o innecesarios que tiendan a complicar la observación de la velocidad útil de trabajo. Cuanto más el analista esté experimentado en la observación del tipo de tarea que tiene bajo estudio, estará en mejores condiciones de proceder a la valoración.

Entendido el concepto básico de valoración, se debe encarar ahora la ejecución práctica de la valoración, para lo cual es necesario establecer el *modo* y el *momento* de expresar la valoración. Respecto al modo y dado que la valoración es en definitiva una comparación, en general se expresa en relación con una escala de tipo lineal, predefinida, de la cual existen varias, como la 60/80, la 75/100, etcétera, en las cuales el valor más alto se asigna al trabajador más rápido, el más bajo se atribuye al ritmo normal, y la expresión del valor es lineal. En este tipo de escala, el valor superior se encuentra un 33% por encima del valor asignado al ritmo tipo o normal, que corresponde al límite inferior de la escala, pues la experiencia nos dice que un trabajador que trabaje con un adecuado incentivo puede mejorar el tiempo de ejecución de la tarea en aproximadamente un 33%.

En nuestro caso seguiremos la escala recomendada por la OIT, que es la definida por 0/100, en la cual el valor 0 se asigna a la inactividad total y el valor 100⁶ al desempeño tipo. Por consiguiente, un operario que trabaje a un ritmo superior al ritmo tipo tendrá una valoración mayor que 100, digamos como ejemplo 115, lo que significa un ritmo de trabajo superior en un 15% al ritmo tipo, mientras que una valoración 80 indica que el operario se desempeña con un ritmo inferior en un 20% al ritmo tipo. Si la valoración y el cronometraje fuesen impecables, resultaría que, para un mismo elemento y para las diferentes observaciones, se tendría lo que podemos observar en la tabla 12.2.

Tabla 12.2. Ejemplo de normalización

Ciclo	Tiempo observado	Valoración	Tiempo normalizado (constante)
1	0,2	100	0,2
2	0,16	125	0,2
3	0,25	80	0,2

Nota: La tabla muestra una valoración perfecta, lo que genera un tiempo normalizado constante, es decir, lo que tardaría un trabajador en realizar la tarea a un ritmo normal o ritmo tipo.

⁶ Valores que corresponden a una norma de origen británico adoptada por la OIT.

Es decir que se *verificaría*. Recordemos que la valoración debe ser perfecta, cosa que no es así por limitaciones propias del observador y además porque la valoración del ritmo de trabajo se expresa en valores redondeados a 0 (0, 100, 110, etcétera), aunque los analistas más experimentados suelen expresarla en redondeos de 5 en 5:

Tiempo observado* (Valoración observada / Valoración normal) = Constante

Lo cual es absolutamente coherente con nuestra idea de *universalizar* el tiempo asignado, y nos permite definir el concepto de *tiempo normalizado*.

El tiempo normalizado es el que se emplea en realizar un elemento del ciclo de una operación trabajando a ritmo normal o ritmo tipo.

Nos resta indicar el *momento* de registrar la valoración, que de acuerdo con la metodología de la OIT debe efectuarse durante el desarrollo del elemento y antes de su finalización, de modo de independizar la tarea de la observación y registro del tiempo cronometrado del elemento en desarrollo; en consecuencia, para cada elemento y por cada ciclo observado tendremos un par de valores registrados, que son *la valoración observada* y el *tiempo cronometrado*, también conocido como *tiempo observado*.

Cuando el ciclo es breve, puede evitarse la valoración por elemento y reducirla a la valoración por ciclo, y también, ahora para el caso de estudios cortos, indicarse la valoración del ritmo de trabajo para el conjunto de los ciclos observados, pero es conveniente precisar que estas son circunstancias bastante acotadas en la realidad. Finalmente, en esta obra mencionamos la existencia de diferentes escalas de valoración, que al igual que para la OIT se basan en la escala 0-100 o británica, sin embargo se mencionan también escalas como 100-133; 60-80 y 75-100, que prácticamente están en desuso.

12.13.1. La tarea de medición de la actividad

Cumplidas las actividades precedentes, estamos en condiciones de realizar la medición de la actividad, y no es redundante insistir sobre la necesidad de explicar claramente los motivos del estudio y el procedimiento que el analista de tiempo desarrollará en el taller y los cuidados que debe observar.

Efectuado el proceso de cronometraje del ciclo analizado de acuerdo con las condiciones descriptas para cada elemento, nos quedan como resultado un par de valores: el tiempo cronometrado o tiempo observado y la valoración observada, valoración que corresponde al desempeño del operario en sus momentos de actividad, así como también todos los registros de elementos casuales y extraños observados durante su desarrollo.

Recordemos que si hemos utilizado el sistema de cronometraje continuo, los registros observados corresponden a tiempos acumulados desde el inicio del

estudio, de modo que para determinar el tiempo observado de un elemento debe efectuarse la resta del registro de tiempo de finalización del elemento y el tiempo registrado al inicio del elemento.

12.1.4. La etapa de examinar

A partir de los datos obtenidos en la etapa anterior, *medir*, se procede a examinar los datos obtenidos a partir del cálculo del tiempo normalizado, para el cual se utiliza la expresión siguiente:

$$\text{Tiempo normalizado} = \text{Tiempo observado} * (\text{Valoración observada} / \text{Valoración normal}) \quad (1)$$

En el caso de un cronometraje continuo, si lo observado para un elemento dado es:

- Valoración observada: 120 (usamos la escala en la cual el ritmo normal = 100).
- Lectura de finalización del elemento: 225 (centésimas de minuto).
- Lectura de inicio del elemento: 200 centésimas.
- Tiempo observado⁷ 225 - 200 = 25 centésimas.

En consecuencia, el tiempo normalizado será, de acuerdo con (1):

$$\begin{aligned} \text{Tiempo normalizado} &= 25 * 125 / 100 = 25 * 1,25 = 31,25 \text{ centésimas} \\ \text{TN} &= 0,31 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Con este procedimiento tendremos los tiempos normalizados de cada elemento para cada ciclo observado. Conceptualmente:⁸

Tiempo normalizado o tiempo básico es aquel que se emplea en efectuar un elemento de trabajo al ritmo tipo o normal.

En este punto es necesario tener presentes algunos aspectos:

- El que hace referencia al tiempo observado o cronometrado. Si este ha sido obtenido a partir de un cronometraje continuo, la etapa de examinar debe incluir la tarea de calcular los tiempos observados como diferencia entre observaciones sucesivas, como ya hemos comentado.
- El que hace referencia a un hecho importante. Debe dejarse claramente establecido que si bien los sistemas de medición actuales del tipo de cronómetros digitales sin/con salida a computadora pueden eliminar parte del trabajo rutinario, como calcular el tiempo normalizado, en modo alguno

⁷ En la metodología de la OIT se denomina *tiempo restado*.

⁸ Diferimos de la nomenclatura de la OIT dado que nuestra designación de tiempo normalizado corresponde a la denominación de tiempo básico para la OIT, y nuestra denominación de tiempo básico corresponde a la de tiempo seleccionado para la OIT.

eliminan la tarea conceptual a cargo del analista en todo el desarrollo del estudio.

- Aunque sea conceptualmente obvio por su propia definición, debemos consignar que el tiempo normalizado se calcula para todos aquellos elementos en los cuales la duración esté condicionada por la mano de obra; en consecuencia, *los elementos condicionados por el accionamiento automático de la máquina no se consideran valoración*, pues efectivamente esta no tiene sentido.
- En el momento de determinar el tiempo básico del elemento, debe tenerse en cuenta si este es repetitivo y, por consiguiente, se observa en todos los ciclos, o bien si es causal y, por lo tanto, debe determinarse su frecuencia de ocurrencia y ponderar el tiempo observado en esa ocurrencia.

Calculados los tiempos normalizados, enfrentamos ahora la tarea de examinar su consistencia, lo cual nos permitirá definir el tiempo básico de la siguiente manera:

El tiempo básico de un elemento es el que demanda ejecutar un elemento del ciclo de trabajo de la actividad en estudio, que fuera realizada por un operario calificado que se haya desempeñado a ritmo normal (o ritmo tipo) y su valor resulte del promedio de los tiempos normalizados y que hayan sido considerados válidos para dicho elemento durante el cronometrado del ciclo.

El tiempo básico de los elementos constantes

La definición del tiempo normalizado de un elemento constante podemos extraerla a partir del breve ejemplo que comentamos a continuación. En la tabla adjunta indicamos los tiempos normalizados de un elemento de la actividad en estudio, los cuales están expresados en centésimas de minuto, y como puede apreciarse se ha omitido la coma decimal, como se realiza en el registro de los tiempos durante la realización del estudio (debe posicionarse el lector en la situación de extrema concentración y corto tiempo para ver la tarea que está realizando el operario, leer el cronómetro y registrar el tiempo observado, a la vez que comparará la velocidad con la que trabaja el operario y lo que tiene mapeado en su memoria de lo que sería una velocidad normal, luego convertirá esa diferencia en un porcentaje de manera que quede registrarlo como valoración observada).

En esa tabla se tienen las 24 observaciones registradas, las cuales corresponden a un único elemento y por lo tanto deberían ser normalizadas. Para sencillez del ejemplo tomaremos que la valoración observada fue del 100%, por lo cual el tiempo observado coincide con el tiempo normalizado del elemento. En la tabla 12.3 podemos observar un registro de 49 cm, y para este registro se ha consignado en el campo “observaciones” de la planilla de registro una contingencia.

Tabla 12.3. 24 observaciones de tiempos, expresadas en centésimas de minuto

Observación	Tiempo observado	Observación	Tiempo observado	Observación	Tiempo observado
1	27	9	26	17	28
2	26	10	25	18	25
3	27	11	29	19	27
4	27	12	28	20	27
5	26	13	28	21	26
6	25	14	26	22	26
7	26	15	27	23	49
8	27	16	26	24	26

Nota 1: Los tiempos observados deberán entenderse como 0,xx minutos centesimales.

Nota 2: El tiempo observado 49 corresponde al tiempo de la tarea más la observación de una pieza defectuosa.

Esta observación, en principio, es considerada como no válida. Entonces:

Sumatoria de los tiempos válidos = 611 cm

Observaciones válidas = 23

Promedio = 26,6

Tiempo normalizado del elemento = 27 cm, o sea, 0,27 minutos

En primera instancia, el registro 49 cm es separado del conjunto y se calcula el promedio de los tiempos normalizados restantes. La sumatoria de esos tiempos alcanza 611 cm, y siendo las observaciones válidas 23, nos da un promedio de 0,266 por observación; en consecuencia, adoptamos como tiempo básico o normal para el elemento 0,27 minutos.

Los elementos contingentes

Respecto de la observación de 0,49 minutos, esta no se descarta sino que se efectúa la diferencia con respecto al tiempo normalizado promedio que hemos calculado, es decir:

$$0,49 - 0,27 = 0,22$$

Ese tiempo (la diferencia) será tomado como tiempo de un elemento contingente. *Los elementos contingentes o casuales* son aquellos que se consideran inherentes al trabajo en realización y su ocurrencia puede ser constante o variable. Como ejemplos podemos agregar al ya mencionado situaciones como la presencia del control de calidad, que según el método definido para la operación debe controlar 3 piezas de cada 100, la intervención del capataz en la actividad del operario que generalmente ocurre a intervalos no constantes, la recepción de material a elaborar que implique una actividad del operario de producción, etcétera.

Cuando el elemento casual o contingente ocurra a partir de la finalización de un elemento, o bien su duración sea considerable o pueda ser medido en forma independiente, como puede ocurrir cuando el operario de producción ayuda al operario de transporte a efectuar la descarga de los contenedores en los cuales se transportan las piezas a elaborar, el tiempo demandado se prorratea sobre su frecuencia de ocurrencia y se adiciona al tiempo normalizado que se ha definido para el elemento. En el ejemplo de la observación de la pieza defectuosa, y dado que ello ocurrió una sola vez durante las 24 observaciones que se realizaron en el estudio, su incidencia en el tiempo del ciclo estará dada por el cociente entre el tiempo observado respecto del número de observaciones; en este caso tendremos 22/24.

Cuando los tiempos demandados por los elementos contingentes sean breves o bien su ocurrencia sea muy esporádica, esos tiempos se incluyen en un único suplemento por contingencia que se adiciona al tiempo normalizado del elemento, y se expresa como un cierto porcentaje de ese tiempo (la experiencia indica que los tiempos contingentes así expresados no deben superar el 5% del tiempo normalizado del elemento). Si al momento de analizar los tiempos normalizados calculados para el elemento respecto de la observación de 49 cm (en el ejemplo mencionado) *no se ha registrado ninguna anotación* que pueda dar validez a ese tiempo, este *debe consignarse erróneo* y, en consecuencia, debe ser descartado del estudio.

Los elementos mecánicos

Si durante el desarrollo del ciclo de trabajo de una operación una parte está dada por la actividad automática de una máquina, ese lapso de tiempo deberá ser considerado como un elemento mecánico, el cual estará caracterizado por el hecho de que ese tiempo será dependiente de la máquina e independiente de la actividad del operario, lo cual nos llevará a identificar como punto de inicio del elemento el movimiento que efectúa el operario para iniciar el accionamiento automático de la máquina; y como punto de finalización del elemento mecánico, el momento de su detención (esa detención podrá ser automática o dependiente del operario).

Respecto del elemento mecánico, deben efectuarse dos consideraciones. En primer lugar, que al depender la duración del elemento de la máquina *no tiene sentido la valoración*, pues no hay desempeño del operario (la OIT lo denomina tiempo

condicionado por la máquina). En segundo lugar, que *el tiempo condicionado por la máquina significa una inactividad forzada del operario, que la OIT denomina tiempo no ocupado*.

Es común en las industrias el análisis del tiempo no ocupado en una actividad con el objeto de reducirlo y aplicarlo a alguna otra actividad o al descanso del operario; sin lugar a dudas, cualquier consideración al respecto debe partir de la duración de ese tiempo. Las alternativas que se presentan respecto de ese tiempo son utilizar al operario en otra tarea y utilizar ese tiempo como parte del descanso del operario.

Para el caso de dedicar ese tiempo a otra tarea, puede que esa tarea tenga cierta relación con la que ejecuta la máquina, como cortar colada, imprimir, etcétera, tareas habituales en el caso de inyectado de piezas plásticas, control de calidad de la pieza en el caso de piezas mecanizadas, etcétera. Lógicamente, esas tareas deben ser compatibles con el diseño del puesto de trabajo y la calificación requerida para el operario. Para el caso de aplicarlo al descanso del operario, las consideraciones las haremos oportunamente, al comentar la asignación del suplemento de descanso.

12.1.5. La etapa de compilar

En esta etapa buscaremos la determinación del tiempo asignado a la operación (o tiempo tipo en la nomenclatura de la OIT), también denominado tiempo estándar, si de la búsqueda de estándares se trata. Lo definimos así:

El tiempo asignado o tiempo tipo de una operación es el tiempo correspondiente al contenido de trabajo de una tarea realizada a ritmo normal (o ritmo tipo), al cual deben adicionarse los suplementos que le correspondan a cada elemento de acuerdo con las condiciones en que se realiza la tarea.

El contenido de trabajo de una tarea está dado por la suma del tiempo base de los elementos que la componen, más los tiempos debidos a contingencias, más tiempos requeridos para la recuperación de la fatiga y necesidades personales del operario.

La diferencia entre el tiempo asignado y el contenido de trabajo radica en que el primero contiene los denominados suplementos especiales que la dirección de la empresa incluye en los tiempos asignados para incluir tareas, circunstancias no comprendidas o medidas en el estudio realizado, que oportunamente comentaremos; mientras que el segundo solo contiene suplementos por fatiga y necesidades personales (suplementos constantes).

Los suplementos por descanso surgen de los conceptos de ergonomía, que consideran que *la fatiga* es un fenómeno periódico en todo organismo vivo que se traduce en una pérdida de capacidad de rendimiento, y es compensada mediante el descanso suficiente; en consecuencia, se le debe proporcionar al operario un descanso adecuado a la sollicitación que ejerce la tarea laboral bajo estudio, lo cual

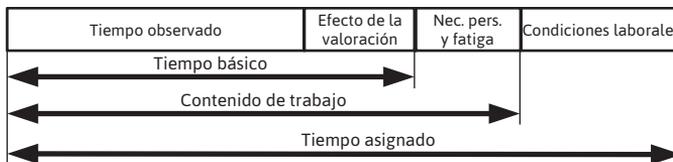
se materializa en el denominado *suplemento por descanso*, que conceptualmente se define así:

Es el tiempo que se añade al tiempo básico para darle al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de una tarea laboral realizada en determinadas condiciones. Normalmente, los suplementos se expresan como porcentajes del tiempo base de los elementos en los que las mencionadas condiciones incidan.

Suplemento personal es el tiempo adicionado al tiempo básico para que el trabajador atienda sus necesidades personales

A lo largo de la historia de la industria se han realizado innumerables trabajos sobre los efectos de la fatiga en la persona que realiza una tarea laboral. Esos trabajos hacen referencia a los procedimientos a emplear para cuantificar la fatiga y los modos de eliminarla. La diversidad de las características de las sollicitaciones de las tareas laborales, de los ambientes en las que se realizan, de los contextos sociales, y las limitaciones en cuanto a la diversidad de tareas y condiciones en las que se realizan estudios y verifican experiencias no permiten establecer pautas de carácter universal para calcular los tiempos de descanso y los modos en que esos tiempos se dispondrán a lo largo de la jornada laboral.

Figura 12.2. Esquema que permite comprender la composición del tiempo estándar, o asignado, o tipo



Siguiendo los lineamientos de la OIT, observamos que existen tres tipos de suplementos:

- *Constantes*
- *Variables*
- *Especiales*
 - *Permanentes*
 - *Transitorios*

Los *suplementos constantes* consideran el tiempo requerido para que el operario atienda sus necesidades personales y se recupere de la fatiga causada por su disposición laboral. Está calculado a partir de la consideración de que el operario realiza su tarea

sentado y que realiza esfuerzos leves en buenas condiciones ambientales. Para los hombres, estos porcentajes son del 5 y 4%, respectivamente; y para las mujeres, del 7 y 4% del tiempo básico.

Los *suplementos variables* son suplementos adicionados al básico de fatiga por consideraciones particulares en la realización de un elemento de trabajo específico de un ciclo de operaciones, y se tienen en cuenta factores del tipo de:

- **Posición de trabajo.** Para la posición de pie otorga un suplemento del 2% para los hombres y del 4% para las mujeres. La posición de operario sentado está comprendida en el suplemento de fatiga básica.
- **Postura anormal.** Se entiende como tal aquella postura de trabajo que se aleja de la posibilidad normal del operario, como por ejemplo un operario que trabaja sentado y tiene que alcanzar un objeto situado más allá del área máxima de trabajo, lo que lo obliga a inclinar el torso. En el caso de que el operario trabaje de pie, por lo cual ya se le asignó un suplemento, se considera postura anormal cuando el trabajo no permite que el peso del cuerpo se reparta sobre los dos pies o se aleje de la posición vertical.
- **Levantar peso y uso de fuerza.** En este caso los suplementos se valorizan en función del peso levantado o de la fuerza ejercida. Se considera que, a pesar de otorgar suplementos para recuperar la fatiga producida por el empleo de fuerza, no se aconseja tareas que soliciten a operarios hombres esfuerzos superiores a los 50 kilos. Y debe limitarse a cifras sensiblemente menores para el caso de las mujeres.
- **Intensidad de iluminación.** La iluminación juega un papel importante en la seguridad y en el esfuerzo de realización de la tarea laboral, y es importante observar que en este caso no solo se considera la falta de iluminación adecuada sino también los excesos producidos por resplandores o contrastes violentos, lo que tiene que ver con los colores de las paredes, pisos, techos y grandes superficies. Los técnicos en luminotecnia han desarrollado tablas con valores de iluminación adecuados a las diversas circunstancias de trabajo. Sin embargo, en las tablas que proporciona la OIT todo queda simplificado a saltos cuánticos cualitativos.
- **Influencia del clima y calidad del aire.** El proceso de metabolismo por el cual la persona humana genera la energía que necesita su organismo para responder a las sollicitaciones de la tarea laboral genera un exceso de calor que debe ser eliminado a través de la piel, entonces son de suma importancia en el puesto de trabajo la temperatura ambiente y las condiciones de ventilación, dado que parte del calor la persona lo elimina por convección. Por lo tanto, dentro de lo posible deben eliminarse o aislarse lo máximo posible las fuentes de generación de calor que tiendan a elevar la temperatura ambiente, así como también aquellos procesos que generen emanaciones que obliguen el uso de máscaras de protección o que

simplemente perturben la calidad del aire de ventilación y su circulación, dado que estos son los factores primarios de una buena ventilación. El suplemento que se adiciona en estos casos tiene como objeto permitir la recuperación de la fatiga adicional del operario, ya sea en el mismo puesto de trabajo o bien alejándose de este para evitar la acción de las fuentes de calor cercanas.

- **Tensión visual.** La vista se fuerza cuando el trabajo que se realiza o el instrumento que se utiliza exigen una gran concentración visual, puesto que se realizan tareas que exigen precisión o un proceso de selección visual muy definido. En estos casos, el suplemento que se asigna tiende a compensar la fatiga adicional causada por la tensión visual.
- **Ruidos.** La tensión auditiva cuando supera tiempos, valores o frecuencias admisibles por el oído humano genera no solo una fatiga adicional en el operario sino que además le puede producir lesiones en el oído. Como en los casos anteriores, si bien la asignación de suplementos adicionales tienden a compensar al operario por la fatiga adicional producida, la política fundamental debe tender a eliminar las condiciones no normales de trabajo o a aislarlas, de modo de reducir la contaminación del ambiente.
- **Tensión mental.** Se produce un esfuerzo adicional cuando la tarea exige una concentración mental prolongada, como puede ser recordar las fases de un proceso largo y complejo, la observación continua de varias máquinas, etcétera.
- **Monotonía mental.** Es el caso inverso al anterior. Generalmente, se presenta más en las tareas de oficina que en las de taller.
- **Monotonía física.** Los trabajos muy repetitivos y de ciclo corto pueden generar un esfuerzo adicional, como por ejemplo el trabajo muscular dinámico unilateral que se genera por la utilización repetida de un pequeño número de músculos: un caso de movimiento de dedos.

12.1.6. La etapa de definir

Las actividades de esta etapa tienen por objeto establecer el tiempo asignado, tiempo tipo o tiempo estándar de la operación y las condiciones de validez. En esta etapa se debe completar el protocolo de registro del estudio realizado, y en caso de ser un estudio de mantenimiento de una tarea ya medida se agregará el nuevo estudio a la hoja de resúmenes. Conviene recordar que hemos definido el tiempo asignado como integrado por el tiempo básico, los tiempos debidos a contingencias y los tiempos debidos a descanso y condiciones de trabajo, cuando las tareas se realizan a ritmo normal.

A partir de estos conceptos se debe tener presente que en cada empresa y/o circunstancia pueden ocurrir aplicaciones un tanto diferentes a las hasta aquí enun-

ciadas, que modifiquen el tiempo asignado a través de los suplementos especiales y discrecionales o de política de empresa, los cuales, a su vez, pueden ser temporarios o permanentes. Estos suplementos son utilizados cuando parte de la remuneración de los operarios está integrada por premios al desempeño o se dispone de un control de eficiencia de mano de obra, y tienen por objeto adecuar el ritmo normal a cada circunstancia específica.

Dentro de los suplementos especiales *temporarios* consideramos el *suplemento de aprendizaje*, el cual tiene en cuenta el proceso de aprendizaje que ya hemos comentado, que debe considerarse cuando se comienza con un método nuevo o con un nuevo operario en un método existente; el *suplemento de enseñanza* considera la actividad de un operario que le está enseñando a un operario nuevo; el *suplemento por innovaciones* permite asignar al operario de una tarea un cierto tiempo para que en el transcurso de su actividad desarrolle ideas que tiendan a mejorar el método de realización de la tarea; y el *suplemento por trabajo adicional* considera la aparición de una causa que requiere mayor atención o actividad del operario, y supone una modificación temporal del método de trabajo.

Son suplementos especiales *permanentes*⁹ aquellos que tienen que ver con tareas normales de la fábrica, como el inicio diario de actividad, en la cual se deben realizar tareas previas al inicio concreto de la producción, como por ejemplo pequeñas tareas de mantenimiento o limpieza que conforman el denominado *suplemento de inicio de tareas*. Con el mismo sentido puede definirse un *suplemento de finalización de tareas*.

Algunos suplementos suelen aplicarse por *orden de fabricación*, como los que corresponden al alistamiento y desalistamiento del puesto de trabajo. Los suplementos que hemos mencionado no agotan las causas que posibilitan el otorgamiento de suplementos especiales.

Los *suplementos discrecionales o de política de empresa* son contenidos de tiempo que no tienen relación alguna con el estudio de tiempo, son aplicados por decisión de la empresa y tienen como objetivo permitirles a los operarios alcanzar una remuneración superior a partir de cierto límite mínimo de producción, etcétera. Este tipo de suplemento debe quedar consignado fuera del tiempo asignado al ritmo normal y expresamente definido en su alcance.

Otro aspecto de los suplementos especiales está dado por la aplicación de los tiempos no ocupados de acuerdo con la aplicación de los criterios que desarrollamos en los párrafos siguientes.

⁹ En algunas empresas, en lugar de considerar un suplemento adicional para la atención del mantenimiento diario de la máquina se descuenta de la jornada de trabajo el tiempo involucrado. Cualquiera de los dos procedimientos arroja los mismos resultados. La elección del mecanismo a adoptar dependerá de las condiciones de remuneración que la empresa haya acordado con sus trabajadores.

12.1.7. El trabajo con máquinas

El tiempo asignado que hemos establecido según las pautas desarrolladas es esencialmente para una tarea cuyo tiempo total está condicionado por el factor humano. Sin embargo, una franja importante de tareas requiere la interacción de un operario trabajando con una máquina que en cierta parte del ciclo total trabaja en forma automática. Si bien para nosotros los tiempos de trabajo hombre-máquina forman parte del tiempo básico, es necesario realizar algunas consideraciones particulares cuando el accionamiento de la máquina es realizado automáticamente.

12.1.7.1. Trabajo de un operario y una máquina

Como indica su denominación, es el caso de un operario que trabaja con una máquina cuya actividad es automática y cuya interacción podemos registrar a través de un diagrama hombre-máquina. Los elementos que componen el ciclo deberán ser definidos de modo de separar los elementos condicionados por el operario de los condicionados por la máquina.

Al tiempo que demanda el elemento de la operación en que la máquina trabaja en forma automática lo denominamos *tiempo condicionado por la máquina*, y en este caso el tiempo de la actividad estará únicamente condicionado por los factores técnicos propios de la máquina (o el proceso).

Ahora bien, y al margen de la actividad que el operario realice con la máquina detenida, este puede llegar a realizar tareas dentro del tiempo comprendido por la actividad automática de la máquina, y en esas condiciones tendremos tres casos posibles:

- Se denomina *trabajo exterior* al requerido por aquellos elementos manuales del ciclo que necesariamente deban ser ejecutados por el operario fuera del tiempo condicionado por la máquina (o sea, con la máquina detenida).
- Por su parte, denominamos *trabajo interior* a la tarea que el operario puede desarrollar dentro del tiempo condicionado por la máquina o el proceso (máquina en funcionamiento).
- Denominaremos *tiempo no ocupado* al espacio de tiempo en que el operario debe esperar la finalización del ciclo automático de la máquina (o el proceso) y durante el cual no desarrolla tarea alguna.

Un aspecto importante en el trabajo hombre-máquina está dado por la asignación de suplementos de fatiga básica y necesidades personales, y por la utilización de sus tiempos emergentes.

Imagen 12.2. Operario controlando una máquina automática



Fuente: <https://ide-e.com/wp/truyol-sigue-apostando-por-la-innovacion-en-impresion-digital-con-la-nueva-hp-indigo-12000/>

Respecto de la asignación, debemos establecer que, a diferencia de las actividades enteramente manuales, en las cuales los suplementos que cubren la fatiga básica y las necesidades personales se consideran en conjunto en cada elemento, en este caso estamos obligados a consignarlos por separado, toda vez que el suplemento por fatiga básica se aplica a los tiempos efectivamente trabajados por el operario, y ello no ocurre cuando durante el tiempo condicionado por la máquina el operario no realiza ningún trabajo exterior, o bien en el caso en que exista un tiempo no ocupado. En cambio, el suplemento por necesidades personales se aplica a todo el tiempo del ciclo.

En cuanto a la utilización de los tiempos emergentes de la consideración del suplemento de necesidades personales, cabe considerar que si los tiempos no ocupados por el operario son de por los menos 10 a 15 minutos de duración, y durante ese lapso de tiempo el operario puede ausentarse de su lugar de trabajo sin riesgo para la operación, el tiempo de necesidades personales puede computarse dentro del tiempo no ocupado por el operario; en caso contrario, ese tiempo deberá computarse íntegramente como tiempo del ciclo.

No ocurre lo mismo con los tiempos emergentes de la consideración de los suplementos por fatiga, ya que si los tiempos muertos (operario inactivo) son de duración superior al medio minuto y a condición de que el operario realmente pueda desentenderse del proceso, ese tiempo no ocupado puede consignarse como parte del tiempo de recuperación de fatiga. En consecuencia, la forma en que deben tratarse el suplemento por descanso y el de necesidades personales depende de la duración y características del ciclo en estudio. Pueden presentarse cuatro casos:

- Ambos suplementos deben utilizarse íntegramente fuera del ciclo de trabajo.
- El suplemento de necesidades personales debe tomarse fuera del ciclo, pero el correspondiente a fatiga puede tomarse íntegramente dentro del ciclo.
- El suplemento de necesidades personales y parte del de fatiga deben tomarse fuera del ciclo.
- Ambos suplementos pueden tomarse íntegramente dentro del ciclo de trabajo.

Es evidente que el tiempo total del ciclo se verá afectado por cualquiera de las cuatro modalidades. De acuerdo con la modalidad de expresión y uso de los tiempos asignados en cada empresa, en particular cuando se tiene una tarea hombre-máquina como la aquí consignada, suelen utilizarse, de acuerdo con cada objeto particular, tres tipos de tiempos:

- Tiempo total del ciclo: está compuesto por el tiempo de trabajo exterior del operario más el tiempo condicionado por la máquina.
- Tiempo máquina: consigna el tiempo condicionado por la máquina durante el ciclo.
- Tiempo hombre: está integrado por el tiempo de trabajo exterior, más el tiempo de trabajo interior, más el tiempo no ocupado.

En definitiva, cuando el ciclo de una operación hombre-máquina presente una situación de tiempo no ocupado del operario, debe procederse a asignar un suplemento de tiempo que cubra ese lapso y adicionarlo al tiempo base para constituir el tiempo asignado.

12.1.7.2. Trabajo simultáneo de un operario con varias máquinas o trabajo en equipo

Dos casos que pueden suceder a menudo son que un operario trabaje con más de una máquina o que un grupo de operarios alimenten una o varias máquinas. En estas situaciones puede producirse un hecho denominado *interferencia*, que sucede cuando varias máquinas o procesos están esperando simultáneamente que el operario encargado las atienda. Un concepto similar puede aplicarse al trabajo en equipo motivado por situaciones fortuitas o por las características de la tarea de algún miembro del equipo.

Imagen 12.3. Mujer trabajando en hilandería con varias máquinas



Fuente: https://www.swissinfo.ch/fre/multimedia/au-del%3%A0-du-g%C3%A9nocide_le-rwanda--ce-singapour-africain/34151780

Las características de la interferencia pueden registrarse con un diagrama de actividades múltiples, pero en algunos casos la solución óptima que elimine o disminuya sustancialmente la interferencia puede ser una tarea compleja. El suplemento por interferencia trata de consignar el tiempo involucrado por la interferencia en el tiempo asignado a la tarea. Indudablemente, como toda actividad industrial la solución de la interferencia deberá efectuarse dentro de un contexto de análisis costo-beneficio.

12.2. OTRAS TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE TIEMPOS MEDIDOS

Como mencionamos en el capítulo anterior, el abanico de las técnicas de determinación de tiempos medidos se completa con las técnicas del registro histórico y del registro técnico. La técnica de muestreo la consideramos en un capítulo aparte por las características de su uso.

12.2.1. Técnica del registro histórico

Habíamos anticipado que la técnica o método del registro histórico toma datos del tiempo empleado y la producción realizada en una operación de algún sistema de control del sistema laboral o de una captación directa desde el puesto de trabajo. A modo de ejemplo, digamos que, tomando algún sistema de información fabril o bien por captación directa, se tienen los siguientes datos:

Código de producto: Z-101
Operación: 05
Cantidad realizada: 500 piezas
Tiempo empleado: 3 horas

Resulta entonces que el tiempo unitario es igual a: $500 \text{ piezas} / 3 \text{ horas} = 167 \text{ piezas por hora}$. El sistema de registro histórico simplemente consiste en acumular datos de operaciones realizadas a través del tiempo que luego permiten establecer la duración media de cada tarea.

Así como lo hemos presentado, es dable entender que los alcances de este sistema están limitados por la precisión y validez de la información acumulada, y se caracteriza por un bajo costo y sencillez de operación. En general, esta técnica se utiliza cuando se quiere disponer de algún patrón de medida en sistemas laborales en los que si bien se desarrollan tareas repetitivas, estas son de relativa baja frecuencia y magnitud, y no justifican la utilización de técnicas más precisas.

Este tipo de registro necesariamente debe establecer con qué criterio se informa el tiempo empleado, es decir, si se habla únicamente del tiempo de producción o bien si, además, se han adicionado los tiempos correspondientes a la preparación o alistamiento o desalistamiento del puesto de trabajo. Asimismo, debe tenerse presente que el tiempo empleado comprende no solo el tiempo asignado sino también

los tiempos improductivos, si los hubiere y, en este caso, no se conocen las causas que lo generaron.

En la medida en que se conozca con mayor detalle la distribución de los tiempos empleados, se podrá obtener una precisión mayor en la determinación del tiempo de la operación. No debe perderse de vista el campo de aplicación de esta técnica y su bajo costo de operación. Cuando vuelva a repetirse la fabricación del código Z-101, tendremos otro valor de tiempo que podremos promediar con los anteriores, de modo que las sucesivas repeticiones conformarán una tendencia del tiempo de la operación.

12.2.2. Técnica del registro técnico

El método del registro técnico puede considerarse una evolución de la técnica del registro histórico, dado que, si bien el principio de acumulación de datos es similar, la diferencia básica se encuentra en los sistemas de captación de datos, para lo que se puede utilizar. La gama de dispositivos, como contadores, tacómetros, etcétera, es amplia, partiendo de aquellos que, formando parte de la misma máquina o bien adosados especialmente, permiten cuantificar los tiempos de operación, a los cuales, en algunas circunstancias, pueden adicionarse, por ejemplo, sistemas de cuantificación de piezas producidas.

Asimismo, estos sistemas de registro pueden ser complementados con dispositivos de captación y transmisión de datos ejecutados por el operario a cargo de la tarea o por su supervisor, lo que permite ampliar la información a almacenar con datos que cuantifican las interrupciones del tiempo productivo y las causas que las generan, de modo de poder obtener tiempos netos de interrupciones ajenas al proceso. A modo de ejemplo:

Código: XP 202 – Op 15

Producción realizada: 120 piezas (por registro de contador de máquina)

Tiempo total: 2 horas

Preparación: 20 minutos (información del preparador o del supervisor)

Desalistamiento: 10 minutos (ídem)

Total neto en producción: 1,30 horas (por contador de máquina)

Interrupciones: 30 minutos, causa código 05 (reparación máquina de emergencia)

Tiempo neto de producción: 1 hora

Producción horaria: 120 piezas/hora

Un aspecto que debe tenerse en cuenta cuando al sistema de registro técnico se lo acompaña con información a cargo de operarios y/o supervisores es que debe asegurarse que esta información cuente con adecuadas garantías de veracidad, precisión y oportunidad, un aspecto que generalmente se logra utilizando información cruzada.

En el ejemplo que hemos desarrollado vemos que se ha descontado del tiempo de producción –informado por el supervisor del sector– el tiempo correspondiente a una reparación de máquina por emergencia. Una forma de asegurar la calidad de esta información es que mantenimiento la confirme. De este modo se puede asegurar esa calidad porque, si bien puede plantearse alguna discrepancia entre los sectores, en caso de ser repetitiva está demostrando alguna falencia del sistema social de la empresa, o al menos de relación entre dos personas de supervisión, algo que, en definitiva, de no solucionarse, atentará contra el eficiente desempeño del sistema laboral.

RESUMEN

A lo largo del capítulo hemos comprendido la existencia de tres de las cuatro técnicas para el establecimiento del tiempo asignado. En una de ellas, la del cronometraje, se pudieron observar conceptos como elementos, valoración, suplementos, etcétera.

En las otras dos técnicas, las que corresponden a histórico y técnico, hemos desarrollado la obtención del tiempo básico, ya que en estos casos no se han contemplado las necesidades de los operarios, las fatigas ni los suplementos variables.

Estudio de casos

El caso de Cercas Cuyuni C.A.

Antecedentes

La empresa inicia sus operaciones en el año 1983. Con el tiempo, se convirtió en la empresa líder en el país en cuanto a tecnología de producción e instalación de cercas, apoyada por un recurso humano de primera, tecnología de punta y una gran visión de lo que es el mejoramiento continuo de la calidad en los procesos y productos ofrecidos al cliente.

Cercas Cuyuni C.A. es una empresa venezolana con capital venezolano, concebida para la fabricación, venta e instalación de materiales para cercas. Sus oficinas se ubican en la avenida Principal de Castillito, en Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Su planta de producción se halla en la zona industrial Los Pinos (UD 123). Se toma como punto de referencia a Iveco.

El mercado de cercas venezolano ha presentado la particularidad de que las cercas que se han colocado han sido desmanteladas para sustraer sus componentes por parte de personas inescrupulosas, y ser utilizados como elementos de reciclaje. Convencidos de la importancia del servicio y la atención a sus clientes, de inmediato se tomaron decisiones relevantes, como mejorar la infraestructura del establecimiento, capacitar al personal y a los directivos, y se identificaron

las áreas de trabajo específicas, como el área de almacenamiento y control de mercancía, exhibición de productos, administración y control de operaciones.

Partiendo de este escenario, el señor Luis Alonzo Villarroel Cesín desarrolló y patentó un sistema de cercas que impide que ocurra el desmantelamiento, y logró implementar un producto de gran aceptación en los principales mercados venezolanos. El mencionado sistema recibe el nombre de Cuyu-Lock®, y se destaca como un sistema de tecnología único en el mundo porque, al mismo tiempo que impide el desmantelamiento, una vez instalado resiste tres veces más los impactos que cualquier otra cerca convencional.

Planteamiento del problema

En la actualidad, en el proceso de elaboración de portones metálicos existe un problema debido a que no están determinados los estándares de tiempo. Esta medición es necesaria para que los operarios de la empresa puedan identificar exitosamente los tiempos de ejecución de la operación y los elementos asociados a ella.

El desconocimiento de los estándares de tiempo impide el óptimo funcionamiento de los equipos. A falta de esos estándares surgió la necesidad de realizar el tiempo de ejecución de elaboración de portones metálicos considerando un elemento clave durante la operación: el corte de tubos. Esta operación se presenta de manera manual, en toda su extensión, y repetitiva. Estos procedimientos se harían más factibles si la operación se llevara de forma automatizada, por lo tanto cuenta con dos máquinas de corte de 45°.

La empresa Cercas Cuyuni C.A. no cuenta con los porcentajes de eficiencia de los equipos, lo que ha traído como consecuencia el desconocimiento de los operarios al realizar el proceso. Por tal motivo se vio la necesidad de detectar el porcentaje de eficiencia del proceso de elaboración de portones metálicos desde el momento en que el operario recibe la orden de fabricación hasta hacer la entrega, utilizando todos los aspectos y herramientas aprendidas durante el curso. Este estudio es importante ya que hay que considerar el tiempo de ejecución completo de la operación para verificar si se está utilizando un tiempo apropiado y mejorar las tareas a realizar una vez concretado el estudio, para corregir los defectos y mejorar la eficiencia de la empresa.

La determinación del porcentaje de eficiencia facilitará la planeación, el mejoramiento del control de la producción y la detección de fallas en la operación que se realiza en la empresa. Esta ha tomado medidas para la solución del problema, de la siguiente manera: se ha llevado un control de inventario de los productos terminados y entregados, de manera que se tiene un tiempo controlado de entrega del pedido. Además, se tienen en mantenimiento constante las máquinas-herramientas para evitar problemas en el proceso productivo.

Justificación

La presente práctica tiene como finalidad aplicar un estudio de métodos basado en el estudio de tiempos para la empresa Cercas Cuyuni C.A. Se obtendrá así la información requerida para solventar todos los problemas mencionados anteriormente y disminuir fallas; en fin, optimizar el proceso en cuestión.

Limitaciones

Afortunadamente, en el proceso de realización de este estudio no se presentó limitación alguna. Se lograron hacer sin ningún problema todas las visitas a la empresa propuestas por el grupo y la atención del personal de la empresa fue aceptable, siempre dados a la realización del proceso investigativo ofreciendo toda la información necesaria tanto de los equipos como del proceso.

Fuente: Turmero Astros (2010). "Análisis operacional del proceso de elaboración de portones metálicos en la empresa Cercas Cuyuni C.A.". Trabajo monográfico.

Ejercicios

1. **¿Qué tipos de cronometraje conoce?**
2. **¿A qué denominamos cronometraje con vuelta a cero?**
3. **¿A qué denominamos cronometraje acumulativo?**
4. **¿Cómo se llega del cronometraje acumulativo al tiempo del elemento?**
5. **¿Qué es un ciclo?**
6. **¿Qué características debe tener un elemento?**
7. **¿Por qué causa realizaría un estudio de tiempos?**
8. **¿Qué haría en la etapa de definir de un estudio de tiempos por cronómetro?**
9. **¿Qué información relevaría en la etapa de registrar?**
10. **¿Qué tipo de elementos reconoce?**
11. **¿Qué cantidad de ciclos recomendaría en un estudio de tiempos cronometrado?**
12. **¿Cómo determina el tiempo normalizado?**
13. **¿Qué es el ritmo normal?**
14. **¿Para qué se introduce el concepto de ritmo normal?**
15. **¿Qué es la valoración? Ejemplifique.**
16. **¿Qué es el tiempo básico?**

17. **¿Cuál es la valoración del tiempo mecánico?**
18. **¿A qué denominamos tiempo casual? Ejemplifique.**
19. **¿Cómo calcula el tiempo básico?**
20. **¿Cómo calcula el tiempo asignado?**
21. **¿Cómo calcula el contenido del trabajo?**
22. **¿Qué son los suplementos?**
23. **¿Qué suplementos conoce? Descríbalos.**
24. **¿Qué es el registro histórico?**
25. **¿Qué es el registro técnico?**
26. **Un operario armó 10 conjuntos en 50 minutos durante un estudio de tiempos. El analista valoró al operario en un 95%. Los adicionales por fatiga, tiempo personal y otras contingencias son un 20% del tiempo normal.**
 - a. **Determine el tiempo básico para el trabajo.**
 - b. **Determine el tiempo estándar para el trabajo o tiempo asignado.**
27. **El gerente de una estación de servicio necesita determinar un estándar para la mano de obra referida a los cambios de aceite. Se observa que un operario que trabaja por arriba de la valoración normal en un 10% insume 178 minutos para realizar 20 cambios de aceite. Si el suplemento adicional por todo concepto acordado por el gremio es del 10% del tiempo normal, determine:**
 - a. **El tiempo normal para los cambios de aceite.**
 - b. **El tiempo estándar correspondiente.**
28. **Se realizó un estudio de tiempos en la operación de armado de teléfonos celulares de una compañía X. Los tiempos cronometrados se muestran en la tabla. Determine el tiempo de ciclo normal para la operación.**

Elemento	Observaciones								Val.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Armado	0,78	0,70	0,75	0,80	0,79	0,82	0,81	0,80	1,2
Baterías	0,20	0,21	0,16	0,19	0,23	0,25	0,24	0,26	1,0
Prueba	0,61	0,60	0,55	0,57	0,63	0,61	0,62	0,60	0,9
Envase	0,41	0,36	0,45	0,37	0,39	0,40	0,43	0,44	1,1

29. Se ha aplicado un método de toma continua con el cronómetro de acuerdo con la hoja de observaciones para un estudio de tiempos. Para esta operación, se estima que un operador dispone de 420 minutos en una jornada de 480 minutos. Se solicita que determine el tiempo estándar para la tarea y el número de piezas a producir por hora estándar.

Elemento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Val.
1	T											0,95
	R	11	44	134	216	295	380	458	539	639	720	
2	T											1,10
	R	28	75	165	246	329	412	489	580	670	752	
3	T											1,05
	R	35	120	202	281	368	447	525	626	708	788	

30. Una tarea consiste en el corte de una fibra de poliéster, la cual se obtiene de un rollo de 30 x 2,6 m y 15 kg de peso, en piezas de 1,60 x 2,60 m. El proceso consta de tomar el rollo, sacarle la funda plástica que lo contiene y colocar el rollo en la mesa para su posterior corte. Acto seguido se mide, se corta manualmente, se dobla, se apila y se tiran los restos del corte a un tacho de recortes. Se debe tener en cuenta que la tarea se realiza en general en condiciones normales, sin embargo la ART reclamó, luego de un estudio realizado por especialistas, que: a) la iluminación está por debajo de lo estipulado por la ley para el tipo de tarea en un 30%; b) se deben mejorar las condiciones de postura del trabajador ya que realiza el trabajo en una postura parada bastante incómoda; y c) por tratarse de una mujer, se sugirió la entrega de un guardapolvo para la realización de la tarea. Luego de un estudio cronometrado, se informa:

Ciclo	Descripción	Cronometrado (cn)	Valoración
1	Medir largo	170	100
	Cortar	160	110
	Doblar y apilar	120	80
2	Medir largo	180	90
	Cortar	180	90
	Doblar y apilar	120	80
3	Medir largo	160	110
	Cortar	160	110
	Doblar y apilar	100	100
	Tirar resto	10	120
4	Tomar y prep. rollo	3500	120
	Medir largo	165	110
	Cortar	170	100
	Doblar y apilar	190	100
5	Medir largo	160	110
	Cortar	150	120
	Doblar y apilar	110	90
6	Medir largo	180	90
	Cortar	190	90
	Doblar y apilar	130	80
7	Medir largo	180	90
	Cortar	180	90
	Doblar y apilar	105	100

Nota: En el cuarto ciclo, durante la operación de doblar y apilar, el operario atendió una orden del supervisor.

a. Se pide calcular el tiempo asignado a la tarea.

ANEXO

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO					
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	e) Condiciones atmosféricas		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER			
a) Trabajo de Pie			16	0	
Trabajo de pie	2	4	14	0	
			12	0	
b) Postura anormal			10	3	
Ligeramente incómoda	0	1	8	10	
Incómoda (inclinado)	2	3	6	21	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	5	31	
			4	45	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			3	64	
Peso levantado por kilogramo			2	100	
2.5	0	1	f) Tensión visual		
5	1	2	Trabajos de cierta precisión	0	0
7.5	2	3	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
10	3	4	Trabajos de gran precisión	5	5
12.5	4	6	g) Ruido		
15	5	8	Continuo	0	0
17.5	7	10	Intermitente y fuerte	2	2
20	9	13	Intermitente y muy fuerte	5	5
22.5	11	16	Estridente y muy fuerte	7	7
25	13	20 (máx.)	h) Tensión mental		
30	17	-	Proceso algo complejo	1	1
33.5	22	-	Proceso complejo o atención dividida	4	4
			Proceso muy complejo	8	8
d) Iluminación			i) Monotonía mental		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo algo monótono	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo bastante monótono	1	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy monótono	4	4
			j) Monotonía física		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: www.ingenierosindustriales.jimdo.com

CAPÍTULO 13

TIEMPOS CALCULADOS

En este capítulo veremos las nociones de cinco técnicas que permiten arribar al tiempo de realización de una tarea. Observaremos que la característica principal de estas cinco técnicas es que el tiempo arribado se calcula sin necesidad de tomar tiempo, y que no se puede considerar el tiempo asignado sino el tiempo básico de la tarea, ya que no contienen valoraciones ni características de las condiciones bajo las cuales se realiza la tarea.

En el desarrollo del capítulo 12 hemos mencionado que el conjunto de técnicas habitualmente utilizadas en la determinación del tiempo de duración de las tareas puede ser subdividido en técnicas de determinación de tiempos por medición y en técnicas de determinación por cálculo. En el presente capítulo desarrollaremos los conceptos correspondientes a las técnicas de determinación por cálculo, es decir, no es necesaria la toma de tiempo para la determinación; sin embargo, veremos que es necesario contar con algún tipo de tiempo.

13.1. TÉCNICA DE LA ESTIMACIÓN

La determinación de tiempos por estimación es el procedimiento más sencillo y, por ende, económico de las técnicas existentes. Claro está que, como hemos establecido precedentemente, el margen de error admisible puede ser considerable, ya que la cuantificación se sustentará fundamentalmente en la experiencia de quien realice la estimación.

La estimación es una actividad realizada por un analista o especialista de la organización, quien conoce muy bien los procesos de fabricación de un producto similar al que debemos estimar. Su experiencia hace que pueda diseñar el proceso con sus tiempos, mientras compone el tiempo de fabricación del nuevo producto. Esta actividad posee características muy cercanas a la tarea de generación de ideas, por lo que debemos seguir pautas normativas cuyo objetivo sea el de facilitar la estimación y mejorar el nivel de confianza en el valor de la estimación realizada.

Estas pautas requieren que el estimador tome algunos puntos de referencia respecto de tareas conocidas, que le ayuden a definir la estimación. Esto tiende a acercar la técnica de la estimación a la técnica de la comparación.¹ Por cierto, esta última es más precisa.

Como se expresó, en la estimación comenzamos el análisis conociendo cuál será su proceso de fabricación posible, lo cual ya, de alguna forma, nos introduce en términos de comparación. La suposición de un proceso de fabricación factible para la pieza, que por otra parte tomará en cuenta las tecnologías disponibles y por ende conocidas del sistema laboral en el que es factible la elaboración de la pieza, permitirá que el analista que esté efectuando la estimación se concentre en las características de cada operación imaginada, y con ello pueda obtener mayor confiabilidad en la aplicación de su experiencia en la observación de tareas similares, y a partir de ellas estimar un tiempo de operación. Como es obvio, la sumatoria de los tiempos del conjunto de operaciones del proceso imaginado dará como resultado el tiempo estimado para la fabricación de la pieza, proceso o subproceso, según se trate.

El campo de aplicación de esta técnica está limitado por su margen de error, pero está potenciado por lo económico de su aplicación, lo cual nos lleva a pensar que su utilidad estará basada en aquellas circunstancias en que las consecuencias de una determinación errónea no sean significativas, o bien en aquellas en las cuales se carece de medios adecuados para aplicar técnicas más precisas.

Un caso típico de aplicación de esta técnica es la cotización rápida de la mano de obra, en aquellos casos en los que esta no es crítica en el costo del producto terminado. En general, este caso se aplicará cuando la cantidad de piezas a producir sean pocas. Otro ejemplo de aplicación de esta técnica se puede presentar cuando se quiere introducir el control cuantitativo de producción en un taller que carece de datos de tiempos y estructura adecuada para su determinación, para lo cual se puede recurrir a comenzar a trabajar con la generación de datos históricos que nos permitan acceder a estimaciones confiables.²

Si bien esta técnica es la menos recomendable por tener un alto margen de error y ser poco confiable, en algunas empresas es bastante utilizada, especialmente en aquellas que brindan servicios de instalaciones, reparaciones, adaptaciones, etcétera, lo cual genera un riesgo importante para ambas partes (empresa y cliente). Es por ello que, como se mencionó en el párrafo anterior, se recomienda generar un

¹ Ver el apartado siguiente.

² El ejemplo que mencionamos no presupone en modo alguno un camino único para introducir la administración de tiempos fabriles, sino simplemente como idea para combinar la utilización de las diferentes técnicas de determinación de tiempos. La administración de tiempos es una poderosa herramienta de conducción de sistemas laborales, pero requiere una cuidadosa instrumentación cuyo punto de partida es una adecuada interpretación de la realidad del sistema laboral en el que se quiere implementar.

conjunto de información histórica que permita la aplicación de otra técnica, como la comparación, el dato tipo o el dato histórico.

Se recomienda también al aplicar esta técnica generar una documentación mínima que permita ser comparada con la realidad si el trabajo se hace efectivo. A partir de esa documentación se pueden confirmar tiempos de operaciones estimadas, registrar operaciones no estimadas o ajustar desvíos, y así generar metodología que permita mejorar las estimaciones. Adicionalmente, la documentación o planilla sistematizará el proceso y generará responsabilidad sobre el especialista actuante. Esa planilla podría ser la adaptación de una hoja de ruta del proceso, ya que además de tener el tiempo de la tarea podemos asegurarnos de contar con la máquina específica para realizar cada una de las operaciones y documentar parcialmente el proceso ideado por el especialista.

13.2. TÉCNICA DE LA COMPARACIÓN

La técnica de la comparación busca determinar el tiempo de fabricación de una pieza a partir del tiempo de fabricación de una pieza de tiempo conocido y documentado, de características semejantes, que pueda considerarse como patrón de comparación. El error en el tiempo calculado a partir de la aplicación de esta técnica dependerá de la base de información de la cual se parta, es decir, del error de los tiempos de la pieza usada para comparar. Un pequeño error adicional se agregará por aquellas tareas que se incorporan al proceso.

Si desarrollamos la aplicación de esta técnica a partir de la adaptación al caso del procedimiento general de aplicación de un estudio de tiempos, veremos que la etapa *definir* presentará las características generales ya explicitadas para esta etapa, además de especificar qué pieza se tomará como patrón. La pieza adoptada como patrón debe ser semejante en cuanto al material, las dimensiones, la forma geométrica y el proceso de fabricación con la pieza cuyo tiempo se quiere calcular. *Este requisito es la base de la técnica para que esta pueda ser aplicada. De no cumplir con ese requisito, la técnica queda invalidada.*³

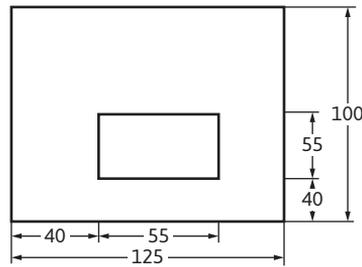
Las tareas de la fase o etapa de *registrar* implicarán definir las operaciones del proceso de fabricación de la nueva pieza, que básicamente serán muy similares a las del registro anterior. En la fase de *analizar* observamos las características de la pieza cuyo tiempo se quiere calcular respecto de las características de la definida como patrón. En ese análisis estudiamos las dimensiones y las formas, y realizamos una descripción de las diferencias. Esas diferencias deben tomarse algebraicamente:

³ Debe tenerse en cuenta que otro material, otro proceso u otra herramienta no mantiene una comparación de tiempos. Por ejemplo: desbastar distintos tipos de aceros conlleva tiempos distintos para mismas cantidades, con la misma máquina y herramienta. Soldar con distinto equipo (eléctrico, mig, tig) un mismo material no conlleva mismos tiempos, etcétera.

son de signo positivo aquellas que suponen más tiempo de fabricación de la nueva pieza respecto de la definida como patrón, mientras que serán de signo negativo aquellas diferencias que presupongan un tiempo de fabricación menor respecto del tiempo patrón.

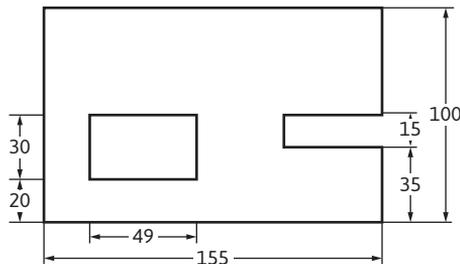
Una vez completada la tarea de analizar pasamos a las actividades que comprende la tarea de *medir* (la cual implica cuantificar los datos). En esta fase se calculan las diferencias tanto positivas como negativas, las cuales son establecidas por estimación a partir del análisis de la diferencia de longitud, de forma o de alguna característica de proceso o material. Las tareas de las fases de *compilar* especifican el tiempo de la nueva pieza, ya que luego de un análisis de las diferenciaciones y estimaciones se procede a calcular el tiempo de la nueva pieza como suma algebraica de los tiempos de las actividades que hemos aceptado como iguales, superiores o inferiores. Veamos un simple ejemplo: se quiere calcular el tiempo de una pieza cuyo croquis se indica en la figura 13.1 (usa chapa SAE 1010 de 1 mm de espesor).

Figura 13.1. Pieza para el cálculo del tiempo por comparación en el ejemplo didáctico



Por su parte, la que definimos como patrón presenta un croquis, como se indica en la figura 13.2 (usa chapa SAE 1010 de 1 mm).

Figura 13.2. Pieza a la cual se le conocen los tiempos, tabulados en la tabla 13.1



La hoja de fabricación de la pieza patrón (que mostramos parcialmente) nos indica una secuencia de operaciones, dadas por la tabla 13.1. Si ahora tomamos la hoja de proceso de la nueva pieza y la comparamos con la de la pieza patrón, podemos llegar, de acuerdo con el procedimiento indicado, a especificar el tiempo de la nueva pieza. Por ejemplo: la operación 5, que corta la chapa en tiras, no sufrirá cambio alguno; en la operación 10 tenemos el corte de la tira, si el proceso lo realiza una máquina deslizando la tira cortada en la operación 5 para que una guillotina realice el corte, el tiempo de desplazamiento será proporcional a la longitud. Entonces, aplicando una regla de tres simple, podemos obtener nuestro nuevo tiempo para la operación 10. Podemos observar también que la pieza original tiene dos muelas, mientras que la nueva pieza tiene una; entonces deberemos restar uno de los golpes de guillotina en el nuevo proceso (dejamos la realización para la práctica del lector).

Tabla 13.1. Tiempos asignados a la pieza de la figura 13.2

Operación	Descripción	Máquina	Tiempo asignado (min)
5	Cortar tiras de chapa	Guillotina	0,5
10	Cortar tiras	Bal. 45 t	0,45
15	Matrizar muesca	Bal. 45	0,4
20	Matrizar 49 x 30	Bal. 45	0,45
25	Desengrasar	Galvánico	s/t
30	Fosfatizar	Galvánico	s/t

13.3. LA TÉCNICA DEL CÁLCULO TÉCNICO

El método del cálculo técnico se aplica para determinar *los tiempos de trabajo de la máquina en las operaciones de proceso automático y en las operaciones en las que el trabajo de la máquina depende de la actividad del operario, pero el tiempo de la operación está impuesto por las características de la máquina* (si ponemos por ejemplo una operación de agujereado, el avance de la mecha se realiza manualmente).

La velocidad de trabajo de las máquinas dependerá de sus características técnicas, de las propiedades del material, de la cantidad de material que haya que procesar, de las dimensiones del área de trabajo, etcétera. En muchos casos, las velocidades dependen de relaciones entre poleas, cajas de cambio, etcétera, y vienen dadas por características constructivas del fabricante (dato de manual). Sin embargo, deberá verificarse en estos casos que la velocidad utilizada para el

cálculo sea coincidente con la velocidad real de la máquina. Podemos citar algunos ejemplos orientativos que permitan entender la técnica. Se debe comprender que esta depende de las características mencionadas en cada caso.

Operaciones de torneado

En el caso de desbaste en un torno, la pieza a trabajar se situará sobre un eje longitudinal y girará con una velocidad expresada en vueltas por minuto. La reducción de diámetro se realizará sobre una determinada longitud (l_1) y con un espesor de viruta que se define por el avance radial en mm por vuelta. La herramienta de corte se desplazará (avance longitudinal) paralelamente al eje longitudinal expresado en milímetros por vuelta de giro de la máquina (v_1); en consecuencia, el tiempo de trabajo de la máquina será:

$$\text{Tiempo de trabajo} = \text{longitud de trabajo} / \text{velocidad de avance}$$

$$\text{Tiempo de trabajo} = \text{mm} / \text{mm} / v = v \quad (1)$$

La expresión (1) indica el número de vueltas que debe realizar el torno para completar una pasada (la longitud de trabajo), y dado que el torno gira a una velocidad expresada en vueltas por minuto, a esa expresión (1) la convertimos en:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de trabajo} &= \text{Número de vueltas calculadas} / \text{velocidad de giro del torno} \\ &= \text{vueltas} / \text{vueltas} / \text{minuto} = \text{minuto} \quad (2) \end{aligned}$$

En consecuencia, la expresión (2) permite calcular el tiempo que demandará el trabajo automático del torno para retirar de la pieza en trabajo un espesor de viruta determinado sobre una longitud de trabajo dada. Para calcular el tiempo total de la operación se deben calcular los tiempos manuales que corresponden a las actividades de carga y descarga de las piezas en la máquina.

Para el caso del trabajo de una máquina agujereadora

En este caso tendremos como datos:

Lp: longitud de perforado (mm)

Dm: diámetro de la mecha (mm)

Vt: velocidad de trabajo de la máquina (avance de trabajo) mm/vuelta de mandril

Va: velocidad (avance de acercamiento) con que la mecha se acerca al punto de trabajo en mm/ vuelta de mandril

Vr: velocidad con que se retira el mandril de la máquina

Vg: velocidad de giro del mandril en vueltas/minuto

Tanto la velocidad de giro del mandril como la de avance de trabajo responderán a las características de la máquina, del material de la pieza, del diámetro del agujero a

realizar, etcétera. En consecuencia, el tiempo de trabajo estará dado por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de trabajo} &= \text{longitud de trabajo} / \text{velocidad de avance del mandril} \\ &= \text{mm} / \text{mm} / \text{vueltas por minuto del mandril} \quad (3) \end{aligned}$$

Al igual que en el caso anterior, la expresión (3) indica el número de revoluciones, en este caso del mandril; en consecuencia:

$$\text{Tiempo de trabajo} = N^\circ \text{ de vueltas calculado} / V_l (\text{vueltas/minuto}) \quad (4)$$

A este tiempo de trabajo (del agujereado específicamente) se le deben agregar los tiempos de acercamiento y retiro de la mecha y los correspondientes a la tarea manual de carga y descarga de piezas. Cabe consignar que la longitud de trabajo es la suma del espesor de la pieza a agujerear más $1/3$ del diámetro de la mecha (debido al ángulo de corte de la mecha).

Los casos anteriormente descriptos configuran simplemente ejemplos para el entendimiento de la técnica. Como es de imaginar, cada máquina deberá estudiarse individualmente, y en el caso de equipos controlados por microprocesadores o micro-controladores, a la hora de la programación del trabajo el mismo sistema devuelve el tiempo de la operación (tiempo máquina), a los cuales deberán adicionarse los elementos de carga y descarga.

13.4. TIEMPOS PREDETERMINADOS

La Escuela de la Administración Científica ha estudiado los micromovimientos o movimientos elementales, una tarea fundamentada en la actividad que desarrollaron los esposos Gilbreth en los albores de esa escuela. Ellos observaron los movimientos que ejecutaban los operarios en la realización de sus tareas, así como también las características fisiológicas del cuerpo humano. Esto los llevó a establecer el concepto de que cada tarea consistía en un grupo de diferentes movimientos y que, analizando cada uno de esos movimientos, estos podían ser descompuestos en movimientos de orden menor.

Si se analiza un brazo extendido, considerado como un conjunto entre mano, muñeca, antebrazo, codo y brazo, resulta que una persona tiene como eje de giro el hombro respectivo, pero si dejamos caer el brazo a lo largo del cuerpo y lo dejamos inmóvil se puede girar el conjunto mano, muñeca y antebrazo respecto del codo, que en este caso actúa como eje de giro, e igualmente podemos mover únicamente la mano respecto de su eje de giro, la muñeca, y, finalmente, los dedos solo pueden ser movilizados por medio de sus falanges.

Partiendo de estas consideraciones, los Gilbreth establecieron los *Therblig*, que son un conjunto de movimientos elementales. Estos estudios sirvieron de base

para que Maynard, Schwab y Stegermerten desarrollaran en los años cuarenta su sistema de tiempos predeterminados conocido como MTM, que dieron a conocer en 1948 con el libro *Methods Time Measurement*.

El trabajo de Maynar y su equipo consistió en determinar los movimientos básicos más importantes que pudieron observar de la actividad humana, y luego, con procedimientos de filmaciones de operarios en actividad, pudieron llegar a determinar tiempos reales (filmaban con una velocidad de 16 cuadros por segundo). Asimismo, emplearon un procedimiento de valoración de ritmo para poder expresar los tiempos como tiempos normales.

La aplicación del MTM exige un análisis profundo de la actividad de la tarea, como podrá apreciarse en la descripción de uno de los movimientos elementales, que se cita como ejemplo. Esto hace que su aplicación sea costosa tanto en tiempo como en la calificación de la persona que lo realiza, que debe ser un especialista en el tema, pero que, a cambio, brinda una gran precisión en el tiempo calculado, no exige la realización de la operación y permite un riguroso análisis de esos movimientos.

La aplicación del MTM comienza con la descripción detallada y sistemática de los movimientos elementales de la actividad empleando para ello una codificación que contempla las diferentes alternativas que presenta un movimiento elemental. Con esa codificación se puede entrar en la tabla de valores de tiempo, expresados en TMU, unidad de tiempo del sistema, cuya equivalencia es $1 \text{ TMU} = 0,0006 \text{ minutos}$. Entonces:

Se define el TMU o UTM al valor de:

$1 \text{ TMU} = 1 \text{ h} / 10.000$, lo que implica que $1 \text{ TMU} = 0,00001 \text{ h}$

$1 \text{ TMU} = 60 \text{ min} / 10.000$, lo que implica $1 \text{ TMU} = 0,0006 \text{ min}$

$1 \text{ TMU} = 3.600 \text{ seg} / 10.000$, lo que implica $1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ seg}$

Adicionalmente, el otro elemento extraño que podemos encontrar es que el movimiento básico se denomina *Therblig* (Gilbreth dado vuelta), y así podemos encontrar que:

El *Therblig* alcanzar A es de 2,0 TMU (a modo de ejemplo).

El MTM reconoce y proporciona valores de tiempo para seis movimientos básicos.

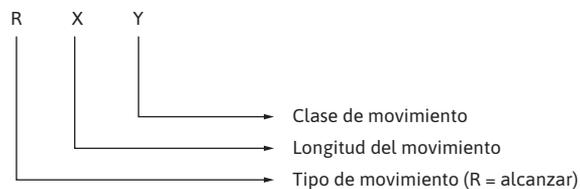
Alcanzar, girar, agarrar o tomar, posicionar, soltar y dejar

Entonces, se dice que, bajo ciertas condiciones, estos movimientos toman valores predeterminados de duración. Posteriormente, surgen como consecuencia de un estudio más profundo mediante el análisis cuadro a cuadro de filmaciones. Así se llega a los datos de los movimientos del MTM-1, el cual identifica, dentro de cada uno de los movimientos básicos del MTM, distintos niveles de dificultad. Con posterioridad aparecieron distintas versiones, con obvias modificaciones: MTM-2, MTM-3, MOST, MODAPS, MTM-V, MTM-C, MTM-M, MTM-Link, MTM-MET, MTM-UAS.

A continuación comentaremos uno de los movimientos básicos, ya que no se pretende explicar en profundidad esta técnica por entenderse que quien desee aplicarla deberá realizar una capacitación específica en MTM o en el derivado que le interese. Realizada la aclaración, veamos el movimiento básico *alcanzar*, que se define como el movimiento de la mano vacía o de los dedos desplazándose hacia un lugar determinado. Este movimiento se representa con la letra *R* (del inglés *reach*), y de él se debe precisar la longitud y la característica del movimiento. La *longitud* está dada por la distancia que media entre el punto de salida de la mano y el punto final del movimiento. La *característica* tiene en cuenta el grado de atención con que el operario debe realizar el movimiento de la mano, desde un caso simple con poca o ninguna atención hasta el caso que exige una precisa atención. Se han desarrollado cinco alternativas posibles:

- Alcanzar un objeto en localización fija y permanente o en la otra mano. Este movimiento requiere de escaso control.
- Alcanzar un objeto solo en una localización que puede variar algo su posición de un ciclo a otro (por ejemplo, la palanca de cambios de un automóvil). En este caso se requiere de un moderado control del movimiento.
- Alcanzar un objeto que se debe seleccionar mezclado con otros iguales o similares en un grupo (por ejemplo, en una batea). Es un caso de movimiento de elevada demanda de control.
- Alcanzar un objeto muy pequeño o que se requiere agarrar con precisión, pues la pieza puede dañar los dedos o estos la pieza. También este caso requiere una elevada demanda de control.
- Alcanzar una localización indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o para facilitar el movimiento siguiente (por ejemplo, retirar la mano del área de carga de un balancín). Requiere escasa demanda de control.

El registro de este tipo de movimientos se realiza con la siguiente notación:



En consecuencia, una notación R 20 A se interpreta como un movimiento de alcanzar clase A de 20 cm de longitud. Con estos datos puede entrarse en la tabla que establece las TMU correspondientes a cada caso particular del movimiento *alcanzar*. La tabla 13.2 muestra las características básicas.

Tabla 13.2. Ejemplo de una tabla del tipo *alcanzar* para tiempos predeterminados

R: Alcanzar				
Distancia en cm	Tiempo por tipo de movimiento en TMU			
	A	B	C-D	E
menor que 2	2	2	2	2
10	6,1	6,3	8,4	6,8

El resultado obtenido para esta tarea será de 6,1 TMU. Con el mismo criterio, el MTM enfoca los restantes movimientos elementales, tanto de brazos como del tronco del cuerpo y movimientos visuales. La importancia del MTM radica en los beneficios que trae aparejado el exhaustivo análisis que el especialista debe realizar de una operación para determinar su tiempo, lo que conlleva una disminución de movimientos superfluos y la precisión del tiempo que establece. Pero, por otro lado, la formación, experiencia y tiempo a emplear por el analista del MTM configuran un costo apreciable en la determinación del tiempo de la actividad. La creciente automatización de los procesos manuales de alto número de repeticiones por período ha reducido el campo de aplicación del MTM.

13.5. LOS DATOS TIPO

La técnica de datos tipo puede, de algún modo, considerarse una variante de los tiempos predeterminados, dado que, como hemos ya mencionado, configura un banco de datos de partes componentes de operaciones de uso habitual en una empresa cuyos tiempos son conocidos y aceptados como estándares. Por ser propio de cada empresa, los elementos o partes de la operación que se consideren básicos responderán a las características fabriles de cada una de ellas.

Esta técnica se considera un sistema apto para definir tiempos de fabricación en empresas cuyos productos de venta a pedido se encuentren dentro de una determinada gama de proceso fabril, como por ejemplo los sistemas laborales que procesan cubiertas metálicas con estructura parabólica, empresas de mecanizado de piezas para terceros, etcétera.

Es muy aplicable también para empresas de servicios en las que los distintos trabajos se encuentran tabulados y permiten así presupuestar rápidamente la mano de obra. Por ejemplo: en el arreglo de un automóvil, el cambio de pastillas de freno tendrá un determinado tiempo de tarea, el cual variará según el modelo de automóvil. Otro ejemplo podría ser el cambio de disco de una computadora, su formateo, carga de sistema operativo, etcétera.

RESUMEN

Se describieron en este capítulo cinco técnicas que permiten arribar al tiempo básico de una determinada tarea; cada una con condiciones de aplicabilidad diferentes.

La primera de las técnicas utiliza una comparación de tiempos sobre la base de un tiempo que un especialista conoce por su amplia experiencia; la segunda compara tiempos entre una pieza nueva y una pieza que se conoce y está documentada; la tercera trabaja a partir de características técnicas constructivas de las máquinas y a partir de su velocidad permite calcular el tiempo de trabajo de máquinas principalmente automáticas.

Las últimas dos técnicas trabajan a partir de las tareas que realiza el hombre, teniendo en cuenta que estas son repetitivas. En el primer caso están los movimientos tabulados, los cuales serán sumados algebraicamente; en el segundo caso, las que están tabuladas son las tareas propiamente.

Ejercicios

1. ¿Qué es el tiempo estimado?
2. ¿Bajo qué condiciones utilizaría el tiempo estimado?
3. Suponga el proceso de fabricación de un banquito como el de la siguiente figura.



Imagine un taller que disponga de las máquinas que dese:

- a. Realice los elementos que hagan que el producto banquito sea definido técnicamente.
- b. Realice los elementos que hagan que el proceso sea definido técnicamente.
- c. A continuación, suponga con el mejor criterio los tiempos de cada una de las operaciones del proceso.
- d. Estipule el tiempo de lo que se denomina *contenido de trabajo*.
- e. ¿Cómo se denomina la técnica aplicada en el punto anterior?
- f. Tomando como válidos los tiempos estimados en el punto (c), ¿cuál será el contenido de trabajo si le agregamos a ese banco un travesaño entre ambas patas?
- g. ¿Cómo se denomina la técnica aplicada en el punto (f)?

4. **¿Es alto, medio o bajo el error en el tiempo asignado cuando la técnica utilizada para la determinación es la de estimación?**
5. **¿Qué condiciones básicas deben cumplirse a la hora del cálculo por comparación?**
6. **Realice un ejemplo de cálculo de tiempo por estimación para el ensamble de algún producto sencillo a partir de conocer el ensamble de un producto sencillo similar.**
7. **¿Cuándo utilizaría el tiempo calculado a partir de la técnica de la comparación?**
8. **Realice un ejemplo de cálculo técnico a partir del torneado de una pieza de una supuesta longitud y supuestas características de máquina.**
9. **Describa brevemente la técnica de tiempos predeterminados.**
10. **¿Cuándo utilizaría la técnica de los tiempos predeterminados?**
11. **Diferencie la técnica de los tiempos predeterminados con los tiempos tipo.**
12. **Realice un breve ejemplo de tiempos tipo.**
13. **Busque, investigue y analice las distintas tablas de tiempo predeterminado. Luego, realice una comparación con la tabla alcanzar trabajada en el texto.**
14. **Realice una tabla comparativa entre las distintas técnicas en la que caracterice sencillez de aplicación (capacitación del analista), costo, error, campo de aplicación, ventajas, desventajas.**

CAPÍTULO 14

MUESTREO DE ACTIVIDADES APLICADO AL ESTABLECIMIENTO DE TIEMPOS

Veremos en este capítulo que la técnica del muestreo sirve también como herramienta rápida, económica y sencilla de realizar para obtener un tiempo asignado a la tarea. Solo hará falta conocer algunos datos adicionales que incorporaremos al desarrollo anterior y, así, contaremos con otra poderosa herramienta heredada del estudio del trabajo.

En el capítulo 10 vimos que la técnica de las observaciones instantáneas (o muestreo) servía como una herramienta efectiva y eficiente para la resolución de problemas en el caso de no contar con registros que permitan dar un punto de partida al problema y de necesitar contar con análisis rápidos y económicos. Otra posible aplicación de la técnica del muestreo hace posible conocer el índice de actuación promedio del operario, en forma personal o en el conjunto de un sector, a lo largo de la jornada de trabajo o de un determinado período de tiempo.

14.1. APLICACIÓN DE MUESTREO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE ACTUACIÓN DE LOS OPERARIOS

En el caso de la aplicación de muestreo para determinar el índice de actuación de los operarios, el plan de realización del muestreo deberá observar el estado de actividad productiva del operario (en el caso en que se refiera a operarios de producción), y si este se encuentra en actividad productiva se deberá consignar simultáneamente la valoración del ritmo de su actividad en el momento de la observación.

La ponderación del ritmo de trabajo del operario podrá consignarse en igual forma que se realiza en el caso de aplicarse la técnica del cronometrado, para lo que se considera necesario que la observación la realice un técnico experimentado en valoración. Esto supone una calificación diferente al caso anterior, en el que la observación *trabaja-no trabaja-cause* podía ser realizada por una persona hábil en la observación y el registro, aunque no necesariamente por un especialista en

tiempos. En consecuencia, el registro de la observación ahora deberá consignar si el operario trabaja productivamente:

- Sí → consignar factor de valoración
- No → puede consignarse código de causa, ello dependerá de los objetivos del estudio

Las observaciones descriptas para el caso en que se desee analizar el porcentaje de actividad de los operarios productivos y su ritmo de trabajo, ambos en forma global para el total de la planta o de un sector, pueden registrarse en una planilla como la que se indica, a título de ejemplo, en la tabla 14.1.

Tabla 14.1. Síntesis de un estudio de muestreo

Estudio de Muestreo										
Determinar porcentaje de actividad - inactividad y ritmo de trabajo										
Sector: 1 Fecha: 02-12-2004 Hora de inicio: 09:50										
Posición inicial: 15 Realizado por: Fernández										
Puesto N°	Trabajo productivo	Valoración observada	Trabajo no productivo	Causas						
				1	2	3	4	5	NC	
1	x	95								
2	x	105								
3			x		x					
4	x	110								
5	x	100								
6	x	90								
7			x	x						
8			x						x	
9			x		x					
10	x	105								
11	x	90								
12	x	90								
13	x	100								
14	x	100								
15			x							x
16			x			x				
17	x	90								
18	x	100								
19	x	80								
20	x	95								
21			x	x						
22			x		x					
23	x	110								
24	x	100								
25	x	100								

El análisis que permite esta tabla indica que de las 25 observaciones registradas, 17 corresponden a operarios en actividad productiva, y a 8 en actividades no producti-

vas. En consecuencia, podemos concluir que el 68% de los operarios fue observado en tareas productivas, mientras que el 32% fue observado en tareas no productivas, entre las cuales se incluyen, para este estudio, el descanso y el pase al sanitario; en otras palabras, aquellas tareas que derivan de las necesidades personales y la fatiga.

Asimismo, puede extraerse un promedio de los ritmos de actividad observados. En este caso, el promedio matemático de las 17 observaciones de operarios trabajando en tareas productivas indica un valor de 97,6% de valoración observada. Este valor es el resultado de la sumatoria de las diferentes valoraciones de ritmo observadas y divididas por el número de observaciones válidas, es decir, 17. Cabe consignar que tanto los valores registrados por observación como los calculados corresponden a un recorrido en particular, pero el mecanismo de cálculo puede extenderse a todos los recorridos realizados en un día o en un período de acuerdo con las condiciones que en la etapa de definir se hayan estipulado, vale decir, aquellas que derivan de un muestreo previo, el error estipulado y el nivel de confianza definido.

Adicionalmente, puede consignarse el resumen de las causas que generan la inactividad o trabajo no productivo del operario de acuerdo con las observaciones registradas en la planilla del recorrido. Si en la indicación del puesto observado se registra la identificación del operario a cargo, el análisis del ritmo observado puede hacerse a nivel de operario individual. Claro está que en este caso el cómputo de su ritmo promedio es el que resulte de las observaciones del día o del período estudiado. Conviene tener presente en estos casos, como ya se ha establecido, que a medida que se aumenta el número de observaciones aumenta también la calidad de los datos calculados.

14.2. CÁLCULO DE TIEMPOS ASIGNADOS A PARTIR DEL MUESTREO DE ACTIVIDADES

La aplicación de la técnica de muestreo permite el cálculo de tiempos asignados. El procedimiento de cálculo de tiempos asignados a partir de la aplicación de la técnica de muestreo parte de la realización de un estudio sobre la observación del ritmo de trabajo de cada operario en particular, como se explica en el acápite anterior, al que se le agrega la información de las cantidades producidas en cada puesto al término de la jornada laboral.

La captación del dato de la cantidad producida implica previamente haber constatado que esa información es el resultado de un procedimiento confiable, tanto desde el punto de vista de la cantidad como del momento en que se expresa el dato. Asimismo, el procedimiento supone que el operario ha realizado durante toda la jornada la misma operación sobre la misma pieza. Para los casos en que el operario finalice la cantidad indicada de una orden dentro de la jornada laboral y dé comienzo a otra tarea, es menester que se incluya la información de la distribución de las horas de la jornada laboral correspondientes a cada tarea.

Al igual que en el caso anterior, la información de la distribución de horas de actividad para las diferentes tareas debe ser confiable y oportuna. No se ha indicado expresamente, pero es conveniente recordar que la aplicación de la técnica de muestreo no exime a la tarea de una de las consideraciones que se ha entendido básica cuando se habla de tiempos de operación, como la realización de la tarea según un método predefinido y su realización por un operario calificado para esa tarea. Supongamos ahora un nuevo caso en el que para toda la jornada el operario haya realizado la misma actividad; tendremos, por lo tanto, los siguientes datos:

Nº de recorridos del día (o período): 15
 Operario en tareas productivas: 12
 Porcentaje de actividad: 80%
 9 horas de presencia (día): 540 minutos
 Tiempo productivo: $540 \times 80 / 100 = 432$ minutos

Podemos expresar el tiempo de presencia productiva en centésimas de minuto; en consecuencia, tendremos:

Tiempo productivo: $432 \times 100 = 43.200$ centésimas de minuto
 Piezas producidas: 864
 Tiempo unitario: $43.200 / 864 = 50$ cm / pieza

Este tiempo unitario corresponde al concepto de tiempo observado o cronometrado en un estudio de tiempos por cronometraje. Sin embargo, si el observador valoró la tarea productiva, haciendo un promedio de estas valoraciones podemos convertir este tiempo observado en un tiempo normalizado a través de afectarlo por la valoración observada durante el desarrollo de las observaciones del estudio. Para el tratamiento de la valoración observada analicemos la tabla 14.2.

Tabla 14.2. Valoración de un supuesto muestreo

Puesto	Valoración
1	100
2	90
3	-
4	-
5	100
6	90
7	90
8	90
9	-
10	100
11	90
12	90
13	95
14	95
15	105

Las observaciones válidas fueron 12, y la sumatoria de las valoraciones observadas totaliza 1.140.

El ritmo promedio será: $RP = 1.140 / 12 = 95$

En consecuencia, el tiempo normalizado resultará de:

Tiempo normalizado = Tiempo observado x $RP/100$

$$T_n = 50 \text{ cm} \times 95 / 100$$

$$T_n = 47,5 \text{ cm (1)}$$

En el desarrollo de un estudio de tiempos por cronometraje, de la noción de tiempo normalizado de un elemento en un ciclo se pasa al concepto de tiempo base de ese elemento como promedio de los tiempos normalizados de las observaciones válidas de ese elemento registradas durante el estudio, y del concepto de tiempo base del elemento pasamos a la idea de tiempo base del ciclo como suma de los tiempos base de los elementos que componen el ciclo del trabajo en estudio. En consecuencia, la expresión (1), en rigor, debe considerarse, dado que en definitiva es el promedio de las observaciones válidas realizadas durante el estudio, como equivalente al concepto de tiempo base del ciclo en un estudio de cronometraje.

Se podría pasar de la noción de tiempo base del ciclo a la de tiempo asignado a la operación; para ello, el analista debe considerar las condiciones en las cuales se desarrolla el trabajo, de modo de poder asignar los correspondientes suplementos por descanso, personales y por contingencias.

Los tiempos debidos a elementos causales y a contingencias pueden ser extraídos de la tabla de las observaciones instantáneas, en la medida en que esas causas hayan sido contempladas en el diseño de las observaciones a realizar. Si, por ejemplo, en la tabla 14.1 la causa 1 respondiera a la situación de un operario realizando tareas pertenecientes al trabajo en curso, como ayudar a la descarga de piezas para su elaboración o una tarea de control de calidad, y la causa 2 respondiera a otro tipo de interrupciones referidas al ámbito de trabajo, a partir del análisis de su ocurrencia pueden calcularse los tiempos correspondientes y llegar de este modo a establecer todos los factores del tiempo asignado a la tarea.

Las causas que generan el suplemento por contingencias, al ser codificadas como causas de trabajo no productivo con los datos indicados en códigos asignados en la tabla de observaciones, pueden determinarse por medio de un cálculo similar al utilizado para determinar el tiempo trabajado, el tiempo dedicado a contingencias y ese tiempo en relación con el tiempo calculado, por medio de la expresión (1), y obtener la incidencia de la contingencia por unidad.

Al respecto, de los suplementos por condiciones de trabajo cabe consignar que se considerará la solicitación promedio del ciclo a la que se halla requerido el trabajador. Este punto nos indica una divergencia respecto de la determinación de tiempos por cronometraje que limita la validez, respecto del margen de error y nivel

de confianza, del tiempo determinado por muestreo en relación con el cronometraje. Por otra parte, y en el mismo sentido de las consideraciones, la relativa facilidad de realización, como la ventaja adicional de que el operario no se sienta permanentemente un objeto de observación, configuran factores favorables para el uso de la técnica. En definitiva, y como se ha expuesto reiteradamente, siempre la mejor técnica es aquella que facilita alcanzar el objetivo del estudio en las condiciones de costo y tiempo que son compatibles con el uso que se dará al tiempo calculado.

RESUMEN

En este capítulo hemos desarrollado la técnica del muestreo aplicada a la determinación del tiempo asignado a la tarea. Como se observó, la técnica es sencilla, de rápida aplicación, con relativa poca experiencia requerida para quien aplica la técnica, entre otras ventajas. La aplicación de la valoración, los suplementos, etcétera, hacen que su cálculo final sea muy similar al del tiempo cronometrado.

Por último, diremos que esta técnica permite obtener con escasos datos y una muy buena aproximación el tiempo asignado a la tarea, y sirve también para tener una clara idea de las causas del no cumplimiento de la ecuación Q/T requerida por el cliente o por el objetivo de la organización.

Estudio de casos

El estudio de cargas de trabajo en la función pública

Trabajo elaborado por: Luis Iván Gómez Franco

Asesoría técnica: Wilson Alberto Ordóñez Romero

El estudio de cargas de trabajo se puede definir como el conjunto de técnicas que pueden aplicarse para la medición de trabajos administrativos o tiempos de trabajo en oficinas, y determina la cantidad de personal necesario para la eficiente realización de las tareas derivadas de las funciones asignadas a cada institución. La guía para la medición de cargas de trabajo en el sector público tiene como objetivo general establecer las necesidades del personal de cada dependencia o unidad productiva, identificando posibles déficits o excedentes de empleados.

Esta medición del trabajo se generaliza para todo tipo de labor, independientemente de su carácter, ya sea de producción en la industria o en organismos de servicios, como lo son la gran mayoría de los entes del Estado. Como objetivos específicos podemos identificar:

- Medir los tiempos de trabajo en la gestión pública.
- Determinar tiempos estándar para medir todas las tareas y trabajos de una dependencia.
- Establecer la dimensión óptima de una dependencia en función de su carga de trabajo.

Nos preguntamos los autores, ¿será posible aplicar la técnica de muestreo para arribar a los objetivos buscados en el caso? Si cree que es posible, podría realizar una tabla que le permita recolectar los datos y discutirla con su colega.

Fuente: Gómez Franco, L. y Ordóñez Romero, W. (2002). Guía “Medición de carga de trabajo, entidades públicas”. Bogotá, Departamento Administrativo de la Función Pública. Disponible en: <http://www.ceppia.com.co/Documentos-tematicos/TERRITORIAL/medicion-cargas-trabajo.pdf>

Ejercicios

1. ¿Cuándo aplicaría la técnica de muestreo?
2. Realice una descripción de la técnica de muestreo en cuanto a su filosofía de funcionamiento.
3. ¿Cómo calcula el tiempo a partir de la técnica de muestreo? Explíquelo a partir de un problema inventado por usted.
4. Paralelamente a un cronometraje, se realiza un estudio de muestreo para determinar el tiempo que se tarda para realizar el elemento A (soltar una pieza de la grúa y fijarla al soporte). El muestreo consiste en realizar 25 observaciones diarias del puesto de trabajo, anotando la actividad que realiza el operario en el momento en que el analista pasa frente al puesto de trabajo.

Evento A: Soltar la pieza de la grúa y fijarla al soporte.

Evento B: Cambiar broca de 7 mm por broca de 5 mm y ajustar.

Evento D: Cambiar broca de 5 mm por broca de 7 mm y ajustar.

Evento F: Dejar la pieza taladrada en el banco de inspección y volver a la grúa.

Inactivo: Esperando que la máquina termine de taladrar (C y E).

La siguiente tabla indica el número de observaciones correspondientes a cada evento.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
A	4	1	1	0	1	2	1	0	0	1	1	1	1	1
B	2	4	0	3	2	2	3	2	2	3	4	2	2	1
D	1	3	0	1	1	2	1	0	1	1	1	0	1	1
F	7	7	5	0	0	2	5	10	4	1	1	5	6	8
Inactivo	11	10	19	21	21	17	15	13	18	19	18	17	15	14

- a. Determine el plan de muestreo (número de días que debe durar el estudio de muestreo), aceptando un error absoluto de $\pm 2,5$ con un 95% de confianza.
- b. Si se supone que el operario trabaja a un ritmo normal, calcule el tiempo básico del elemento A, sabiendo que durante todo el estudio de muestreo el puesto de trabajo correspondiente a la operación de taladrado realiza 1.730 piezas, y el tiempo total de trabajo es de 4.950 minutos.

CAPÍTULO 15

LA PLANTA INDUSTRIAL

En el presente capítulo se desarrollarán los conceptos principales a tener en cuenta para el diseño de una planta industrial. Partiendo de una mirada macro y yendo a una mirada crítica micro, se ilustrarán en forma sistemática las distintas variables que componen la planta industrial, sin pretender que de la lectura del capítulo el lector termine siendo un especialista, ya que la temática tiene muy largo alcance.

Si efectuamos una mirada retrospectiva del desarrollo que les hemos dado a los temas presentados, podremos apreciar que a partir del capítulo inicial se ha planteado una visión del concepto de empresa que, partiendo de la idea de la empresa como sistema de transformación, permite distinguir dos campos: el de las empresas con fines de lucro y el de las empresas sin fines de lucro.¹ Las primeras alcanzan su objetivo, el lucro, a partir de poder brindar productos (o servicios) cuyas características sean concordantes con la ecuación de valor –es decir, el cliente pondera el producto ofrecido por la empresa–, dado que la concordancia entre ellas posibilitará el inicio del círculo virtuoso de la generación de utilidades.

En función de ello, hemos planteado que la posición del profesional en la realización de su tarea en la empresa debe atender a la satisfacción del cliente para alcanzar su fidelización y así contribuir a la generación de utilidades. En este camino, entendidas las utilidades como la diferencia entre los ingresos totales y los egresos totales de la empresa, la búsqueda de un costo menor es la tarea de cada día del profesional, cualquiera sea el ámbito de su tarea. Por otra parte, y a partir de conceputar a la empresa como un sistema socioeconómico de transformación, se

¹ Con una idea más general, aun puede concebirse a la empresa dentro de los lineamientos de la teoría económica de la libre empresa, como el resultado de una inversión en busca de una utilidad, que puede ser económica o social. Uniendo ambos puntos de vista, podemos definir a la empresa como el resultado de una inversión que busca una utilidad, social o económica, mediante la transformación de insumos en productos destinados a satisfacer las necesidades de las personas.

plantea la necesidad imperiosa de tener presente el sentido humano² de la tarea más allá de su connotación económica. Asimismo, debemos mencionar el campo de las organizaciones o empresas sin fines de lucro, dado que al operar con bienes económicos su costo deberá ser cubierto de alguna forma; en consecuencia, cuanto menor sea el costo, menor será la necesidad de aportes que dichas empresas requieran.

Las técnicas del estudio del trabajo son una contribución para la solución de la disyuntiva que el sentido del trabajo plantea, entre su consideración en forma aislada como hecho económico o como hecho humano, considerando como hechos económicos todos aquellos que son generados por un bien susceptible de valor monetario. El otro aspecto que hemos planteado es el de la complejidad, la cual es entendida como la interacción simultánea de factores diversos tanto cercanos como lejanos al núcleo del problema en consideración, lo cual obliga al profesional a desarrollar su capacidad de observación y análisis de esos factores y su interacción con el problema.

Ninguna actividad se desarrolla en el vacío, siempre se encuentra dentro de un contexto, el cual, por otra parte, no es estático sino esencialmente dinámico, es decir, cambiante en el tiempo, y por otra parte ningún contexto puede considerarse neutro respecto de la actividad o problema considerado. El desarrollo de la capacidad de comprensión de la globalidad a la que nos obliga la complejidad actual de la empresa situada en la totalidad del planeta es una tarea que el futuro profesional debe realizar sin prisa pero sin pausa, pues de esa capacidad dependerá en buena medida el éxito de su gestión.

Otro aspecto de la complejidad está dado por la dinámica de los factores que afectan a la empresa; lo válido hoy es historia mañana. A tal punto esto sucede que es absolutamente lógico plantearse que *lo único permanente es el cambio*. Entonces, dado que la única constante es el cambio, debemos fomentar el crecimiento de habilidades que faciliten quebrar los paradigmas, y posibilitar así la creatividad y la innovación. Es en el sentido de esa globalidad que debe entenderse el desarrollo del presente capítulo, en el que estableceremos los lineamientos generales del diseño integral de plantas industriales.

Es evidente que encarar el diseño integral de una planta industrial no es una tarea que surja todos los días, tal vez en nuestra vida profesional nunca participemos de una tarea semejante. Ante esta circunstancia, la pregunta sobre para qué tratar el tema surge tanto lógica como inexorablemente. La respuesta está entroncada en el espíritu que anima este texto: la visión global, la comprensión de la complejidad y la dinámica de los cambios. Sin embargo, puede presentarse y con frecuencia la

² Es nuestra concepción personal que solo el trabajo humano genera riqueza. Entendemos por riqueza la transformación de insumos naturales en los productos que las personas requieren para satisfacer sus necesidades; en consecuencia, sin trabajo no hay riqueza.

necesidad de adaptación de una planta, o parte de ella, a situaciones no previstas en el momento de su diseño; en este camino, el tema tiene entonces validez.

15.1. ALGUNOS ASPECTOS DEL DISEÑO DE PLANTAS

El diseño de una planta industrial ocurre en un momento y en función de objetivos inmediatos y futuros, pero a partir del inicio de su construcción esas circunstancias comienzan a ser historia ante el devenir de cambios que afectan a la empresa. En consecuencia, en la medida en que más tiempo transcurre desde el inicio, resultará que la superficie del terreno disponible, la disposición de las instalaciones, las dimensiones de las superficies cubiertas, la ubicación de máquinas, equipos, instalaciones, la tecnología disponible y otros factores limitan la capacidad de decisión en el diseño de los nuevos procesos industriales.

Esas circunstancias terminan convirtiéndose en un corsé que aprisiona y limita la libertad de creación del diseñador, y de alguna forma fuerzan una rutina de diseño de soluciones. Considerar las soluciones ideales no es un ejercicio vano, pues, en nuestra concepción, para un profesional limitar los conceptos amplios que surjan de una situación ideal a las posibilidades reales de un caso particular es más fácil que generar un caso universal a partir de un caso particular.

El principio de universalidad de las tareas nos dice que todas las empresas realizan las mismas tareas, pero que estas difieren en su contenido de trabajo. Esta diferenciación del contenido de trabajo, que establece un segundo principio que rige la actividad de las empresas, el principio de diferenciación, fundamentalmente debido a las diferencias de envergadura de cada empresa y a las diferencias en la filosofía de encarar el negocio propuesto para la empresa en la idea más general y los procesos en la idea más particular que animan a cada grupo empresario, nos lleva a precisar que no existen herramientas, técnicas o soluciones que universalmente puedan aplicarse por igual a todas las empresas sin excepción; *siempre se las deberá adecuar a las características propias de cada empresa en particular* y deberá ser el profesional quien deba ser capaz de realizar esa adaptación en la forma más eficiente, lo cual lo obligará una vez más a enfrentar la complejidad de la globalidad.

Finalmente, y antes de abordar los temas que corresponden al capítulo, se quiere dejar sentado que su desarrollo se encarará como una introducción al tema, es decir, para establecer puntos de partida para una profundización posterior.

Siendo consecuentes con nuestra forma de pensar, la construcción de una planta puede entenderse como un problema a resolver, dado que una planta terminada en condiciones de comenzar a producir es nuestro objetivo amplio, mientras que la realidad nos indica su carencia. En consecuencia, podemos abordar el tema desde el punto de vista de la aplicación de un procedimiento metodológico similar al que hemos descrito en oportunidades anteriores, por ejemplo en el desarrollo de la

aplicación de un EDM. Por consiguiente, la primera etapa a encarar será la *definición del objetivo*. Como sabemos, la definición del objetivo implica:

- Establecer en forma taxativa el objetivo principal y los objetivos accesorios, así como la interrelación de este con el objetivo principal que el proyecto debe alcanzar. Lo que implica que los objetivos deben ser expresados cuantitativamente.
- Definir los límites del proyecto.
- Definir las restricciones al proyecto.

A los efectos de encarar la tarea de definir el objetivo, tendremos que considerar como punto de partida el conocimiento cierto de los siguientes factores o parámetros del problema:

- Tipo/s de producto a elaborar.
- Tecnología a utilizar.
- Procesos fabriles a desarrollar.
- Principio de disposición de los puestos de trabajo.
- Unidades a producir por unidad de tiempo.
- Volúmenes, peso y frecuencias de los movimientos de materiales.
- Requerimientos ambientales y de seguridad a considerar.
- Proyección en el tiempo.
- Otros aspectos particulares que puedan aparecer en el caso.

Conocidos los parámetros del problema, debemos determinar el objetivo central del diseño de la planta. Generalmente, el objetivo central está relacionado con la capacidad de producción que debe posibilitar la planta. Asimismo, es de importancia establecer las restricciones que serán tenidas en cuenta. Esas restricciones pueden ser factores como las características tecnológicas del sistema laboral, el monto de la inversión a realizar o las características propias de las materias primas a utilizar (en cuanto a volúmenes, peso, vida útil, transporte, etcétera).

Como límites del proyecto debe considerarse si el diseño de la planta no se ata a ninguna situación particular, como puede ser su ubicación geográfica o si se debe desarrollar dentro de un edificio ya construido. Otro aspecto importante es la definición de si las características del sistema laboral³ a ubicar deben ser definidas como parte del proyecto o si deben ser previamente definidas y, en consecuencia, constituirse en parámetros del diseño de la planta.

Los datos precedentes nos conducen a establecer el *layout aritmético*⁴ de la planta, que nos indica la superficie que debemos considerar (expresada en m², lo que nos permite obtener una primera idea de la envergadura de la planta), es decir,

³ Ver el punto 15.2.

⁴ Ver el punto 15.3.

la superficie que la planta requiere para cumplir con su objetivo. Del concepto de *layout aritmético* debemos pasar al de *layout geométrico*,⁵ es decir, considerar la ubicación de las diferentes unidades de trabajo, de las áreas de servicio, de oficinas, de almacenes, etcétera, las cuales se dispondrán de acuerdo con el grado de interrelaciones que se verifiquen entre ellas, como el sentido del flujo de los materiales, en el que resulta imprescindible que los componentes de la cadena de valor se muevan distancias lo más cortas posible.

15.2. EL DISEÑO DEL SISTEMA LABORAL⁶

El diseño de las características técnicas del sistema laboral constituye el centro neurálgico del diseño de la planta, y sin lugar a dudas puede considerarse un proyecto en sí mismo. La elección de un sistema laboral, es decir, la definición de sus características tecnológicas, deberá ser resuelta dentro de un marco dado por:

- Los objetivos propios de la empresa respecto de su alcance productivo.
- Las características técnicas propias e ineludibles de los procesos que permiten la fabricación del producto.
- Las características de la acción comercial que la empresa sostendrá frente al mercado al cual pretende servir.
- Las características productivas y comerciales de las empresas competidoras.
- Las tendencias socioeconómicas actuales.

En la actualidad pueden advertirse diferentes tendencias que inciden sobre la concepción o el modo de actuar de las empresas que responden a diferentes puntos de vista. Desde el punto de vista de la evolución de los sistemas de producción, se verifica una creciente influencia en la introducción de sistemas productivos basados en la automatización, en la ejecución y su coordinación a través de sistemas que utilizan computadoras como centro del sistema. En este punto no solo debemos pensar en líneas de producción cuyas tareas las ejecutan robots que actúan coordinados por un computador central, sino también en centros de operación independientes cuyas tareas son realizadas en forma más o menos automáticas y siempre comandadas por un computador. Por otro lado, el alto grado de avance de las tecnologías en la conformación de los productos trae aparejada una importante similitud de estos.

Abonan en el mismo sentido, es decir, en la posibilidad de producir gran cantidad de unidades por sistema laboral, las consecuencias que surgen de la política propiciada por los países centrales conocida como *globalización*, cuyo objetivo cen-

⁵ Ver el punto 15.4.

⁶ Consideramos como *sistema laboral* el conjunto de máquinas, instalaciones, procesos, etcétera, que posibilitarán alcanzar la producción establecida como meta.

tral radica en alcanzar la libertad de movimiento de materias primas y productos conformando una unidad económica global distinta de la concepción de vinculación política que definen Estados políticamente soberanos. Sin embargo, entrando en la segunda década del siglo XXI algunos cambios se están dando en Latinoamérica y en Europa, y por lo tanto nada permite afirmar la continuidad de este paradigma.

Paradójicamente y en sentido contrario, puede apreciarse una corriente comercial centralmente basada en la diferenciación, cuyo objetivo es entregar a cada consumidor el producto que requiere de acuerdo con su ecuación de valor personal.⁷

Mientras que la masificación de la producción lleva a adaptar al consumidor al producto, la tendencia actual lleva a adaptar el producto al consumidor, lo cual conlleva una obligación hacia el sistema laboral de ser capaz de responder a esa exigencia tanto en tiempo como en costo, sin olvidar los otros componentes de la ecuación de valor, como la calidad, la cantidad, el lugar y el momento en que el producto es requerido.

Dado que la participación del profesional de ingeniería en el equipo de diseño y definición de las características del sistema laboral requiere una importante amplitud conceptual que le permita ubicar y precisar las diferentes connotaciones que actúan como condicionantes de una decisión, entendemos conveniente presentar un ejemplo desarrollado por Ricardo Solana (1994) respecto de las diferencias que se presentan en las características productivas de las diversas fases que componen la cadena productiva, desde la naturaleza al producto terminado, en el caso de la industria del papel.

Solana menciona que los cuatro niveles productivos que integran la industria del papel son la forestación, la producción de celulosa, la producción de papel y las manufacturas de papel, que presentan características centralmente diferentes entre sí y que, en consecuencia, requieren un análisis particular en cada caso.

La forestación es un proceso de largo plazo y de flexibilidad muy restringida, y si bien los avances tecnológicos pueden producir mejoras en la productividad, la posibilidad de incorporar tecnología informática para producir cambios de corto plazo es reducida. El caso de una plantación de pinos requiere siete años antes de comenzar el raleo, y transcurren más de veinte para su tala.

La fabricación de pasta de celulosa requiere un proceso de fabricación continua que da lugar a un producto homogéneo y virtualmente uniforme que, por consiguiente, no da lugar a pensar en un sistema que no sea de gran escala.

En *la fabricación de papel* ya comienzan a advertirse diferenciaciones tanto de producto como de clientes, ya que además de las empresas que utilizarán el papel como materia prima se encuentran consumidores finales, es decir que nos encontramos en un punto en el que coexisten la economía de escala y, de algún modo, la economía de alcance.⁸

⁷ Personalización del producto.

⁸ La economía de alcance se refiere a la idea que desarrollan Goldhar y Jelinek (1983), a quienes Solana también cita en su texto. El sentido de la economía de alcance se relaciona con la idea de

Por último, *las manufacturas de papel* responderán directamente a los requerimientos del cliente. El sentido del ejemplo es que debe advertirse que el diseño del sistema laboral está condicionado tanto por las características técnicas propias del proceso como del tipo de cliente al cual el producto va dirigido; no hay pues respuesta o criterio único.

Si bien la definición sobre la adopción de un sistema laboral u otro pasa por el costo resultante del producto, por la capacidad de producción y por la inversión requerida, debe tenerse presente que no en todos los países los valores de los factores componentes de la matriz de costo del producto tienen los mismos valores. Así resulta que mientras en los países centrales o desarrollados el costo del capital es bajo y el de mano de obra es alto, en los países emergentes o en vías de desarrollo la situación es inversa. Asimismo, la disponibilidad de la materia prima básica configura otro factor de consideración. Las distancias de los centros de producción con respecto a los centros de consumo constituyen otro elemento de incidencia en la posibilidad de llegar al cliente con un precio de venta competitivo.

Si bien es cierto que a largo plazo las tendencias predominantes terminan por definir rumbos obligatorios –hoy, por ejemplo, no se concibe un proceso administrativo de una empresa que no pase por un sistema basado en procesos computarizados–, no es menos cierto que la adaptación a esos rumbos permite una amplia gama de caminos alternativos de adaptación que sin lugar a dudas generarán oportunidades comerciales.

15.3. CÁLCULO DEL LAYOUT ARITMÉTICO

El cálculo de las superficies destinadas a áreas de trabajo requiere conocer el proceso de fabricación, la tecnología a utilizar y el principio de disposición de planta que regirá, total o parcialmente, la ubicación de las diferentes áreas de trabajo. El cálculo se efectúa desde dos puntos de vista: primero, el particular de cada puesto o estación de trabajo, y luego el requerido por su interacción. Para efectuar el cálculo de las dimensiones requeridas por un puesto de trabajo debemos considerar la superficie requerida por los siguientes factores:

- El perímetro de la máquina.
- Las áreas de carga y descarga de materiales.
- El área de trabajo que necesita el operario.
- El área de mantenimiento de la máquina.

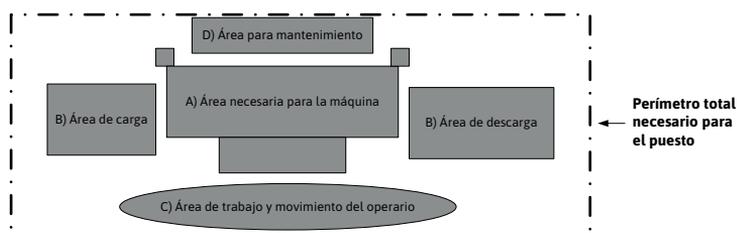
Si bien en este cálculo estamos trabajando en los requerimientos de superficie, se deben considerar además los requerimientos de altura mínimos de cada estación o puesto de

producción enfocada al cliente, la cual puede ser realizada económicamente por los sistemas de producción organizados y administrados mediante sistemas computados.

trabajo, pues ello influirá en la organización espacial de la planta (ver figura 15.1). Los condicionamientos de altura requeridos por cada puesto de trabajo deben atender a:

- Los requerimientos propios de la tarea que se realiza en el puesto de trabajo, dado que existen sistemas de trabajo que requieren el desplazamiento en altura de componentes.
- Los requerimientos de los sistemas de apoyo, por ejemplo, si son medios de transporte como grúas, elevadores, transportadores, etcétera.
- Las necesidades surgidas de los sistemas de suministros de energía, agua, vapor, aire comprimido, etcétera.
- Los requerimientos de ventilación, iluminación y ambientación del área.

Figura 15.1. Análisis de espacios para un puesto laboral con máquina



Una vez conocido el requerimiento de superficie⁹ de los puestos de trabajo que demandan los procesos a realizar debemos avanzar en los requerimientos que surgen de la vinculación de esos puestos, de las necesidades de circulación de personal y equipos, los requerimientos de secciones auxiliares, etcétera. El cálculo de la superficie requerida exige considerar además de las superficies de trabajo las superficies requeridas por:

- La circulación de personas y equipos de transporte de materiales.
- Los almacenamientos y/o depósitos.
- Los espacios destinados a las áreas de entrada/salida.
- Los espacios requeridos por los servicios de planta.
- La superficie destinada a oficinas de administración y actividades auxiliares.
- Baños, vestuarios, comedores.
- Espacios destinados a elementos de seguridad.

⁹ De acuerdo con los comentarios precedentes, el hecho de introducir los requerimientos de altura nos debería llevar a que en lugar de superficies requeridas deberíamos indicar volúmenes requeridos, pero dado que en general las plantas se diseñarán de una altura uniforme en toda su superficie, volvemos a expresar nuestras necesidades en términos de superficie requerida. Esto no quita que determinados ámbitos de trabajo requieran alturas significativamente diferentes del resto, en cuyo caso deberán arbitrarse soluciones específicas.

Imagen 15.1a. Puesto laboral no planificado, sin carga y descarga de material; falta espacio para mantenimiento; sector de desplazamiento del operario con materiales sobre el piso



Fuente: <https://pxhere.com/es/photo/680853>

Figura 15.1b. Puesto laboral planificado, con espacios correctamente diseñados y aprovechados



Fuente: <https://opisantacruz.com.ar/2014/05/19/el-gobierno-fuegoino-blanqueo-la-reduccion-de-empleo-en-la-industria-y-confirmo-los-anuncios-de-opi/21106/>

15.4. LOS REQUERIMIENTOS DE MOVIMIENTO DE MATERIALES

Los requerimientos de superficies debido a los movimientos de materiales y vinculación de puestos de trabajo deben considerar:

- Los volúmenes, pesos y frecuencia de transportes.
- Las características y dimensiones de los medios de transporte, pues de ello surgirá el requerimiento de espacio para circulación tanto en línea recta como en giro de esos medios.
- Las superficies requeridas para el estacionamiento de los medios de transporte.
- Las áreas requeridas para el almacenaje o depósito transitorio de productos en elaboración (no comprendido en las áreas de carga y descarga del puesto de trabajo).

- Los requerimientos de circulación de personas (deben considerarse las condiciones de seguridad en los desplazamientos de las personas cuando estos se realizan en las mismas áreas en que circularán materiales en proceso).

Los aspectos a considerar respecto de la movilización de materiales en proceso que hemos dado en forma indicativa y general en los párrafos precedentes, condicionará asimismo el cálculo y la definición de las características y materiales con los que se construirán los pisos de la planta, pues deberán permitir el correcto desplazamiento de los medios de transporte y de las personas, así como también soportar los pesos en movimiento de los materiales y medios de transporte.

Al estudio de los movimientos de materiales dentro de la planta debe adicionarse el estudio de los medios de transporte utilizados para la entrada y salida de materiales y productos hacia el exterior de la planta. La imagen 15.2 muestra algunos de los tipos de transporte mayormente utilizados en la industria. Otro aspecto a considerar y a modo de ejemplo calcúlese la superficie requerida por un equipo de transporte integrado por un chasis y acoplado para circular, girar y estacionar. La consideración de los movimientos de entrada/salida de materiales y productos nos lleva a dimensionar las áreas requeridas para las tareas de carga y descarga.

Cuando nos referimos a movimientos de entrada y salida además de la cuantificación de cantidades, tipo de aprovisionamiento (paquete, bolsa, granel, unitario), pesos y volúmenes, debe considerarse la frecuencia de dichos movimientos, pues de ella surgirán la cantidad de vehículos de transporte y los tiempos de permanencia de los materiales en las áreas de carga y descarga, especialmente en lo que se refiere a los tiempos requeridos por los procesos de control tanto de calidad como de cantidad que puedan ser requeridos antes del transporte del material a sus depósitos o lugares de consumo.

El número de vehículos requerido por el transporte tiene significación desde el punto de vista de su actividad simultánea, pues ello requerirá un mayor número de puntos de estacionamiento para desarrollar las tareas de carga y descarga con los consecuentes requerimientos de superficie. El movimiento de materiales asume características significativas en la eficiencia y eficacia de la mayoría de los procesos de fabricación, pues contribuyen al ordenamiento, identificación, cuantificación, cuidados y transporte de los materiales en el proceso de fabricación.

Si la planta en proyecto está destinada a la producción repetitiva y de alguna manera continua, es necesario pensar que el transporte de piezas se facilita en la medida en que los contenedores en los que se alojan los materiales en proceso son normalizados, ya que ello permitirá su mejor disposición y control en los elementos de transporte y almacenaje.

Cuando las características de la producción en cuanto a las cantidades, volúmenes y peso lo hacen necesario, se pueden diseñar, dentro de la normalización ya sugerida, contenedores propios para determinados tipos de piezas, los cuales

además de facilitar su transporte permiten una mejor manipulación de las piezas y un mejor control cuantitativo de lotes. Obviamente, la decisión de pasar de contenedores estandarizados a contenedores diseñados para piezas específicas debe responder a un adecuado estudio de costos y beneficios que considere los diferentes aspectos operativos de esa decisión.

Dada la importancia del movimiento de materiales en los procesos productivos se ha desarrollado una enorme variedad de dispositivos y equipos que tienen en cuenta las diferentes necesidades de manipulación y transporte de materiales. El diseño de un sistema de movilización de materiales debe ser el resultado de un estudio que identifique con precisión lo siguiente:

- Las características físicas y químicas de los materiales involucrados.
- Los volúmenes y pesos movilizados.
- Las frecuencias de movimientos.
- La unidad de movimiento.¹⁰
- Las condiciones de manipulación (a granel, envasado).
- Las distancias a recorrer.
- Las condiciones del movimiento (horizontal, vertical, sobre terreno, aéreo, etcétera).
- Las condiciones de seguridad hacia el material en manipulación.
- Las condiciones de seguridad respecto de las personas que manipulan el material.
- Las condiciones de seguridad hacia terceros durante el movimiento.
- El estado (sólido, líquido, gaseoso).

Imagen 15.2. Máquinas, cintas, cadenas para transporte de productos en proceso de elaboración



<https://luismiguelmanene.files.wordpress.com/2012/06/manutencio-09.jpg>

¹⁰ Por unidad de movimiento entendemos la cantidad mínima de piezas que se manipulan en forma simultánea.

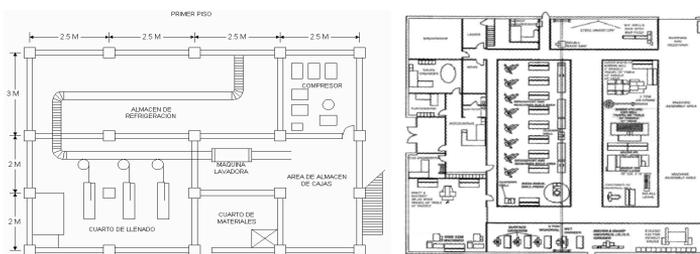
15.5. EL LAYOUT GEOMÉTRICO

El objeto de la realización del *layout* aritmético es, por un lado, establecer una primera idea de los requerimientos de superficie que demandará la planta y, por otro lado, identificar los diferentes sectores involucrados y sus interrelaciones, de modo de poder pasar a una segunda instancia del diseño que es la definición del *layout* geométrico de la planta, es decir, cómo se efectuará la disposición física de los elementos intervinientes, puestos de trabajo, instalaciones, oficinas, etcétera, dentro de las limitaciones y restricciones que puedan afectar esa disposición.

Además de los requerimientos de superficie, forman parte del estudio previo del diseño de la planta los efluentes que resultarán de los procesos de producción. Esos efluentes deben considerarse no solo en su cantidad sino en sus características y su impacto tanto en el medio ambiente que rodea la planta sino también en las condiciones en las que deberán realizarse las actividades de la planta. En esta tesitura deben considerarse los requerimientos de superficie de los sistemas de tratamiento de los efluentes, así como también de las exigencias constructivas y de disposición que la eliminación o reducción del impacto que los efluentes generen provoque sobre el diseño de la planta.

Un procedimiento habitual en el proceso de definición del *layout* geométrico es la confección de planos en escala sobre los que se disponen plantillas móviles que representan las dimensiones –por supuesto que en la misma escala– de las áreas requeridas por cada puesto de trabajo, instalación, oficina, etcétera. En general, este tipo de esquemas son en dos dimensiones y hoy en día se utilizan softwares del tipo cad o similar para su realización.

Imagen 15.3. *Layout* geométrico en dos dimensiones

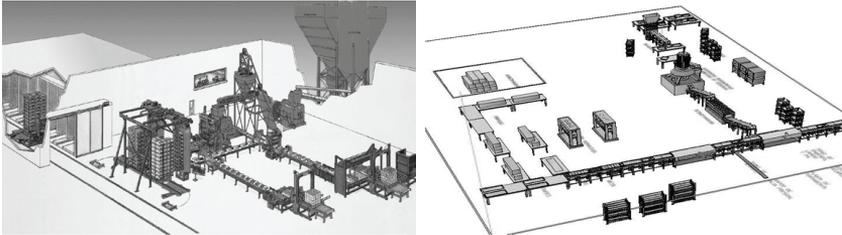


Estas plantillas móviles permiten ubicar los distintos requerimientos y estudiar sus relaciones, lo que genera un proceso de interacción de diseño de disposición, análisis y solución alternativa hasta alcanzar una solución satisfactoria.¹¹ En algunas circuns-

¹¹ Nótese que hemos indicado solución satisfactoria y no óptima dado que, como toda actividad de diseño, es permanentemente perfectible, pero debe tenerse en cuenta que siempre estarán influyendo sobre ella los condicionamientos de tiempos utilizados y costos incurridos.

tancias suele ser requerida como necesidad del estudio la confección de maquetas tridimensionales de un cierto sector o de la planta en su conjunto.

Imagen 15.4. Layout geométrico en tres dimensiones



15.6. LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Hasta este momento no hemos efectuado ninguna mención sobre las dimensiones, ubicación y características generales del terreno sobre el que se ubicará la planta. Sin lugar a dudas puede decirse que el tema de la ubicación, dimensiones y características del terreno configura un problema que en su solución deben ser considerados una serie de factores que, si bien surgen en función de los considerando del proyecto de la planta, de alguna manera operan en forma independiente de dicho proyecto. En la definición de la elección del terreno sobre el que se ubicará la planta deben considerarse, entre otros, los siguientes factores:

- Cercanía a las fuentes de aprovisionamiento de materias primas.
- Proximidad a centros poblados con disponibilidad de mano de obra con calificación adecuada para los requerimientos de los procesos a realizar.
- Disponibilidad de proveedores de servicios.
- Adecuada distancia a los principales centros de consumo de los productos fabricados.
- Topografía del suelo.
- Disponer de rutas de acceso adecuadas a las características de los transportes a realizar.
- Disponibilidad de la energía eléctrica requerida por el funcionamiento de la planta, agua potable e industrial, gas.
- Adecuados sistemas de comunicación telefónica, postal, internet.
- Relevamiento de los medios de transporte públicos y de la frecuencia de servicios aéreos y terrestres públicos y privados.
- Costo del m² de la tierra disponible.
- Incidencia de la zona en el costo de la construcción de la planta.
- Incentivos fiscales y promocionales a la radicación de inversiones.

Del análisis de los factores anteriores, junto con aspectos relacionados con los ya mencionados, como inversiones, costos operativos, el mercado destino, etcétera, se realizará una evaluación de lugares yendo de una visión más globalizada a una más local. Algunos autores mencionan la macrolocalización, que es el proceso en el que se ubica la localización en una determinada región, y posteriormente la microlocalización, que es el proceso que determina la ubicación definitiva de la planta. La tabla 15.1 muestra las distintas etapas mencionadas, aquellas que inician a nivel global y finalizan en la ubicación y disposición de los distintos puestos de trabajo.

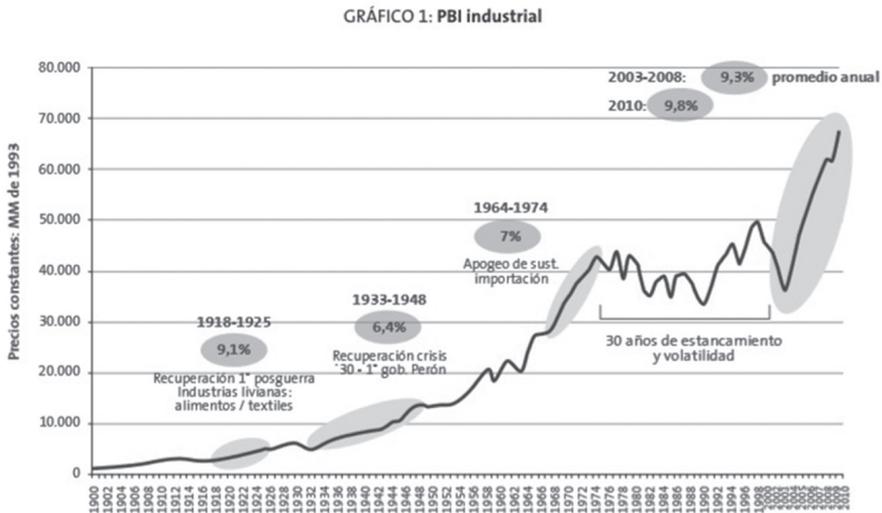
Tabla 15.1. Desarrollo de las etapas de un estudio de localización y distribución de planta

Nivel	Actividad	Centro de Actividad	Ambiente	Resultado
I Global	Ubicación y selección del sitio	Sitio	País	
II Supra	Planificación del sitio	Características de los edificios	Sitio	
III Macro Layout	Centros de operación	Sectores o departamentos	Edificio	
IV Micro Layout	Célula de trabajo	Características Célula y puestos de trabajo	Célula	
V Sub Micro Layout	Diseño puesto de trabajo	Ubicación de herramientas y dispositivos	Puesto de trabajo	

Las decisiones incluyen generalmente dos etapas. La primera realiza un análisis cualitativo de las distintas alternativas planteadas, tanto para la localización como para la distribución. Una segunda etapa realiza un análisis cuantitativo que deriva en la decisión definitiva; para ello se realizan tablas de ponderaciones que cuantifican las variables principales para la actividad a desarrollar.

Por último, mencionaremos que el desarrollo industrial en Argentina no ha tenido un avance constante. El crecimiento industrial tuvo cuatro saltos claros que se pueden observar en la figura 15.2. Durante el primer período, las localizaciones se observaron principalmente en la antigua Capital Federal; en el segundo período de crecimiento, en los suburbios del norte y del sur principalmente y en menor medida del oeste. Recién en el tercer período y como consecuencia de –entre otros aspectos– la contaminación ambiental, se fueron desarrollando distintos parques industriales que cuentan con una amplia cantidad de ventajas y que inician sus actividades impulsados principalmente por importantes exenciones impositivas durante los primeros períodos.

Figura 15.2. Desarrollo del PBI industrial de Argentina, analizado desde el año 1900 hasta el 2010



Fuente: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Plan-Estrategico-Industrial-2020.pdf>

Imagen 15.5a. Vista aérea de un parque industrial



Fuente: <https://notiespartano.com/2016/05/14/quien-esta-paraliza-la-produccion-industrial-venezuela/>

Estudio de casos

El potencial real de la reducción de costos

Lucía Avella Camarero y Marta Fernández Barcala

Departamento de Administración de Empresas, Universidad de Oviedo

Generalmente, la reducción de costos aludida por los fabricantes a la hora de localizar plantas productivas en los países emergentes se refiere básicamente al costo de la mano de obra. Sin embargo, el costo total es un concepto mucho más amplio que incluye muchas más partidas o elementos. Así, una encuesta entre fabricantes, realizada por la Asociación Nacional de Consumidores de Estados Unidos, descubrió que, por término medio, la mano de obra representa únicamente un 15 por ciento del costo de fabricación de un producto. Incluso, para la mayoría de los artículos electrónicos, la mano de obra representa tan solo de un 5 a un 10 por ciento del costo total (Markides y Berg, 1988). Por lo tanto, es poco probable que el ahorro en salarios tenga un gran impacto en el costo total de fabricación, ya que los ahorros no se producen sobre el costo total sino, por término medio, sobre el 15 por ciento de este.

En el mismo sentido, la estructura de los costos de los productos está determinada fundamentalmente por el costo de los materiales, la depreciación del equipo, las cargas de capital y los gastos generales de apoyo. Muchas de estas partidas no son específicas a la ubicación de la planta, sino que están más bien incorporadas al producto a través de las tecnologías utilizadas y de los procesos empleados para fabricarlo (McCormack *et al.*, 1994). Además, la preocupación por el ahorro en costos de mano de obra aparta la atención, en cierta medida, del otro 85 por ciento del costo total de fabricación, y resta atención a otros aspectos como la administración, el control de existencias, I+D+i, el marketing y la distribución. Por otra parte, los ahorros netos en costos de mano de obra son, en ocasiones, menores a los esperados.

Esto es debido a varias razones. Por una parte, al trasladar una fábrica a un país en vías de desarrollo hay que tener presente que la productividad de su fuerza laboral es habitualmente menor que la de un país desarrollado —escasa cualificación, falta de hábito de trabajo en la industria y ausentismo y rotación elevados—, por lo que una comparación lineal de salarios proporciona una idea inexacta de los ahorros potenciales. Para obtener el valor real del ahorro conseguido es necesario tener en cuenta la relación entre los salarios y la productividad, dado que el pago de un salario bajo a un trabajador con una productividad reducida puede ocasionar, en el extremo, un pago real mayor en términos relativos; sería el caso, por ejemplo, del pago de un salario un tercio inferior a un empleado que es la mitad de productivo que otro.

Asimismo, hay que tener en cuenta que la formación de la mano de obra en los países en vías de desarrollo es generalmente menor que en los países desarrollados, lo que conlleva la necesidad de invertir recursos en formación para que los trabajadores sean capaces de llevar a cabo las tareas de fabricación, mantenimiento y control de calidad de forma adecuada.

Este hecho redundando en un aumento de los costos y, lo que puede resultar nefasto para la empresa, en una menor calidad de los productos fabricados durante un tiempo, al menos hasta que ese proceso formativo produzca los efectos deseados. Teniendo en cuenta todos estos factores, el resultado neto en cuanto a ahorro de costos puede ser muy inferior al inicialmente esperado.

Por último, es cierto que, con el transcurso del tiempo, algunos de estos problemas –menor productividad, necesidad de formación y ausentismo laboral, entre otros– se van paliando, pero es también frecuente que conforme los trabajadores se hacen más productivos exijan una retribución mayor y mejores condiciones de trabajo (Berry *et al.*, 1993). Así, pueden terminar demandando sueldos equiparables a los de sus homónimos en los países desarrollados. A su vez, la jornada laboral, habitualmente más larga, se acaba reduciendo con el tiempo al demandar la sociedad y los sindicatos de los países en vías de desarrollo leyes socialmente más avanzadas y similares a las de los países industrializados.

Por otro lado, existen estudios que muestran que es preferible la ubicación en países industrializados o recientemente industrializados, dado que las economías obtenidas en estos superan a las obtenidas por el menor costo de mano de obra en países en vías de desarrollo (McCormack *et al.*, 1994). Así, un aspecto relevante es la deficiencia de infraestructuras en los países en vías de desarrollo, desde carreteras y vías de ferrocarril hasta aeropuertos. Asimismo, las carencias pueden hacerse extensivas a la red eléctrica, al suministro de agua potable y a la existencia de terrenos urbanizados para localizar las fábricas.

Resulta interesante, en este sentido, señalar que algunos fabricantes que se instalan en países en vías de desarrollo –por ejemplo 3M, con la selección de su localización en Bangalora (India), Xerox en Shangái o Motorola en Tianjin (dos de las ciudades más caras de China)– eligen zonas con infraestructuras más desarrolladas y en las que existe una mayor disponibilidad de trabajadores cualificados, aunque sean más caras (Ferdows, 1997). Asimismo, el problema de la inseguridad puede generarles importantes costos a las empresas. Es el caso de la multinacional japonesa Sony, que opera con varias compañías maquiladoras en México, en la frontera con Estados Unidos. Entre 1998 y 1999 duplicó el presupuesto de los sistemas de seguridad para sus ejecutivos, con lo que ascendió este a un millón de dólares.

Fuente: <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/370/217.pdf>.

Ejercicios

1. ¿Qué definiría en la primera etapa de un EDM para el diseño de una planta industrial?
2. ¿Qué restricciones buscaría a la hora de diseñar una planta industrial?
3. ¿Qué tipos de *layout* conoce? Descríbalos, ejemplifique y grafique.
4. ¿Qué consideraciones tendría en cuenta a la hora del cálculo del *layout* aritmético?
5. ¿Qué herramienta utilizaría para ubicar los puestos en el diseño de una planta industrial?
6. ¿Sobre la base de qué dimensiones calcula el *layout* aritmético?
7. ¿Qué variables determina un estudio profundo del movimiento de materiales?, ¿cuáles serían las preguntas que se realizarían?
8. ¿Con qué herramientas confeccionaría un *layout* geométrico?
9. ¿Qué consideraciones tendría en cuenta a la hora de la elección del lugar de la instalación de una planta industrial?
10. Realice un cuadro de ventajas y desventajas que analice las variables de la localización de una planta en un parque industrial versus una ciudad zona industrial.

CAPÍTULO 16

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En este capítulo se estudiarán cuestiones inherentes al diseño de los distintos tipos de sistemas de transformación vistos en los capítulos 4, 5, 6 y 15. Las recomendaciones que se plasman siguen los lineamientos del estudio de métodos, aunque no se vean enumeradas sus distintas etapas.

Según Richard Muther (2010),¹ se puede definir la distribución en planta como el planeamiento de la distribución física de las disponibilidades industriales. Se entiende por estas los materiales, equipos, herramientas, condiciones de trabajo y actividades suplementarias necesarias para producir un bien o completar una tarea. Se puede decir, entonces, que la distribución en planta consiste en seleccionar el arreglo o la distribución más eficiente de las instalaciones físicas, con el fin de lograr la mayor eficiencia al combinar los recursos para producir un artículo o servicio. Se aplica a la selección de la disposición de las instalaciones físicas no solo de las fábricas, sino también de las oficinas, hospitales, aeropuertos y todo tipo de instalaciones.

16.1. OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Los objetivos generales de la distribución en planta son varios, sin embargo podríamos mencionar que los más importantes son:

- Facilitar el flujo de los materiales y de la información.
- Lograr una utilización eficiente de la mano de obra y de los equipos.
- Reducir riesgos a operarios.
- Mejorar y motivar al personal.
- Mejorar la comunicación.
- Minimizar el costo de manipulación de materiales eliminando movimientos innecesarios.
- Utilizar eficientemente el espacio y el trabajo.

¹ Richard Muther fue pionero en el estudio de distribuciones en planta.

- Eliminar cuellos de botella.
- Reducir el tiempo de ciclo de producción.
- Facilitar la entrada, salida y ubicación de materiales y personas.
- Incorporar medidas de seguridad.
- Promover la calidad de productos y servicios.
- Proveer un control visual.
- Proveer flexibilidad para adaptarse a condiciones de cambio.
- Emplear todas las posibilidades que las tres dimensiones ofrecen.

16.2. DISTRIBUCIONES BÁSICAS

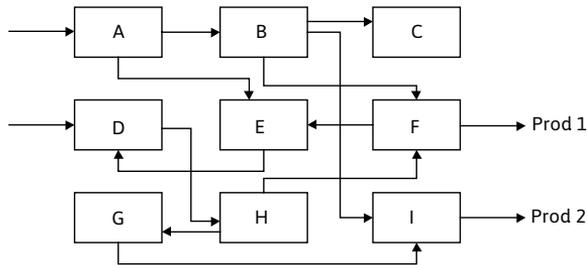
Las opciones de los tipos de distribución en planta dependen fundamentalmente de la posición estratégica de la firma o empresa en función de distintos aspectos, entre los que podemos mencionar el producto, la continuidad de la demanda, la cantidad demandada, la tecnología existente, las posibilidades de inversión, entre otras. Básicamente, existen cuatro tipos de distribución en planta:

- Por proceso.
- Por producto.
- Híbrida.
 - Sistema flexible de manufactura (Flexible Manufacturing System, FMS).
 - Tecnología de grupo (Group Technology o TG).
 - Un trabajador, varias máquinas o celda de trabajo (One Worker, Multiple Machines, OWMM).
- Posición fija.

16.2.1. Distribución por proceso

Esta distribución se adapta perfectamente cuando la estrategia de la empresa establece bajos volúmenes de producción y alta variedad de productos. Una distribución por proceso se basa en agrupar las estaciones de trabajo o departamentos de acuerdo con su función para cumplir esos propósitos. Por ejemplo, en un taller de trabajo mecánico todas las máquinas para el taladrado de piezas son ubicadas en un mismo sector del taller y todas las máquinas para el fresado en otro, y así sucesivamente. El esquema típico que representa una distribución por proceso es el que se observa en la figura 16.1. Para el ejemplo, el sector A podría representar al de taladrado, el B al de fresado, etcétera.

Figura 16.1. Esquema típico de una distribución por proceso



Las características principales de este tipo de distribución son:

- Bajo volumen de producción.
- Alta variedad de producción con rutas aleatorias de flujo.
- Máquinas de propósito general.
- Alto trabajo en proceso.
- Tiempos de preparación de máquinas prolongados y frecuentes.
- Alta manipulación de materiales.
- Alta utilización de los equipos.
- Necesidad de mano de obra especializada.

16.2.2. Distribución por producto

Esta distribución tiene lugar cuando las organizaciones requieren una producción altamente repetitiva, una producción continua y altos volúmenes de producción. Las distribuciones por producto son llamadas frecuentemente líneas de ensamble o líneas de producción. Una distribución por producto se basa en varias estaciones de trabajo ubicadas con una secuencia determinada, y los recursos son incorporados a lo largo de la ruta del producto.

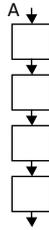
Un ejemplo típico de este tipo de distribución es una línea de ensamble de automóviles. Adicionalmente, pueden existir inventarios intermedios entre estaciones, lo que indica que en ese caso las estaciones no trabajan independientemente. Si bien es cierto que las distribuciones siguen una línea recta, no siempre esa trayectoria es la mejor, por lo que las distribuciones pueden adoptar formas de L, O, S o U. Las características principales de este tipo de distribución son:

- Alto volumen de producción.
- Máquinas de propósito especial.
- Alta velocidad de salida (bajo tiempo de ciclo).
- Poco trabajo en proceso.
- Baja relación de tiempo de preparación / tiempo de marcha.

- El sistema es poco flexible (en general son distribuciones que sirven para producir variantes de un producto único).
- El control es relativamente simple.
- No es necesaria mano de obra especializada.

Una distribución por producto se puede representar gráficamente como lo muestra la siguiente figura.

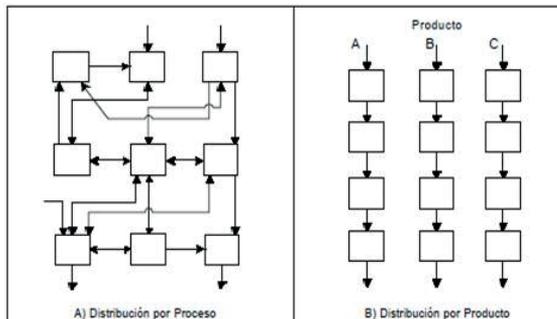
Figura 16.2. Esquema típico de una distribución por producto



En el caso de distribuciones por producto resulta fácil establecer dónde deben localizarse las estaciones, ya que deben llevarse a cabo con una secuencia predeterminada. Por ejemplo, en el servicio de lavado de automóviles, la trayectoria de los vehículos debe avanzar del lavado al enjuague y al secado; así pues, el enjuague y el secado deben estar cerca uno del otro en la distribución. Con esta disposición, que sigue simplemente la ruta del producto, se asegura que todos los pares de centros interactúen con la mínima distancia de separación.

El desafío de la distribución por productos consiste en agrupar las actividades en estaciones de trabajo y alcanzar la producción deseada mediante la mejor utilización de los recursos. La figura 16.3 permite visualizar claramente la diferencia entre las distribuciones por proceso y por productos para más de un tipo de producto.

Figura 16.3. Comparativa entre la distribución por proceso y por producto para más de un producto fabricado

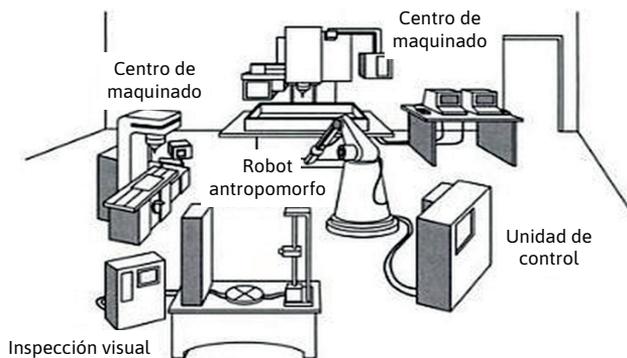


16.2.3. Distribuciones híbridas

Este tipo de distribución surge como consecuencia de una conjunción de elementos tanto de una distribución por producto como por proceso. En las distribuciones híbridas una parte de las instalaciones o máquinas son distribuidas por proceso y otra parte por producto. Las distribuciones híbridas se utilizan en instalaciones que realizan tanto operaciones de fabricación como de ensamble. En las operaciones de fabricación (aquellas en las cuales los componentes son elaborados a partir de transformaciones de materias primas) es más común encontrar un enfoque de distribución por proceso, sin embargo las operaciones de ensamble (en las cuales los componentes son ensamblados para obtener el producto final) tienen generalmente un enfoque de distribución por producto.

Si consideramos la figura 16.3 como una planta industrial, es decir, si eliminamos la separación que existe entre un sistema y otro, estaríamos haciendo mención a un sistema con ambas distribuciones conviviendo en una misma planta, y lo consideraríamos como un sistema híbrido. Los gerentes de operaciones también crean distribuciones híbridas cuando introducen células y sistemas de automatización flexible (FMS). Una célula es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo no similares, localizadas una junto a otra, mediante las cuales se procesa un número limitado de partes o modelos. En este mismo capítulo se describirán dos tipos especiales de células: las de tecnología de grupo y las de un trabajador con varias máquinas.

Figura 16.4. Esquema en tres dimensiones de una célula de producción flexible



Un sistema flexible de manufactura (FMS) es un grupo de estaciones de trabajo controladas por computadora, en las cuales se manejan los materiales. Estas tecnologías ayudan a conseguir repetitividad, sin importar que los volúmenes de los productos sean demasiado bajos para justificar que la línea entera esté dedicada exclusivamente a cada uno; esto sucede cuando se reúnen en un centro todos los recursos necesarios

para elaborar una familia de partes, mientras que en el resto de la instalación se aprecia una distribución por procesos. En la figura 16.4 podemos observar este tipo de distribución. A continuación se describen las dos distribuciones híbridas más importantes.

16.2.3.1. Tecnología de grupo

Esta distribución se utiliza cuando se requieren volúmenes bajos o medios de producción. Esta técnica de producción genera células que no se limitan a un solo trabajador, y tiene una forma única para seleccionar el trabajo que la célula deberá realizar.

En el método de tecnología de grupo, las partes o productos con características similares se agrupan en familias y conjuntos, para luego asignar las máquinas y equipos adecuados para su producción. Estas familias pueden ser definidas de acuerdo con el tamaño, forma, modo o ruta de fabricación o por la demanda. El objetivo es buscar un grupo de productos con características de producción similares y minimizar el cambio de máquinas o bien su preparación. Por ejemplo: todos los pernos utilizados en distintos productos pueden ser agrupados ya que, independientemente del tamaño o la forma, requieren los mismos pasos básicos de procesamiento.

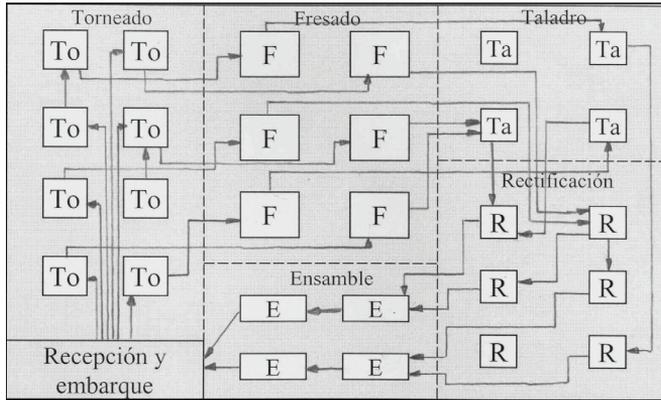
Una vez que las partes han sido agrupadas en familias, el siguiente paso consiste en organizar las máquinas-herramientas necesarias para realizar los procesos básicos que las partes requieren en células separadas. De esta manera, las máquinas agrupadas solo requieren ajustes menores para pasar de la producción de una parte a la siguiente dentro de la misma familia.

Cuando las rutas que recorren los productos se simplifican, las células de tecnología de grupo reducen el tiempo que cada trabajo permanece en el taller. Así se acortan o eliminan las filas de espera de los materiales que van a utilizarse. Con frecuencia, el manejo de materiales se ha automatizado para que, después de haber cargado las materias primas en la célula, el trabajador no tenga que manipular las partes en proceso de fabricación sino hasta que todo el trabajo esté terminado. En consecuencia, el trabajador queda disponible para pasar a otra máquina.

Para aclarar y fijar aún más los conceptos, se presenta a continuación una comparación de los flujos de procesos antes y después de la creación de células GT o de tecnología de grupo. La figura 16.5 muestra un taller en el que las máquinas están agrupadas de acuerdo con la función, esto es, taladros, tornos, fresadoras, rectificadoras y ensambles (distribución por proceso). Una vez que una parte ha sido torneada, pasa a alguna de las máquinas fresadoras, donde espera en fila hasta que su grado de prioridad sea más alto que cualquiera de los trabajos que esperan por capacidad disponible de la máquina. Cuando la operación de fresado haya concluido, la pieza pasará a la máquina de taladrado y así sucesivamente. Estas filas de espera no solo demoran el trabajo sino que además hacen que los flujos de materiales sean

realmente complicados, ya que cada pieza se está procesando en un área distinta del taller y se desplazan por muchas rutas diferentes.

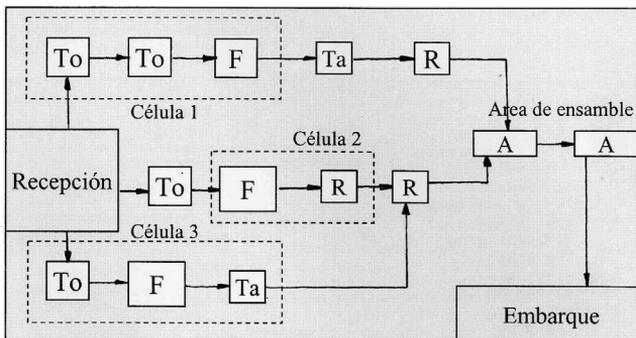
Figura 16.5. Taller en típica distribución por proceso



En cambio, la figura 16.6 muestra que se han identificado tres familias que constituyen la mayor parte de la producción del taller. Una de esas familias requiere siempre dos operaciones de torneado, seguidas de una operación en las máquinas fresadoras. La segunda familia requiere siempre una operación de fresado, seguida de una operación de rectificación. La tercera familia requiere la utilización de un torno, de una fresadora y de la prensa taladradora. Para simplificar, se muestran los flujos asociados a estas tres familias. Las demás partes se fabrican en máquinas que están fuera de esas células; en consecuencia, tienen rutas muy complicadas y no se muestran en la figura.

De todos modos, se puede observar que al crear estas tres células GT se han creado flujos de línea y se han simplificado algunas trayectorias.

Figura 16.6. Taller en típica distribución de tecnología de grupo

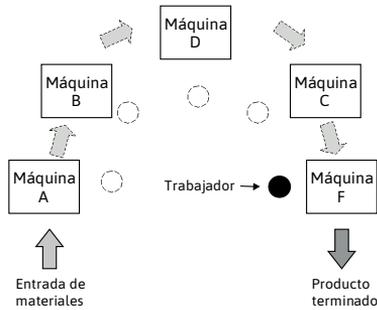


16.2.3.2. Un trabajador, varias máquinas; *one worker, multiple machines* (OWMM)

Cuando los volúmenes de producción no son lo suficientemente grandes como para tener varios trabajadores trabajando en la línea de producción, se puede configurar una pequeña línea de producción atendida por un solo trabajador. En esta distribución el trabajador opera con varias máquinas distintas al mismo tiempo para obtener el flujo de la línea.

No es raro ver que un trabajador opere varias máquinas iguales. Por ejemplo, en la industria de semiconductores un trabajador opera varias cortadoras que cortan barras de silicio para fabricar los componentes de una computadora. En la siguiente figura se puede observar una representación gráfica de esta configuración: el círculo negro representa al trabajador y los círculos en línea de puntos representan las distintas posiciones en las que desarrolla su tarea.

Figura 16.7. Esquema de una célula OWMM



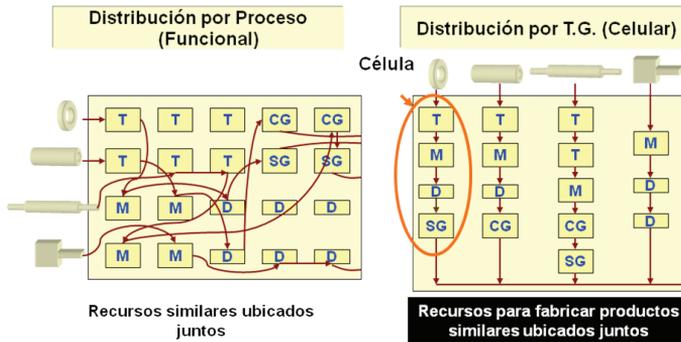
Como se puede observar, el trabajador se mueve alrededor de un círculo (cuando las máquinas tienen esta disposición) realizando tareas no automatizadas, generalmente de carga y descarga de máquinas. Con esta distribución se pueden producir diferentes partes o productos solo con cambiar la configuración de las máquinas. Si la configuración de una máquina para fabricar una pieza es demasiado laboriosa, se puede agregar una máquina igual a la celda para que sea usada solo cuando se deba producir esa pieza.

Una distribución de este tipo reduce tanto el inventario como los requerimientos de mano de obra. En general, la eficiencia de estos sistemas es alta, principalmente en lo que se refiere a la mano de obra. El inventario se reduce debido a que los materiales son transportados directamente de operación en operación en lugar de apilarse en filas de espera. Los requerimientos de mano de obra se reducen debido a que hay un gran número de operaciones automatizadas. La industria japonesa está aplicando ampliamente el concepto de la distribución OWMM debido a que su deseo es tener bajos inventarios. Por ejemplo: la Mitsubishi Company convirtió más del 25% de sus operaciones de máquinas en una distribución OWMM.

16.2.3.3. Distribución por células de trabajo

El sistema LEAN (Lean Manufacturing o Just in Time, Justo a tiempo) trata de evitar en su configuración de producción los procesos por talleres o funcionales, que agrupan las máquinas de igual función por la cantidad de desperdicios que generan. La distribución continua, en modo de producción en masa tradicional, también es desaconsejada por su poca flexibilidad a los cambios de demanda de los productos.

Figura 16.8. De una distribución por proceso a una distribución por tecnología de grupo (celular)

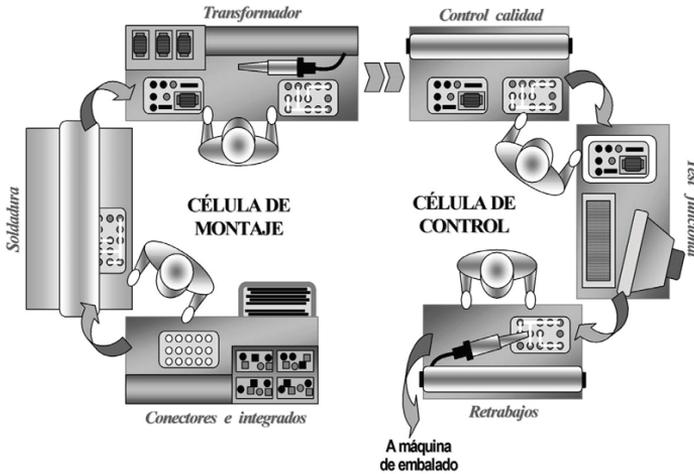


La figura 16.8 muestra a la izquierda una planta con distribución funcional y máquinas de distintos tipos (con varias unidades de producto en la mayoría de ellas). En este tipo de planta se pueden producir productos distintos combinando rutas que pasen por las máquinas adecuadas.

En la misma figura a la derecha se establecen cuatro procesos en flujo. Los productos que se hallan en el mismo flujo no tienen la misma secuencia, pero sí características similares como para ubicarlos en la misma línea con ventaja. La nueva distribución posiciona las máquinas en líneas de flujo, y su cambio a una disposición celular trata de aplicar el pensamiento LEAN a los procesos productivos, de manera de implantar una producción en flujo, unidad a unidad o en pequeños lotes, sin desperdicios y con la flexibilidad necesaria. Una célula en U o sus variantes (figura 16.9) permite una adaptación rápida de la producción a volúmenes y modelos de producto.

Se define una célula de trabajo como un conjunto de operaciones realizadas por operarios en estaciones de trabajo y/o máquinas, dedicadas a procesar una o un conjunto (familia o grupo) limitado de partes o productos. Adquiere las ventajas de las distribuciones por producto y de procesos: distribución por producto (eficiencia) y distribución por procesos (flexibilidad). El objetivo principal del cambio físico es reducir distancias entre operaciones diferentes. Introduciendo o removiendo trabajadores de la línea puede adaptarse la producción al tiempo de ciclo requerido para la distribución.

Figura 16.9. Estructura celular para la fabricación y el control de circuitos impresos



16.2.3.3.1. Ventajas que resultan del cambio físico

Como se ha mencionado, este tipo de distribución adquiere ciertas características. Desde el punto de vista de sus ventajas podemos llegar a identificar claramente las siguientes:

- Reducción del movimiento de materiales.
- Reducción de inventarios en proceso.
- Reducción del tiempo de fabricación (*lead time*).
- Resolución de problemas de calidad.
- Resolución de los requerimientos de espacio.

16.2.3.3.2. Dificultades de implementación

Al mismo tiempo, el análisis de este tipo de configuración adquiere algunas características que se consideran desventajas; ellas son:

- Falta de convencimiento de los operarios y de apoyo de la supervisión y responsables.
- Requerimiento de capacitación y/o reentrenamiento de operarios por mayores actividades y responsabilidades y para optimizar el trabajo en equipo.
- Se reduce el grado de utilización de máquinas por su dedicación al funcionamiento en células y a familias de partes o productos. Es el caso, por ejemplo, de máquinas con elevado nivel de producción originalmente destinadas a distribuciones por proceso.

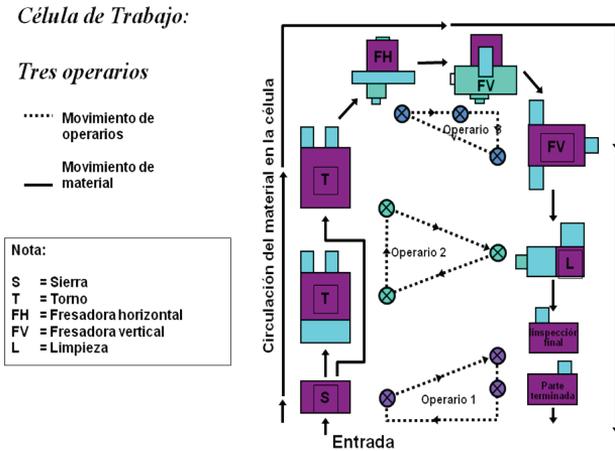
16.2.3.3. Construcción básica de células

Pueden constituirse células de fabricación, armado o control. Los principales componentes de una célula son:

- Estación de trabajo.
- Máquinas.
- Operarios.
- Herramientas, calibres y dispositivos.
- Almacenamiento de materiales.
- Dispositivos para el movimiento de materiales entre estaciones de trabajo.

La figura 16.10 muestra una célula en U con tres operarios.

Figura 16.10. Célula de trabajo con tres operarios



La célula distribuye las tareas del proceso entre tres puestos. Trabajando más o menos operarios no requiere cambiar nada relacionado con el diseño de la célula, simplemente cada trabajador abarca más o menos tareas entre las que se hallan a su alrededor aumentando o disminuyendo su ciclo de trabajo respectivamente. La distribución en U facilita que un trabajador pueda hacerse cargo de la primera y última tarea del proceso sin que tenga que recorrer una gran distancia para ir de una a otra. La cantidad de trabajo en curso podrá permanecer constante, lo que asegura un equilibrado flujo de la línea. Cada unidad que entre a la línea supondrá otra que salga, de esa manera la flexibilidad para asignar más o menos equipos a un trabajador se asegura con esta disposición.

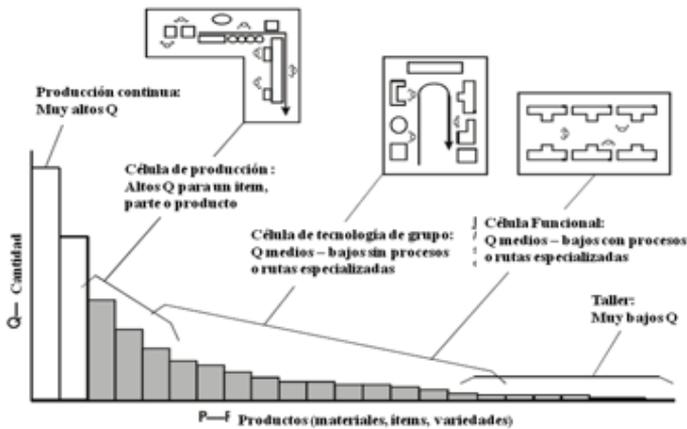
Puede llegarse a implantar una línea en U para una operación específica o para operaciones con máquinas totalmente automatizadas, con operarios exclusivamente a la entrada y salida. Se puede observar en la figura 16.10 que la ruta del

producto (todas las operaciones desde la entrada hasta la salida) no tiene por qué coincidir con la de un trabajador dado, lo que facilita la flexibilidad en la asignación de actividades a los puestos de trabajo.

16.2.3.3.4. Tipos de células de fabricación

Se pueden agrupar las células según tres configuraciones básicas de acuerdo con la variedad de productos (P), volúmenes de producción requeridos (R) y rutas o secuencias empleadas en las células.

Figura 16.11. Tipos de células de trabajo según P (variedad de productos), Q (cantidad) y R (rutas de fabricación/armado)



La figura 16.11 muestra tres tipos de células en un gráfico Q-P, en el que sus extremos se corresponden con una distribución funcional o de línea respectivamente. Una célula de producción tiene una configuración parecida a una línea con elevado volumen de fabricación para un producto con ruta especializada. La célula de tecnología de grupo es la célula típica en la que los volúmenes de producción son medios, con una variedad de productos agrupados según características similares y sin rutas especializadas dentro de la misma célula. La célula funcional con bajos niveles de producción y mayor variedad de productos es un esquema de distribución por proceso pero con rutas muy especializadas.

16.2.3.3.5. Diseño de células

El diseño de una célula requiere determinar la cantidad de operarios necesarios para cumplir con el tiempo de ciclo requerido de acuerdo con la demanda de producción. Se aplican los conceptos básicos de una línea de fabricación o de ensamble:

- **Tiempo de ciclo.** Es el que se tarda en completar las unidades en un proceso (tiempo por unidad). Es inverso a la velocidad de producción (unidades en un período de tiempo).
- **Tiempo de ciclo requerido.** Llamado algunas veces tiempo Takt. Se determina a partir del cociente entre la cantidad de tiempo disponible por día y la demanda requerida del cliente.

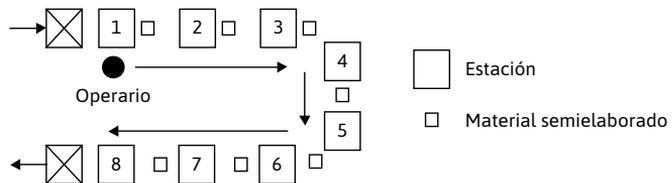
El tiempo de ciclo del operador es el tiempo total requerido por el operador para completar todas las actividades en la célula (operaciones manuales, caminar, inspección, carga y descarga de máquinas). No incluye tiempos de espera mientras la máquina completa su ciclo de trabajo. El tiempo de ciclo de la máquina es el tiempo total de la máquina para completar su ciclo de trabajo. El tiempo de ciclo planificado de la célula es el tiempo en el que la célula puede entregar una pieza o parte. En la práctica, generalmente se lo calcula como un 85% del tiempo requerido (Takt) para reaseguro por cualquier inconveniente o retraso en el funcionamiento de la célula.

16.2.3.3.5.1. Célula de armado

Las células de armado o ensamble se utilizan generalmente cuando es requerida una determinada cantidad de operarios dispuestos en configuración de célula para realizar el armado del producto fabricado o un subproducto dentro de un proceso. Las características generales de una célula de armado son:

- Las tareas de trabajo son enteramente o en su mayor parte manuales.
- Las tareas de trabajo son usualmente difíciles o costosas para automatizar (soldaduras, pruebas de múltiples componentes, armado manual, etcétera).

Figura 16.12. Célula de armado con un operario



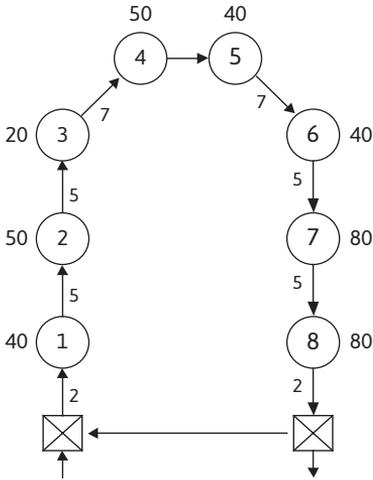
En una celda de armado el tiempo de ciclo es determinado por el tiempo manual y está formado por los tiempos de operaciones manuales (tareas) y los tiempos de movimiento entre estaciones. Si una persona está en la celda es:

$$CT_a = \sum \text{Tiempos de Operación} + \sum \text{Tiempos de acceso}$$

La capacidad de la celda es entonces:

$$\text{Tiempo disponible} / CT_a$$

Ejemplo 16.1. Cálculo de capacidad para célula de armado con un operario (tiempos en segundos)



$CT_a =$ Tiempos de operación + Tiempos de acceso

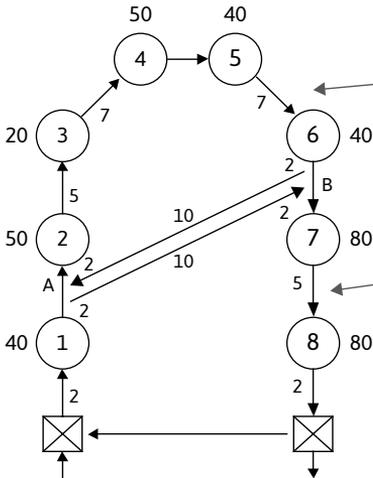
$$CT_a = 400 + 51 = 451 \text{ seg/u}$$

Asumiendo 8 horas de trabajo por día

$$\text{Capacidad} = \frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ seg}}{451 \text{ seg/u}}$$

$$\text{Capacidad} = 63,9 = 63 \text{ u/día}$$

Ejemplo 16.2. Determinación del tiempo de ciclo de una célula de armado con dos operarios (tiempos en segundos)



OP_1 2, 3, 4, 5, 6

$CT_1 = 238 \text{ seg}$
Tiempo de ciclo predominante

OP_2 1, 7, 8, entrada, salida

$$CT_2 = 231 \text{ seg}$$

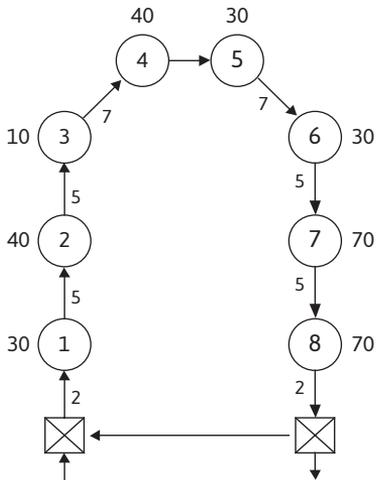
En el ejemplo 16.2 el tiempo de ciclo de la célula está determinado por el operario 1, que registra un mayor tiempo que el operador 2. Esta célula presenta mayor capacidad que la célula con un único operario.

16.2.3.3.5.2. Célula de fabricación

Las células de fabricación dan respuesta a procesos en los que se fabrican diferentes partes para un producto. Generalmente, están compuestas por puestos que contienen máquinas que requieren la intervención de operarios para su funcionamiento. Las máquinas son por lo general automáticas y los operarios intervienen en carga, descarga, arranque, etcétera. Las características generales de una célula de fabricación son:

- Las tareas son usualmente simples, de fácil automatizado y enteramente realizadas por las máquinas.
- Los productos son piezas de un solo componente que requieren de un mínimo armado o ningún ensamble.
- El proceso involucra una serie de operaciones de maquinado sobre una pieza de metal, madera u otro material.
- El siguiente ejemplo aclarará lo referente al cálculo del tiempo y la capacidad de este tipo de células.

Ejemplo 16.3. Cálculo del tiempo de ciclo y capacidad de la célula de fabricación para un operario (tiempos en segundos)



Se indican los tiempos de máquina y los tiempos de movimiento entre estaciones. La actividad manual en cada estación es de 10 segundos (descargar, cargar, comenzar operación).

$$CT_a = \text{Max} (CT \text{ Operario o } CT \text{ Máquina})$$

$$CT \text{ Operario} = 8(10) + 51 = 131 \text{ seg/u}$$

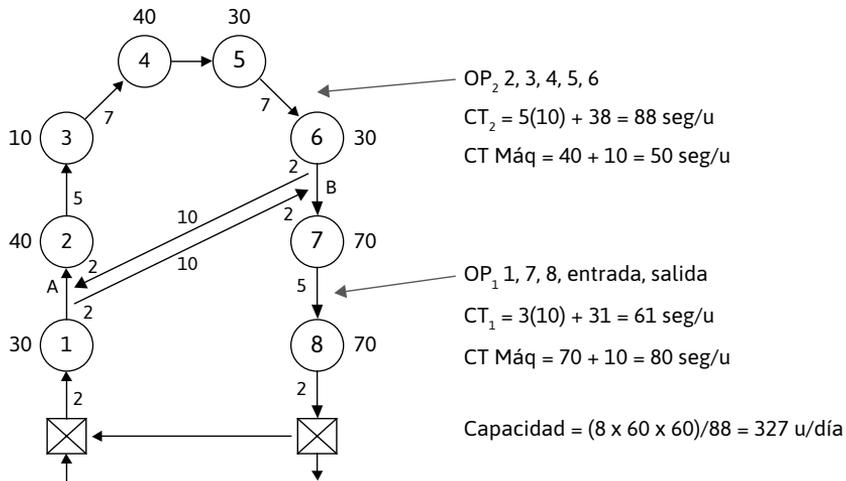
$$CT \text{ Máq} = 70 + 10 = 80 \text{ seg/u}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ seg}}{131 \text{ seg/u}}$$

$$\text{Capacidad} = 219,8 = 219 \text{ u/día}$$

En este ejemplo el tiempo de ciclo de la célula está determinado por el tiempo de ciclo del operario, que es mayor al de la máquina (en este caso, los tiempos de ciclo de las maquinas 7 y 8).

Ejemplo 16.4. Cálculo del tiempo de ciclo y capacidad de la célula de fabricación para dos operarios (tiempos en segundos)



El tiempo de ciclo de la célula en el ejemplo 16.4 se corresponde con el mayor tiempo de ciclo, ya sea del operario o de la máquina. En este caso lo determina el tiempo de ciclo del operario 2 (88 seg / unidad) al circular y atender las cinco máquinas que le corresponden.

16.2.3.3.6. Balanceo de las células de trabajo

El balanceo consiste en determinar la cantidad de operadores requeridos en la célula a partir de la demanda de unidades del producto.

Determinación del tiempo de ciclo requerido (tiempo Takt):

Tiempo Takt = Tiempo total disponible / Unidades requeridas

Determinación de la cantidad de operadores requeridos:

Operadores = Tiempo total requerido / Tiempo Takt

Ejemplo 16.5. Balanceo de célula

Datos: 600 piezas requeridas por día para una producción programada de 8 horas diarias. De un estudio de métodos, el ciclo total de la operación = 140 segundos.

Tiempo Takt = $(8 \text{ h} \times 60 \text{ min}) / 600 \text{ unidades} = 0,8 \text{ min} = 48 \text{ seg}$

Operarios requeridos = Tiempo total de operación requerido / Tiempo Takt
 $= 140 / 48 = 2,91 = 3 \text{ operarios}$

16.2.3.3.7. Gráfica de barras del tiempo Takt y del tiempo de ciclo

Se lo utiliza en distribuciones en línea y celulares. Permite:

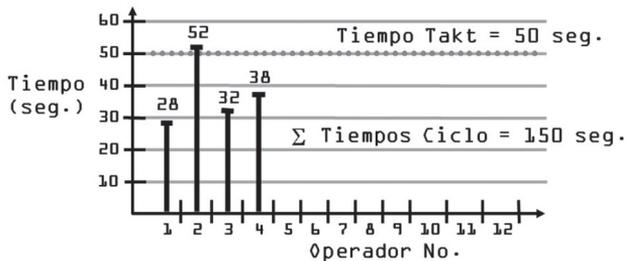
- Hacer un contraste visual del tiempo de ciclo del operador y del tiempo Takt de una línea o célula específica.
- Determinar el número adecuado de operadores de una línea o célula específica.
- Desplegar visualmente el balanceo de la carga de trabajo.

Ejemplo 16.6

En una distribución celular se desempeñan cuatro operarios con tiempos de ciclo de 28, 52, 32 y 38 segundos respectivamente. Si el tiempo de ciclo requerido (tiempo Takt) es de 50 segundos, no se podrá cumplir con los objetivos de producción, ya que el operario 2 tiene un tiempo de ciclo de 52 segundos. Los operarios 1, 3 y 4 presentan tiempos ociosos respecto al tiempo Takt. El balanceo de la célula permite determinar la cantidad mínima de operarios para cumplir el tiempo Takt sin desperdicios (tiempos ociosos).

En el ejemplo, solo tres operarios son necesarios para el balance de la célula, lo que demuestra que se requiere un análisis y reasignación de las actividades actuales asignadas a cada operario para cumplir con el tiempo Takt. La figura 16.13 muestra el gráfico correspondiente al ejemplo 16.6.

Figura 16.13. Gráfico de tiempos de una célula de fabricación con cuatro operarios



16.2.4. Posición fija

En este tipo de distribución, el producto se encuentra fijo en una posición, y los trabajadores, junto con sus equipos y herramientas, se desplazan hasta el producto para trabajar sobre él. Este tipo de distribución es conveniente cuando el producto es particularmente de grandes dimensiones o es difícil transportarlo de un lugar a otro. Como ejemplos podemos mencionar el ensamble de una locomotora, la construcción de un dique, la fabricación de aeronaves, la construcción de edificios, barcos, etcétera.

La distribución de posición fija minimiza la cantidad de tiempo que el producto debe ser transportado; generalmente, es la única solución posible. Entre otras características podemos mencionar la importancia de una excelente programación de las diferentes actividades. Es complicado el cálculo de la eficiencia de estos sistemas, por lo cual toma relevancia el control de la programación como indicador de cumplimiento, siendo un tema relevante la atención del denominado camino crítico.²

Imagen 16.1. Sistema de construcción de posición fija. Fabricación de un buque



Fuente: <http://eurasiahoy.com/30112014-con-la-construccion-de-un-buque-escuela-peru-marca-el-regreso-de-su-industria-naval/>

16.3. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN PRODUCTO-CANTIDAD

La relación producto-calidad es la premisa básica que debe analizarse, pues es de importancia fundamental en el desarrollo del estudio dado que es a partir de esa relación que se toman las decisiones (generalmente irreversibles o muy costosas de modificar), como por ejemplo optar por uno u otro tipo de distribución. A continuación se enuncian una serie de pasos que optimizan el desarrollo del futuro sistema de distribución.

a) Se agrupan los distintos productos por clase

Para ello, entre otras consideraciones particulares que se pudieran presentar, se deberá tener en cuenta:

² Se denomina camino crítico al conjunto de actividades de un plan que genera el mínimo tiempo de realización del proyecto; campo de estudio de la investigación operativa.

- Productos que requieran maquinaria similar.
- Productos que requieran operaciones similares.
- Productos que requieran secuencias de actividades similares.
- Productos que requieran secuencias de operaciones similares.
- Productos que requieran tiempos de operación similares.
- Productos que requieran un grado de calidad similar.
- Productos de formas o tamaños similares.
- Productos del mismo material.

Las unidades más comunes son el número de piezas, el peso, el volumen, etcétera, pero en general dependerán de la naturaleza de los productos a fabricar.

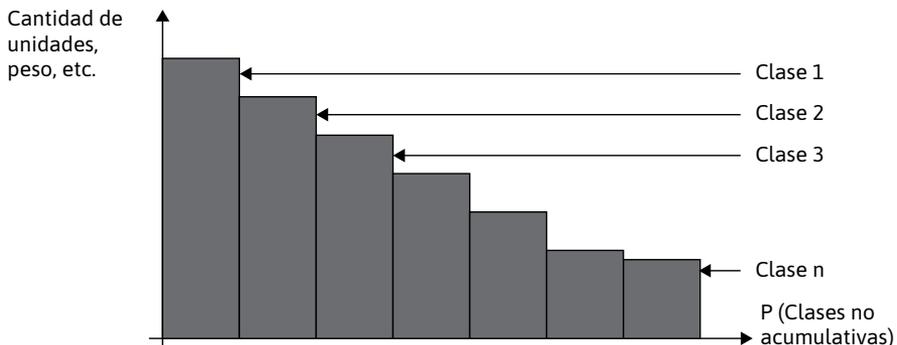
b) Se ordenan las clases en forma decreciente y no acumulativa

Las consideraciones de los volúmenes de cada uno de los productos deben ser realizadas muy cuidadosamente por la alta gerencia de la empresa. Para ello se debe tener en cuenta:

- Volumen de producción actual, sus proyecciones, estacionalidad, etcétera.
- Sustitución de productos, volúmenes, proyecciones, estacionalidad, etcétera.
- Dinámica tecnológica que implique la obsolescencia del equipo existente.

Una vez definidos los programas de producción para cada producto se ordenan por clase de manera no acumulativa. A tal fin, y para tener una mayor visualización, se puede construir un diagrama de barras, que tendrá la configuración que se puede observar en la figura 16.14.

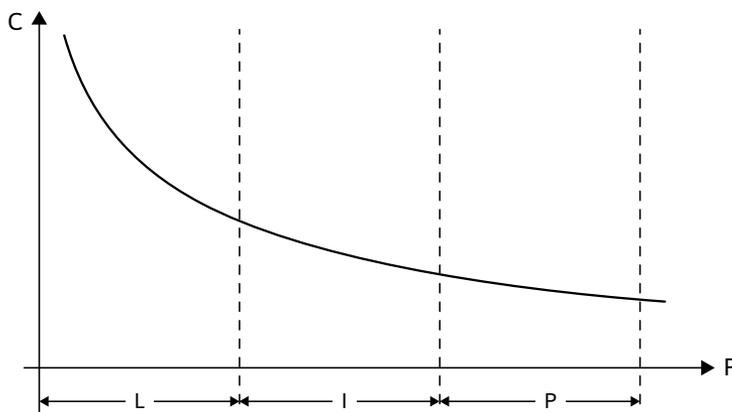
Figura 16.14. Clasificación de productos por clase no acumulativa



Las clases indicadas no necesariamente deben comprender varios productos: una clase determinada, por sus características definidas, puede encuadrar a uno solo de ellos. Como se puede observar, si se unieran con una línea continua todos los

extremos superiores de las barras que representan las distintas clases en que se han dividido la totalidad de los productos a elaborar, se tendrá un gráfico como el que se puede observar en la figura 16.15.

Figura 16.15. Extrapolación a línea continua de la figura 16



Quedan definidas así tres zonas:

- Zona L: encierra productos de elevado volumen de producción y poca variedad.
- Zona P: encierra productos de bajo volumen de producción y gran variedad.
- Zona I: encierra productos de intermedio volumen de producción y variedad.

Para los productos pertenecientes a las clases definidas dentro de la zona L, se impondrá un elevado índice de mecanización, característico de la producción en masa, *en línea o por producto*, con las rutas de circulación rígidamente establecidas, con un manipuleo de materiales dentro de la misma concepción; por eso se adoptará ese tipo de distribución.

En cambio, en la zona P, en la que existe una gran diversificación de productos con poco volumen, la instalación más considerable es aquella que tiene mayor adaptación a las variaciones de diseño, como lo es una distribución *por proceso*, que exige una flexibilidad notable ante lo cambiante de los requerimientos.

Finalmente, en la zona intermedia I debe tenerse especial cuidado, pues quizás lo más aconsejable sea una *distribución mixta*, que la mayoría de las veces resulta difícil de visualizar de primera intención.

16.4. DISEÑO DE DISTRIBUCIONES

16.4.1 Principios de Muther para el diseño de una distribución en planta

Las primeras plantas industriales tendieron a agrupar las máquinas y los procesos similares, a alinear las áreas de trabajo en filas ordenadas delimitando pasillos y conservándolos limpios, y finalmente se procuró colocar el material en un extremo del conjunto, haciéndolo circular en dirección hacia el otro extremo de la planta. Ahora sabemos que estos principios eran incompletos, y en algunos casos contradictorios. En realidad, eran más bien detalles en una situación dada, más que principios fundamentales.

A medida que las condiciones fueron cambiando, esos principios también se fueron modificados, y aún hoy el concepto de distribución está evolucionando constantemente. Desde que se han comenzado a estudiar los lineamientos de la distribución en planta, existen una serie de principios básicos para tener en cuenta que permanecen inalterables.

16.4.1.1. Principio de la mínima distancia recorrida

A igualdad de condiciones, es siempre mejor aquella distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre las distintas operaciones que determinan el proceso sea la más corta. Al trasladar dentro de la planta no contribuimos a la cadena de valor, y por lo tanto este tipo de actividades deben ser minimizadas. Esto significa colocar las operaciones sucesivas lo más adyacentes unas de las otras.

16.4.1.2. Principio de la circulación o flujo de materiales

En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de producción de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman los materiales. Este es un complemento del principio de la mínima distancia recorrida. Significa que el material se moverá progresivamente de cada operación o proceso al siguiente y hacia su terminación, y no deben existir retrocesos.

Este principio no implica que el material tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita tampoco el movimiento a una sola dirección. Muchas buenas distribuciones se realizan en forma de U, cuando trabajamos con un espacio en planta limitado. El concepto de circulación se centra en la idea de un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones, más que en una idea de dirección.

16.4.1.3. Principio del espacio cúbico

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical. Como se ha indicado, una distribución en planta es la ordenación del espacio ocupado por el personal, los materiales, los equipos y los servicios auxiliares. Todos ellos tienen tres dimensiones, ninguno ocupa meramente el suelo, por lo tanto se deben optimizar los espacios en estas dimensiones. Por esto, una buena distribución debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo.

16.4.1.4. Principio de la satisfacción y de la seguridad

A igualdad de condiciones, será más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro. La satisfacción del personal también es un factor importante a considerar, y como objetivo es fundamental tenerlo en cuenta. Así se llega a afirmar que si se consigue que el trabajo sea realizado con satisfacción, automáticamente aumentan los beneficios, debido a su repercusión en la reducción de los costos de operación. La seguridad es un factor de gran importancia y de obligado cumplimiento en el diseño o distribución en planta. Una distribución nunca puede ser efectiva si somete al personal que trabaja en la industria a posibles riesgos o accidentes.

16.4.1.5. Principio de la flexibilidad

A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes. Este objetivo va tomando un rol preponderante día a día. Hoy la flexibilidad es un factor que distingue el buen diseño de una planta.

A medida que la innovación tecnológica va avanzando en cuestión de materiales, procesos, equipos, comunicaciones, transportes, etcétera, se exige a la industria que siga el mismo ritmo de avance. Ello implica cambios frecuentes, ya sea en el diseño del producto, en el proceso, el equipo, la producción o las fechas de entrega.

Algunas veces, las plantas pierden pedidos de los clientes a causa de que no pueden readaptar sus medios de producción con suficiente rapidez. Por este motivo podemos esperar notables beneficios de una distribución que nos permita obtener una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía.

16.4.2. Diseño de distribuciones por proceso

Hemos visto que a la hora de producir bajas cantidades de productos con una alta cantidad de variaciones, es decir, de distintos productos, la distribución más aconsejada para estos casos es la que se denomina *distribución por proceso*. A la hora del diseño o revisión de estas plantas, el proceso involucra tres pasos básicos: recolección

de información, desarrollo de un diagrama de bloques y diseño de una distribución detallada.

16.4.2.1. Recolección de información

La toma de decisiones es en general una de las actividades más importantes de la gerencia, y cuando son programadas, es decir, cuando disponemos del suficiente tiempo, debemos recopilar la mayor información posible en lo concerniente a la decisión. Tanto para el diseño como para una revisión o actualización de una distribución es necesario disponer de suficiente información para comprender con un nivel de detalle apropiado cuál es el problema que se pretende solucionar. Por lo general, tres tipos de información son necesarios para comenzar con el diseño o revisión de una distribución:

- **Requerimientos de espacio.** Se identifica o se calcula la cantidad de m² que requiere cada centro, departamento, equipo, etcétera. Al calcular el espacio requerido se debe tener en cuenta el espacio de circulación.
- **Espacio disponible.** Cuando ya existe una distribución de las instalaciones o equipos, es necesario disponer del plano correspondiente. Cuando se trata del diseño de una nueva distribución el plano nos da la información de las dimensiones de las instalaciones y la asignación de espacios.
- **Factores de cercanía o proximidad.** El diseñador de la distribución debe conocer también la necesidad de que un departamento se encuentre próximo a otro. Esto último se puede determinar en función de la cantidad de viajes entre departamentos o equipos y factores cualitativos.

Para determinar el número de viajes se pueden utilizar algunas herramientas de ayuda, como por ejemplo: la matriz de viajes o recorridos (*Trip Matrix*) y el diagrama de relaciones (*REL Chart*).

Matriz de viajes o recorridos³

La matriz de viajes es una herramienta gráfica que nos da el número de viajes por día (o algunas otras medidas de movimientos de materiales) entre cada par de departamentos. El diseñador estima el número de viajes entre centros utilizando rutas y órdenes de frecuencia para ítems representativos que se fabrican en la planta. A continuación, se muestra una matriz de viajes para el taller de trabajo mecánico mencionado anteriormente.

³ Se puede aquí remitir al diagrama de recorridos visto en el estudio de métodos, en la etapa de registro de procesos.

Tabla 16.1. Matriz de viajes o recorridos de un proceso en una planta

Departamento	Viajes entre departamentos					
	1	2	3	4	5	6
1. Fresado	–	20		20		7
2. Taladrado		–	10		75	
3. Pintura			–	15		90
4. Fundición				–	70	
5. Soldado					–	
6. Arenado						–

La cantidad de viajes entre departamentos se lee en la parte derecha de la matriz. Por ejemplo, existen 10 viajes por día entre el departamento de taladrado y el de pintura. Finalmente, se calcula el número total de viajes, lo cual nos da una idea acerca de cuáles son los departamentos que deberían localizarse cercanos a otros. De la matriz del ejemplo se podría decir que el departamento de pintura debería ubicarse lo más próximo posible al de arenado.

Como se puede ver, esta técnica solo emplea las cantidades de viajes, es decir que es puramente cuantitativa, por lo que no tenemos información sobre actividades que por su tipo deben estar lo más lejos posible de otras. Por ejemplo: una actividad que genere demasiado polvo o partículas no podría estar cerca de una de pintado o pulido.

Diagrama de relaciones

El diagrama de relaciones es una técnica para el planeamiento de las relaciones entre cualquier grupo de actividades interrelacionadas. Esta técnica puede utilizarse en lugar de la matriz descripta anteriormente. En este caso se hace especial énfasis en los criterios cualitativos aportados por gerentes y trabajadores. En la tabla 16.2, las letras indican la importancia de la proximidad entre dos departamentos, mientras que los números indican las razones sustanciales de cada una de las relaciones de proximidad. Por ejemplo: la importancia de la proximidad entre los departamentos de fresado y taladrado es E debido a dos consideraciones: porque usan el mismo equipo y por la manipulación de materiales.

Tabla 16.2. Matriz de relaciones de las actividades de un proceso

Departamento	Viajes entre departamentos					
	1	2	3	4	5	6
1. Fresado	-	E (3,1)	U	I (2,1)	U	A (1)
2. Taladrado		-	O (1)	U	E (E)	I (6)
3. Pintura			-	O	U	A (1)
4. Fundición				-	E (1)	X (5)
5. Soldado					-	U
6. Arenado						-

Clasificación de proximidad	
Valor	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidad normal OK.
U	Poco importante
X	No conveniente

Clasificación de proximidad	
Valor	Definición
1	Manipulación de materiales
2	Usan los mismos archivos
3	Usan el mismo equipo
4	Comparten el mismo espacio
5	Secuencia del flujo de trabajo
6	Grado de contacto del personal

Una vez finalizada la construcción, se evalúa cada una de las relaciones de proximidad y se establece, en conjunto con el equipo de trabajo, una lista de prioridades para efectuar un diagrama de bloques.

16.4.2.2. Desarrollar un diagrama de bloques

El segundo paso para el diseño de una distribución es desarrollar el diagrama de bloques que mejor satisfaga los requerimientos y maximice el rendimiento. La manera más utilizada y sencilla de realizarlo es a través de la metodología prueba y error. Se puede construir una maqueta y bloques a escala que representen la planta real. Cuando las localizaciones relativas constituyan una preocupación primordial, por ejemplo para la manipulación de materiales o el manejo de inventarios, y que la comunicación resulte eficaz, es aconsejable utilizar el método de carga-distancia para comparar distintos diagramas de bloque.

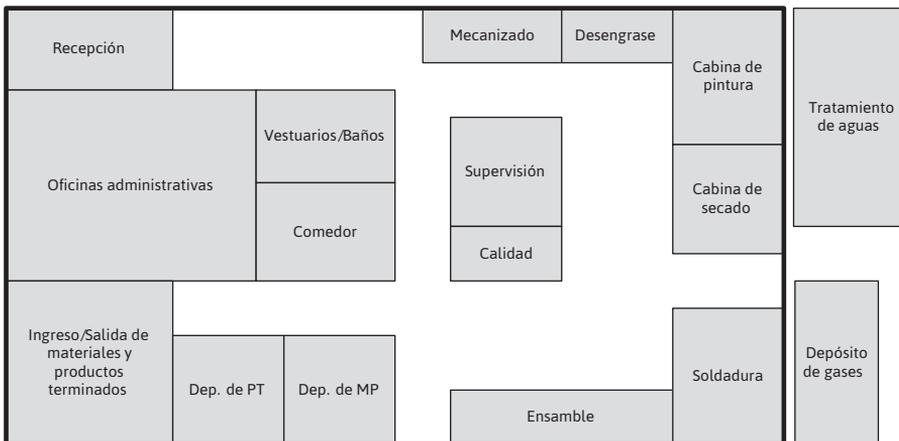
El método de carga-distancia surge como consecuencia de generar un puntaje total de carga-distancia (CD), o *load distance* (LD), que se calcula multiplicando cada carga por la distancia recorrida y sumando después todas las cargas. Las cargas no son más que los números de la matriz de recorrido. Cada carga transita entre dos centros o departamentos (representados como las filas y las columnas de la matriz). La distancia recorrida entre departamentos se calcula en función del diagrama de bloques sometido a evaluación. Cabe aclarar que las cargas no necesariamente deben ser recorridos, sino que cualquier medición numérica asociada a la proximidad entre centros puede ser utilizada. En la tabla 16.3 se muestra un ejemplo concreto de esta aplicación en una distribución actual y una propuesta.

Tabla 16.3. Ejemplificación de la metodología carga-distancia

Pares de depart.	Factor de prox.	Plano actual		Plano propuesto	
		Distancia d	Puntaje cd	Distancia d	Puntaje cd
1,2	20	3	60	1	20
1,4	20	2	40	1	20
1,6	80	2	160	1	80
2,3	10	2	20	3	30
2,5	75	2	150	1	75
3,4	15	1	15	1	15
3,6	90	3	270	1	90
4,5	70	1	70	1	70
			CD = 785		CD = 400

Es importante recordar que incluso cuando el puntaje de CD del plano propuesto produzca una mejora de casi el 50%, se deberá tener en cuenta el costo asociado de realizar el cambio, es decir que las modificaciones propuestas justifiquen la inversión, una situación de contexto que siempre deberá ser verificada por el profesional de la ingeniería. En el caso de presentar costos elevados, se deberán buscar otras distribuciones menos costosas. Finalmente, con la información resultante se genera un diagrama de bloques con la distribución propuesta. La figura 16.19 muestra un ejemplo.

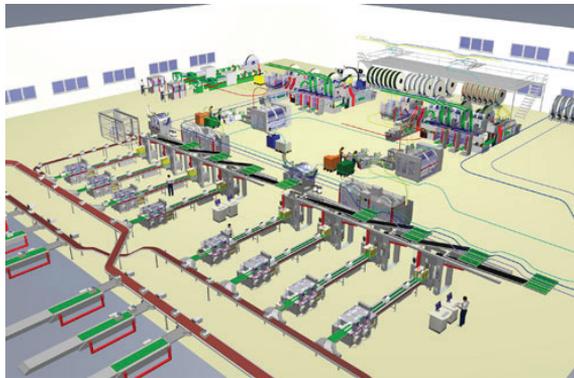
Figura 16.16. Diagrama de bloques de una planta industrial (sin detalle de máquinas)



16.4.2.3. Desarrollar una distribución detallada

Luego de haber encontrado un diagrama de bloques satisfactorio, el diseñador de la distribución lo traslada a una representación detallada que muestre la dimensión y la forma exacta de cada centro, la asignación de elementos (áreas de almacenamiento, escritorios, maquinas, etcétera), la ubicación de pasillos, escaleras y otros espacios de servicios. Esta representación visual puede ser realizada en dos o tres dimensiones. Este último paso ayuda a detectar problemas que pueden surgir al no tener en cuenta diferentes factores.

Imagen 16.2. Distribución detallada de una planta industrial



Fuente: <http://luchok95.blogspot.com/2014/05/distribucion-de-planta.html>

16.4.3. Diseño de distribuciones por producto

Hemos estudiado que, cuando una planta produce una alta cantidad de un único producto, o de productos muy similares que utilicen el mismo proceso, la distribución apropiada para estos casos es la denominada *por producto*. En estos casos, las características más relevantes son las que se detallan a continuación.

16.4.3.1. Balance de línea

Sabemos que las distintas operaciones de un proceso tienen tiempos que son totalmente heterogéneos y en algunos casos de muy amplia variación; algunas llegan a tener pocas centésimas de minutos y otras, varios minutos. Si todas estas operaciones estuvieran realizadas por distintos operarios tendríamos lo que se conoce como *desbalance de línea*, con la desfavorable consecuencia de un alto número de piezas en proceso de elaboración y/o baja eficiencia de la mano de obra.

El balance de línea es la asignación de trabajo a las estaciones en una línea de producción con el objetivo de obtener los resultados deseados con el menor número de estaciones de trabajo. Normalmente, un trabajador es asignado a una estación.

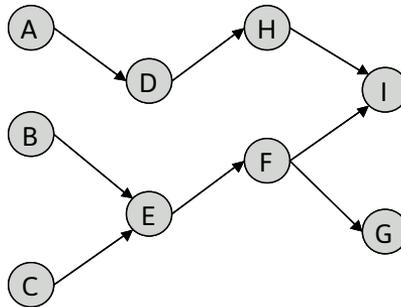
Sin embargo, se puede dar el caso de que se requiera más de una persona en una estación. Por lo tanto, la estación más eficiente será aquella que cumpla con los resultados requeridos con el menor número de operarios.

El balance de línea se puede realizar cuando una línea está siendo preparada, cuando una línea debe ser rebalanciada con el objetivo de cambiar la velocidad de salida, o bien cuando exista un cambio de producto o de proceso. Al realizar el balance de línea, el analista comienza separando el trabajo en elementos de trabajo (la unidad mínima de trabajo que puede ser ejecutada independientemente) y los predecesores⁴ inmediatos de cada uno de ellos. Además de esto entran en juego varios conceptos que es necesario tener presentes, los cuales se describen a continuación.

Diagrama de precedencia

Es un diagrama que indica la secuencia de trabajos que deben realizarse para cumplir con el objetivo deseado. En otras palabras, muestra los elementos de trabajo que deben ejecutarse antes de comenzar con el elemento siguiente. Un ejemplo de diagrama de precedencia se observa en la figura 16.17.

Figura 16.17. Diagrama de precedencia de un proceso determinado



En la figura se puede observar, por ejemplo, que para poder llevar a cabo el elemento de trabajo E es necesario que hayan concluido previamente los trabajos B y C. De la misma manera, para realizar la operación F es necesario que finalice previamente la operación E.

Ejemplo 16.7.

Una industria que produce equipos para jardinería está diseñando una línea de ensamble para producir un nuevo equipo fertilizante. Usando la información de la tabla 16.4, que corresponde al proceso de producción, construye un diagrama de precedencia para el nuevo producto.

⁴ Se entiende como *predecesora* la actividad que se realiza antes de la actividad en estudio.

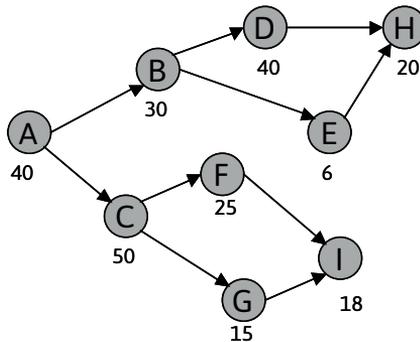
Tabla 16.4. Detalle del proceso de fabricación de elementos de jardinería

Elemento de trabajo	Descripción	Tiempo (segundos)	Predecesor inmediato
A	Estampar	40	Ninguno
B	Mecanizar	30	A
C	Rebabar	50	A
D	Limpiar	40	B
E	Pintar	6	B
F	Revestir	25	C
G	Pulir	15	C
H	Envolver	20	D, E
I	Embalar	18	F, G
	Total	244	

Solución

La figura 16.18 muestra la solución del ejemplo. Comenzamos con el elemento de trabajo A, el cual no tiene predecesores inmediatos; luego, agregamos los elementos B y C, ya que tienen al A como único predecesor; a continuación, relacionados con el elemento B, agregamos los elementos D y E, y así se continúa con la construcción del diagrama hasta ubicar todos los elementos de trabajo. Cercano al círculo que representa la operación se coloca su tiempo.

Figura 16.18. Diagrama de precedencia



16.4.3.2 Velocidad de salida deseada (producción deseada)

El concepto de *velocidad* (espacio sobre tiempo) es trasladado a la línea de producción como la cantidad de unidades en función del tiempo, y en este caso indicaría la cantidad a fabricar en la unidad de tiempo para poder cumplir con la demanda de los clientes. Por lo tanto, indica la cantidad de unidades por unidad de tiempo que se pueden obtener de acuerdo con una determinada configuración de la línea. El éxito del balance de línea es conseguir la velocidad de salida de acuerdo con el plan de producción. Por ejemplo: si el plan de producción pide 4.000 unidades por semana y la línea opera 80 horas por semana, la velocidad de salida requerida debería ser de 50 unidades por hora.

16.4.3.3. Tiempo de ciclo

Recordemos que este tiempo es el máximo tiempo permitido para realizar un trabajo sobre una unidad de producto en cada estación. Si el tiempo requerido por los elementos de trabajo en cada estación excede el tiempo de ciclo de la línea, la estación de trabajo se convertirá en un *cuello de botella*, y de ese modo no se podrán obtener los resultados deseados.⁵ El tiempo de ciclo se puede definir como la recíproca de la producción horaria:

$$c = \frac{1}{r}$$

Donde:

c = Tiempo de ciclo (horas / unidad)

r = Producción horaria deseada (unidades / hora)

Si la producción buscada es de 60 unidades por hora, el tiempo de ciclo es:

$$c = \frac{1}{60 \frac{\text{unidades}}{h}} = 1 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

El tiempo de ciclo es también el intervalo de tiempo consumido en producir una unidad. Dicho de otra manera, cada cuánto tiempo sale como producto terminado una unidad del sistema de transformación. Si el tiempo requerido en cualquiera de las estaciones de trabajo de la línea de producción excede el tiempo de ciclo, deberán agregarse trabajadores y máquinas a esa estación con la finalidad de no producir un cuello de botella.

⁵ Concepto básico de la teoría de las restricciones, TOC (Theory of Constraints) acuñado por Eliyahu Goldratt en 1984.

16.4.3.4. Mínimo teórico de estaciones

Denominaremos *estaciones* al conjunto de operaciones que realizará un operario como consecuencia de buscar una mejora en la eficiencia del sistema. El mínimo teórico de estaciones se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$TM = \frac{\sum t}{c}$$

Donde:

Sum (t) = tiempo total requerido para producir cada unidad (es la suma de los tiempos estándar de todas las operaciones del proceso).

c = tiempo de ciclo.

Este resultado indica la cantidad mínima de estaciones que son necesarias para obtener la producción deseada. Es importante resaltar que si cada estación es operada por diferentes trabajadores, al minimizar o bien emplear la menor cantidad de estaciones se maximiza también la productividad del trabajo (eficiencia máxima del sistema).

16.4.3.5. Tiempo ocioso

El tiempo ocioso es el tiempo improductivo que provocan todas las estaciones de trabajo de la línea para la producción o el ensamble de una unidad. Ello surge como consecuencia del desbalance de la línea. El cálculo del número de estaciones mínimas no necesariamente resultará un número entero, y por lo tanto el número de estaciones mínimas resultará el número inmediato entero superior, lo que generará un tiempo ocioso; adicionalmente, puede darse el caso de que no se pueda obtener el número de estaciones mínimas calculado como consecuencia de los tiempos de las operaciones (como se verá en algunos ejercicios), y esto generará un tiempo ocioso con una consecuente merma en la eficiencia del sistema. El tiempo improductivo se calcula de la siguiente manera:

$$T_{ocioso} = n.c - \sum t$$

Donde:

n: número de estaciones creadas

c: tiempo de ciclo

Sumatoria de (t): suma de todos los tiempos de las operaciones

16.4.3.6. Eficiencia

Es ya sabido que este índice mide el cumplimiento del objetivo en función del recurso puesto en juego. Para el caso de las células, un índice que establece la relación entre

el tiempo productivo y el tiempo total, el ideal será aquel en el que ambos tiempos sean iguales. Este índice se calcula de la siguiente manera (los datos son los mismos que los del ítem tiempo ocioso):

$$Eficiencia(\%) = \left(\frac{\sum t}{n.c} \right) \cdot 100$$

16.4.3.7. Balance ideal

El balance ideal corresponde a la situación en la que el tiempo requerido por cada una de las estaciones de trabajo iguala el tiempo de ciclo. De esta manera, ninguna estación presenta tiempo ocioso, y la eficiencia es del 100%.

Ejemplo 16.8

Cálculo de tiempo de ciclo, número de estaciones y eficiencia

La empresa del ejemplo 16.7 recibió el pronóstico de ventas para el próximo año. La empresa quiere diseñar su línea de producción para hacer 2.400 equipos por semana en los próximos tres meses. La planta operará 40 horas por semana.

- ¿Cuál debería ser el tiempo de ciclo?
- ¿Cuál es el menor número de estaciones de trabajo de acuerdo con el tiempo de ciclo calculado?
- Supongamos que la empresa busca una solución que tenga solo cinco estaciones de trabajo. ¿Cuál sería la eficiencia de la línea?

Solución

1. Se convierte la producción deseada a producción horaria:

$$2400 \frac{\text{unidades}}{\text{semana}} = 2400 \frac{\text{unidades}}{\text{semana}} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{40 \text{ horas}} = 60 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}}$$

2. Se calcula el tiempo de ciclo deseado:

$$c = \frac{1}{r} = \frac{1 \text{ horas}}{60 \text{ unidad}} = 1 \frac{\text{minuto}}{\text{unidad}}$$

3. Se calcula el mínimo número teórico de estaciones dividiendo el tiempo total por el tiempo de ciclo:

$$TM = \frac{\sum t}{c} = \frac{244 \text{ segundos}}{60 \text{ segundos}} = 4.067, \text{ o } 5 \text{ estaciones}$$

4. Se calcula la eficiencia de la solución con 5 estaciones:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\sum t}{n.c} \cdot 100 = \frac{244}{5 \cdot 60} \cdot 100 = 81,3\%$$

16.4.3.8. Lineamiento general para realizar un balance de línea

Balancear una línea consiste entonces en asignar elementos de trabajo a una estación, de acuerdo con el diagrama de precedencia, minimizando al mismo tiempo el número de estaciones de trabajo n con el objetivo de maximizar la eficiencia tanto de la línea como de cada estación. Al balancear una línea de ensamble o de producción se debe tener en cuenta que no existe una única solución para el problema. Se pueden asignar los elementos de trabajo a las estaciones de diversas maneras. Por lo tanto, de todas las posibles soluciones o alternativas se debe elegir aquella que minimice el tiempo ocioso. De todas formas, se pueden mencionar dos técnicas para seleccionar el elemento de trabajo para una determinada estación:

- Seleccionar el candidato con el *tiempo más grande de trabajo*.
- Elegir el candidato que tenga *asociada la mayor cantidad de elementos de trabajo*.

Para realizar el balance es aconsejable seguir los siguientes pasos:

- Se comienza separando el trabajo en *elementos de trabajo* que pueden ejecutarse independientemente.
- Se establece el diagrama de precedencias de los elementos de trabajo.
- Se calcula el tiempo de ciclo teniendo en cuenta el nivel de producción requerido.
- Se calcula el mínimo teórico de estaciones.
- Se realizan las asignaciones de los elementos de trabajo para cada estación teniendo en cuenta el diagrama de precedencia y procurando no exceder el tiempo de ciclo. En este punto se puede obtener más de una solución.
- Se calculan el tiempo ocioso y la eficiencia de la línea de producción para cada alternativa.
- Se elige aquella solución que minimice el tiempo ocioso o bien maximice la eficiencia.

16.5. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN

Como hemos visto, se pueden presentar una serie de disposiciones que cumplan con las premisas o requerimientos. Corresponde entonces analizar cada una de ellas y seleccionar la más ventajosa. Debe tenerse en cuenta que, si bien la evaluación es realizada generalmente por el grupo de análisis que ha desarrollado la disposición, y que es quien eleva sus conclusiones, de la selección propiamente dicha suele par-

participar personal superior que no está familiarizado con cada uno de los detalles. Por lo tanto, cada alternativa debe presentarse en la forma más comprensible posible, ya sea mediante modelos bi o tridimensionales tendientes a proporcionar un mayor acercamiento a la solución.

La evaluación de una distribución en planta puede llegar a tener dos fases: el análisis de factores cuantitativos y el de factores cualitativos o intangibles. En general, la primera es la que incide fundamentalmente en la selección de una disposición, pero en el caso de que no existan diferencias notables en los estudios económico-financieros de dos o más alternativas, se acude a la ponderación de ciertos factores intangibles para definir la selección.

16.5.1. Análisis de factores cuantitativos

El análisis económico-financiero de una alternativa se utiliza por las siguientes razones:

- Para calcular su factibilidad económica.
- Para compararlo con la situación actual o con las otras alternativas de distribución.

Una manera sistemática para clasificar los costos y proceder luego a su comparación puede ser la siguiente:

- Listar en una planilla las inversiones a realizar para cada alternativa.
- Calcular los costos de operación estimados de cada una de ellas.
- Realizar la justificación o comparación de las variantes.

La evaluación económico-financiera deberá siempre realizarse según los procedimientos que mantengan en vigencia la empresa en cuestión.

16.5.2. Análisis de factores cualitativos

En general, las formas más usadas de análisis cualitativo son las siguientes:

Balance de ventajas y desventajas

Es la más simple de ellas y consiste en listar las ventajas y desventajas de cada alternativa. Por ser la manera menos precisa de evaluación no se aconseja utilizarla en este punto tan álgido de decisión.

Método de comparación de factores

En términos generales, el procedimiento consiste en:

- Listar todos los factores significativos.
- Ponderar la importancia de cada uno de ellos con los demás.
- Calificar cada alternativa de acuerdo con un ranking especificado.

- Multiplicar la calificación realizada por la importancia relativa de cada factor.
- Sumar la puntuación que le corresponde a cada alternativa.
- Seleccionar la de mayor puntaje.

En términos generales, los factores cualitativos más utilizados son:

- Facilidad de expansión.
- Seguridad e higiene.
- Facilidad de mantenimiento.
- Flexibilidad de la distribución.
- Aspecto estético.
- Facilidad para la supervisión y el control.

La herramienta a utilizar en este procedimiento se denomina *cuadro de evaluación de alternativas*, el cual se observa en la tabla 16.5 a modo de ejemplo. En él aparece el ranking del que se ha hecho mención, con el que se califican los distintos factores de cada alternativa:

- Casi perfecto: 4
- Muy bueno: 3 Bueno: 2
- Aceptable: 1
- Sin importancia: 0

Tabla 16.5. Cuadro de evaluación de alternativas de diseño

Cuadro de evaluación de alternativas							
Planta	Descripción De Alternativas						
Factor	Valor relativo	Evaluación y peso relativo					
		1	2	3	4	5	Observaciones
Fácil expansión	500	3 1500	2 1000	4 2000			
Seguridad	150	2 300	4 600	3 450			
Flexibilidad	400	1 400	2 800	2 800			
Versatilidad	350	4 1400	2 700	2 700			
Totales		3600	3100	3950			

Como se puede ver en el ejemplo, de acuerdo con los valores resultantes se debería seleccionar la alternativa 3.

16.6. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

Una vez finalizado el estudio de distribución en planta, debe analizarse la presentación de un informe final para que se tomen las medidas del caso. Esta presentación puede ser verbal o escrita. En el primer caso, se llevará a cabo con la ayuda de planos, plantillas, maquetas, etcétera, haciendo énfasis en los aspectos técnicos y económicos que decidieron la elección. En el caso de que la presentación fuera escrita, constará de la siguiente información, de manera que la dirección pueda visualizar rápidamente la disposición adoptada y el análisis sistemático efectuado:

- Diagramas de proceso.
- Diagramas de bloque.
- Estudio de costos comparativos.
- Cuadros de evaluación.

16.7. MOVIMIENTO DE MATERIALES

El movimiento de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada, con el objetivo de minimizar los costos de producción. Este movimiento se vincula con el manejo de los materiales en un ambiente de manufactura. La American Society of Mechanical Engineers (ASME) define el manejo de materiales como el arte y la ciencia que involucra el movimiento, el empaque y el almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas.

El manejo de materiales puede concebirse en cinco dimensiones distintas: movimiento, cantidad, tiempo, espacio y control. El *movimiento* involucra el transporte o la transferencia real de material de un punto al siguiente. La eficiencia del movimiento y el factor de seguridad en esta dimensión son la preocupación principal. La *cantidad* a mover impone el tipo y la naturaleza del equipo para manejar el material y también el costo por unidad por la conveniencia de los bienes. La *dimensión temporal* determina la rapidez con la que el material se mueve a través de las instalaciones. La cantidad de trabajo en proceso, los inventarios en exceso, el manejo repetitivo del material y los tiempos de distribución de la orden se ven influidos por este aspecto de los sistemas de manejo de los materiales. El aspecto del *espacio* tiene que ver con el que se requiere para almacenar y mover el equipo para el trabajo, así como también el espacio para las filas o el escalonamiento del material en sí. El seguimiento del material, su identificación y la administración del inventario son algunos aspectos de la dimensión de *control*. El manejo de materiales también es parte integral de la distribución de la

planta y no es posible separarlos. Un cambio en el sistema de manejo de materiales modificará la distribución; si esta cambia, el sistema de manejo se transformará.

El material se mueve manualmente o por medios automáticos, se mueve uno a la vez o por miles, se coloca en un lugar fijo o al azar y se almacena en el piso o en altura. Las variaciones son ilimitadas y solo comparar el costo de las distintas alternativas hará que surja la respuesta correcta. La selección del equipo adecuado para manejar materiales es la respuesta a todas las preguntas que se vinculan con el movimiento de los materiales.

Es necesario tener en cuenta que más de la mitad de los accidentes que se producen en la industria se atribuyen al manejo de materiales, por lo tanto no es un tema para nada menor el análisis desde el punto de vista de la seguridad, el tipo y la forma del movimiento que se elegirá en el sistema de transformación. Por ejemplo: un equipo, para manipularlo, elimina la carga manual, pero como en todo equipo también puede ocasionar lesiones, por lo que se deben tener en cuenta siempre los aspectos de seguridad.

En promedio, el manejo de materiales es responsable del 50% del costo total de las operaciones. En ciertas industrias, como la minería, este costo se incrementa al 90% de las operaciones. Este hecho justifica el esfuerzo que se debe aplicar para el análisis del movimiento de materiales.

16.7.1. Objetivos del movimiento de materiales

El objetivo principal del manejo de materiales es reducir los costos unitarios de producción. Todos los demás objetivos se subordinan a este. Para una verificación adecuada de la disminución de los costos, se pueden seguir los siguientes subobjetivos:

- Mantener o mejorar la calidad del producto, reducir los daños y velar por la protección de los materiales.
- Alentar la seguridad y mejorar las condiciones de trabajo.
- Aumentar la productividad por medio de lo siguiente:
 - El material debe fluir en línea recta.
 - Los materiales deben moverse una distancia tan corta como sea posible.
 - Usar siempre que se pueda la gravedad, ya que es energía gratuita.
 - Mover más material de una sola vez.
 - Mecanizar el manejo de materiales.
 - Automatizar el movimiento de materiales.
 - Incrementar la salida de los productos mediante el empleo de equipo automatizado para el movimiento de los materiales.
- Estimular el aumento en el uso de las instalaciones con lo siguiente:
 - Alentar el uso del espacio volumétrico de la construcción.
 - Comprar equipos versátiles.

- Estandarizar los equipos utilizados en el manejo de los materiales.
- Maximizar la utilización del equipo de producción con el uso de alimentadores de manejo de materiales.
- Conservar todo el equipo a través de programas de mantenimiento preventivo.
- Integrar en un sistema todo el equipo para el movimiento de materiales.
- Controlar el inventario.

16.7.2. Principios del movimiento de materiales

Existen veinte principios sugeridos para el manejo adecuado de materiales. Estos principios fueron desarrollados por The Material Handling Institute, en Estados Unidos, y se basan en la experiencia de profesionales que analizaron y aplicaron técnicas específicas en distintas empresas manufactureras. Los principios son:

- **Planeación.** Planear todo el manejo de materiales y las actividades de almacenamiento con el fin de obtener la eficiencia máxima en el conjunto de las operaciones.
- **Sistemas.** Integrar actividades de manipulación es aconsejable en un sistema coordinado de operaciones: departamento comercial, recepción, almacenamiento, producción, inspección de empaque, depósitos, envíos, transporte y atención al cliente.
- **Flujo de materiales.** Disponer de una secuencia de operaciones y distribución del equipo que optimice el flujo del material.
- **Simplificación.** Simplificar el manejo por medio de la reducción, la eliminación o la combinación del movimiento y/o el equipo innecesarios.
- **Gravedad.** Utilizar la gravedad para mover el material hacia donde sea más práctico.
- **Utilización del espacio.** Hacer un uso óptimo del volumen del inmueble.
- **Tamaño unitario.** Incrementar la cantidad, el tamaño o el peso de las cargas unitarias.
- **Mecanización.** Mecanizar las operaciones de manipulación.
- **Automatización.** Hacer que la automatización incluya las funciones de producción, manejo y almacenamiento.
- **Selección del equipo.** Al seleccionar el equipo de manejo, considerar todos los aspectos del material que se manipulará: movimiento y método que se usarán.
- **Estandarización.** Estandarizar los métodos de manejo, así como los tipos y tamaños del equipo que se utiliza.

- **Adaptabilidad.** Usar los métodos y el equipo que realicen del mejor modo varias tareas y aplicaciones para las que no se justifique el equipo de propósito especial.
- **Peso muerto.** Reducir la razón del peso muerto del equipo de manipulación a la carga que soportará.
- **Utilización.** Planificar la utilización óptima del equipo y la mano de obra necesarios para el manejo de los materiales.
- **Mantenimiento.** Planificar el mantenimiento preventivo y programar las reparaciones de todo el equipo de movimiento.
- **Obsolescencia.** Reemplazar los métodos y el equipo obsoletos de manejo en los casos en que otros más eficientes mejoren las operaciones.
- **Control.** Usar las actividades de manejo para mejorar el control del inventario de producción y la atención de las órdenes.
- **Capacidad.** Emplear el equipo de movimiento para alcanzar la capacidad de producción que se desea.
- **Rendimiento.** Determinar la eficacia del rendimiento del manejo en términos de costo por unidad de movimiento.
- **Seguridad.** Contar con métodos y equipos apropiados para el manejo de los materiales con seguridad.

16.7.2.1. Principio de planeación

El general Dwight D. Eisenhower⁶ afirmaba que el plan no era nada, pero la planeación era todo, refiriéndose a que lo importante era el proceso de planeación (todo el tiempo y el esfuerzo que se dedica al plan). El plan solo es la forma de comunicar el enorme trabajo (planeación) que hay en él. La planeación del manejo de materiales considera todo movimiento, necesidad de almacenamiento y retraso en las órdenes con el fin de minimizar los costos de producción.

16.7.2.2. Principio de los sistemas

Todo el equipo para manejar los materiales debe funcionar vinculado entre sí. Las cajas se ajustan a las plataformas, las plataformas al armazón y el armazón a la estación de manufactura; por ejemplo: una empresa fabricante de juguetes compraba partes manufacturadas y los proveedores las enviaban a la compañía en cajas. Esta empresa solo usaba cajas de cuatro tamaños diferentes, que ajustaban perfectamente en las plataformas. Cuando las partes se llevaban a la línea de ensamble, la caja se ajustaba al dispositivo de manipulación, de modo que quedaba en la posición adecuada para su uso. En nuestro caso, un principio de sistemas integra tantas etapas

⁶ Presidente de Estados Unidos entre 1953 y 1961.

del proceso como sea posible en un sistema único, desde el proveedor hasta la planta y de allí a los consumidores.

16.7.2.3. Principio del flujo de materiales

Se vincula con una distribución óptima para el flujo de materiales en la planta, tratando de encontrar una velocidad constante y un sistema seguro con las personas y con los materiales.

16.7.2.4. Principio de simplificación

El movimiento de materiales, como cualquier otro sector de trabajo, debe revisarse para reducir los costos, ya que este es el objetivo principal. La fórmula de simplificación del trabajo aconseja responder cuatro preguntas básicas:

1. ¿Puede eliminarse este trabajo? Con frecuencia es posible reducir costos eliminando actividades de movimiento de materiales con la combinación de las operaciones de producción.
2. Si un movimiento no puede eliminarse, ¿se puede combinar con otros, a fin de reducir costos? El concepto de carga unitaria, que a su vez es otro principio, se basa justamente en el principio de simplificación del trabajo. Si es posible mover dos por el costo de uno, el costo unitario del movimiento será la mitad. ¿Qué ocurriría si se movieran 1.000 en lugar de uno? En muchas ocasiones, los movimientos son susceptibles de eliminarse con eficacia si se combinan con un sistema de manejo de materiales automático que los lleve por las estaciones de operación.
3. Si no pueden eliminarse ni combinarse, ¿se pueden acomodar las operaciones para reducir las distancias de recorrido? Reacomodar el equipo con el fin de que las distancias de viaje disminuyan reduce los costos del manejo de materiales.⁷
4. Si no pueden eliminarse, combinarse ni acomodarse, ¿es posible simplificarlo? La simplificación significa hacer el trabajo en forma más fácil. Algunas ideas para la simplificación son las siguientes:
 - Carros en lugar de cargar manualmente.
 - Transportadores de rodillos para llevar las cajas de los camiones al piso de la planta, preferentemente utilizando la gravedad.
 - Rampas o caídas.
 - Mesas de rodillos.
 - Mecanización.
 - Automatización.

⁷ Tema visto varias veces en esta obra.

16.7.2.5. Principio de gravedad

La fuerza de gravedad es gratuita, y las formas de usarla en las estaciones de fabricación para llevar el material a estas y transportar los artículos terminados son ilimitadas.

16.7.2.6. Principio de la utilización del espacio

Uno de los objetivos del manejo de materiales es maximizar el espacio volumétrico de la construcción. Se refiere al volumen expresado en metros cúbicos del edificio, en general y erróneamente, estamos acostumbrados a trabajar, movernos y pensar en dos dimensiones, la utilización del eje Z^8 mejora mucho los costos por aprovechamiento de la altura para disminuir la superficie construida. En este sentido, los transportadores elevados son ejemplos de dispositivos para manejar materiales que persiguen ese objetivo.

16.7.2.7. Principio del tamaño unitario

La carga unitaria es aquella constituida por muchas partes que se mueven como una sola. Las ventajas de la carga unitaria son que es más rápido y económico moverlas de esa forma en lugar de separadas. Las restricciones que presentan son:

- El costo de unificar las cargas y volverlas a separar.
- El peso inútil (peso de las cajas, plataformas y objetos parecidos).
- El problema de cómo solucionar los espacios vacíos.
- La necesidad de equipo pesado y sus requerimientos de espacio.

En todos los casos deben ponderarse las ventajas y desventajas antes de considerar implantar un sistema de carga unitaria. La unidad más común de carga unitaria es la plataforma (pallet o tarima). Casi todo es susceptible de apilarse en una plataforma, atarse con lazos, envolverse con plástico y moverse por la planta o por el mundo como una unidad. Las plataformas se construyen con materiales distintos y costos diferentes.

16.7.2.8. Principio de mecanización

Consiste en aplicar energía para eliminar el transporte manual. La mecanización significa necesariamente automatización en algunos casos. En otros casos se refiere al uso de herramientas mecánicas que ayudan a mover el material. Como en el caso de una plataforma motorizada, este es un ejemplo de mecanización sin automatización.

⁸ En una visión matemática cartesiana.

16.7.2.9. Principio de automatización

Se refiere a hacer automático el movimiento. Los sistemas automáticos de almacenamiento y recuperación colocan el material en armazones de almacenaje de modo automático (sin intervención humana) y lo extraen cuando es necesario.

16.7.2.10. Principio de selección del equipo

¿Qué pieza del equipo para el movimiento de materiales debe usarse? ¿Qué problemas deben estudiarse primero? Es relativamente sencillo elegir por dónde comenzar: se recaba información sobre el producto (material) y el movimiento (trabajo). La ecuación de manejo de materiales es el plan hacia un enfoque sistemático para la solución por medio del equipo. Si se comprende el material más el movimiento, se podrá desarrollar el elemento apropiado del equipo. Las preguntas específicas que deben realizarse son:

- ¿Por qué se hace este movimiento? (Por qué). Esta pregunta se plantea en primer lugar porque si no hay una respuesta adecuada el movimiento puede eliminarse. Con la combinación de operaciones se evitará el movimiento entre ellas. La denominada celda de manufactura permite reducir y hasta eliminar movimientos.
- ¿Qué se está moviendo? (Qué). La comprensión de lo que se mueve requiere conocer el tamaño, la forma, el peso, el número de los objetos y el tipo de material.
- ¿De dónde y hacia dónde se mueve el material? (Dónde). Si el movimiento siempre es el mismo, se garantiza una técnica de trayectoria fija (transportador). Si cambia de una parte a otra, se usa una trayectoria variable (por ejemplo, un camión). Si la trayectoria es corta quizás se pueda usar la gravedad (por ejemplo, rampas, rodillos).
- ¿Cuándo necesita moverse? (Cuándo). ¿El movimiento ocurre una vez o dos veces al día? Si es así, probablemente deba utilizarse, por ejemplo, un camión. Si sucede varias veces por minuto, podrá emplearse un transportador.
- ¿Cómo se llevará a cabo el movimiento y quién lo hará? (Cómo). ¿Se realizará a mano, con un transportador o un montacargas? Hay varias opciones y el objetivo es encontrar el método más eficiente relativo al costo.

Ejemplo 1: descargar 20.000 kilos de bobinas de chapa laminadas en frío de un camión con acoplado a la planta:

- **Por qué.** El acero se debe procesar en planta.
- **Qué.** Bobinas de acero laminadas en frío, de un ancho de 1.220 mm y un espesor de 0,55 mm.
- **Dónde.** Desde la plataforma del camión hasta el área de almacenamiento.

- **Quién.** El empleado de recepción.
- **Cuándo.** Una vez por día (un camión).
- **Cómo.** Grúa puente.

Ejemplo 2: mover partes, una a la vez, de la estación de soldadura a la de pintura y luego a ensamblado.

- **Por qué.** Mover en forma automática una cantidad elevada de componentes.
- **Qué.** Autopartes.
- **Dónde.** De soldadura a pintura y a ensamblado.
- **Quién.** En forma automática sin intervención humana.
- **Cuándo.** 11 partes por minuto, 432 minutos por turno.
- **Cómo.** Transportador elevado.

Tabla 16.6. Ecuación del manejo de materiales

	Si es necesario	El material	El movimiento	Material más movimiento
Componentes	↑	↑	↗ ↖	↗ ↖
Preguntas	POR QUÉ → QUÉ → DÓNDE → CUÁNDO = CÓMO y QUIÉN			
Factores	Eliminar si es posible	Forma Volumen Tamaño Cantidad	Origen/destino Ruta Frecuencia Velocidad	Tamaño unitario Equipo Fuerza humana

16.7.2.11. Principio de estandarización

Existen muchos tipos de equipamientos para el movimiento de materiales (cajas de plástico, contenedores, plataformas, transportadores, camiones, etcétera), y en cada área se desea estandarizar toda la actividad a uno (o los menos posibles), en cuanto a tamaño, tipo e incluso marca. Las razones son muchas y cambian con el tipo de equipamiento. Así, muchas empresas se dedican a fabricar equipos móviles para el manejo de los materiales. Se necesita elegir solo uno y luego conservar la marca, el tipo y el tamaño, porque el inventario de repuestos así como el mantenimiento y la operación representan un costo muy importante. La selección y la estandarización del equipo no deben basarse solamente en el costo inicial de la compra sino también en el mantenimiento y los costos de operación. Este último incluye el costo de ca-

pacitación del personal para que lo utilice con seguridad, el costo de energía y otros costos directos e indirectos que se asocian al uso del sistema.

16.7.2.12. Principio de adaptabilidad

Es conveniente usar un equipo que efectúe muchos trabajos diferentes sin consumir demasiado tiempo ni conlleve costos excesivos. Si se justificara un equipo de propósito especial, será necesario también tener en cuenta su grado de obsolescencia con el transcurso del tiempo.

16.7.2.13. Principio del peso muerto

No utilice un martillo neumático de 200 kilos para clavar un clavo. Es necesario reducir la razón del peso del equipo al peso del producto que se mueve. Peso inútil es un término usado para describir el peso del material de empaque. Cuando se transporta un producto, este se coloca dentro de un contenedor, y a su alrededor se pueden colocar otros materiales para evitar que se dañe con el movimiento. Estos contenedores, a su vez, se ubican sobre plataformas. El contenedor, los materiales de protección y la plataforma se agregan al peso inútil. También representa un costo el transporte, así como su adquisición.

16.7.2.14. Principio de utilización

El equipamiento para el movimiento así como el personal que lo utilice deben efectivamente utilizarse a tiempo completo en función del tipo de trabajo que se requiera, el número de veces por día y el tiempo necesario por movimiento.

16.7.2.15. Principio de mantenimiento

Es importante considerar el mantenimiento preventivo⁹ del equipamiento. Las plataformas, las cajas, los contenedores y las instalaciones de almacenamiento requieren repararse periódicamente.

16.7.2.16. Principio de obsolescencia

Conforme el equipo deje de servir por el uso o aparezca otro método mejor y más eficiente, hay que sustituirlo y mejorar las operaciones. Los registros adecuados del mantenimiento ayudarán a identificar el empleo que se les ha dado a los equipos, así como el conocimiento de las nuevas tecnologías facilitarán el conocimiento y eventual reemplazo.

⁹ En referencia a un sistema de mantenimiento, pero podría referirse a cualquiera de los existentes.

16.7.2.17. Principio de control

El movimiento de los materiales forma parte de los costos, y los sistemas utilizados son parte del sistema de control de inventarios. Los transportadores podrían mover el material y pasar a través de un escáner para contarlos, identificarlos y reencauzarlos, descartarlos, etcétera. Los sistemas de captura de datos automáticos y de identificación actualmente constituyen un aspecto importante del manejo de materiales.

Los códigos de barras que se generan acompañan al producto desde el proveedor, pasan a través de todas las etapas de producción y ensamblado, y luego llegan a su destino final. La incorporación de esta tecnología en un sistema de movimiento de materiales reduce de manera significativa, o directamente la elimina, la necesidad de contar o dar seguimiento al material con medios físicos. La información se introduce solo una vez en la computadora y se actualiza en forma automática conforme el material pasa a través del sistema y el código de barras se lee.

16.7.2.18. Principio de capacidad

El equipo para el movimiento de materiales ayuda a maximizar la utilización de la producción. Si el ciclo de una prensa es de 0,03 minutos o 33 veces por minuto, pero el tiempo estándar para cargar y descargar de modo manual esa prensa es de solo 300 piezas por hora, esto representa solo el 15% de la capacidad de la máquina, ya que la cantidad de piezas potenciales en función del ciclo de prensa es de 2.000 piezas por hora (60 minutos por hora / 0,03 minutos por unidad). Si se comprara un sistema de movimiento por medio de alimentación en rollo a la prensa, se incrementaría notablemente la utilización de la máquina.

16.7.2.19. Principio del rendimiento

Es necesario determinar los costos de movimiento de materiales y trabajar en su reducción. El cursograma sinóptico del proceso puede proporcionar información importante para determinar el costo unitario de cada movimiento. El rendimiento del manejo de materiales puede calcularse como la razón entre horas de manejo de materiales sobre el total de horas de trabajo.

16.7.2.20. Principio de seguridad

Es probable que el método más peligroso de manejar materiales sea el manual, y un equipo automatizado puede reducir el riesgo de accidentes. De todas formas, estos equipos también pueden ser fuente de problemas de seguridad; de allí que los métodos y los procedimientos, así como la capacitación referidos a seguridad, deben ser parte de cualquier plan de movimiento de materiales.

RESUMEN

Luego de este capítulo deberíamos encontrarnos en condiciones de realizar un diseño, rediseño o adaptación de una planta en condiciones de los requerimientos. Además, ya finalizada casi esta obra, el lector debería comprender la sistematicidad del sistema de transformación.

Al mismo tiempo, se debe observar en este capítulo la utilización de los temas recorridos por el libro en términos de sistema de transformación, eficiencia, estudio del trabajo, estudio de métodos, estudio de tiempos y planta Industrial.

Estudio de casos

Tesis de maestría del ingeniero César Julio Collazos Valencia

Caso planta procesadora de alimentos

Se presentan los aspectos básicos del problema, los objetivos y las conclusiones con la finalidad de observar la importancia del diseño/rediseño de plantas.

Extraído de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12157/1/8912504.2013.pdf>.

Resumen

El problema de distribución de planta concierne a la selección de un arreglo para la ubicación de los departamentos que componen la instalación, de modo que se minimice el efecto sobre el costo del producto o servicio de factores como el transporte de materiales, productos y personas entre las diferentes áreas en una planta de producción y, en general, en cualquier actividad de manufactura o de servicios.

El presente trabajo busca elaborar una propuesta de rediseño de planta para un caso de estudio, haciendo uso de las técnicas de distribución para encontrar una disposición factible que reduzca los costos de la operación a partir de la configuración inicial y que, por consiguiente, mejore la eficiencia del proceso.

Dos métodos son empleados en el desarrollo de este trabajo. En primer lugar, la búsqueda de los datos y el análisis de la información requerida son procesados con el denominado SLP (siglas en inglés de Systematic Layout Planning). En segundo lugar, la generación de alternativas de distribución y posterior selección de la mejor opción se realiza con la aplicación de un algoritmo genético.

Justificación

El principal interés en la realización de este trabajo es el de solucionar el problema de las operaciones presentado en un caso de estudio, en el cual una planta industrial existente se ha visto afectada en su productividad y eficiencia debido al

crecimiento desordenado, lo que incrementa las distancias de transporte, reduce la eficiencia de la distribución y genera sobrecostos.

Este problema es común de observar en instalaciones industriales o de servicios que tienen problemas desde el diseño inicial o han perdido la eficiencia en la distribución por los cambios experimentados a lo largo del tiempo; en estos casos se requiere encontrar una solución factible que considere el flujo adecuado de materiales, productos y personas por la planta al menor costo que permitan las limitaciones prácticas.

La distribución de la planta es uno de los factores que más incidencia tienen sobre los costos de operación de una compañía; si no se revisa con la frecuencia debida pueden generarse pérdidas importantes que amenacen la rentabilidad y eficiencia de la empresa y, por ende, su sostenibilidad y permanencia en el mercado.

Cuando se requiere evaluar la distribución de la planta, generalmente se asocia el concepto al método tradicional SLP; sin embargo, en la práctica pocas veces se incluyen herramientas matemáticas o computacionales que faciliten el cálculo en lo relacionado con el tiempo y los recursos para seleccionar la alternativa de distribución apropiada.

El presente trabajo realiza un aporte al conocimiento de las soluciones propuestas para problemas de distribución con métodos metaheurísticos y, en particular, a la aplicación práctica del método del algoritmo genético para resolver el problema planteado en el caso de estudio.

Objetivo general

Realizar una propuesta de redistribución de planta para el caso en estudio (una planta de alimentos) que mejore la eficiencia y la productividad mediante la aplicación de técnicas de distribución de planta e ingeniería de métodos.

Conclusiones

El objetivo del trabajo se cumple porque a través de la aplicación del método propuesto se logra reducir el costo del transporte con respecto a la distribución inicial. Se realiza un aporte significativo para la solución de problemas de distribución de planta mediante la exploración de variantes de los métodos tradicionales que permiten la estructuración y evaluación formal de la distribución.

El trabajo utiliza dos métodos para solucionar el problema del caso en estudio: la búsqueda y el procesamiento de los datos se realiza con la metodología del SLP, y las alternativas de distribución se encuentran con un algoritmo genético aplicado a este efecto.

Debido a las características de funcionamiento de un algoritmo genético, es decir, dado que es un método de búsqueda evolutiva y no secuencial, no cabe esperar que los resultados obtenidos en cada corrida sean exactamente iguales.

Se puede emplear un número grande de generaciones y observar el progreso de la función objetivo hasta que ese valor no cambie, pero esto sería ineficiente debido a que precisamente el objetivo que se persigue es disminuir el tiempo de cálculo; entonces, lo que se puede hacer es realizar varias corridas manipulando los valores de tamaño de población y número de generaciones para ver qué combinación de estas variables hace que el algoritmo converja más rápido.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, la aplicación de los algoritmos mejora el costo de la distribución inicial: en un 32,62% cuando se utiliza el primer algoritmo para distribuir los departamentos, y en un 45,91% cuando es aplicado el segundo algoritmo para distribuir las áreas de apoyo que se relacionan con algunos de los departamentos. Esto demuestra la eficiencia del algoritmo genético para encontrar en tiempo razonable buenas soluciones para problemas de distribución de planta. Es necesario precisar que las soluciones a problemas de distribución de planta no dependen únicamente del costo, y tienen que revisarse desde el punto de vista de la funcionalidad de la solución encontrada aplicada a un caso real.

La revisión bibliográfica efectuada demuestra que en la literatura más reciente los investigadores han entendido los problemas de distribución en planta como problemas multiobjetivo y que han propuesto métodos combinados para tratar el problema clásico de minimizar el costo de la distribución, mientras que se apoyan en técnicas de análisis multicriterio para la toma de decisiones sobre los factores cualitativos requeridos para el diseño.

Ejercicios

1. **¿Qué tipo de distribución utilizaría en una fábrica de tomates al natural? Justifique y proponga un diagrama en bloques.**
2. **¿Qué tipo de distribución elegiría para una fábrica de elementos mecanizados de distintos productos? Justifique y proponga un diagrama.**
3. **¿Cómo se denomina el sistema de fabricación de un buque? Justifique.**
4. **¿Qué principios suelen ponerse en juego a la hora del diseño de distribuciones?**
5. **Sintetice el proceso de diseño de un sistema por proceso.**
6. **Sintetice el proceso de diseño por producto.**
7. **¿Qué tipos de sistemas híbridos reconoce y cuándo se utiliza cada uno?**
8. **¿Qué objetivo tiene el balance de línea?**
9. **¿Qué condición debe cumplirse para que la eficiencia del balance sea del 100%?**

10. Un determinado modelo de camioneta se fabrica en una cinta transportadora. Se requieren 500 camionetas por día y el tiempo de producción por día es de 420 minutos. En la tabla se adjuntan las etapas, el tiempo de montaje y el orden de las operaciones. Se solicita el balance de línea con el número de estaciones mínimas que encuentre la mejor eficiencia del sistema.

Tarea	Tiempo (seg.)	Descripción	Precedentes
A	45	Colocar el soporte del eje trasero y sujetar a mano 4 tuercas a los tornillos	
B	11	Introducir eje trasero	A
C	9	Apretar las tuercas del soporte del eje trasero	B
D	50	Colocar el montaje del eje delantero y sujetar a mano 4 tuercas a los tornillos	
E	15	Apretar las tuercas del montaje del eje delantero	D
F	12	Colocar la rueda trasera 1ª y sujetar el tapón	C
G	12	Colocar la rueda trasera 2ª y sujetar el tapón	C
H	12	Colocar la rueda delantera 1ª y sujetar el tapón	E
I	12	Colocar la rueda delantera 2ª y sujetar el tapón	E
J	8	Colocar el eje de la dirección en el montaje del eje delantero y sujetar a mano la tuerca y el tornillo	F, G, H, I
K	9	Apretar la tuerca y el tornillo	J
	195		

CAPÍTULO 17

ERGONOMÍA Y ANTROPOMETRÍA

En este capítulo desarrollaremos las distintas características que, desde un punto de vista ergonómico y antropométrico, influyen en el rendimiento y la salud de los recursos humanos que desarrollan las más diversas actividades en las industrias, sin dejar de lado algunas particularidades que puedan existir en otras actividades humanas.

El ser humano, a partir de sus características físicas y espirituales (involucrando en este último concepto diferentes aspectos no materiales, como su voluntad, aspiraciones, intereses, etcétera), define sus *idoneidades*, o, dicho en otros términos, sus *capacidades* o *habilidades*, como la facilidad (o aptitud) para realizar determinadas acciones en forma natural y con eficacia.¹

Es fácilmente observable que si bien todas las personas pueden realizar las mismas actividades, estas serán realizadas con diferente grado de eficacia. Por ejemplo: es evidente que todos podemos jugar al fútbol, pero algunos lo harán mejor que otros, es decir, lo jugarán con mayor eficacia; en definitiva, tendrán mejor habilidad. Esto indica que *naturalmente*² cada persona tiene en sus capacidades grados diferentes de eficacia, es decir que tiene mayor aptitud hacia determinados tipos de actividades que otras.

Cada tarea laboral, por otra parte, impone requisitos a quien deba desarrollarla, como el esfuerzo físico y/o intelectual que exige, la habilidad manual que requiere su ejecución, la interpretación de situaciones, etcétera, es decir que puede pensarse que cada tarea laboral requiere específicamente un determinado perfil³ de capacidades del hombre que las lleve a cabo.

El trabajo humano se caracteriza por ser una actividad socioeconómica, es una actividad social pues la desarrollan las personas, y es una actividad económica pues

¹ Según el diccionario de la Real Academia Española, *eficacia* es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

² Entendido como innato o propio desde su nacimiento.

³ Conjunto de características necesarias para un puesto laboral.

opera en la transformación de los bienes económicos. En este punto, puede plantearse la disyuntiva respecto de qué aspecto debe primar, si el social o el económico.

Desde el punto de vista social, es evidente que el trabajo humano debe servir para satisfacer las necesidades humanas, lo cual nos lleva a privilegiar el aspecto social del trabajo. Pero desde el punto de vista económico y observando el principio de escasez de los recursos utilizados en la satisfacción de necesidades humanas, deberíamos privilegiar el aspecto económico del trabajo. En este sentido, la exigencia es que el trabajo humano no solo sea eficaz sino también eficiente, es decir que además de alcanzarse la meta establecida se lo haya hecho utilizando la menor cantidad de recursos posible.

Desde el punto de vista técnico, recurrimos a la disciplina del estudio del trabajo en la intención de armonizar los diferentes puntos de vista explicitados. El estudio del trabajo aborda la consideración de este conflicto desde la ergonomía y la antropometría. La *ergonomía* es la ciencia⁴ del trabajo humano que se basa en la investigación de las particularidades y capacidades del organismo humano, y crea con ello las condiciones previas para la adaptación del trabajo al hombre así como del hombre al trabajo, mientras que la *antropometría* es la ciencia de la determinación y aplicación de las medidas del cuerpo humano. Como puede deducirse de estas definiciones, el objeto de ambas ciencias es posibilitar la convergencia de los aspectos socioeconómicos del trabajo.

17.1. TRABAJO Y RENDIMIENTO HUMANO

Desde el punto de vista de la ergonomía, *trabajo es la totalidad de energía e información que es transformada o elaborada por el hombre durante el cumplimiento de tareas laborales*. Esta definición de trabajo posee una notable amplitud conceptual, ya que no solo abarca el trabajo dinámico, dado por el desplazamiento o los movimientos del trabajador, sino que también es extensiva a la consideración del trabajo estático (el trabajador en un puesto de trabajo fijo y también el trabajo intelectual, como pueden ser los procesos mentales de reflexión, de atención profunda, etcétera).

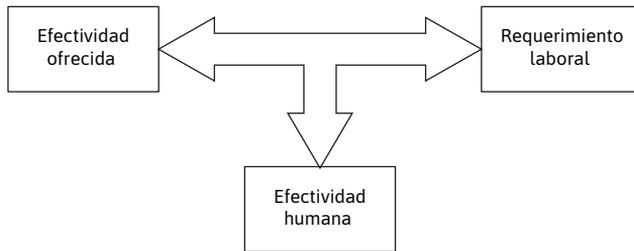
El rendimiento del hombre en la tarea laboral está condicionado, por un lado, por los requisitos emergentes de la tarea laboral en sí y, por otro lado, por la aptitud con la que el hombre realiza su tarea. Nuestra idea de *aptitud* (como capacidad o habilidad para realizar una cierta tarea) está comprendida en la metodología REFA en el concepto de *efectividad ofrecida*.

Asimismo, nuestra idea de *rendimiento (eficiencia o productividad)* del hombre en la ejecución de la tarea laboral está correspondida en la idea de *efectividad*

⁴ Utilizamos la expresión *ciencia* siguiendo los lineamientos de REFA. No es nuestro objeto discutir la categorización de la ergonomía y de la antropometría como *ciencia o disciplina tecnológica*.

humana de la metodología REFA. En REFA se utiliza el concepto de *aptitud como confrontación de las idoneidades de una persona con los requerimientos de la tarea laboral* (en la idea de capacidad potencial), y, como veremos, la efectividad ofrecida incluye además de la actitud otras consideraciones respecto del desarrollo de la actividad de las personas (en la idea de capacidad dinámica).

Figura 17.1. Efectividad humana como relación del requerimiento laboral con respecto a la efectividad ofrecida



17.2. EFECTIVIDAD OFRECIDA

La *efectividad ofrecida* por el ser humano en función de una tarea laboral comprende tres aspectos:

$$\text{Efectividad ofrecida} = \text{Idoneidad} + \text{Disposición} + \text{Impulsos}$$

Puede observarse que la efectividad ofrecida por el hombre parte de las idoneidades que caracterizan al individuo, y es afectada por su disposición y motivación. Para comprender más este tema, ampliaremos los conceptos. Las *idoneidades* comprenden:

- Las habilidades naturales del ser humano.
- Su formación profesional.
- La experiencia acumulada.
- La adaptación en el entrenamiento realizado en la actividad específica.

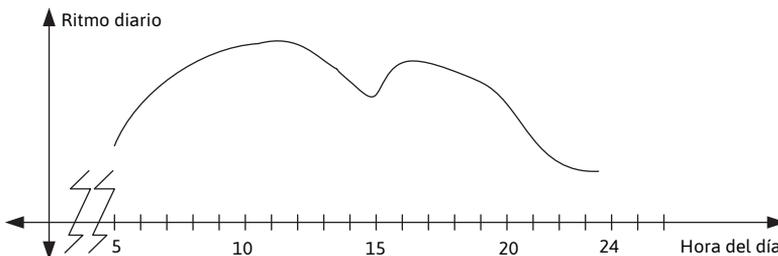
Como puede apreciarse, el concepto de *idoneidad* no solo contiene las habilidades naturales de la persona (habilidades innatas), sino que además incluye todo aquello que la persona ha realizado a través de procesos de aprendizaje tanto teóricos como prácticos en la adquisición y el desarrollo de sus habilidades.

En este concepto de idoneidad pesa además otro factor: la experiencia que a lo largo del tiempo la persona adquiere por desempeños laborales similares y por otro tipo de actividades que la persona ha incorporado como conocimiento propio. Asimismo, otro factor que se incluye es la adaptación y el entrenamiento realizado que destaca la necesidad de adquirir un cierto grado de adiestramiento para una tarea nueva, más allá de que ella sea del mismo contenido conceptual que la persona está acostumbrada a realizar. Este factor que conocemos como aprendizaje de la tarea es un elemento que debemos tener en consideración en nuestra actividad cuando se evalúan desempeños.

En la metodología REFA se considera que, en cierto modo, las idoneidades representan la capacidad máxima de la persona, y de la cual puede disponer plenamente. Nosotros preferimos hablar de capacidad potencial (más que de capacidad máxima),⁵ pues con ello apelamos a la idea de la física respecto de los conceptos de energía potencial (idoneidades) y energía dinámica (efectividad o rendimiento humano).⁶

Como se ha indicado en los párrafos anteriores, la idoneidad puede ser modificada por un aspecto que tiene que ver con la física de la persona, *la disposición*, y por otro que tiene que ver con lo espiritual, *los impulsos*. La *disposición* comprende el ritmo diario, la situación corporal y la fatiga. *El ritmo diario* indica la forma en que varía a lo largo del día la disposición del ser humano. De acuerdo con estudios realizados, se ha podido establecer que se registra un máximo en las horas de la media mañana y luego comienza un descenso de la disposición al rendimiento hasta las primeras horas de la tarde, a partir de lo cual se comienza una etapa ascendente que culmina en un segundo máximo, pero de orden menor que el registrado en la mañana, y luego un pronunciado descenso que alcanza un mínimo hacia las 3 horas de la noche (en rigor, de la madrugada del día siguiente). La figura 17.2 muestra la curva típica del ritmo laboral de un trabajador medio.

Figura 17.2. Ritmo diario en función de la hora



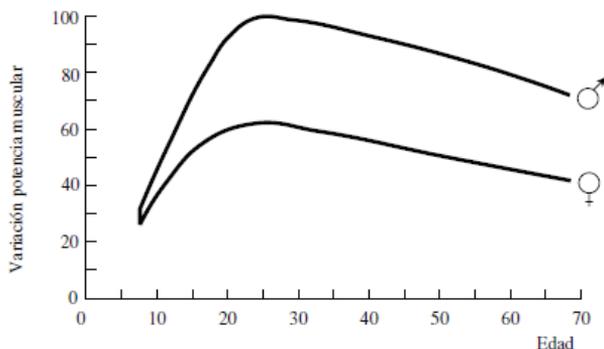
⁵ Esta diferenciación está básicamente referida a diferentes formas de expresión más que a diferencias profundas de concepto.

⁶ Esta analogía no debe tomarse linealmente, dado que lo que queremos es establecer un criterio de comprensión de los conceptos vertidos.

Si bien las consecuencias del ritmo diario pueden ser de algún modo amortiguadas por la persona a través de los estímulos, su existencia, que responde a razones climáticas, culturales y de hábitos personales, es un hecho que debe ser tenido en cuenta por los desequilibrios que se producen en los cambios de turno de trabajo, especialmente en los nocturnos.

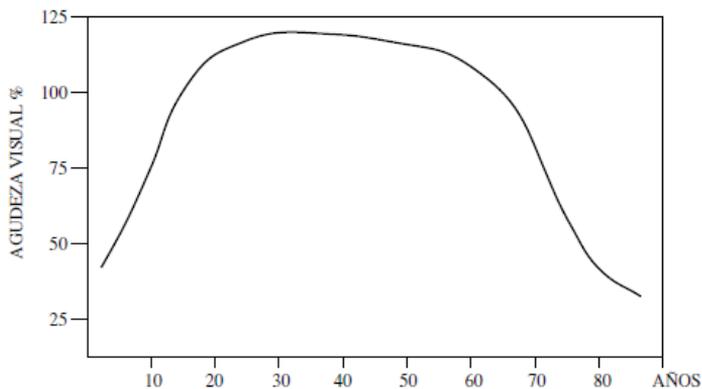
La situación corporal del individuo se relaciona con su edad, dado que en la medida en que esta aumenta disminuyen las capacidades corporales, como la fuerza muscular, la capacidad intelectual, el rendimiento de órganos como los ojos, los oídos, etcétera, lo que de algún modo puede ser disimulado en sus efectos por las experiencias adquiridas, el entrenamiento sistemático, etcétera.

Figura 17.3. Variación de la potencia muscular en función de la edad, discriminada según hombre y mujer



Fuente: Ergonomía I, Fundamentos. Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

Figura 17.4. Comportamiento de la agudeza visual en función de la edad



Fuente: Ergonomía I, Fundamentos. Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

La fatiga es un fenómeno periódico en todo organismo vivo que se traduce en una pérdida de capacidad de rendimiento, y es compensada mediante el descanso suficiente. Puede considerarse generada por tres aspectos diferentes: fatiga biológica, fatiga laboral y fatiga de los impulsos. *La fatiga biológica* es la debida al funcionamiento propio del organismo de la persona. Por ejemplo, quien no realiza ninguna tarea también se siente cansado al término del día. *La fatiga laboral* es el desgaste de las fuerzas físicas producido por las condiciones de trabajo; y cuando se debilitan los impulsos o estímulos que le permiten al trabajador acrecentar su disposición a la tarea laboral ocurre *la fatiga de los impulsos*, la cual se hace presente en el trabajador en creciente desgaste de fuerzas y falta creciente de interés por la tarea, dolores corporales y sensaciones de agotamiento.

En general, la fatiga de los impulsos es causa de disminución de los rendimientos, aunque como normalmente se presenta en forma casi simultánea con la fatiga laboral no pueden ser fácilmente delimitadas. A pesar de ello, los estudios demuestran que la fatiga laboral se evidencia principalmente en la creciente inseguridad de las manipulaciones, cambios en la postura corporal, esfuerzo visiblemente creciente en la realización de la tarea, etcétera, mientras que *la fatiga de los impulsos* conduce a una debilitación del interés, y así surge el aburrimiento, el hastío, la recurrencia en mirar la hora, etcétera.

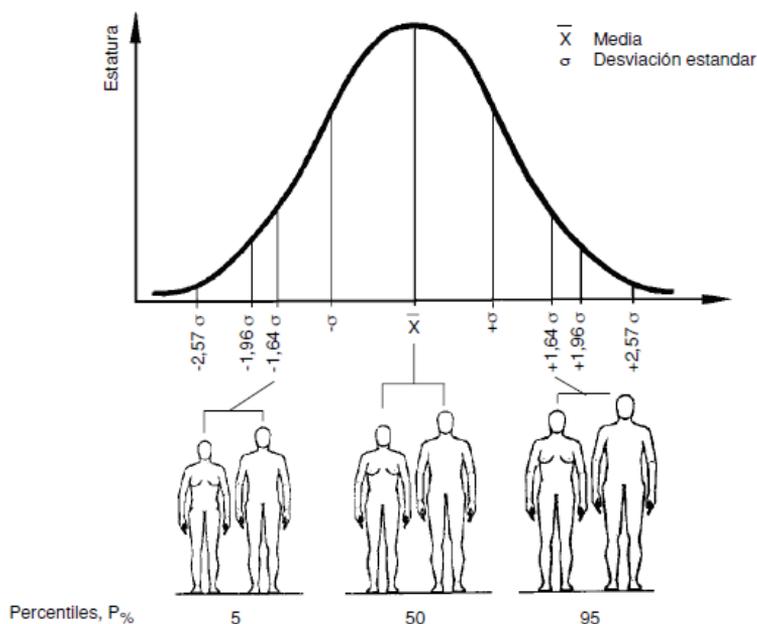
La fatiga laboral se acrecienta con la duración y la dificultad de las solicitudes de la tarea laboral, y si bien la fatiga no es un estado dañino para el organismo, a menos que se convierta en un cansancio general excesivo cuyo caso extremo es el agotamiento, debe ser compensada a través de períodos de descanso durante la jornada laboral, de modo que no se produzcan daños ni en la capacidad de rendimiento ni en la salud del operario. Dentro del concepto de solicitudes que genera la tarea laboral debemos incluir la intensidad de la solicitud, su duración y la frecuencia de la solicitud.

En el concepto de *impulso* se involucran las diferentes motivaciones del trabajador con respecto a su tarea laboral más allá del objetivo primario de ganar dinero, puesto que la persona como tal evidencia necesidades cuya satisfacción no puede ser cubierta total o parcialmente con dinero. Esas necesidades pueden clasificarse en diversas categorías, como las *primarias*: fisiológicas, de autoconservación, etcétera; de *seguridad*: no solo física sino también referidas al nivel de vida, de ingresos, etcétera; *sociales*: de pertenencia y aceptación al grupo que lo rodea; *psicológicas*: el hombre aspira al reconocimiento, al prestigio, al respeto, y de todo ello brota la estimación de sí mismo o su autoestima; de *autorrealización y autocumplimiento*: el hombre aspira a establecer un sello personal en sus diferentes actividades, verse gratificado por sus creaciones y logros.⁷ Así, consideramos dentro de los impulsos la aspiración a la ganancia, al reconocimiento, el interés por la tarea laboral, la solidaridad, etcétera.

⁷ Recordemos las diferentes teorías de la motivación que han sido expuestas en Introducción a la Organización Industrial I, como la teoría de Maslow, la de las tres necesidades de Atkinson, etcétera.

Por medio de estudios estadísticos puede determinarse, en relación con la tarea laboral, la variación de las diferentes medidas del cuerpo humano, y establecer (por sexo) un valor promedio y los valores límites, inferior y superior, de cada dimensión. El valor límite de cada dimensión ha sido calculado de modo tal que solo el 5% de la población pueda ubicar valores por debajo del mínimo, y el mismo criterio se adopta para el valor máximo, de modo que no más del 5% de la población pueda superar dicho valor.

Figura 17.6. Curva normal y de percentiles para las estaturas de hombres y mujeres de una supuesta población



Fuente: Ergonomía I, Fundamentos. Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

Es importante destacar que los valores tabulados son válidos para las poblaciones en estudio, y que varían según las distintas regiones. El criterio de diseño antropométrico del puesto de trabajo no toma en cuenta el valor medio de cada dimensión como elemento único de consideración, ya que debe diseñarse pensando en que dicho puesto sea apto para el 90% de las personas, lo cual obliga a pensar qué sucede con las desviaciones de medidas a partir del valor medio.

Un criterio de diseño que debería aplicarse más frecuentemente es el que se conoce bajo el nombre de *diseño para intervalos ajustables*. En estos casos, la altura, el respaldo y las inclinaciones son ajustables a las necesidades de la tarea, como el caso del sillón de peluquería, el sillón de odontología, el asiento de un vehículo, etcétera. Lógicamente, los costos de estos sillones son, en cierta medida, elevados;

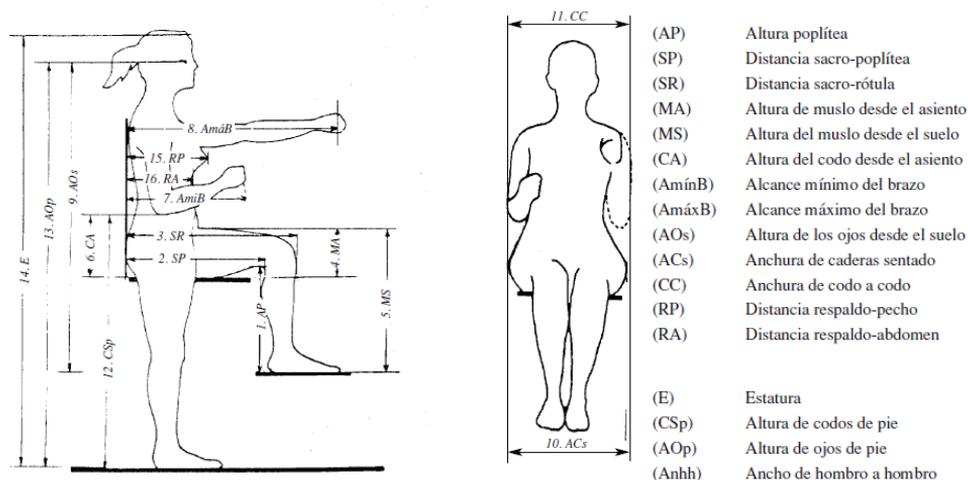
sin embargo, cuando el trabajador pasa de un 30 a un 40% del día (tomando el día completo, o sea, las 24 h) sentado realizando la tarea, el costo pasa a ser de baja importancia frente al beneficio que este otorga.

En el caso de una persona sentada, la medida de referencia está dada por la distancia que separa el piso de la parte inferior del muslo (o sea, la cara superior del asiento). Ese valor será igual al valor medio de la longitud de la parte inferior de la pierna, la cual corresponderá a la altura del asiento con la persona apoyando la planta del pie en el piso, pero lo que el diseñador del puesto de trabajo debe considerar es cómo afecta al hombre de dimensiones diferentes al promedio un diseño rígido de la altura del asiento.

La práctica demuestra que, en general, una desviación de la altura del asiento hacia arriba es para las personas situadas por debajo del valor medio (los pies quedan colgando) más desagradable que lo inverso, esto es, la posición de las piernas de una persona con dimensiones superiores al valor medio sentado sobre un asiento cuya altura presenta una desviación hacia abajo con respecto al nivel medio. En estos casos, una condición de análisis de diseño está dada por la posibilidad de dotar de apoyapiés regulables al puesto de trabajo.

Asimismo, la práctica nos indica que si la persona sentada debe colocar sus piernas debajo de un plano de trabajo, las sensaciones desagradables serán de sentido contrario al caso anterior, ya que una persona con dimensiones superiores al promedio se sentirá muy incómoda porque la posición de sus piernas estará limitada por el plano de la mesa.

Figura 17.7. Dimensiones antropométricas relevantes para el diseño de puestos laborales



Fuente: Ergonomía I, Fundamentos. Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

La posición de la persona en el puesto de trabajo debe ser considerada desde dos puntos de vista: desde la tarea laboral y desde la sollicitación al trabajador. Cuando se analiza el diseño del puesto de trabajo desde el punto de vista de la tarea laboral no se presentan mayores dificultades en determinar la posición más favorable, dado que donde sea necesario realizar movimientos amplios del cuerpo o de los brazos, o donde sean precisos grandes esfuerzos musculares, solo se trabajará en posición de pie, pues esta posición no solo permite mayor amplitud y facilidad de movimientos sino que también facilita el empleo de la masa del cuerpo. Por el contrario, cuando se necesita una observación precisa y movimientos minuciosos, la posición sentada aparece como la más conveniente.

Desde el punto de vista de la sollicitación a la cual estará sometido el trabajador, debe preferirse la posición de trabajador sentado, dado que ella requiere menor sollicitación que la posición de pie, ya que en esta posición la sangre se acumula fuertemente en las piernas, lo cual puede perturbar la circulación y producir enfermedades del tipo de várices. Asimismo, debe tenerse presente que la posición sentada permanentemente puede ocasionar hemostasis, estancamiento de la circulación sanguínea y molestias o irregularidades intestinales.

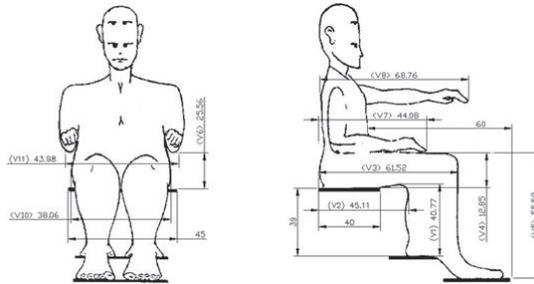
Aunque limitada en su uso por las características de las tareas a desarrollar, la solución óptima en la definición de la postura del trabajador está dada por la posibilidad de que el trabajador varíe su posición de acuerdo con su voluntad o de acuerdo con las secuencias de la tarea, alternando entre la posición de pie o sentado; esta variación no solo repercute en disminuir las sollicitaciones al trabajador sino que también facilita el mantenimiento de la atención en la tarea.

17.3.1. Medidas del puesto de trabajo para la posición de sentado

Cuando las características de la tarea laboral a desarrollar permiten la posición de sentado, el diseño del puesto de trabajo debe atender a evitar que dimensiones o disposiciones inadecuadas de elementos conduzcan a una sobrecarga en la sollicitación de la musculatura de la nuca, de los hombros y de la espalda principalmente. Las medidas de altura de trabajo, altura de asiento y área de alcance guardan una estrecha relación entre sí y deberían ser tratadas en conjunto.

La altura de trabajo define la posición en la que tienen que situarse los objetos de trabajo que serán elaborados u observados, y será acotada desde el plano del asiento del trabajador. Es conveniente precisar que no debe confundirse altura de los objetos de trabajo con altura del plano de la mesa, dado que los objetos a elaborar pueden estar situados sobre dispositivos que, en consecuencia, varían la altura del objeto respecto del plano de la mesa. El tipo de tarea a desarrollar incide en la determinación de la altura a adoptar para los objetos en elaboración, dado que en los casos en que se exigen tareas de precisión debe considerarse en forma prioritaria la altura de los ojos, el ángulo de inclinación de la mirada y la distancia visual.

Figura 17.8. Análisis del puesto para la posición sentado

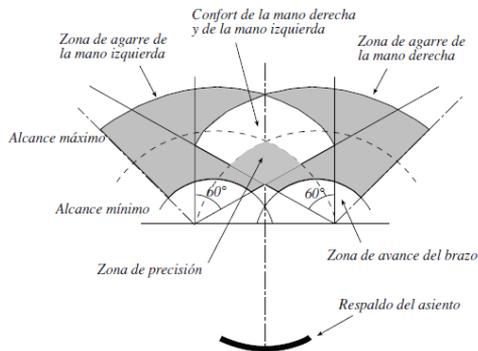


Fuente: Ergonomía 3, Diseño de puestos de trabajo. Mondelo (1998).

Cuando se trata de una tarea que combina tareas de montaje con uso de máquinas, es preciso hallar una solución de compromiso entre las buenas condiciones visuales y una postura cómoda de los brazos, los cuales deberán colgar en lo posible en posición vertical. En las tareas que requieren movimientos menos finos y precisos deberá privilegiarse la libertad de movimiento de los brazos. A su vez, la altura del plano de la mesa por encima del plano del asiento estará limitado hacia abajo por el grosor de los músculos de la pierna del operario.

La altura del asiento se define respecto del plano de apoyo de los pies, y deberá permitir su regulación de modo de adaptarla a las dimensiones fijas de una máquina o de un dispositivo de trabajo. El espacio sobre la superficie de la mesa que la mano puede alcanzar sin esfuerzo está limitado por la longitud del brazo, y se denomina área de alcance. Se pueden definir dos áreas: una normal, dada por el radio de giro del brazo con centro de rotación en los codos, y otra máxima, dada por el radio definido por el brazo con centro de giro en el hombro.

Figura 17.9. Descripción de alcances y zonas de ambos brazos y manos para el puesto laboral



Fuente: Ergonomía I, Fundamentos. Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

Suelen disponerse herramientas o componentes a elaborar por encima o debajo del plano de la mesa; en estos casos se debe prestar atención a sus formas, dimensiones y peso, de modo de facilitar el asir de esos elementos. En el caso de que los comandos de dispositivos sean accionados por medio de los pies, su posición deberá referenciarse con respecto a la línea vertical que pasa por el centro de trabajo de las manos. Un caso muy estudiado desde la aparición de los computadores personales es el puesto de trabajo con computadoras. Para este puesto, las consideraciones básicas son pantalla, teclado, *mouse*, silla y tiempo de trabajo. Para el caso de la pantalla, extraemos las siete consideraciones de Mondelo y otros:

1. El borde superior de la pantalla debe coincidir con la altura de los ojos del operador y este no debe estar a menos de 50-60 cm de distancia de ella.
2. Las pantallas y demás elementos del puesto deben poderse inclinar vertical y horizontalmente con facilidad, pues es necesario orientar las pantallas de los ordenadores en una posición compatible con las fuentes de luz para evitar deslumbramientos por las reflexiones que dificultan la lectura de la pantalla, teclado, papeles, etc., ya que provocan molestias, demoras y errores de interpretación o comprensión de la información. Estas reflexiones se producen tanto por la luz del sistema de iluminación artificial del local como por la luz natural que entra por las ventanas. Los deslumbramientos por luz natural directos o por reflexión se evitan no situándose ni de frente ni de espaldas a ventanas o utilizando cortinas regulables según la hora del día; debemos recordar que los efectos de la luz diurna varían durante el día por el desplazamiento del sol.
3. Es imprescindible que el operador pueda controlar la luminosidad y el contraste de la pantalla.
4. El local debe estar siempre iluminado.
5. El tamaño de los caracteres debe estar entre 3,5 y 4,5 mm.
6. La mejor relación de contrastes compatible con la mayoría de los documentos impresos en papel está en los caracteres negros sobre fondo blanco, aunque algunos especialistas recomiendan caracteres amarillos sobre fondo marrón-ámbar.
7. Son recomendables las siguientes condiciones de luminancias y nivel de iluminación:
 - luminancia media de la pantalla con texto: 15 cd/m²
 - luminancia media de los caracteres: 48 cd/m²
 - luminancia media del fondo de la pantalla: 11 cd/m²
 - nivel de iluminación sobre los documentos en papel: 300 lux
 - relación de luminancias caracteres/fondo de la pantalla: 6:1
 - relación de luminancias alrededores/pantalla: 1

Fuente: Mondelo y otros (1998: 164).

La figura 17.10 muestra la versatilidad que debería tener un puesto de trabajo con computadora, en el que, como se puede observar, la mayoría de las variables trabaja bajo diseño para intervalos ajustables.

Figura 17.10. Análisis de versatilidad para el puesto de trabajo con computadora



Fuente: Ergonomía 3, Diseño de puestos de trabajo. Mondelo (1998).

En cuanto al teclado, la posición ideal es aquella que minimice las cargas musculares. Debe tenerse en cuenta que para aquellos que están varias horas trabajando con una computadora, la posición de las manos genera tendinitis y cansancio muscular. La altura de las manos, en este caso, deberá ser similar a la de los codos, y estos deben estar en línea con la cintura (condición de muy baja carga muscular). Es conveniente una leve inclinación del teclado a fin de minimizar aún más la carga.

EL *mouse* deberá tener una forma anatómicamente similar a la palma de la mano, en una posición similar a la del teclado. En cuanto al tiempo de trabajo, estará relacionado con la tarea realizada, el nivel de concentración, lo rutinario, tedioso, etcétera, y los suplementos por descanso fueron estudiados en el capítulo 11: “Estudio de tiempos”. Otros aspectos que deberán considerarse son la iluminación y los contrastes de colores, que se desarrollarán más adelante en este capítulo.

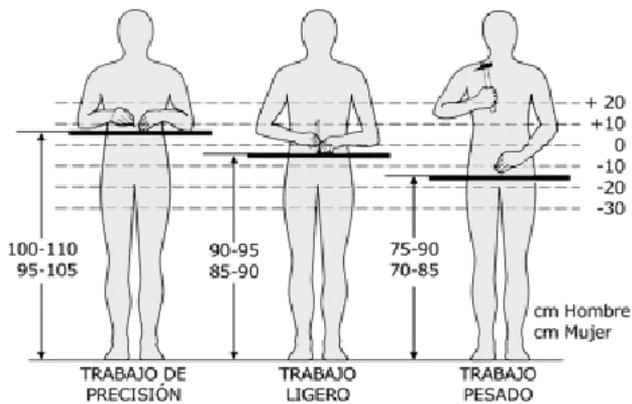
17.3.2. Medidas del puesto de trabajo para la posición de pie

La adaptación de la altura de trabajo al trabajador situado de pie presenta dificultades mayores que en el caso de la posición de sentado, dado que en general las alturas de las mesas y máquinas no pueden ser modificadas verticalmente, y las diferencias entre un operario de estatura elevada y una mujer de escasa estatura puede situarse en los 25 cm, siempre dentro de valores considerados normales. Un procedimiento es diseñar el puesto para las personas de altura elevada y utilizar tarimas o pedestales para los de menor altura, pero ello puede acarrear inconvenientes de desplazamiento del operario o de practicidad, especialmente en situaciones en las que se debe mover para carga y descarga de la máquina.

Otro procedimiento es el de diseñar teniendo en cuenta las alturas promedio; en este caso nos encontramos con una solución que puede ser no muy conveniente para los casos extremos. El área de alcance horizontal en esta posición es la misma que en la posición de sentado, pero puede incluirse asimismo la posibilidad de desplazamiento lateral, lo que aumentaría el área de alcance. Debe cuidarse un ámbito de acción de las piernas que garantice suficiente libertad de movimiento respecto de la punta de los pies, de modo que el eje vertical del cuerpo se sitúe entre ambos.

Otro aspecto que debe considerarse es que no resulta aconsejable que se accionen dispositivos y controles con los pies, pues ello desplazaría el peso del cuerpo hacia una de las piernas, lo que generaría una sobrecarga sobre la pierna de apoyo.

Figura 17.11. Dimensiones de los puestos para la posición de pie haciendo referencia al tipo de tarea



Fuente: http://www.uv.es/sfpenlinia/prevencio/264_prevencin_diseo_puestos_de_trabajo.html.

17.3.3. Medidas del puesto de trabajo para posiciones extrañas

Puede darse el caso de que el trabajador deba desempeñar su tarea en posiciones o puestos extraños, por ejemplo sobre silletas de pintura en altura, soldadura de elementos en sitios complejos, revoques o construcción de paredes incómodas, etcétera. Para estos casos, el diseñador del puesto deberá recurrir al sentido común, y principalmente buscar el menor riesgo posible en lo que respecta a la salud laboral y a la seguridad en el trabajo. Es imprescindible para estos casos (en Argentina) recurrir a los conceptos de seguridad descriptos en la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley 19587).

17.4. ESTUDIO ERGONÓMICO DEL PUESTO DE TRABAJO

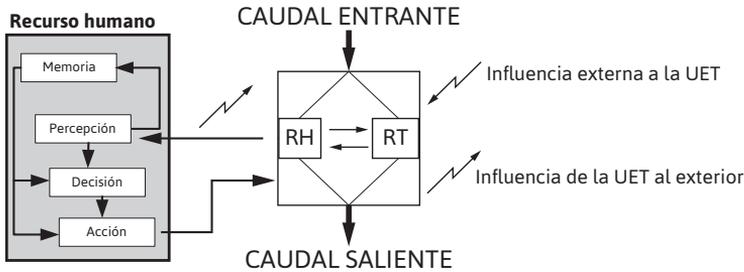
En el capítulo 4, que trata sobre los sistemas laborales, habíamos establecido en la integración de una UET (la unidad elemental de transformación) la interactividad del recurso humano con el recurso tecnológico, los intercambios de energía e informaciones, el flujo de materias primas y servicios de apoyo, y las interacciones con el medio ambiente.

Una UET está caracterizada por el objeto de su tarea de transformación, y sus características principales son: el *caudal de entrada*, que está integrado por las materias primas que ingresan a la UET para su elaboración (o transformación); el *recurso humano*, que está definido por los hombres y mujeres que desempeñan sus actividades en relación con la UET; el *caudal de salida*, definido por los materiales elaborados y los rezagos del proceso; los *recursos tecnológicos*, dados por las máquinas, las herramientas, los dispositivos y los procedimientos de trabajo; los *condicionamientos externos*, como el climático, los sociales (influencias políticas, religiosas, laborales), los tecnológicos (ruidos, vibraciones, fuentes de calor) y todos aquellos factores presentes en el medio, ya sea en forma permanente u ocasional; y los *efectos al exterior*, constituidos por los factores que, emergiendo de la UET, afectan el medio en el cual se hallan inmersos, como efluentes sólidos, líquidos, gases, vapores, etcétera.

Como se indica en la figura 17.12, el hombre, con la ayuda de sus órganos sensoriales (en especial la vista y el oído), sigue el proceso de trabajo, percibe algún tipo de señal (luminosa, sonora, de actividad, etcétera), compara lo percibido con valores previstos o con experiencias almacenadas en su memoria, y de ello deriva su decisión sobre las acciones necesarias para alcanzar el resultado esperado de su tarea.

El tipo de actividad de una persona en su puesto de trabajo está comprendida entre dos situaciones extremas: el trabajo corporal y el trabajo intelectual, que no se dan en forma excluyente una de otra sino que, en términos generales, ambas formas se presentan simultáneamente, pero en la medida en que prima una de ellas, la otra pierde significación, esto es, que cuando una tarea tiene esencialmente componentes de trabajo corporal, la presencia de trabajo intelectual es mínima y viceversa. La relación recurso humano / recurso tecnológico evidenciada en la UET puede ocurrir dentro de tres estadios diferentes: el trabajo puramente manual, la tarea mecanizada y la tarea automatizada.

Figura 17.12. El modelo indica la tarea intelectual del recurso humano en el puesto de trabajo



Como todo trabajo, consiste en el transporte o elaboración de objetos que, en rigor, conforman transformaciones de energía e información; la relación del hombre con ello se adecúa a los estadios del tipo de relación que hemos definido. En la tarea *eminente manual*, la acción del operario brinda la energía necesaria para la realización de la tarea laboral y la generación y transmisión de información. Son ejemplos característicos de este estadio las tareas de ensamblado de pequeñas partes, empleando o no la ayuda de dispositivos de sujeción y/o pequeñas herramientas, como atornilladores, remachadoras, etcétera. Como hemos detallado en el capítulo del tiempo cronometrado, el tiempo de realización de este tipo de actividades depende básicamente de la persona.

El estadio definido como *tarea mecanizada* nos presenta recursos tecnológicos de grado creciente de desarrollo, en los que la energía que los opera es un aporte externo a la UET, y la energía que el operario brinda está destinada al gobierno del recurso tecnológico y la información. Son ejemplos de este tipo de relación entre el recurso humano y el tecnológico las operaciones de matrizado, en las cuales un operario trabaja con un balancín, o una operación de roscado, la cual se realiza por la interacción de un operario con una máquina roscadora; en este último ejemplo, el tiempo que demandará la ejecución de la actividad dependerá en parte de la persona y en parte de la máquina.

En determinado tipo de tareas laborales la tendencia creciente es a disminuir las sollicitaciones físicas del trabajador, aumentar la velocidad de ejecución, nivelar la calidad de fabricación e incorporar mecanismos que puedan generar y procesar la información de control del medio de elaboración de modo de producir su autogobierno, y que el hombre solo realice una actividad de vigilancia y control general, lo que responde a lo denominado como estadio de *automatización*.

Como ejemplo, podemos mencionar las inyectoras automáticas, los tornos automáticos, etcétera, en los cuales el operario se limita a controlar periódicamente la actividad de la máquina y realimentarla (recargar la materia prima necesaria).

En este tipo de situaciones el tiempo de ejecución de la actividad dependerá esencialmente de la máquina. Si bien en ciertos sectores de la producción el avance del automatismo ha sido y es singular, no es menos cierto que existen también significativos sectores en los cuales el trabajo básicamente manual sigue vigente.

17.4.1. Consideraciones ergonómicas del trabajo básicamente muscular

Los trabajos predominantemente musculares son aquellos que están caracterizados por la intervención de varios músculos y por movimientos de todo el cuerpo y sus miembros. En general son trabajos móviles como los que se desarrollan en almacenes, la construcción, la agricultura, servicios de mensajería, enganche de vagones en una playa de maniobras del ferrocarril, etcétera.

Los músculos, junto con los huesos del esqueleto y los tendones, constituyen el aparato de movimiento del ser humano y representan aproximadamente un 40% del peso total del hombre. Toda postura corporal adoptada por la persona corresponde a una determinada posición del esqueleto, el cual es mantenido por un gran número de músculos, que están constituidos por fibras agrupadas por los tendones que se adhieren a los huesos.

Cuando se presenta una solicitud, es decir, cuando debe realizarse un esfuerzo muscular como levantar un peso, un cierto número de fibras musculares se contraen generando entonces una cierta fuerza. El número de fibras que trabaja depende del grado de solicitud: a mayor fuerza, mayor número de fibras se contraen. Luego de una breve actividad, las fibras contraídas se relajan y son sustituidas por otras fibras, lo que facilita el proceso de recuperación del esfuerzo.

Suelen distinguirse tres formas de trabajo muscular, las cuales pueden ocurrir en forma no excluyente en el transcurso de una tarea laboral: trabajo muscular estático, trabajo muscular dinámico pesado y trabajo muscular dinámico unilateral.

En el *trabajo muscular estático* se pone en tensión un músculo en respuesta a la acción de una fuerza exterior sin que se efectúe movimiento alguno, como puede darse en el caso de sostener un peso. En estas condiciones el músculo se fatiga rápidamente, dado que la contracción de las fibras musculares hace que los vasos sanguíneos que se encuentran en dichos músculos se compriman fuertemente y, en consecuencia, disminuyan o paralíen la circulación sanguínea en esa zona. La característica de esta sollicitación es de alta demanda de sangre en el músculo con bajo riego sanguíneo.

En el *trabajo muscular dinámico*, como puede suceder cuando se acciona un volante, se suceden en rápida serie la contracción y el relajamiento del músculo, lo cual facilita el riego sanguíneo.

Se define un *trabajo muscular dinámico unilateral* en aquellos casos en que se somete un número relativamente pequeño de músculos pero con sollicitaciones re-

lativamente importantes frente a la capacidad de dichos músculos. Como ejemplo podemos mencionar el caso de la escritura a máquina, lijar una pieza, limar, etcétera.

La sollicitación a la que es sometida una persona en un trabajo predominantemente muscular puede ser medida a través del metabolismo, que es el proceso por el cual se produce energía en el cuerpo humano. Para llevar a cabo ese proceso son necesarios elementos nutritivos como los hidratos de carbono, las grasas y el oxígeno, los cuales son extraídos por la sangre del hígado y del pulmón. La demanda de esos elementos combustibles aumenta cuanto mayor es el número de músculos que trabajan.

En la medida en que la demanda de energía sea deficientemente cubierta, aumentará la dificultad de realización de la tarea, una circunstancia que también se pone de manifiesto en el comienzo de la tarea debido a la falta de adaptación previa del sistema circulatorio a la nueva demanda. Además del metabolismo laboral, que hemos explicado, se puede mencionar el metabolismo basal, que es el requerido por la actividad propia del cuerpo humano en su subsistencia. El metabolismo puede ser medido a partir de la demanda de oxígeno de la persona en el momento de realizar la tarea.

Otro procedimiento para determinar la sollicitación a la que está sometido el trabajador en el momento de la ejecución de una actividad está dado por la medición del ritmo cardíaco, puesto que para satisfacer la elevada demanda de oxígeno el cuerpo humano debe acelerar el proceso de circulación sanguínea, lo que se traduce en un aumento de las pulsaciones por minuto (frecuencia del pulso).

El incremento del ritmo cardíaco por encima de los valores básicos o de reposo denominado *frecuencia de pulso durante la tarea* constituye un módulo para medir la sollicitación corporal del hombre, la cual dependerá de la dificultad y duración de la tarea y de la capacidad de rendimiento corporal del trabajador: cuanto mejor esté entrenada una persona, más baja será la frecuencia del pulso a igual rendimiento laboral. Al término de la tarea laboral, el pulso disminuye primero rápidamente y luego más lentamente, hasta alcanzar el ritmo de reposo.

La frecuencia del pulso permanecerá constante durante la jornada laboral si se produce un equilibrio entre la demanda de oxígeno y la provisión de este por el riego sanguíneo; en consecuencia, el nivel del pulso dependerá directamente de la sollicitación. El valor límite de sollicitación continua, que se define como la máxima dificultad de trabajo admisible sin que se acelere la frecuencia del pulso durante la tarea, puede considerarse en el orden de las 90 pulsaciones por minuto, valor este dado solamente como referencia y sin valor de definición.

17.4.2. Análisis ergonómico del trabajo predominantemente no muscular

No existe actividad alguna que no requiera atención y actividad de los sentidos, lo cual nos lleva a considerar los requerimientos planteados a los órganos sensitivos de la persona por esas actividades. *Los ojos* constituyen sin lugar a dudas el órgano más

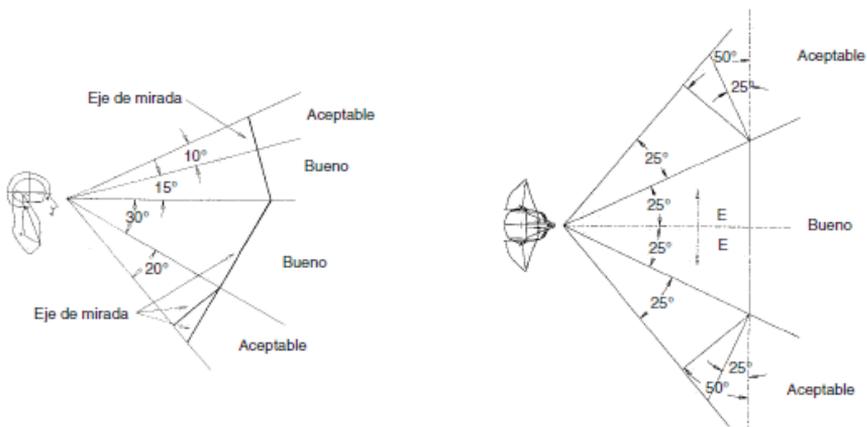
importante para la admisión de informaciones y para la ejecución de movimientos corporales, especialmente de los brazos. Debe tenerse en cuenta que siendo uno de los órganos más pequeños del cuerpo humano, es el que asiste a la mayor cantidad de trabajo que realiza el cuerpo y es uno de los órganos que más se daña como consecuencia de la actividad laboral, de allí que debemos prestarle especial importancia a su cuidado.

En forma similar a una máquina fotográfica, también inciden en el ojo rayos luminosos irradiados o reflejados por un objeto y que a través de una lente pasan al órgano fotosensible del ojo denominado retina. Los numerosos impulsos de diversa intensidad que desde la retina llegan al cerebro hacen posible la percepción de las imágenes.

El proceso de acomodación es aquel por el cual el ojo se adapta a las diversas tareas visuales mediante la variación del radio de curvatura del cristalino producida por la contracción de un músculo que lo rodea en forma de anillo. El enfoque del ojo al punto más cercano significa la máxima contracción del músculo; si dicho enfoque debe permanecer por un tiempo largo, el músculo puede ceder su fuerza de contracción y el punto cercano se aleja del ojo. Con el paso de los años se reduce la gama de acomodación del ojo por reducción de la elasticidad del cristalino, lo que conduce a una reducción de la *agudeza visual*, definida esta como el valor recíproco del ángulo bajo el cual pueden ser percibidos dos objetos como separados entre sí. En los trabajos de precisión, la agudeza visual influye directamente sobre el rendimiento laboral.

El proceso de *adaptación* adecúa el ojo a las diferentes intensidades luminosas circundantes. Este proceso es realizado por músculos que mueven los globos oculares. Estos músculos se encuentran en equilibrio cuando la mirada está dirigida hacia adelante, en línea recta, inclinada entre 30 y 40° respecto de la horizontal.

Figura 17.13. Ángulos de visión vertical y horizontal, respectivamente



Fuente: Ergonomía III. Fundamentos, Aula Politécnica ETSEIB. Mondelo, Gregori, Barrau.

Como toda fijación de la vista está unida a las correspondientes operaciones de acomodación y adaptación del ojo, debería evitarse, especialmente en los puestos de trabajo de agarre y montaje, los cambios rápidos y frecuentes de la dirección de la mirada. En forma similar puede estudiarse la relación de los sentidos y actividades de la persona, como la atención, concentración, etcétera, con relación a los requerimientos de la tarea laboral, pero ello escapa al ámbito de nuestro estudio.

17.5. EFECTOS DE LAS INFLUENCIAS FÍSICAS DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE EL HOMBRE

La tarea laboral se desarrolla dentro de un medio ambiente cuyas características de clima, ruidos, vibraciones e iluminación condicionan el rendimiento humano, y como el rendimiento y la eficiencia en definitiva son centrales en nuestro estudio, amerita su análisis descriptivo.

17.5.1. Efectos del clima

La acción de factores climáticos como la temperatura ambiente, el porcentaje de humedad y los movimientos de aire, fuentes de irradiación de calor, conjuntamente con los procesos técnicos de la tarea en desarrollo, pueden generar condiciones climáticas que influyan sobremanera sobre la emisión de calor del ser humano y sobre su capacidad de rendimiento.⁸

El cuerpo humano solo es capaz de funcionar adecuadamente dentro de límites estrechos de temperatura (10-30°C); por otra parte, como máquina transformadora de energía (el metabolismo es el proceso por el cual el ser humano transforma en energía lo que la tarea laboral le exige), funciona con porcentajes de eficiencia relativamente bajos, del orden del 10%, transformando en calor el restante 90%, que debe ser eliminado a través de algún procedimiento adecuado.

La emisión hacia el exterior del calor surgido por la combustión de alimentos (procesos de metabolismo) es relativamente fácil –si la temperatura ambiente es inferior a la temperatura de la piel, la cual es del orden de los 30°– por medio de los procesos normales de transmisión de calor, dado que una parte se pierde por irradiación, otra por convección debido al roce del aire sobre la piel, y una tercera mediante evaporación en la superficie de la piel y a través de los órganos respiratorios. Si la temperatura ambiente y del aire se aproxima a la temperatura de la piel, disminuyen en medida creciente las posibilidades de refrigeración comentadas, y una producción de sudor acompañado de su evaporación se hacen cargo de regular el balance térmico del cuerpo.

⁸ Téngase presente que la temperatura normal del ser humano es de 36,5° C, y que se considera que una persona tiene un estado febril cuando su temperatura es de 37,5° C, lo cual produce una cierta sensación de malestar en la persona.

Si la temperatura ambiente asciende por encima de los 30°, se suma a la propia producción de calor un recalentamiento procedente del exterior. En aire seco y agitado, el cuerpo humano puede realizar tareas con temperaturas ambientes altas, pero tareas realizadas en ambientes de clima cálido y muy húmedo que no permiten la adecuada evaporación del sudor pueden ocasionar la acumulación de calor que lleva al agotamiento y a daños en la salud.

Los aspectos climáticos deben ser tenidos en cuenta en la conformación del puesto de trabajo. Se trata, en la medida de lo posible, de evitar la exigencia de grandes sollicitaciones en condiciones de calor intenso. Asimismo, la aislación o eliminación de las fuentes de irradiación de calor, la regulación de las condiciones de temperatura, humedad y circulación de aire y la provisión de ropas adecuadas a las temperaturas de trabajo tienden a reducir la fatiga por exceso de calor o por un ambiente climático deficiente.

Los estudios realizados (por equipos multidisciplinarios, por medicina del trabajo, por técnicos en estudio del trabajo y otros) permitieron establecer que un ambiente en intervalo normal de trabajo está definido por una temperatura comprendida entre 18 y 23 grados, con una humedad relativa del 20 al 60%. Otra conclusión de esos estudios es que la incidencia de las condiciones ambientales de trabajo (nos referimos al clima) sobre el personal puede medirse a través del pulso, del ritmo cardíaco o de la temperatura de la persona. En el mismo orden, las sollicitaciones del trabajador a bajas temperaturas en forma más o menos prolongada también generan disminución de la capacidad de trabajo y puede conducir al agotamiento.

17.5.2. Ruido

La importancia del oído en el trabajo es relativamente escasa, porque en general hay pocos trabajos para los cuales sea necesaria una sensibilidad especialmente elevada del oído. El problema, desde el punto de vista ergonómico, está dado por establecer si los sonidos causan efectos fisiológicos o psicológicos que puedan influir sobre el bienestar y el rendimiento de la persona.

Los sonidos son designados como ruido cuando son sentidos como molestos o desagradables, o cuando ejercen efectos dañinos sobre la persona; en resumen, ruido es todo sonido no deseado. La incidencia de los sonidos sobre las personas depende de aspectos propios del sonido, como su intensidad, su transcurso temporal, su estructura de frecuencias, y de aspectos propios de la persona, como su actitud interior con respecto a la fuente de ruido y su actividad.

Las ondas sonoras se originan por la vibración de algún objeto, que establece una sucesión de ondas de compresión y expansión a través de un medio de expansión. El sonido se transmite incluso a través de medios sólidos. El sonido se puede definir en función de la frecuencia, que determina su tono y calidad, y de la amplitud de las ondas, que determinan su intensidad. Las frecuencias audibles o

perceptibles por el oído humano varían desde aproximadamente 20 hasta 20.000 ciclos por segundo. La unidad ciclo por segundo se denomina Hertz, y se indica Hz.

En la actualidad se utilizan equipos de medición de sonidos que tienen en consideración la sensibilidad del oído humano respecto de la frecuencia y el volumen del sonido. Estos equipos expresan la medición en la unidad decibelios escala A, que se indica con dB(A) (norma DIN 45663). A continuación se indica la incidencia sobre la persona de diferentes niveles de ruidos.

- **Nivel de ruido I, de 30 a 65 dB(A).** El efecto del ruido en esta intensidad puede ser considerado como molesto y perturbador por la persona afectada en relación y dependencia directa con su estado físico y psíquico, con su actitud frente a la fuente de ruido y con la actividad que desempeña.
- **Nivel de ruido II, de 65 a 90 dB(A).** Además de los efectos psíquicos, pueden observarse reacciones que consisten en una contracción de los vasos sanguíneos en los brazos y las manos. Estas reacciones se presentan con independencia de la actitud y hábito de la persona afectada frente a este nivel de ruido.
- **Nivel de ruido III, de 90 a 120 dB(A).** Si este nivel de ruido se mantiene en el tiempo, hay que contar con daños permanentes en el sistema auditivo.
- **Nivel de ruido IV, por encima de los 120 dB(A).** Un nivel de ruido de esta intensidad puede producir en breve tiempo una clara pérdida de audición.

Figura 17.14. Tabla de ruidos conocidos con sus respectivos valores en dB

Nivel de intensidad del sonido	
140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Avión despegando
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
0 dB	Umbral de audición

Otro aspecto importante a considerar, además de la medición del ruido en dB(A), está dado por el análisis de frecuencias, ya que sonidos crecientes o decrecientes o

explosivos son desagradables para el oído humano por presentar frecuencias altas. Las acciones del estudio del trabajo en el control de los ruidos deben tender a:

- Eliminar el surgimiento del ruido en su misma fuente.
- Impedir la difusión del ruido en el espacio.
- Impedir la penetración de ondas sonoras en el conducto auditivo humano (es habitual el uso de protectores de diseño externo similares a los audífonos de los equipos de audio), aunque esto debería ser temporal, y es responsabilidad del empresario la búsqueda de soluciones que trabajen lo menos posible sobre elementos que se coloquen en el cuerpo del trabajador.

175.3. Vibraciones

La vibración, que es un movimiento entorno a una posición de equilibrio, puede causar efectos nocivos en el cuerpo humano, especialmente cuando son de alta amplitud y baja frecuencia. Se pueden distinguir tres casos de exposición a vibraciones:

- Cuando todo el cuerpo, o una parte significativa, es afectado por una vibración inducida por un sonido de alta intensidad en el aire o en el agua.
- Casos en los que las vibraciones son transmitidas al hombre a través de sus caderas, como por ejemplo el conductor de un vehículo de alto porte (camión o similar).
- Casos en los que se aplican vibraciones a áreas localizadas del cuerpo, como las manos de un operario accionando una herramienta mecanizada.

En términos generales, el caso (b) es el de más amplia difusión y el de sollicitaciones más intensas para el organismo. Las vibraciones de alta amplitud y baja frecuencia son la causa de los mareos y trastornos que algunas personas experimentan cuando viajan en barco o en avión. Los procedimientos para disminuir o evitar la exposición a las vibraciones consisten en:

- Disminuir las fuerzas aplicadas que producen las vibraciones.
- Modificar la posición del cuerpo en el puesto de trabajo de modo de disminuir la exposición.
- Disponer de elementos acolchados que sostengan el cuerpo y amortigüen las vibraciones de alta amplitud.

175.4. Luminosidad

La realización de una tarea eficiente (de cualquier tipo que sea) depende en buen grado de tener la visión adecuada a los requerimientos de la tarea. Los factores a considerar en la iluminación de ambientes de trabajo son:

- La cantidad de luz o iluminación requerida.
- El contraste entre los alrededores inmediatos y la tarea específica.
- El deslumbramiento.

La cantidad de luz requerida se determina en función de consideraciones prácticas. En forma experimental se han establecido tablas de iluminación que contemplan el grado de exigencia visual de los diferentes tipos de tareas. La cantidad de luz necesaria está limitada por el hecho de que la agudeza visual no crece en forma directamente proporcional al aumento de la iluminación; en consecuencia, por encima de ciertos valores un aumento de ese valor no genera un aumento importante de la agudeza visual (la relación entre iluminación y agudeza visual es del tipo logarítmica).

A su vez, la agudeza visual está modificada (facilitada o dificultada) por el contraste luminoso entre el objeto a observar y la zona que lo circunda. Si bien la iluminación debe difundirse de forma uniforme, sombras tenues colaboran en la distinción de objetos. Otro factor modificante de la visión lo constituye el deslumbramiento que puede darse por inadecuada disposición de fuentes de iluminación (inciden sobre la línea de visión de la persona) o por causa del brillo (luminosidad reflejada) del objeto de trabajo y sus elementos adyacentes.

Los colores del puesto de trabajo inciden en la facilidad de contraste entre el campo visual y el objeto de visión. Cuando pueda efectuarse una selección de colores debe atenderse a sus diferentes reflexividades (porcentaje de luz reflejada). Asimismo, es conveniente puntualizar que la incidencia del color en el puesto de trabajo no solo tiene importancia bajo los conceptos de iluminación sino que también alcanzan la conformación psicológica del puesto, lo cual está directamente relacionado con la capacidad de despertar interés en la tarea laboral para evitar que la monotonía de la tarea tenga incidencia negativa en la disposición del operario (Niebel, 1996: 263).

El último aspecto que podemos mencionar hace referencia a las fuentes de iluminación a disponer. Si bien la luz natural es la más eficiente tanto en términos de costo como de calidad de iluminación, lógicamente se debe disponer de luz artificial; en este caso, deben considerarse para cada tipo de iluminación factores como:

- Su eficiencia (en lo que a conservación de energía se refiere, medida en la relación iluminación brindada / potencia consumida).
- Su rendimiento al color, esto es, cómo se aprecia un color entre una fuente de iluminación dada y su relación con el mismo color bajo luz natural.
- Las condiciones económicas en función del costo inicial, la vida útil, etcétera.

175.5. Otras influencias para considerar

Además de los factores habituales o presentes en la casi totalidad de los sistemas laborales que hemos mencionado y que influyen sobre las condiciones de trabajo, existen otros factores de riesgo que se hacen presentes en determinados tipos de tareas. Debe tenerse en cuenta la emisión de vapores tóxicos, como pueden despren-

derse de bateas de procesos galvánicos, de polvos en suspensión resultantes de tareas como el pulido de metales, corte o lijado de maderas, etcétera, que pueden producir daños en el sistema respiratorio de los trabajadores. Es importante en estos casos establecer los niveles de polución, buscar su disminución y la utilización de los filtros apropiados para cada caso.

Asimismo, en algunas tareas pueden presentarse exposiciones a radiaciones, como puede ser el caso de los operadores de aparatos de rayos x, sometimientos a bajas o altas presiones, etcétera. Para cada uno de estos casos, y como siempre se sostiene, se recomienda el sentido común, el asesoramiento profesional con un especialista de seguridad industrial y acogerse a lo establecido por la ley vigente.

17.6. CONFORMACIÓN ERGONÓMICA DEL PUESTO DE TRABAJO

Cuando se procede al diseño del puesto de trabajo debe atenderse a las consideraciones que hemos desarrollado precedentemente; por consiguiente, cuando se diseña un puesto de trabajo en el cual durante el desempeño de su tarea el operario se encuentra sentado, debe tenerse en cuenta para la disposición de los elementos de uso en la operación, ya sean contenedores de piezas o herramientas, las áreas máximas y normales de trabajo que han sido definidas a partir de los estudios ergonómicos y antropométricos correspondientes, y que en definitiva permiten establecer el área máxima como la zona del plano de trabajo correspondiente al área definida por el giro del brazo del operario extendido con eje de giro en el hombro, mientras que el área normal corresponderá a la zona del plano definida por el giro de brazo del operario con centro de giro en el codo. La intersección de las áreas normales de trabajo correspondiente a cada brazo define el área central de trabajo, en la que deberá estar ubicado el objeto en elaboración.

Similares consideraciones deben efectuarse para los elementos dispuestos en sentido vertical y que serán accionados por manos o pies. Cuando el operario deba realizar su tarea de pie, se deberá prestar atención al mismo tiempo a los desplazamientos que exige la disposición de elementos utilizados en la tarea, de modo de evitar movimientos innecesarios o posiciones de trabajos que le exijan solicitaciones adicionales al trabajador.

Asimismo, forman parte de las consideraciones ergonómicas en el diseño del puesto las condiciones de seguridad, que deben proteger al trabajador de la posibilidad de accidentes, de las condiciones ambientales, de las condiciones de manipuleo de materiales, etcétera. Algunas tareas exigen la realización de actividades de control a partir de la percepción por parte del operario de una señal en tal sentido emitida por el equipo. Estas señales pueden ser de tipo luminoso, sonoras, o bien por lectura de instrumentos directamente realizada por el operario.

En estos casos, la adecuada elección del tipo de señal y su facilidad de interpretación (o lectura) son parte indispensable del estudio ergonómico del puesto. Una se-

ñal sonora en un ambiente ruidoso puede conducir a errores de captación, una señal luminosa situada en forma deficiente respecto de la posición del trabajador puede no ser atendida, un cuadrante con escala confusa no facilita su lectura, al igual que un contador de números pequeño.

La mención de estas características de diseño de sistemas de información parece redundante y de alguna manera ofender el sentido común de quien está leyendo estos párrafos, pero tratan, por una parte, de inducir el estudio de un aspecto que puede no ser adecuadamente valorado en su importancia y, por otra parte, invita a observar qué tipo de señalizaciones se tienen en nuestro ámbito de tareas (puede suceder que nos encontremos con algunas sorpresas).

Asimismo, debe considerarse el diseño de los elementos de accionamiento de controles en lo que respecta a sus dimensiones, ubicación y sollicitación (fuerza) que requiere su accionamiento, con respecto a las propiedades del ser humano. Por ejemplo: el accionamiento de un pedal requiere que el operario se encuentre sentado, pues en caso de estar de pie deberá alterar su posición de equilibrio; un volante de diámetro demasiado pequeño es poco compatible con un esfuerzo de accionamiento elevado.

Desde los estudios de Hawthorne en adelante, la consideración de los condicionantes psicológicos y sociológicos del trabajo conforman otro aspecto a tener en cuenta, tanto en la conformación del puesto de trabajo y su ambiente (precedentemente hemos mencionado algunos aspectos, como la incidencia de los colores, del ambiente climático, etcétera) como en las actividades que conforman una tarea determinada, dado que en la medida en que esas tareas obliguen a una mayor participación y comprensión del proceso, el trabajador se encontrará más motivado en su realización.

RESUMEN

Con la ayuda de dos herramientas derivadas de la medicina laboral, la anatomía y la ingeniería, la administración industrial es capaz de mejorar los rendimientos de las tareas y, a su vez, las condiciones de trabajo de los distintos puestos laborales dentro de una organización, ya sea industrial o no.

Como se observa en el desarrollo del capítulo, las variables que influyen directa o indirectamente en el ser humano son variadas, y las lesiones (que en su gran mayoría son de lenta aparición) no solo perturban al recurso humano de la empresa sino que disminuye su rendimiento, lo que afecta la productividad, sin dejar de lado posibles problemas que puedan aparecer en la calidad.

Es de vital importancia que estos conceptos sean acompañados de las obligaciones que la Ley 19587 les impone a todas las empresas, la cual se aplica en todo el territorio de la República Argentina, como lo expresa su artículo 1.

Estudio de casos

La historia de Procusto

Ergonomía y productividad

Ingeniero Jesús Solano Cuyubamba

En el diseño del sistema de trabajo y en particular del puesto de trabajo, es preciso tener en cuenta el enfoque actual, al cual la historia de Procusto permite graficarlo mejor.

Había una vez, en la antigua Grecia, un bandido llamado Procusto, quien ideó una manera astuta de extorsionar con dinero a los viajeros desprevenidos que tenían la desgracia de pasar por su puerta. Simplemente les ofrecía hospitalidad, siempre y cuando pudieran dormir en una de las dos camas que tenía disponibles, pero de no ser así, tendrían que pagar por la comida y la bebida que hubieran consumido. Si el viajero optaba por pedir la cama, como lo hacía la mayoría, Procusto añadía una nueva estipulación: el viajero debería ajustarse exactamente al tamaño de la cama. Después de haber tomado los alimentos y escanciado estos con vino, la insospechada víctima era conducida a la habitación, donde se le mostraban las dos camas, una demasiado larga y la otra demasiado corta, de manera que nadie podía caber exactamente en ninguna de ellas. Al llegar a este punto, era evidente el truco utilizado por Procusto, aun para el viajero menos inteligente, pues, a menos que pagara la demanda exorbitante de dinero por la alimentación, Procusto lo amenazaba con que lo haría ajustarse a cualquiera de las dos camas; es decir, si lo acomodaba en la cama pequeña, le cortaría lo que le sobraba de piernas, o si lo acomodaba en la cama larga, lo estiraría hasta que su cuerpo alcanzara el tamaño requerido. No es necesario afirmar que la mayoría de sus viajeros, ya cansados, optaban por pagar lo que él quería, pues era la solución más fácil.

Este punto de vista procusteano se ha venido aplicando cada vez que el hombre ha debido interactuar con un ambiente complejo. El diseño buscaba ajustar al hombre a las demandas de su entorno físico, y de ese modo el trabajador se adaptaba a la situación existente en cuanto a distancia, altura, posición, visibilidad, sonido, etcétera. El problema se hizo más grave con el avance tecnológico, que muchas veces no considera las limitaciones y habilidades del ser humano. La ergonomía mide las capacidades del trabajador y luego diseña el puesto de trabajo en función de ellas; de esta manera busca adaptar el trabajo al hombre en lugar de que sea el hombre el que se ajuste al trabajo. El cambio propuesto en el enfoque del diseño busca el bienestar del trabajador y esto se reflejará en un incremento de la eficiencia, la seguridad, la comodidad y la productividad

Fuente: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n1/ergonomia.htm.

Ejercicios

- 1. ¿A que denominamos perfil del puesto?**
- 2. ¿Qué investiga la ergonomía?**
- 3. ¿De qué se ocupa la antropometría?**
- 4. ¿A qué denominamos efectividad ofrecida?**
- 5. ¿A qué denominamos efectividad humana?**
- 6. ¿Qué aspectos cubre la efectividad ofrecida?**
- 7. ¿Qué características contienen las idoneidades?**
- 8. Defina ritmo diario, situación corporal y fatiga.**
- 9. ¿Qué tipos de fatiga reconoce?**
- 10. ¿De qué variables se ocupa la antropometría?**
- 11. En un diseño antropométrico del puesto, ¿a qué población se atiende?**
- 12. ¿Qué consideraciones de salud laboral debemos atender en un diseño de puesto de sentado?**
- 13. ¿Qué consideraciones de salud laboral debemos atender en un diseño de puesto de parado?**
- 14. ¿Entre qué ángulos vertical y horizontal trabaja aceptablemente el ojo humano?**
- 15. ¿En qué nivel de ruido comienzan los daños permanentes en el oído humano?**
- 16. ¿Qué otras consideraciones llevaría a cabo para el trabajo con rayos x? (Ejercicio para investigar).**
- 17. Proponga un diseño para un puesto de trabajo para una persona que ensambla televisores.**
- 18. ¿Qué idearía para evitar el mareo como consecuencia del oleaje en un barco?**
- 19. ¿Qué soluciones encuentra para el trabajo en un sitio en el que una máquina genera un ruido de 135 db?**

BIBLIOGRAFÍA

- Brenta, Noemí (2009), *Ciclo de vida de las empresas dinámicas en Argentina*, trabajo de investigación, FEG. Disponible en: http://www.feg.org.ar/Descargas/CicloVidaEmpDinamFinal%20Informe%20_Brenta_.pdf.
- Christopher, Martin (1999), *Logística. Aspectos estratégicos*, Limusa, México.
- Drucker, Peter *et al.* (2004), *La toma de decisiones*, Harvard Business Review. Deusto, Buenos Aires.
- Goldhar, Joel y Jelinek, Mariann (1983), *Plan for economies of scope*, Harvard Business Review, Boston.
- Goldratt, Eliyahu (1984), *La meta*, The North River Press, Massachusetts.
- Gomez Franco y Ordoñez Romero (2002), *Guía para la medición de carga de trabajo en entidades públicas*, Colombia, Departamento administrativo de la función pública.
- Hermida, Jorge (1979), *Ciencia de la administración*, Contabilidad Moderna, Buenos Aires.
- Kanawati, George (1996), *Introducción al estudio del trabajo*, 4ª ed., OIT, Ginebra.
- Krajewski, Lee y Ritzman, Larry (2013), *Operations Management Strategy and Analysis*, Pearson, Boston.
- Marx, Karl (2000), *El capital*, Akal, Madrid.
- Mintzberg, Henry (2000), *Diseño de organizaciones eficientes*, El Ateneo, Buenos Aires.
- Mochón, Francisco y Beker, Víctor (1997), *Economía. Principios y aplicaciones*, 2ª ed., McGraw Hill, Madrid.
- Mondelo, Pedro *et al.* (1998), *Ergonomía I. Fundamentos*, Ediciones UPC, Barcelona.
- Muther, Richard (2008), *Plant Layout and Material Handling*, Modern Materials Handling, Boston.
- Newman, William (1975), *Constructive Control. Design and Use of Control Systems*, Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Niebel, Benjamín (1990), *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, México.

- Pindyck, Robert *et al.* (2000), *Microeconomía*, Prentice Hall-Pearson, Buenos Aires.
- Prokopenko, Joseph (1989), *La gestión de la productividad. Manual Práctico*, OIT Ginebra.
- Ríos Suarez, Manuel (2008), *Ergonomía del puesto de conductor de motocicletas*. Disponible en: <http://www.jmcpnl.net/PUBLICACIONES/ERGO%20MOTOCICLETAS.pdf>.
- Robbins, Stephen y Decenzo, David (1996), *Fundamentos de administración*, Prentice Hall Hispanoamérica, México.
- Rossetti, José (2004), *Introducción a la economía*, 3ª ed., Oxford University Press-Alfaomega, México.
- Salvendy, Gavriel (2001), *Manual de ingeniería industrial*, John Wiley & Sons, Nueva York.
- Samuelson, Paul y Nordhaus, William (1988), *Economía*, 12ª ed., McGraw Hill, México.
- Schoderbek, Charles *et al.* (1984), *Sistemas administrativos*, El Ateneo, Buenos Aires.
- Solana, Ricardo (1994), *Producción, su organización y administración en el umbral del tercer milenio*, Interoceánica, Buenos Aires.
- Stoner, James *et al.* (1996), *Administración*, Prentice-Hall Hispanoamérica, México.
- UNESCO (2010). *Engineering issues, challenges and opportunities for development*, París, Francia.