



UNIÓN DE ASOCIACIONES
DE INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES Y GRADUADOS
EN INGENIERÍA DE LA
RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA

UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAITIE)

“CONVOCATORIA 2022”

VII PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

EL GENERADOR MAGNÉTICO: ¿ENERGÍA DE POR VIDA?

AUTORES:

Jaime San Martín Pérez,
José Manuel Moñino González,
José Luis Sánchez Díaz.

BLOQUE TEMÁTICO:

Diseño Industrial, Energías Renovables, Ahorro Energético.

NIVEL EDUCATIVO:

2º de Bachillerato.

COORDINADOR:

Gema Martín González,
Elena Navarro Palma,
Víctor Barbero Romero.

FECHA:

Marzo, 2022

RESUMEN: ¿EN QUÉ CONSISTE EL PROYECTO?

El generador magnético es un hipotético artilugio capaz de producir energía eléctrica a partir, únicamente, de las fuerzas magnéticas de repulsión entre imanes permanentes. Su utilización supondría una mejora revolucionaria a nivel de la industria energética, debido a su naturaleza de fuente renovable, a su estimado bajo coste de construcción, y a la posibilidad de que cada hogar poseyera su propia fuente de energía en vez de tener que ser proveídos por las grandes empresas. A día de hoy, sin embargo, dicho aparato no se ha logrado crear aún. Y, por ello, la gran pregunta que existe actualmente es si, realmente, el generador magnético es, o no, físicamente posible de construir. Por esta razón, este trabajo se planteó con la intención de investigar acerca de este revolucionario y prometedor invento, además de profundizar en los problemas que presenta e intentar encontrarles una explicación y, por último, trabajar en la realización de un intento propio de prototipo de generador magnético.

PALABRAS CLAVE

Energía renovable alternativa, Generador magnético, Prototipo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. HIPÓTESIS, CONCEPTO Y OBJETIVOS.....	3
2. DESARROLLO	4
2.1. METODOLOGÍA.....	4
2.2. PUESTA EN PRÁCTICA: CÁLCULOS Y PROTOTIPO	5
2.2.1. PROBLEMAS.....	5
2.2.2. MODELO: ESTÁTOR NO FIRME. ENGRANAJES.....	10
2.2.3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN	17
2.3. CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	18
3. BIBLIOGRAFÍA.....	19

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto comenzó con una simple pregunta: ¿Cuál es uno de los grandes problemas que existen actualmente, y de cara al futuro próximo? ¿Y cómo podríamos nosotros ofrecer una contribución para mejorarlo? Tan pronto como lo pensamos, hallamos la respuesta: la enorme cantidad de energía requerida a diario a lo largo de todo el mundo y las limitadísimas formas para su obtención que existen; pues ¿acaso no se ha insistido tanto en las últimas décadas que los combustibles fósiles (principal fuente de obtención de energía

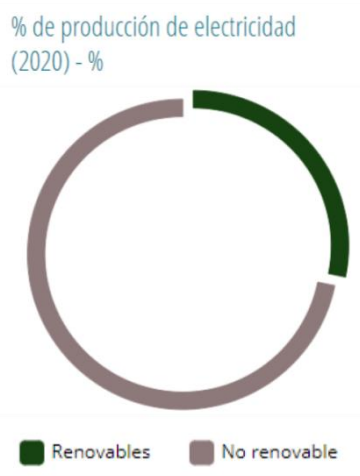


Ilustración 1. Porcentaje de la energía total generada en el año 2020, obtenida a partir de fuentes renovables, frente a NO renovables. Fuente: [Enerdata. Anuario Estadístico Mundial de Energía](#)

actualmente: *Ilustración 1*), deberían dejar de emplearse, dadas sus perjudiciales consecuencias contra el medio ambiente?

Y, en efecto, como respuesta a ello se desarrollaron las fuentes de energía renovable. Pero ¿no es cierto también, que la mayoría de dichas energías renovables pueden resultar menos eficientes de lo que podrían ser, debido a los enormes periodos de inactividad causados por la dependencia de los factores climatológicos (que haya viento, o que sea de día, etc...)?[1]

Así pues, este trabajo se planteó como una oportunidad para investigar sobre una nueva y revolucionaria forma de obtener la energía. Una que fuera igual de respetable con el medio ambiente como las renovables, que fuera capaz de generar una cantidad de energía mínima y que se pudiera mantener en funcionamiento las veinticuatro horas del día.

1.1. HIPÓTESIS, CONCEPTO Y OBJETIVOS

A mediados del verano de 2020 se nos ocurrió pensar que, si por naturaleza dos imanes se repelen, ¿qué ocurriría si dicha interacción se introdujera en un

ciclo, en un bucle? ¿Se auto propulsaría eternamente? Todo esto, por supuesto, no eran más que pensamientos, reflexiones paradójicas, de esas que surgen siempre cuando estás aburrido. Aun así, pese a la locura que suponía aquella idea, cuando se nos presentó la ocasión de elegir el tema sobre el que queríamos investigar, supimos que debía ser sobre esto.

Un hipotético generador magnético se podría dividir en dos partes: la primera sería el MOTOR MAGNÉTICO. Es la parte que se encarga de generar el movimiento mediante imanes repeliéndose; la parte donde reside, realmente, la hipótesis de este trabajo (conseguir movimiento continuo a partir, únicamente, de la repulsión entre imanes). Y la segunda es el GENERADOR ELÉCTRICO. La parte que se encarga de convertir ese movimiento mecánico en electricidad útil. Por esto, el generador eléctrico, que ya fue inventado hace tiempo, no es más que el detalle final del proyecto; el factor que dota al prototipo de una utilidad doméstica (para usar en el día a día) y que lo hace pasar de un mero experimento a un producto práctico. Pero, a nivel experimental (que es el que por el momento nos interesa) incorporarlo, o no, no interfiere en la verificación o anulación de la hipótesis que queremos demostrar. Debido a esto, deberemos centrarnos en ver primero si el motor magnético es físicamente posible de crear y luego ya, más adelante, convertir el prototipo en un aparato utilizable para el día a día.

2. DESARROLLO

2.1. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se establecieron tres fases generales: primero, una de adquisición de conocimientos, en la que pudiéramos iniciarnos en temas generales estrechamente relacionados con lo que queríamos llevar a cabo, tales como el magnetismo y la inducción electromagnética. Segundo, una fase de investigación, profundización y recopilación de datos, en temas más específicos, orientados al desarrollo del prototipo. Y finalmente, una parte práctica en la que poner a prueba todo lo estudiado e investigado, donde emplear lo aprendido para diseñar y construir el prototipo funcional de generador magnético.

2.2. PUESTA EN PRÁCTICA: CÁLCULOS Y PROTOTIPO

2.2.1. PROBLEMAS

A lo largo de estas últimas décadas a innumerables personas se les ha ocurrido la misma idea que nos surgió a nosotros en un principio: la posibilidad de que pudiera fabricarse “un generador magnético de energía infinita” [2]. El gran problema de todo esto es que un prototipo así parece, a primera vista, desafiar las leyes de la física...

2.2.1.1. Problemas Teóricos (Termodinámica)

Existe una famosa ley, conocida como la Primera Ley de la Termodinámica, que dicta que “*la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma*” [3]. Así, podemos respaldar hechos como que el calor pueda terminar produciendo movimiento (por ejemplo, una máquina de vapor), o que el viento pueda emplearse para conseguir electricidad (un aerogenerador) ya que, al fin y al cabo, lo que está ocurriendo en ambos casos es un proceso de transformación de la energía en sus distintas formas (mecánica, calorífica, eléctrica, etc.). Por esto, jamás se podría hablar de energía infinita: la energía “total del universo” ha sido y será siempre la misma.

El primer principio de la Termodinámica jamás ha sido desmentido y, de hecho, es una de las piedras angulares más sólidas sobre la que se apoya la investigación científica. Entonces ¿cómo se puede sustentar una idea que, supuestamente, desafía dicha ley? Pues bien, la solución a este problema es mucho más sencilla de lo que parece... Porque en realidad no la contradice en absoluto: el generador magnético no saca la energía de “la nada” porque los imanes, por sí solos, ya poseen un tipo de energía que les fue transmitida a partir del trabajo de imantación. A su vez, ellos son capaces de devolver esa energía provocando un movimiento independiente, de atracción o repulsión, en función de la orientación de los polos. Esto se traduce en que las fuerzas electromagnéticas son capaces de realizar un trabajo que, en este caso, es mecánico. Y ¿acaso no es esta la definición de energía: “*Energía es la capacidad*”

de realizar un trabajo”?[4]. De esta manera, queda demostrado que podemos hablar de Energía Magnética. Una energía que, mediante algún proceso específico podrá transformarse en energía mecánica continua. Y esto nos lleva al gran punto de la cuestión: que no se trata de un movimiento auto impulsado.

Pongamos un ejemplo visual para comprender este concepto: imaginémonos a una persona que, para intentar elevarse del suelo apoya su pie sobre su otra pierna y empuja. Está claro que jamás conseguirá elevarse del suelo. La pregunta parecerá estúpida, pero ¿por qué no se levanta? Pues porque la misma fuerza que está ejerciendo con el pie para levantarse, lo está empujando hacia el suelo. Porque ambos elementos, el que lo empuja a favor y el que lo empuja en contra, están unidos, se contrarrestan y la persona se queda como estaba. Esto sería lo que se entiende por movimiento auto impulsado y también la razón por la que no funciona: un mecanismo que, al intentar ejercer fuerzas a su favor sobre sí mismo, está creando fuerzas contrarias que las contrarrestan.

A lo largo de los años se ha pensado que el generador magnético pretendía hacer lo mismo, pero no nos dábamos cuenta de que no tiene nada que ver: si pretendiéramos conseguir que un imán se auto repeliese para conseguir que él solo se moviera, estaríamos creando un intento de mecanismo auto impulsado, que acabaría fracasando. O si sujetáramos dos imanes enfrentados entre sí con el mismo polo y pretendiéramos que la fuerza que uno ejerce sobre el otro “hacia delante” superara de alguna forma a la que el otro ejerce sobre el primero “hacia atrás”, impulsando ambos hacia delante, estaríamos de nuevo tratando de incumplir las leyes de la física.

Sin embargo, al meter en la ecuación dos imanes independientes, separados, la cosa cambia. Si tú acercas dos imanes con el mismo polo, la repulsión entre imanes hará que estos salgan despedidos en direcciones contrarias. Ahora bien, si uno de ellos lo mantienes fijo (pegado a una pared, por ejemplo), el único que se moverá esta vez será el que no lo está (y además saldrá con más velocidad que la primera vez).

Y ahora solo falta meter este proceso en un bucle, para que ocurra continuamente. Ese es el problema justamente: ¿Cómo haces para que dos

imanes SÓLO se repelan a favor? Esa es la cuestión que hay que resolver. Pero tenemos que ver que el problema no es que la idea incumpla las leyes de la Física, sino que aún tenemos que dar con el mecanismo correcto para que la repulsión continua funcione.

Aún nos queda otra ley que nos puede dar problemas, y resulta ser la hermana de esta que ya hemos visto: la Segunda Ley de la Termodinámica. Esta dicta que la energía siempre tiende a dispersarse, mediante procesos térmicos como la fricción, en forma de calor. Es decir que, aunque fueras capaz de construir un mecanismo que produjera la misma energía que necesita, no conseguirías movimiento continuo, debido a que parte de la energía se perdería en forma de calor [5].

Sin embargo, por la misma explicación que se ha dado para la primera ley, se desmiente que el prototipo vaya en contra de esta. Si un proceso no es totalmente eficiente y pierde energía por el camino, en forma de calor, sólo deberás tener más energía de entrada de la que quieras obtener de salida. Como ya hemos visto que el generador magnético no se basa en la auto alimentación y que los imanes tienen energía propia, podemos concluir que no obtener la misma energía que se emplea no supone ningún problema.

Llegados a este punto, nos damos cuenta de otra cosa: si, en realidad, no estamos intentando crear un hipotético ciclo de auto alimentación, sino que estamos utilizando la energía magnética, esta energía llegará un punto en el que se agote: cuando ya se haya transformado toda la energía magnética en eléctrica. Y de aquí sale el tercer problema y también una nueva cuestión para resolverlo: ¿Cuánta energía contiene un imán? ¿Cuánto tiempo sería capaz de estar proveyéndonos de energía y cuándo se agotaría? En realidad, no necesitamos que la energía sea infinita. Se nos agotaría el tiempo antes de que pudiéramos llegar a aprovechar toda la energía. Lo que necesitamos es una cantidad finita lo suficientemente grande como para abastecer, sin problemas y de manera sostenible, todas las necesidades.

Se dice que un motor magnético no puede funcionar por siempre porque los imanes terminarían desmagnetizándose. Sin embargo, actualmente ya existe una variedad de imanes híper potentes y plenamente asequibles con un mínimo

presupuesto. Nos estamos refiriendo, por supuesto, a los imanes de neodimio: Con una vida útil prácticamente ilimitada bajo condiciones normales [6] y una fuerza hasta diez veces mayor que los de ferrita [7], ¿acaso no tendríamos suficiente con un par de ellos para generar energía (en el caso de que la hipótesis fuera correcta) durante toda una vida?

2.2.1.2. Problemas Prácticos

Existen también más problemas y dificultades, esta vez relacionados al proceso de creación del generador, como tal. El primero y más complicado, son los puntos de equilibrio.

El problema con los imanes es que sus campos de atracción o repulsión son tan amplios que abarcan casi los 180° que van desde el extremo de un polo hasta el otro, por lo que estos producirán efectos hacia los dos sentidos. Así, si empujas un disco con imanes dentro, mediante otro imán fijo, el que tiene delante será empujado a favor, mientras que los que lleguen por detrás serán repelidos en contra. Esto provocará que los imanes del disco tiendan a estancarse en la posición más estable para todos y el disco se pare. Esto es lo que se conoce como punto de equilibrio.

Por otro lado, podemos encontrar también complicaciones a la hora de elegir los materiales para la construcción, ya que, de entrada, no podremos utilizar ninguno que pueda intervenir en las interacciones magnéticas. Es decir, que la mayoría de los materiales metálicos quedan descartados. Y esto nos lleva al siguiente problema: que sin la gama de los materiales que suelen ser más resistentes (como el hierro, o el acero), nuestro prototipo correrá mayor riesgo de ruptura cuando se vea sometido a fuerzas muy elevadas.

2.2.1.3. Problemas Ambientales

En este tercer punto reside la posible polémica de toda fuente renovable: que diga ser respetuosa con el medio, cuando en realidad su proceso de construcción es altamente contaminante. Por ello, en este apartado nos vamos a dedicar a analizar el proceso de creación de los imanes de neodimio utilizados en el generador (NdFeB), entre otras cosas.

Los imanes empleados en el proyecto están conformados a partir de una aleación entre neodimio (Nd), hierro (Fe), y boro (B). El neodimio es una tierra rara, y pertenece al grupo de los Lantánidos [16]. Su extracción se consigue a partir de un proceso muy complejo, en el que se hacen precipitar las tierras raras del compuesto mediante el aumento del PH de la sustancia y la adición de otras composiciones químicas. Durante el proceso se liberan elementos radiactivos como el torio (Th) y el uranio (U), los cuales suponen un desecho potencialmente peligroso.[8]

He aquí nuestro primer riesgo: la extracción de elementos radiactivos durante la obtención del neodimio. Sin embargo, antes de alarmarse, debemos poner los datos en consideración: Como ya hemos dicho, el Nd se extrae de la arena monacita. Esta suele presentar varias composiciones diferentes en la naturaleza. De ellas, las más comunes entre aquellas que poseen Nd se muestran en la *Tabla 1*:

Tabla 1. Composiciones más comunes de la arena monacita en las que aparece el Nd. Estas composiciones están certificadas por la Asociación Mineralógica Internacional (IMA). Fuente de datos: [15]

Variedades principales de la Arena Monacita	
Monacita-Ce	(Ce, La, Pr, Nd, Th, Y) PO ₄
Monacita-La	(La, Ce, Nd, Pr) PO ₄
Monacita-Nd	(Nd, La, Ce, Pr) PO ₄

Podemos observar que el Nd posee una variedad de monacita propia, en la que es la tierra rara más abundante. Y en dicho compuesto no encontramos la presencia de los elementos radiactivos que preocupaban al principio (el torio (Th), y el uranio (U)).

Por esto, podemos llegar a la conclusión de que, si bien el neodimio no es sencillo de obtener, el riesgo de contaminación (por trabajar con compuestos que pueden presentar elementos radiactivos) es tan mínimo, que no es, ni de lejos, equiparable con la cantidad de usos beneficiosos que se le pueden dar a este material; entre los cuales, puede llegar a encontrarse la obtención de energía a base de repulsión magnética [17].

2.2.2. MODELO: ESTÁTOR NO FIRME. ENGRANAJES.

Cabe mencionar que se realizó un primer intento, con un modelo anterior al que a continuación explicaremos, pero que, como no se obtuvieron resultados útiles de él, no lo desarrollaremos tan en profundidad.

2.2.2.1. Principio en el que se basa: Eliminar repulsión en contra.

El mayor problema que se nos presenta a la hora de conseguir el movimiento continuo son los puntos de equilibrio. En este modelo ya no se pretende vencer el punto de equilibrio. Lo que se busca es *eliminarlo*. Si no hay fuerzas en contra, no habrá nada que detenga a los imanes, ninguna barrera magnética que los frene. Y eso solo se puede conseguir desanclando los imanes del estátor.

2.2.2.2. Funcionamiento y Diseños

La idea es simple, pero prometedora: un estátor móvil (valga la contradicción) que aparte los imanes cuando se aproxime un imán del rotor por detrás y los vuelva a acercar en el momento justo en que la repulsión actúe a favor [18]. Para entender mejor el funcionamiento podemos ver la *Ilustración 2*:

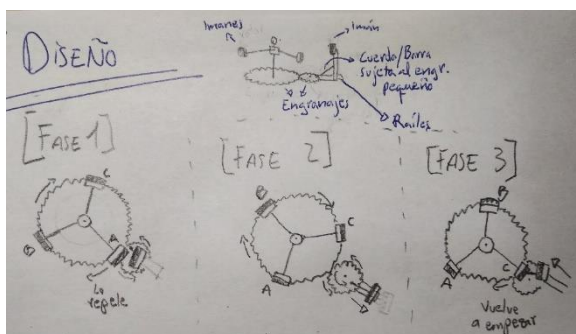


Ilustración 2. Boceto del funcionamiento del modelo 2.

[FASE 1] El ciclo comienza con una situación inicial de repulsión entre imanes del “estátor” (para facilitar la comprensión se le va a denominar así, aunque sea una contradicción de términos) e imanes del rotor, colocada a mano mediante un impulso inicial.

Dicha repulsión genera una fuerza que empuja a ambos imanes en direcciones favorables al movimiento: al rotor en sentido horario (en este caso) y al estátor hacia atrás. Además, para que ambos movimientos estén propiamente coordinados se unen las partes mediante engranajes (uno grande en el rotor y uno pequeño por cada imán del estátor) que se empujarán el uno al otro en la dirección deseada.

[FASE 2] La inercia de la repulsión (almacenada y repartida gracias a los engranajes) impulsa ambas partes hasta que entra el siguiente imán del rotor (C) en la región del mismo imán del estátor. Gracias a que el imán del estátor se encuentra alejado, el imán del rotor avanza sin detenerse, ante la ausencia de una barrera magnética que se lo impida.

[FASE 3] En ese momento, el engranaje pequeño (que ya ha dado la mitad de una vuelta) comienza a tirar del imán del estátor, volviéndolo a acercar al imán del rotor, alcanzando la repulsión máxima, en el momento idóneo en el que esta actúa en sentido favorable. Y así, vuelve a comenzar el ciclo. Pero esta vez con mayor velocidad inicial por lo que, a medida que se cumplan más ciclos la velocidad del rotor, irá aumentando exponencialmente.

En adición, ante la duda de que una sola repulsión magnética no fuera lo suficientemente potente como completar el ciclo, se añadieron el doble de imanes para el estátor de manera que (como se muestra en la *Ilustración3*) a mitad del ciclo de los imanes pares (el 2, más el 4 y el 6, que no se muestran en el dibujo) es decir, mientras los pares están alejados, se acercaran los impares (1, 3 y 5) que, en ese momento, tienen los imanes del rotor en su región.

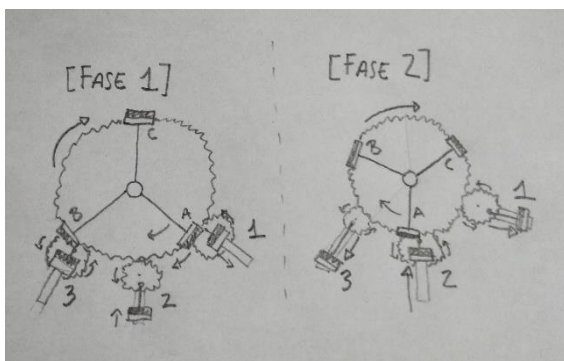


Ilustración 3. Boceto modelo 2, con doble de imanes

Con esto nos aseguramos que, aunque una sola repulsión no tenga fuerza suficiente como para completar un ciclo entero (alejar y acercar el imán), no pasará nada ya que, a mitad de ciclo, el impulso se verá renovado por la intervención del otro grupo de imanes.

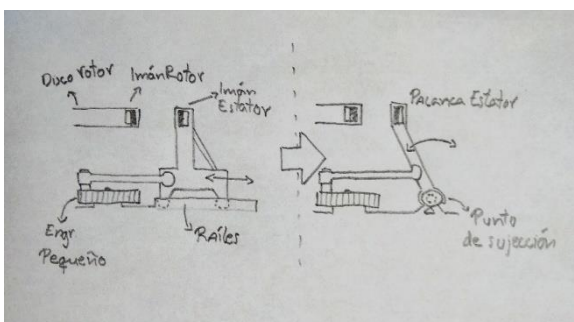


Ilustración 4. Boceto Modelo 2. Palancas del estátor.

Por último, se cambiaron los soportes de los imanes del estátor, que antes estaban pensados para deslizarse sobre raíles, por palancas que oscilaran sobre un punto de sujeción, como se observa en la *Ilustración4*.

Con este cambio, se consigue reducir la fuerza de rozamiento en el movimiento y, por tanto, mejorar el rendimiento energético.

2.2.2.3. Cálculos

[ENGRANAJES]

En primer lugar, debemos establecer la relación (i) que tendrán los engranajes pequeños respecto al grande. Esto se verá determinado por el número de imanes que vayamos a colocar en el rotor ya que, si lo que queremos es que el estátor se acerque cada vez que pasa un imán del rotor, los engranajes pequeños deberán completar una vuelta entera por cada imán que haya en el rotor. Una vez hayamos determinado esto, podremos sacar más valores con las fórmulas que lo definen. Estas son: mediante la velocidad (n) de cada engranaje, o por la cantidad de dientes (z) que tenga cada uno:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

En un primer lugar, sabiendo la velocidad y conociendo las fórmulas de los MCUA, optamos por utilizar la primera para sacar el radio que deberían tener los engranajes. Luego, para determinar el tamaño del engranaje se utiliza una magnitud llamada Módulo, que relaciona el diámetro primitivo (diámetro de la circunferencia que va desde el centro hasta el punto donde los dientes del engranaje enganchan con los de otro, véase en la *Ilustración 5*) con el número de dientes que tenga [8]. Es importante tener en cuenta que para que dos engranajes puedan funcionar juntos deben tener el mismo módulo.

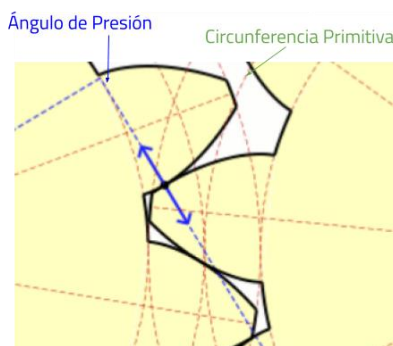


Ilustración 2. Magnitudes de un engranaje.

Fuente del dibujo: [Wikipedia](#) [14]

Así pues, se establece lo siguiente:

Nº Imanes en el rotor: 6

Nº Imanes en el estátor: 12

Relación entre engranajes (i): $\frac{6}{1}$

Módulo (de ambos): 2

Ángulo de Presión: 20°

Dientes del E. Grande (Z_1): 72

Por lo que los Engranajes Pequeños tendrán: $i = \frac{z_1}{z_2}$; $6 = \frac{72}{z_2}$; $z_2 = 12$ **dientes**

[PALANCAS DEL ESTÁTOR]

En segundo lugar, debemos averiguar cuánto se van a desplazar las palancas del estátor para dejar espacio suficiente con la pared, o de lo contrario se chocaría con ella y no funcionaría. Para ello debemos saber:

1º.- El radio de la circunferencia de trayectoria que trazará el punto de enganche del engranaje pequeño (que es lo mismo que decir: cuánto se va a desplazar el punto de la palanca que está sujeto, mediante un enganche, al engranaje pequeño).

2º.- La altitud a la que se encontrará dicho punto de la palanca.

3º.- La altitud a la que estarán los discos del rotor (ya que ambos imanes del estátor y del rotor deberán estar a la misma altura en el momento de máxima proximidad) para saber la altura que deberá tener la palanca. Estos elementos se pueden observar mejor en las ilustraciones 6 y 7:

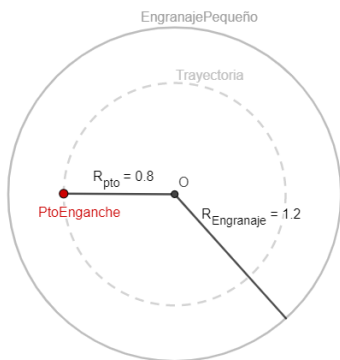


Ilustración 6. Plano esquemático del engranaje pequeño. Creado con [GeoGebra Classic](#)

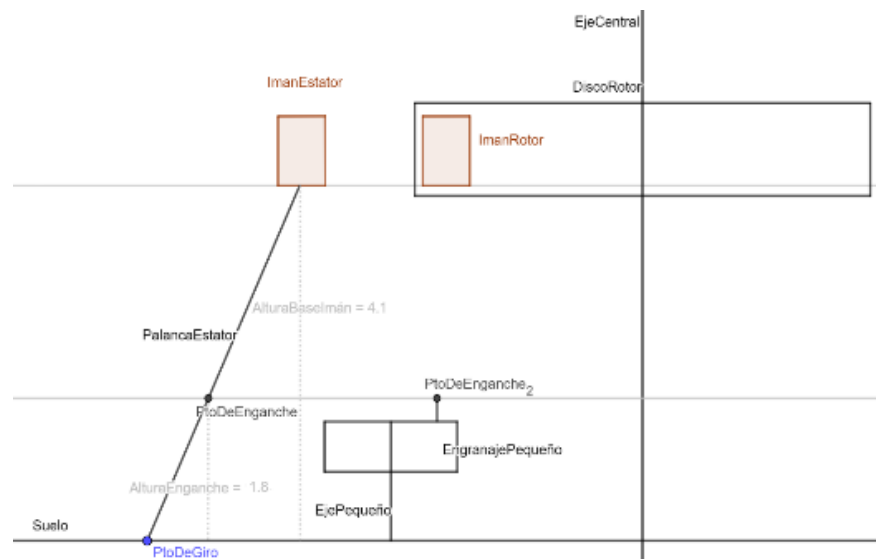


Ilustración 7. Plano esquemático de la disposición de los elementos que interactúan con las palancas del estátor. Creado con [GeoGebra Classic](#)

Así, se esbozaron unos planos en los que se establecían las medidas que vemos en las ilustraciones anteriores:

- Radio de la Trayectoria: *0,8 cm*
- Altura Pto. Enganche–Suelo: *1,8 cm*
- Altura Base del Imán–Suelo: *4,1 cm*

Con estas dimensiones establecidas, ya podemos comenzar a realizar los cálculos [9]. Para empezar, debemos averiguar el ángulo de inclinación máximo que alcanzará la palanca, hacia ambos lados. Esto lo podemos resolver a modo de caso ideal (la palanca como una recta -sin anchura- y el lugar de enganche como un punto), aunque más tarde se le tengan que añadir el cuerpo y el mecanismo de agarre; lo cual alterará las dimensiones iniciales, pero tampoco supondrá una gran variación, ni tampoco se requiere en este punto tanta precisión y, sin embargo, sí que facilita mucho los cálculos. Lo resolvemos con trigonometría muy sencilla [10]:



Ilustración 8. Esquema del engranaje pequeño. Creado con GeoGebra Classic

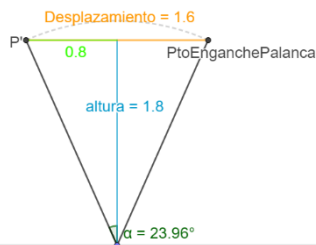


Ilustración 9. Triángulo formado por la altura del Punto de enganche y el desplazamiento horizontal de este. Creado con GeoGebra Classic

- El punto de enganche del engranaje pequeño (y por consecuencia el de la palanca) se desplaza en el eje X (como se muestra en la *Ilustración8*): $1,6 \text{ cm}$

-El punto de enganche de la palanca se encuentra a una altura, en el eje Y, de: $1,8 \text{ cm}$.

De esta manera obtenemos el triángulo que se muestra en la *Ilustración9*, el cual se puede descomponer en dos triángulos rectángulos para calcular el ángulo:

$$\tan \alpha = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha} \quad ; \quad \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{0,8}{1,8} \right) \quad ;$$

$$\alpha = 23,96^\circ$$

O sea, que la palanca se inclinará $23,96^\circ$ a la derecha y a la izquierda ($47,92^\circ$ en total). Ahora que ya sabemos el ángulo de inclinación máxima, podemos hallar la longitud que tendrá que tener la palanca para que su imán se encuentre a la misma altura que el del disco del rotor en

el punto de máxima proximidad. Altura que ya determinamos en la parte de la *Ilustración 7* como $4,1 \text{ cm}$ y con la cual podemos definir el triángulo de la *Ilustración* para calcular lo siguiente:

$$\cos \alpha = \frac{a}{h} \quad ; \quad h = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{4,1 \text{ cm}}{\cos 23,96^\circ} \quad ; \quad h = 4,49 \text{ cm}$$

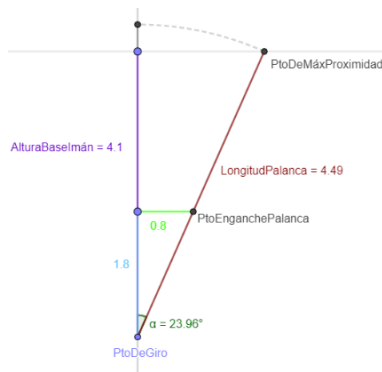


Ilustración 10. Triángulo formado por el ángulo de máxima inclinación, la altura a la base del imán y la longitud de la palanca. Creado con GeoGebra Classic

Siendo a el cateto contiguo al ángulo, o sea la Altura a la base del imán y h la hipotenusa del triángulo, es decir la Longitud de la Palanca.

Ahora, podemos calcular del mismo modo el desplazamiento horizontal de la palanca completa (es decir, el espacio que deberemos dejar libre para que la palanca gire sin chocarse con nada) y así determinar la distancia mínima que debemos dejar entre la pared del prototipo y el punto de giro. De nuevo, basándonos en la representación esquemática de *Ilustración* podemos calcular que:

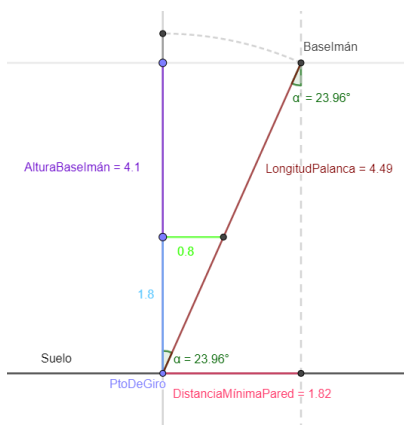


Ilustración 11. Triángulo formado por la palanca, a la altura en la máxima inclinación, con el que se visualiza la distancia horizontal máxima. Creado con GeoGebra Classic

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} \alpha &= \frac{d}{h} & ; & \quad d = h \cdot \operatorname{sen} \alpha = 4,49 \text{ cm} \cdot \\ & \operatorname{sen} 23,96^\circ & ; & \quad d = 1,82 \text{ cm} \end{aligned}$$

Siendo h , de nuevo, la hipotenusa del triángulo (Longitud de la Palanca) y d el cateto opuesto (la Distancia Mínima a la Pared).

Para terminar con los cálculos de las palancas del estátor, debemos hallar la distancia mínima que se deberá dejar, esta vez con respecto al engranaje pequeño, para que no se choquen. Para ello necesitamos determinar un nuevo valor que será la altura a la que se encuentre el engranaje pequeño, que tras esbozar unos bocetos se estableció lo siguiente:

- Altura del borde del engranaje: $0,9 \text{ cm}$

Y con esto sólo nos queda realizar el cálculo trigonométrico, basándonos esta vez en el esquema de la *Ilustración* :

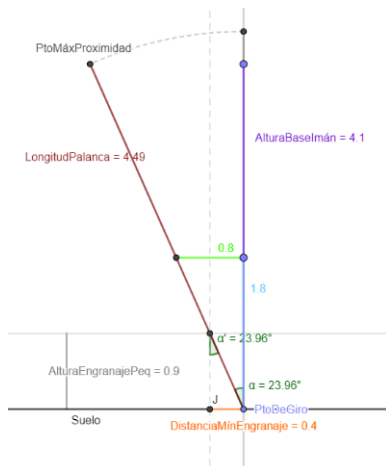


Ilustración 12. Triángulos tomados para la deducción trigonométrica de la distancia mínima de la palanca al engranaje pequeño. Creado con GeoGebra Classic

-Primero hallamos el valor de la hipotenusa (h) a esa altura, siendo b la altura del Engranaje:

$$\cos \alpha = \frac{b}{h} \quad ; \quad h = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{0,9 \text{ cm}}{\cos 23,96^\circ} = 0,98 \text{ cm}$$

-Y segundo, hallamos el valor del cateto opuesto (Distancia mínima al Engranaje (d)):

$$\text{sen } \alpha = \frac{d}{h} \quad ; \quad d = h \cdot \text{sen } \alpha = 0,98 \cdot \text{sen } 23,96^\circ$$

$$d = 0,4 \text{ cm}$$

2.2.2.4. Proceso de construcción: Problemas

El problema en el proceso de impresión fue que aquella era la primera vez que utilizábamos una impresora 3D, por lo que se cometieron varios fallos al principio como, por ejemplo, no tener en cuenta que cuando se imprime una pieza, esta no sale exactamente como estaba diseñada, sino un poco más gruesa, debido al tamaño de la boquilla de la impresora; por ello, al imprimir unas cuantas piezas en las primeras pruebas, estas no encajaban para nada. Afortunadamente, estos primeros errores salieron a la luz antes de encargar las piezas grandes a la empresa y pudimos tenerlos en cuenta para las futuras piezas [11].

Finalmente, tras una breve investigación sobre los distintos materiales en los que se podían imprimir las piezas, se mandaron a imprimir las piezas grandes (suelo y paredes y techo) y las medianas (engranaje grande, discos del rotor, etc...) en material PETG, que es un tipo de plástico idóneo para piezas estructurales o que requieran resistencia, pero no necesiten demasiada precisión [12]. Y por el otro lado, las pequeñas se imprimieron en material PLA que no es tan resistente (aunque sigue siéndolo bastante) pero da unos resultados mucho más precisos y mejor definidos [19].

Al final, el prototipo quedó montado. A continuación, podemos apreciar una muestra de los resultados en las ilustraciones 13, 14, 15 y 16:



Ilustración 13. Conjunto de piezas impresas: Palanca del estátor, agarres, y enganche.



Ilustración 14. Engranajes pequeños impresos. Se muestran: uno tal y como salió impreso (Izq.) y otro tras limar todo lo necesario para que encajara con el engranaje grande (Dcha.)

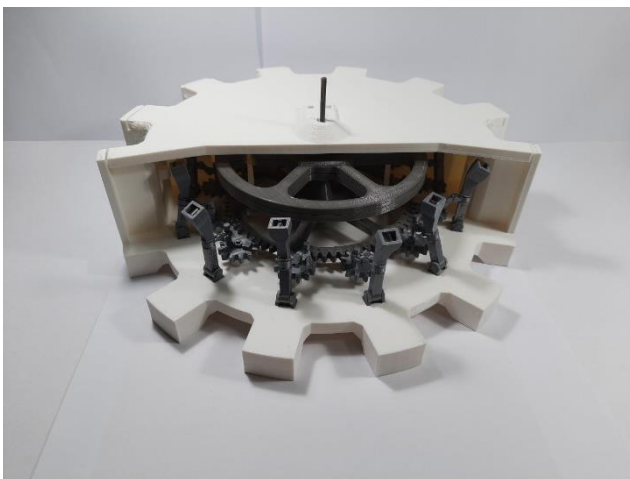


Ilustración 15. Prototipo final montado por completo. Imagen 1.



Ilustración 16. Prototipo final montado por completo. Imagen 2.

2.2.3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

Desgraciadamente, el prototipo del Modelo no funcionó y consideramos necesario compartir las razones por las que pensamos que no ha dado resultado.

En primer lugar, tenemos el problema del rozamiento, causa de grandes pérdidas energéticas. Gran parte de las piezas que rotan o se mueven (por no decir todas menos el eje central) lo hacen sobre ejes o soportes construidos con

material PETG o PLA, que no dejan de ser materiales plásticos y presentan bastante resistencia al deslice con otras piezas.

Por otro lado, está la falta de precisión. La construcción de las piezas con materiales plásticos, sumado a los fallos de previsión en el diseño del aumento del grosor tras la impresión y el posterior limado de las piezas, han dado lugar a un prototipo poco preciso, con piezas en el rotor encajadas con bastante holgura -cuando deberían ser firmes-. También, las palancas del estátor están muy sueltas y esto es un gran problema, ya que son justamente estas las que se encargan de empujar a los imanes del rotor. Por eso, si la palanca no está firmemente agarrada a su punto de sujeción cuando se da la repulsión magnética, en vez de empujar al rotor, saldrá ella empujada hacia un lado por donde -de haber estado bien agarrada- no habría podido salir. Y así, se pierde casi toda la energía que se pretendía aprovechar.

Esta falta de precisión y firmeza lleva incluso a la mala interacción entre imanes, dando lugar a que los imanes que deberían repelerse encuentren la manera de terminar atrayéndose con la parte opuesta del otro imán.

2.3. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Desde un comienzo, este proyecto se concibió como la oportunidad perfecta para poner a prueba la idea de conseguir energía mediante imanes. Toda la investigación y el estudio realizado nos ha servido para adentrarnos en el mundo del magnetismo y la energía, gracias a lo cual nos ha sido posible ir comprendiendo los problemas que iban surgiendo a medida que avanzaba el proyecto y, de esta forma, ser capaces de buscar la manera de solucionarlos.

Merece la pena seguir apostando por el generador magnético. Se ha demostrado que realmente es posible crearlo y que tan sólo hay que seguir intentando dar con la manera de hacerlo funcionar.

El hecho de que el prototipo del modelo no haya funcionado no determina, en absoluto, que la idea del funcionamiento en la que se basaba no fuera acertada. De hecho, sigue resultando igual de prometedora que en el momento en que se

concibió, si bien será necesario idear otro modelo en el que se corrijan los fallos que, gracias a la experiencia con el prototipo construido, ya sabemos que pueden darse.

Por todo ello, aunque ahora toque concluir el proyecto, la ilusión y la intención de desarrollar un generador magnético funcional seguirán presentes.

3. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Energías Renovables y No Renovables», *RIC Renovables*, mar. 14, 2020. <https://www.ricrenovables.com/energias-renovables-y-no-renovables/> (accedido sep. 28, 2021).
- [2] S. S. Molina Burgos, *Física 2*. Barcelona: Edebé, 2016.
- [3] S. Zubiaurre, *Física, Bachillerato 2*. Madrid: Anaya, 2011.
- [4] «Magnetismo», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. ago. 26, 2021. Accedido: oct. 02, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Magnetismo&oldid=137925715>
- [5] «Capítulo 1: Potencia de Imanes - PDF Free Download». <https://docplayer.es/68916374-Capitulo-1-potencia-de-iman.html> (accedido sep. 28, 2021).
- [6] «Potencia en Física - Concepto, tipos, ejemplos y fórmulas». <https://concepto.de/potencia-en-fisica/> (accedido oct. 11, 2021).
- [7] «Par motor y potencia: qué son y en qué se diferencian», ene. 24, 2017. <https://clr.es/blog/es/potencia-par-motor/> (accedido oct. 11, 2021).
- [8] «Permanent Magnet Generator Electric 3 Phase AC Alternator AVAN-300w Industrial Supplies(Sans redresseur 48V) lig», *Wish*. <https://www.wish.com/es/product/permanent-magnet-generator-electric-3-phase-ac-alternator-avan-300w-industrial-suppliessans-redresseur-48v-lig--6054c5a393dbfbd0686d31bf> (accedido dic. 08, 2021).
- [9] «Impresión 3D online | Servicio de impresión 3D profesional», *Imprimakers*. <https://imprimakers.com/es/> (accedido dic. 08, 2021).
- [10] «Neodimio», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. sep. 21, 2021. Accedido: oct. 05, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Neodimio&oldid=138496872>
- [11] «Métodos para la extracción de minerales con tierras Raras», *Condorchem Envitech*, feb. 10, 2020. <https://condorchem.com/es/blog/tratamientos-extractivos-tierras-raras/> (accedido oct. 05, 2021).
- [12] «Monacita», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. sep. 05, 2021. Accedido: oct. 09, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Monacita&oldid=138138217>
- [14] «Electrónica - Sectores», *IMA*. <https://imamagnets.com/electronica/> (accedido oct. 09, 2021).
- [15] «Motores y Eólica - Sectores», *IMA*. <https://imamagnets.com/motores-y-eolica/> (accedido oct. 09, 2021).
- [16] «Por qué las máquinas de movimiento perpetuo no funcionan (aunque haya un delgado halo de esperanza)», *Microsiervos*. <https://www.microsiervos.com/archivo/ciencia/por-que-maquinas-movimiento-perpetuo-no-funcionan.html> (accedido oct. 11, 2021).

- [17] «Pérdida de la fuerza de sujeción magnética - supermagnete.es».
<https://www.supermagnete.es/faq/Un-iman-se-debilita-con-el-tiempo> (accedido oct. 11, 2021).
- [18] «PLA y PETG: características, diferencias y aplicaciones», *Abax Innovation Technologies*, dic. 15, 2020. <https://abax3dtech.com/2020/12/15/pla-y-petg-caracteristicas-diferencias-y-aplicaciones/> (accedido dic. 08, 2021).