



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de
las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Experiencias de electromagnetismo con un interesante y sencillo motor eléctrico

Cyrules, Ernesto

Experiencias de electromagnetismo con un interesante y sencillo motor eléctrico
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 19, núm. 3, 2022
Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576002>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3401

Experiencias de electromagnetismo con un interesante y sencillo motor eléctrico

Electromagnetism experiences with an interesting and simple electric motor

Ernesto Cyrulies

Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS).

Buenos Aires, Argentina

ecyrulie@campus.ungs.edu.a

 <https://orcid.org/0000-0002-2080-5864>

DOI: <https://doi.org/10.25267/>

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3401

Redalyc: [https://www.redalyc.org/articulo.oa?](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576002)

id=92070576002

Recepción: 25 Agosto 2021

Revisado: 31 Marzo 2022

Aprobación: 31 Marzo 2022

RESUMEN:

Se presenta una serie de actividades realizadas con un pequeño motor sincrónico extraído de un horno microondas de uso común en los hogares. Permite, con pocas adaptaciones y algunos elementos, construir dispositivos sencillos que pueden ser de gran utilidad para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo. La utilización de dichos dispositivos en prácticas de laboratorio se llevó a cabo en una materia de formación docente en física de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS).

PALABRAS CLAVE: Motores sincrónicos, Laboratorio de física, Material didáctico.

ABSTRACT:

A series of activities carried out with a small synchronous motor removed from a household microwave oven appliance is presented. With few adaptations and some elements allows building simple devices that can be very useful for teaching electricity and magnetism. These devices were used in laboratory practices of a physics teacher training subject at the National University of General Sarmiento (UNGS).

KEYWORDS: Synchronous motor, Physics Laboratory, Teaching materials.

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la física tiene un papel muy importante la actividad experimental. Actualmente se tiene acuerdo sobre el rol fundamental que cumple el laboratorio didáctico en la enseñanza de aquella ciencia, particularmente en ciertos temas. Y lo experimental, naturalmente, requiere material concreto con el que poder trabajar. En ese contexto, sostenemos que resulta sumamente conveniente el uso de dispositivos tecnológicos que resulten conocidos por los alumnos para ser utilizados como recursos didácticos. Si éstos son objetos cotidianos, pueden resultar de gran utilidad didáctica (Cyrulies 2021). Y, en consecuencia, elementos que se consigan extraer de aquellos objetos por algún aspecto funcional específico, también pueden tenerla. La relación de los contenidos enseñados con aspectos y materiales de la vida cotidiana del alumnado otorga mayor sentido a su estudio formal, favoreciendo el aprendizaje.

En este campo (el del trabajo experimental que no está sostenido con dispositivos clásicos y comerciales para la enseñanza) resulta muy estimulante la construcción de mecanismos y aparatos por parte de los docentes. La construcción de dispositivos sencillos con materiales de bajo costo permitiría además la realización de experimentos, ilustraciones didácticas o demostraciones de aula, aun cuando la institución no cuente con un laboratorio bien equipado (Pérez Lozada *et al* 2009). Además, Wurm *et al.* (2019) resaltan la importancia de la intervención de los docentes en el diseño de los dispositivos, de este modo no necesitan adaptar sus clases a equipos de laboratorios estándares, sino que generan sus dispositivos de acuerdo a sus clases. Estos autores sostienen también que resulta necesario indagar sobre el trabajo docente para plantear

alternativas a las prácticas experimentales donde predomina la reproducción acrítica de experiencias a modo de “recetas”.

Con esta mirada, un tipo particular de experiencias de enseñanza y aprendizaje son aquellas que pueden llevarse a cabo con la reutilización de pequeños motores eléctricos, como los que equipan a algunos juguetes a pilas u otros aparatos. Un ejemplo común de dicho uso toma en cuenta el aprovechamiento de la reversibilidad de esa clase de motores (pueden usarse como dínamos por contar con imanes en su interior).

Existen, no obstante, otros motores en el mercado que merecen atención por su potencial utilidad en prácticas experimentales, como el que aquí consideramos.

EL MOTOR UTILIZADO EN NUESTRA PROPUESTA

Hemos tomado para nuestro trabajo un clásico motor de horno microondas (en adelante MHM). Tiene la función de girar el plato que estos hornos poseen en su interior y está disponible como repuesto en el mercado. Naturalmente, también puede extraerse de un horno en desuso. Existen pocos modelos, debido a que diferentes marcas comerciales del electrodoméstico utilizan un mismo motor. Nosotros utilizamos el modelo 49TYZ-A2 que se alimenta con 220 V. Existe una variante del mismo que funciona con 21 V. Estos motores son en sí mismo un interesante elemento de estudio en el área de la electricidad y magnetismo o en la electrotecnia. Pero, además, se les puede encontrar diversas utilidades para la enseñanza con distintos usos y disposiciones e, inclusive, realizándoles modificaciones como lo proponemos aquí. Para caracterizarlos podemos decir que son motores sincrónicos de corriente alterna (CA), de baja potencia (unos 4 W típicamente) y tienen incorporado un sistema reductor de velocidad con engranajes. Con este último se consigue una baja velocidad de giro para el plato, de solo unas 5 RPM (revoluciones por minuto).

Cuando se trata de motores de pequeño tamaño, de uso en juguetes, dispositivos informáticos y hasta en algunos electrodomésticos, se encuentran sumamente extendidos los de corriente continua (CC). El uso de motores de CA sincrónicos en aparatos comunes es realmente escaso, el de horno microondas es una valiosa excepción que vale la pena considerar.

GENERALIDADES DE UN MOTOR SINCRÓNICO

Existen varios tipos de motores de CA. En una posible clasificación se pueden identificar dos familias: los sincrónicos y los asíncrónicos. Estos últimos, también denominados motores de inducción son los que tienen el uso más generalizado en la industria y también se los encuentra en el hogar (bombas, ventiladores, etc.). Tienen un rotor (sin bobinados) dentro del cual se producen corrientes por inducción y frente al campo magnético circundante (en el estator, parte fija) son las que ocasionan el par con el que se consigue realizar trabajo mecánico. Su velocidad de giro dependerá de la frecuencia de la CA, de la cantidad de polos (pares) y de un factor denominado “resbalamiento” (que los hace girar algo más lento que los sincrónicos), el que además depende de la carga aplicada a su eje. Los sincrónicos, que son de nuestro interés en este caso, tienen bobinados en su estator y en su rotor, o imanes permanentes en una o en la otra parte. Tienen como característica particular que su velocidad queda exactamente definida por la frecuencia de la corriente alterna y el número de pares de polos magnéticos. Para un par de polos, el motor girará una vuelta por cada ciclo de la corriente, por lo cual con una frecuencia de 50 Hz girará a 3000 RPM. Con dos pares de polos girará media vuelta por cada ciclo con lo que girará a 1500 RPM. Si se tiene 4 pares su velocidad será de 750 RPM. Para otra cantidad de polos se sigue el mismo razonamiento.

En términos más informales, en todo motor eléctrico el giro puede atribuirse al par producido por la atracción de polos magnéticos “que nunca se alcanzan” por el cambio sucesivo en el sentido de circulación de la CA o por un mecanismo de conmutación en los de CC.

Una característica notable del MHM es que a pesar de poseer 4 pares de polos (750 RPM en su rotor), sólo cuenta con una única bobina concéntrica con el propio eje del motor que genera sus polos norte y sur en dirección axial. Se logra aquella cantidad de polos mencionada ubicando dicha bobina entre dos chapas paralelas con 4 lengüetas cada una, y que quedan alternadas en torno al rotor en el montaje del conjunto (se alternan así los polos norte y sur angularmente). Vemos una gran ventaja en dicha disposición por poder emplearse la bobina en otros usos didácticos y porque permite incorporar fácilmente modificaciones en el motor.

El modelo utilizado se desarma por el frente, lo que permite acceder en primer lugar al tren de engranajes. Quitando éste (se recomienda sacar una fotografía para registrar la posición de los engranajes para un posterior armado) puede retirarse el rotor y la chapa que antecede a la bobina y finalmente a esta última. (figura 1). Todos los elementos pueden quitarse con facilidad y prácticamente sin herramientas.

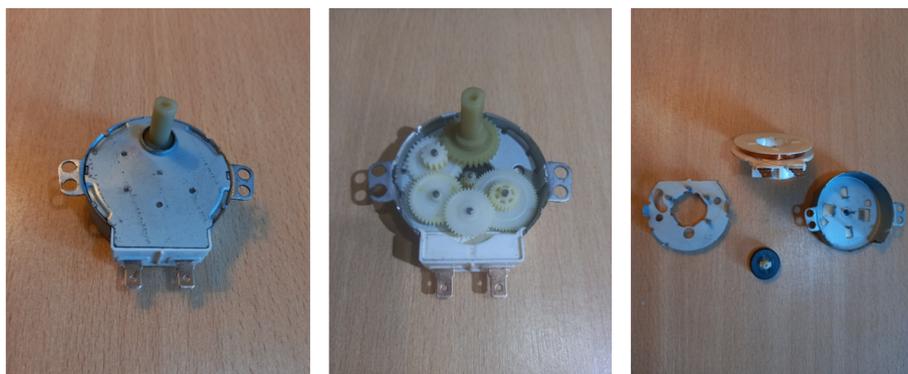


FIGURA 1

Izquierda: motor cuyo eje de salida otorga bajas RPM (con gran torque). Centro: Se observa el tren de engranajes para la reducción (el pequeño engranaje en el centro se encuentra vinculado al rotor). Derecha: Elementos del motor (se quitaron los engranajes), arriba se observa la única bobina, abajo el rotor.

Un detalle interesante es que entre las 8 lengüetas del estator se tienen dos opuestas que son más estrechas y angularmente desfasadas (figura 2, centro). Eso hace que se pierda la simetría radial y ocasiona la cupla necesaria para el arranque, aunque el sentido de giro sea aleatorio, según la posición en que se haya detenido el rotor en un giro anterior (dado que dos polos iguales no se distinguen, existen 8 posiciones angulares de detención definidas por la atracción con las lengüetas, pero sólo dos ubicaciones posibles de polos). Con esto se consigue que el plato invierta el sentido de rotación si encuentra un obstáculo en el horno. Entendemos que esta solución simple pero ingeniosa a un problema puede ser de interés para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo.

Como una primera actividad de interés didáctico, puede comprobarse la distribución de polos magnéticos en el rotor con polvo de hierro sobre un papel que se ubique encima del mismo, generando una llamativa imagen producida por 4 polos norte y 4 sur alternados (figura 2, derecha).



FIGURA 2

Izquierda: Interior del motor sin el rotor y con la bobina montada. Centro: Detalle de las lengüetas del estator (ver texto). Derecha: Líneas de campo magnético del rotor logradas con polvo de hierro sobre un papel debajo del cual se encuentra aquella pieza.

A continuación, detallamos algunos usos posibles del motor como recurso didáctico.

DISPOSITIVO DEMOSTRATIVO DE LA LEY DE FARADAY

Debido a que la bobina es alimentada con 220 V y de muy baja corriente, tiene un elevado número de vueltas (varios miles con alambre muy fino) en comparación con las que pueda encontrarse en pequeños motores de CC. Eso resulta muy conveniente para utilizarla como dispositivo didáctico para generación de una *fem* mediante un imán para la enseñanza de la ley de Faraday. Muchas vueltas en una bobina favorecen un gran cambio de flujo magnético al imprimir un movimiento relativo entre imán y bobina. La *fem* lograda en dicha bobina con un imán enciende con gran facilidad un led incluso con suaves movimientos (figura 3, izquierda). Movimientos bruscos nos permitieron alcanzar picos de más de 6 V (figura 3, centro). Naturalmente, la variación de flujo magnético puede lograrse también con una corriente variable y puede ser manifestada por el dispositivo (figura 3, derecha).



FIGURA 3.

Izquierda.: Rotación manual de un imán esférico sobre la bobina con la que se consigue el encendido de un led. Centro: Movimiento rápido de un imán y tensión obtenida en el multímetro. Derecha: Encendido de dos leds con la bobina por medio del campo magnético variable de un transformador de núcleo abierto.

MOTOR SINCRÓNICO PARA UN VOLTAJE ELEGIDO (CON O SIN REDUCTOR)

Como se adelantó, en el mercado se encuentran MHM de 220 V, pero también de 21 V (este voltaje lo toman de una derivación del bobinado del ventilador del horno). Para un uso didáctico puede resultar muy conveniente convertirlo en un motor sincrónico apto para tensiones convencionales en el laboratorio, por ejemplo 6 o 12 V (CA). Esto es posible realizándole un nuevo bobinado. En general ese tipo de operación requiere conocimiento técnico, pero en un MHM es una operación que resulta sencilla si se obtiene el alambre adecuado (esmaltado). La operación es facilitada por el hecho de ser una única bobina arrollada en un carrete fácil de extraer. Cabe aclarar que la velocidad del motor no dependerá de la tensión (como suele ocurrir en uno de CC), sino que seguirá dependiendo de la frecuencia y eso es una característica sobresaliente por la precisión del valor de dicha velocidad. Podrá aprovecharse en sus dos formas: con o sin su reductor de engranajes; ambas de utilidad en el laboratorio didáctico. La tensión de alimentación establece la cantidad de vueltas de alambre. Por otra parte, un cambio de voltaje implica un cambio en la corriente para la misma potencia (misma prestación esperada en el motor). Eso, en principio, condiciona la sección del alambre que, en un trabajo de diseño, debe ser escogido por tabla. Describimos a continuación nuestro caso.

El motor cuenta con una potencia (activa) aproximada de 4 W, lo que produce para el caso de 220 V una corriente de 18 mA. Para prestaciones similares con 12 V la corriente debería ser de 330 mA. Para este último valor de tensión hemos obtenido buenos resultados bobinándolo con alambre de 0,2 mm. Como un gran detalle a destacar, la bobina se pudo realizar encima de la de 220 V, es decir sin retirarla; de este modo la modificación lo convirtió en un motor para dos valores de tensión. El espacio disponible sin retirar la primera bobina, nos permitió introducir 330 vueltas de alambre. Este valor es algo menor que el calculado en relación a la impedancia necesaria para obtener los 4 W, lo que produce cierto calentamiento en el bobinado, aunque tolerable. En pruebas de servicio continuo del motor, estabilizó su temperatura levemente por encima de los 40 °C (con la del ambiente de unos 20 °C).

Un efecto adicional del doble bobinado es que se obtiene un voltaje en la bobina no retirada cuando al motor se hace funcionar con la bobina de 12 V; en nuestro caso se registraron valores por encima de los 100 V (inofensivos) en los bornes de la primera. De este modo, el montaje permite ser utilizado como ejemplo práctico del fenómeno de la inductancia mutua (presente en los transformadores), tal vez con cierta innovación tratándose de un motor.

GENERADOR CON FRECUENCIA VARIABLE

Recordemos que el MHM es un modelo sincrónico cuyo rotor es un imán permanente con 4 pares de polos magnéticos dispuestos radialmente. Como también se adelantó, su estator está conformado por ocho polos a partir de los dos de la propia bobina. Con esta disposición puede entenderse que, girando el rotor, se obtiene una *fem* en la bobina con una variación periódica de cuatro ciclos por vuelta (se replica idéntica configuración del enfrentamiento de polos cada cuarto de vuelta). De este modo, se lo puede concebir como un interesante generador didáctico de CA (alternador). Con los datos anteriores se deduce que su frecuencia, como función de la velocidad de rotación, estará dada por:

$$f = 4 \text{ Hz} \frac{(\text{RPM})}{60} = \frac{1}{15} (\text{RPM})$$

Teniendo en cuenta estas consideraciones, hemos vinculado al MHM (sin sus engranajes) a un motor de CC (extraído de una impresora en desuso) a través de sus ejes respectivos, de forma alineada sobre un dispositivo que sostiene a ambos motores. Para esto nos resultó útil un disipador de aluminio de caras paralelas al que se le tuvo que practicar ciertas perforaciones (ver figura 4). Este montaje permite alimentar al motor

de CC y obtener con el giro del conjunto una CA en el MHM. Naturalmente, la modificación del voltaje de entrada se traduce en una modificación en la frecuencia de salida. Eso se logra fácilmente haciendo uso de una fuente variable de CC para alimentar el dispositivo. Pero debe tenerse en cuenta que para una mayor velocidad también aumenta la variación del flujo magnético en el MHM, por lo tanto, el voltaje en sus bornes.

Debe considerarse que girando el MHM a su velocidad sincrónica entregará una tensión del orden de su alimentación nominal, la que es elevada (220 V a 750 RPM). Una manipulación descuidada puede producir una pequeña descarga en la persona (sólo si toca los dos bornes en simultáneo); si bien es inofensiva por la baja corriente, puede resultar desagradable y sería inaceptable si la recibe un alumno. Frente a esto se tienen dos posibilidades. Realizarle un nuevo bobinado para baja tensión, como el que ya se describió o utilizar un pequeño transformador conectado a sus bornes. Para esta última posibilidad utilizamos un transformador 220 V- 9 V 200 mA (tomado de antiguos altavoces para computadora); conectando el MHM a su bobinado primario se obtuvo la baja tensión esperada de CA en su secundario.

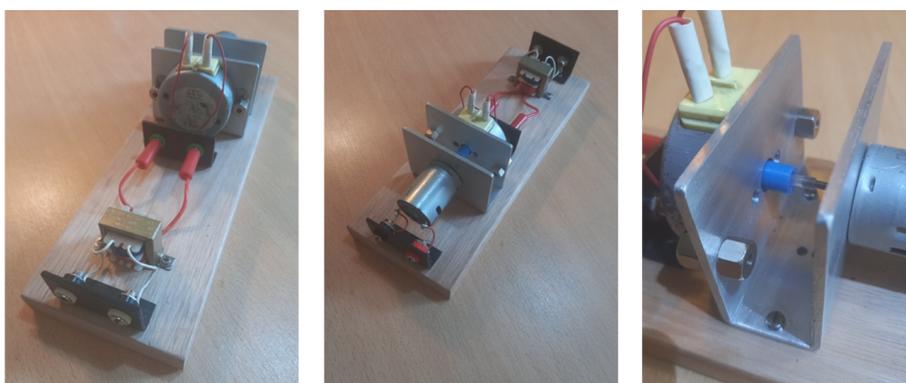


FIGURA 4

Montaje del dispositivo que vincula ambos motores donde se aprecia el transformador para lograr un bajo voltaje. Izquierda: vista desde el lado del MHM. Centro: Vista desde el lado del motor de CC. Derecha: Detalle de la unión entre los ejes (es preferible cierta elasticidad en la unión por si no se logra total alineación).

Cabe señalar que utilizando la salida directa del MHM se logró el funcionamiento de artefactos de 220 V de bajo consumo, como un pequeño receptor de radio o una lámpara led de baja potencia (figura 5, izquierda). Por otro lado, si se ingresa una señal a un osciloscopio a partir de la salida del MHM en modo generador, se observa que la variación de tensión puede modelizarse con una función sinusoidal como se ve en la figura 5, derecha. Para el caso particular del gráfico mostrado se deduce que corresponde a una frecuencia de unos 333 Hz; con ese dato podemos saber que, generando cuatro ciclos por vuelta, en el ensayo realizado giraba a unas 5000 RPM. La imagen se obtuvo con un osciloscopio de instalación en ordenador, disponible en la web y que utiliza la entrada de micrófono del mismo. Resulta una verdadera ventaja, dado el elevado precio de dichos instrumentos. Sin embargo, se advierte del riesgo de su uso sin la idoneidad necesaria, ya que puede quemarse la placa de sonido con la introducción de voltaje por encima de cierto umbral (de apenas algunos mV).

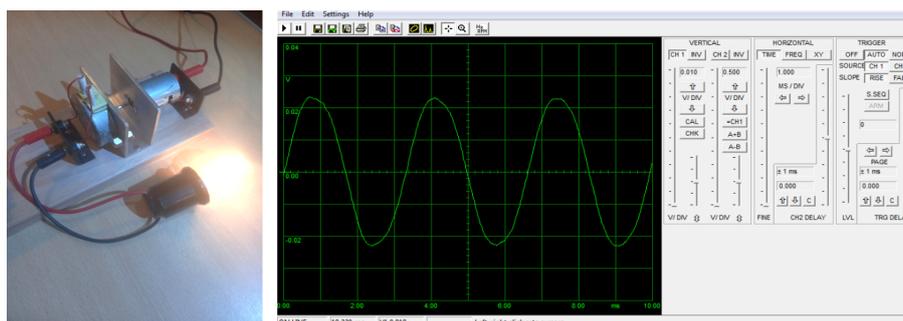


FIGURA 5

Izquierda: Encendido de una lámpara led de 220 V con la salida del MHM. La rotación la produce el motor de CC alimentado por una fuente no visible en la fotografía. Derecha: Imagen en osciloscopio de la variación de voltaje en la salida.

Para una práctica de laboratorio donde se desee conservar el voltaje de salida y que el dispositivo pueda ser utilizado como un “variador de frecuencia” modificando la velocidad, es posible cargar al MHM con una resistencia variable para producir la caída de tensión necesaria. Es decir que puede estabilizarse, aunque se varíe la velocidad de giro. Es sabido que los potenciómetros comunes de uso en electrónica sólo resisten bajas corrientes. Sin embargo, han sido eficaces en nuestras pruebas de regulación de voltaje, debido a que justamente la corriente que puede generarse a la salida del MHM es de bajo valor, aun induciendo un cortocircuito (en el que medimos 4,4 mA). También lo es la que puede producirse en el secundario del transformador mencionado, aunque bastante mayor que aquella (el valor depende del tipo utilizado; el nuestro arrojó 58 mA en cortocircuito). Se obtuvo una regulación satisfactoria de la tensión con un potenciómetro de 100 k Ω para la salida del MHM y con uno de 5 k Ω a la salida del transformador.

IMPLEMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN DOCENTE EN FÍSICA

Las actividades descritas con el MHM se desarrollaron en una materia del Profesorado Universitario en Educación Superior en Física de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Se denomina *Laboratorio para la Escuela Secundaria*; en la misma se promueve el desarrollo de habilidades en el diseño y armado de diversos dispositivos con materiales accesibles y del uso de artefactos de uso cotidiano para la enseñanza. De este modo se intenta evitar una mirada que limite las prácticas de laboratorio al uso de equipos comerciales. Con este propósito en la materia se contempló la utilización de diferentes motores eléctricos de pequeño tamaño en montajes de uso didáctico. En este escenario, al MHM lo consideramos de gran utilidad por ser tan particular. El alumnado valoró la posibilidad de las construcciones descritas considerando la disponibilidad del motor en el mercado como repuesto y su bajo precio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cyrulies E. (2021) Experiencias de laboratorio sobre el calor con un artefacto hogareño en la formación del profesorado de Física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(2),2202. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2202
- Pérez Lozada E. y Falcón N. (2009) Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 6(3), 452-465. doi: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3728>
- Wurm G., Marinelli M., Fontana L., Salomón S., Ríos R. (2019) Desarrollo de instrumental de laboratorio controlado por sistemas embebidos. *Revista de Enseñanza de la Física* 31 (no. extra), 741–747.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Cyrulies, E. (2022) Experiencias de electromagnetismo con un interesante y sencillo motor eléctrico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19(3), 3401. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3401