

¿Cómo mover un barco sin usar un motor convencional?

Gabriel López, Alain Pineda, Carlos Hoyos, Andrés Riojas y Natalia Vázquez

Colegio Marymount, Cuernavaca, Mor.

colegio@marymount.edu.mx

Asesor: Dr. Sergio Cuevas, Centro de Investigación en Energía, UNAM- Campus Morelos

Resumen

Se construyó un pequeño barco para ilustrar el principio de la magnetohidrodinámica (MHD). Se utilizó un barco de plástico al cual se le colocó una pila de 9V en la parte superior, la cual se conectó a dos barras de grafito en la parte inferior del barco mediante el uso de caimanes. Dichas barras actuaron como electrodos y se fijaron con plastilina. Se colocó un imán de neodimio en la parte superior del barco que interactuó con la corriente eléctrica, generando una fuerza. El barco se colocó en un recipiente que contenía agua y una sal con una concentración al 2.5% (cloruro de sodio y bicarbonato de sodio). Se midió la velocidad y el tiempo en el que avanzó. También se midió la intensidad de corriente de dichos fluidos a la misma concentración (más otra concentración con agua e hidróxido de potasio) mediante un multímetro. Al utilizar la fórmula $F = I \times B$ se calculó la fuerza generada por cada fluido. Se observó que la fuerza fue mayor en la solución que generó una mayor intensidad de corriente, como se esperaba.

Introducción

Se le denomina magnetohidrodinámica a la disciplina académica que se encarga de estudiar el movimiento de fluidos conductores, provocado por la presencia de una corriente eléctrica y campos magnéticos. Con la presencia de corriente eléctrica en un fluido conductor y la combinación de un campo magnético, se crean fuerzas que inducen corrientes en el fluido conductor. La fuerza que se aplica se puede deducir por la ecuación: $F = I \times B$, donde I es la intensidad de corriente y B es el campo magnético aplicado. La fuerza generada es perpendicular al campo magnético y la velocidad, por lo que se puede controlar la dirección de la fuerza (Font y Dudley, 2004)

Nuestro proyecto tuvo como objetivo utilizar una aplicación que existe de la magnetohidrodinámica: el movimiento de un barco. Se observaron y midieron las fuerzas resultantes de distintos fluidos conductores que se crearon dependiendo de la variación de la intensidad de la corriente eléctrica y el campo magnético aplicado.

Antecedentes

La MHD estudia el movimiento de fluidos eléctricamente conductores en campos magnéticos; esta disciplina se ha vuelto popular en las últimas décadas, en especial cuando el científico sueco Hannes Alfvén incurrió en este campo. Sus trabajos en esta área lo condujeron a obtener el Premio Nobel de física en el año de 1970. (Wikipedia, 2011)

La MHD surge de la fusión de la dinámica de fluidos y el electromagnetismo. La idea principal y con la cual trabajamos es que a partir de añadir un campo eléctrico o magnético a un fluido conductor se generara una fuerza que actúe como corriente. [Ver Fig. 1] (Wikipedia, 2011).

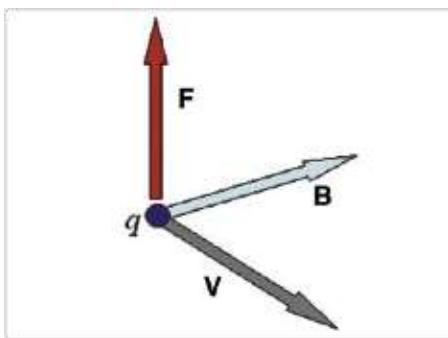


Fig. 1. Principio de la MHD. Cuando están presentes una corriente eléctrica (V) y un campo magnético (B), se genera una fuerza perpendicular a éstas.

Las fuerzas magnéticas pueden utilizarse para producir movimientos en líquidos conductores una aplicación directa se da en el bombeo de fluidos o en la propulsión de barcos. Se han realizado experimentos como el del buque japonés “Yamato 1”, con los principios de la magnetohidrodinámica y varios de ellos se han convertido en aplicaciones en diversos campos de la ciencia como la geofísica y la astrofísica. En la ingeniería, la magnetohidrodinámica se ha utilizado en el confinamiento de plasma, el enfriamiento por metales líquidos de los reactores nucleares y el moldeado electromagnético (Wikipedia, 2011).

La MHD también ha generado ideas que parecían descabelladas, una de ellas era propulsar un barco utilizando la corriente que generaría la MHD hacia un fluido, en este caso el agua de mar. En Japón, en la Universidad de Osaka se trabajó en este proyecto, para construir un barco eficiente que funcionara por los principios de la magnetohidrodinámica. Este experimento se llevó a cabo en 1992 con el patrocinio de grandes industrias y compañías. Los beneficios de este barco serían enormes ya que sería silencioso, no tan caro, rápido, y bastante eficiente. En el primer experimento se obtuvo una eficiencia menor a la de un bote convencional: 22 a 23% de eficiencia. Esto no detuvo a los científicos que trabajaron en el proyecto “Yamato 1”, el cual es el nombre del barco que fabricaron y no se dieron por vencidos (Wikipedia, 2010). Ellos entienden que apenas se está conociendo poco de esta “nueva” disciplina, y esperan que en las futuras décadas la propulsión por MHD, sea algo práctico y viable. El problema es que los imanes no son tan ligeros como deberían, ni generan campos magnéticos tan poderosos, pero se

espera que en un futuro un barco construido en base a la magnetohidrodinámica sea tan competitivo como uno convencional (Normile y Langreth, 1992).

Otro experimento similar al que se llevó a cabo en la Universidad de Osaka, consistió en la creación a escala de un bote que funcione nuevamente con el principio de la magnetohidrodinámica. En un artículo (Font y Dudley, 2004) enseñan cómo se debería crear este modelo y la explicación de cómo funciona [Ver Fig. 2].

Se puede apreciar como esta idea “descabellada” que presentaron en Japón se ha ido tomando más en consideración, por ello hemos optado por tomar como base el proyecto que se realizó en Osaka, usarlo para comprender mejor los principios de la MHD y ver si ésta podría ser una alternativa viable para el presente (Font y Dudley, 2004).

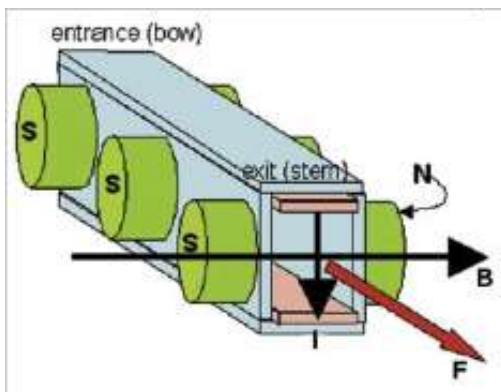


Fig. 2. Ilustración de la relación en el barco entre los imanes (S), el campo eléctrico (I) y su fuerza resultante en el agua (F).

Hipótesis

Una fuerza magnética en conjunto con una corriente eléctrica es capaz de producir movimiento en un fluido conductor de electricidad, particularmente para mover un barco.

Objetivos

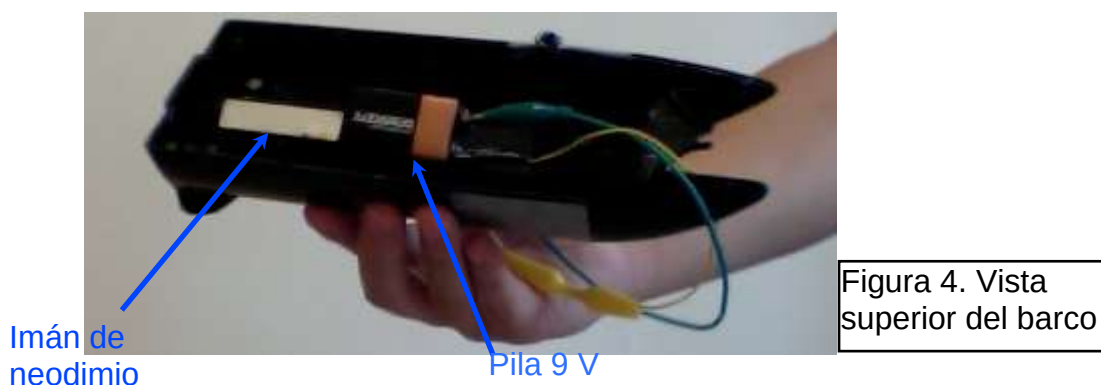
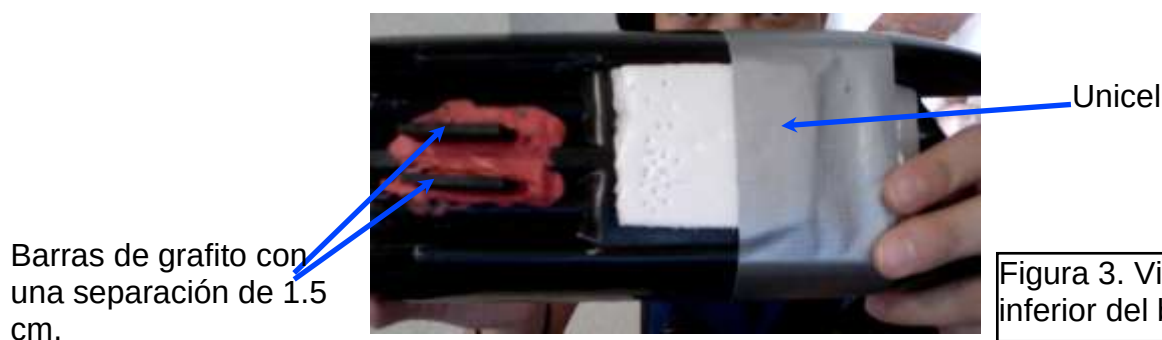
General: Generar corrientes de fluidos conductores por medio de campos magnéticos y corrientes eléctricas.

Específicos:

- Aplicar las fuerzas generadas por corrientes eléctricas e imanes (magnetohidrodinámica) a ciertos experimentos.
- Determinar si el uso de este principio de fuerza es una opción viable para ciertas aplicaciones como lo es el movimiento de fluidos conductores de corriente para impulsar un móvil (barco).
- Construir un pequeño barco con distintos materiales y colocarlo en un contenedor con un fluido conductor.
- Utilizando el principio de magnetohidrodinámica, colocar electrodos e imanes en dicho barco para generar una fuerza que impulse el fluido en el que se encuentra dicho barco e impulsarlo, logrando su movimiento.

Metodología

Para realizar el experimento se diseñó un barco que pudiera tener al imán y el circuito eléctrico para que se produjera la fuerza por la magnetohidrodinámica. Después de varios diseños se decidió usar un barco de juguete de plástico. Se seleccionaron varios barcos y finalmente escogimos el chasis de un barco de juguete que era el más ligero y flotaba más. Hicimos varias pruebas con este barco y le agregamos piezas de unicel para ayudar a que flotara mejor. Encima del barco colocamos un imán de neodimio (que nuestro asesor nos recomendó y prestó debido a su gran campo magnético de 0.3 Teslas, el cual sería un campo magnético suficiente para mover el barco). El neodimio es el imán de tierras raras más potente en la actualidad y sus altos valores magnéticos permiten que se puedan realizar medidas con una extraordinaria potencia. También, encima del barco colocamos una pila de 9 V que estaba conectada por medio de caimanos a los dos electrodos de grafito que estaban fijados a la parte inferior del barco por medio de plastilina, con una separación de 1.5 cm [Ver Fig.3 y Fig.4].



Nuestros experimentos se realizaron en una tina, la cual contenía el electrolito deseado (agua con bicarbonato o sal) para que se creara el circuito y se cumpliera el principio de la magnetohidrodinámica. La tina contenía 17.6 litros de agua y se le agregaron 415.32 gramos de la sal para así tener una concentración de sal de 2.5 %, similar a la concentración de sal en el mar que oscila entre el 3 y el 3.5 % (Wikipedia, 2011). Variamos un poco las concentraciones hasta encontrar cuál de ellas era la mejor para que avanzara nuestro barco. Se midió el tiempo en el que el barco avanzaba una distancia de

17 cm utilizando un cronómetro. Se repitió la prueba 5 veces y se obtuvo un promedio del tiempo con el cual obtuvimos la velocidad promedio del barco en cada solución utilizando la fórmula $v=d/t$.

Para la medición de intensidad de corriente, utilizamos 3 vasos en los que colocamos 600 ml de agua y una concentración al 2.5 % también de la sal, el bicarbonato de sodio y el hidróxido de potasio. Usamos un multímetro que estaba conectado en un circuito en serie a nuestro circuito con la pila. [Ver Fig. 5]

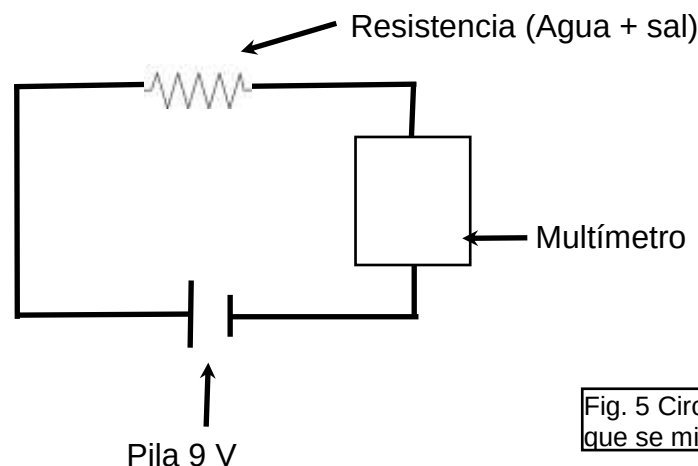


Fig. 5 Circuito en Serie en el que se midió la intensidad.

Se tomaron medidas de la intensidad de corriente 10 veces. Ya que obtuvimos diferentes resultados para la intensidad de corriente, los multiplicamos con la intensidad del campo magnético de los imanes (Imanes, 2007) que fue de 0.3 Teslas. De esta manera obtuvimos los resultados de la fuerza, calculamos el promedio para cada una de las situaciones y también obtuvimos la desviación estándar.

Resultados

La Figura 6 muestra la fuerza que se obtuvo en cada uno de los medios.

En la primera barra, que está conformado por agua de la llave, la cual obviamente contiene bajas cantidades de sales, la fuerza que se obtuvo fue casi insignificante. En el segundo caso, que se midió la fuerza en una solución de bicarbonato de sodio al 2.5 %, se muestra como la fuerza se elevó de forma radical con respecto a la fuerza que se midió en el agua.

El patrón que siguen las barras en la gráfica es creciente, ahora en el cloruro de sodio, la fuerza se incrementó y se midieron 1.773×10^3 Newtons, que es mayor a la fuerza que se obtuvo en el bicarbonato. Es importante destacar que para generar todas las soluciones se utilizó la misma concentración y proporción la cual fue de 2.5 % del compuesto en un recipiente que contenía 600 ml de agua. Finalmente, en la solución en

la que se obtuvo la mayor fuerza fue la que se preparó con hidróxido de potasio (KOH). En esta solución se obtuvo una fuerza de 2.137×10^{-3} Newtons, casi el doble de lo que se obtuvo en la solución de bicarbonato de sodio. Con estos resultados se observa que una fuerza mayor determina una velocidad mayor, por ello se infiere que en la solución en la que el barco será más veloz será en la solución de hidróxido de potasio. Sin embargo, no nos fue posible llevar a cabo el experimento para medir la velocidad en la solución de hidróxido de potasio ya que no era suficiente la cantidad con la que contábamos de este compuesto, además de que el costo de éste es muy elevado y sus soluciones son muy corrosivas. Sin embargo se puede inferir que la velocidad en este medio será mayor a las velocidades que se obtuvieron en las soluciones de cloruro de sodio y bicarbonato de sodio, debido a que se generó una fuerza mayor a las otras soluciones y esta fuerza es directamente proporcional a la velocidad del barco. [Ver Fig.6]

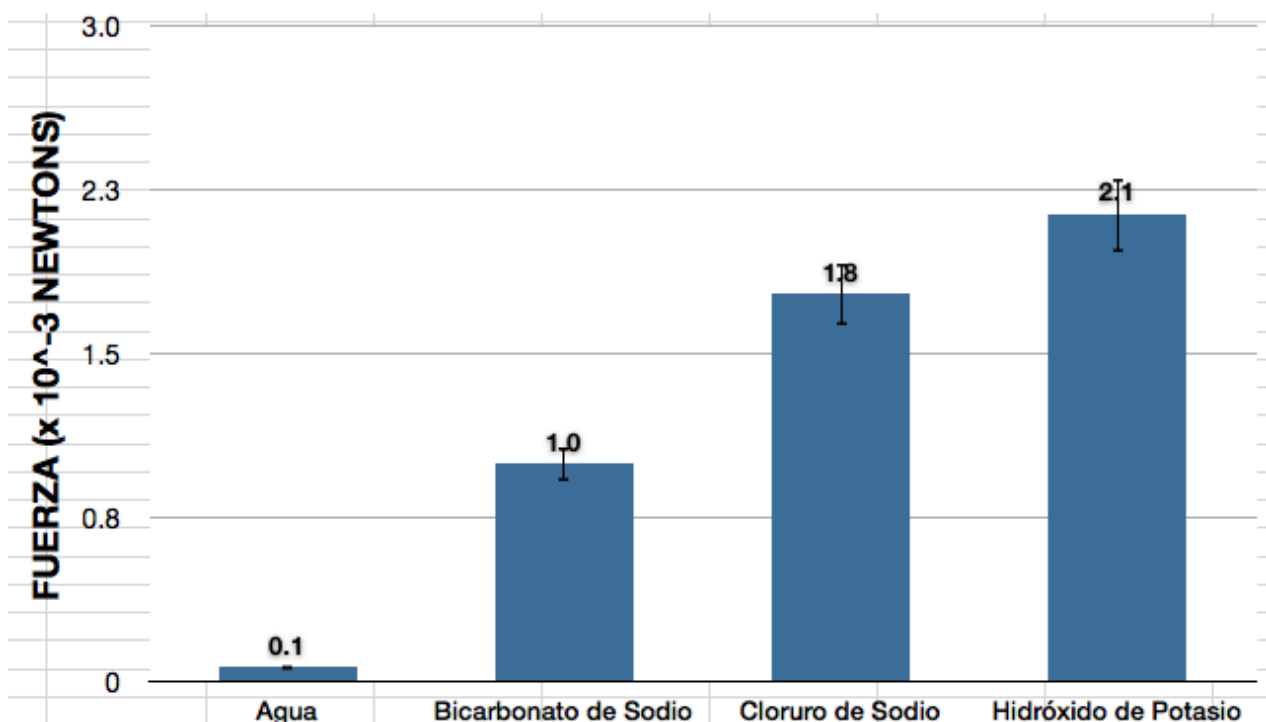


Fig. 6 Fuerzas obtenidas. Se utilizó la formula $F = I \times B$ con los valores de las intensidades que se obtuvieron como se indica en la figura 5 y el valor del campo magnético (0.3 Teslas).

*En el anexo se incluyen los valores de las velocidades que se midieron en las diferentes soluciones.

Conclusiones

- Fue posible desarrollar un prototipo o modelo de lo que sería un barco que trabajara con una fuerza magnética basada en la MHD.

- Se asume que en el medio en el que el barco tendrá la mayor velocidad es en el que contiene Hidróxido de Potasio (KOH); ya que la velocidad del barco es proporcional a la fuerza.
- La mayor fuerza se obtuvo en la solución que se preparo con Hidróxido de Potasio (KOH).

Agradecimientos

Queremos dar las gracias a nuestro asesor, el Dr. Sergio Cuevas, por su gran apoyo durante el transcurso de todo el proyecto y su disposición a ayudarnos con los materiales y las dificultades presentadas. Agradecemos al Profesor Galindo por sus correcciones y sabios consejos a nuestro proyecto.

Referencias

- Font, G.I. y Dudley, S.C., (2004), The Physics Teacher, Vol. 42, Magnetohydrodynamic Propulsion for the Classroom. U.S. Air Force Academy, Colorado Springs, CO, DOI: 10.1119/1.1804659 pp 410-415 (Fecha de consulta, 13 de febrero de 2011)
- Normile, D. y Langreth, R. (1992) Superconductivity goes to sea. Popular Science. New York. Vol. 241. Pp. 80-86
- Wikipedia (2010): La Enciclopedia Libre, "Yamato 1", http://es.wikipedia.org/wiki/Yamato_1 (Fecha de consulta, 13 de febrero de 2011)
- Wikipedia (2011): La Enciclopedia Libre, "Magnetohidrodinámica", Consultado el 15 de Febrero 2011 de: http
- Wikipedia (2011): La Enciclopedia Libre, "Salinidad", Consultado el 26 de Mayo 2011 de: http
- Imanes (2007): Imanes de Neodimio URL:http://imanes.com/imanes_neodimio_descripcion.php Fecha de Consulta 28 de Abril 2011

Anexo I

Se anexan los resultados de los tiempos obtenidos en las mediciones, así como la tabla de las intensidades de corriente obtenidas de los vasos.

Intensidad de Corriente (A)	Agua de la llave	Bicarbonato de sodio	Cloruro de sodio	Hidróxido de potasio
Prueba 1	0.2	3	6	7
Prueba 2	0.3	3.2	6.1	7.1
Prueba 3	0.2	3.1	6	7.3
Prueba 4	0.2	3.5	6	7.2
Prueba 5	0.3	3.4	5.9	7
Prueba 6	0.1	3.2	5.8	7.2
Prueba 7	0.3	3.5	5.6	7.1
Prueba 8	0.2	3.7	5.9	7.1
Promedio (mA)	0.225	3.325	5.9125	7.125
Campo Magnético (Teslas)	0.3	0.3	0.3	0.3
Fuerza (mN)	0.0675	0.9975	1.77375	2.1375

Tiempo (seg)	Bicarbonato de sodio	Cloruro de sodio
Prueba 1	17	21
Prueba 2	18	20
Prueba 3	20	28
Prueba 4	18	25
Prueba 5	18	23
Distancia (cm)	17	17
Tiempo promedio (seg)	18.2	23.4
Velocidad Promedio (cm/seg)	0.934	0.726

Anexo II.

Poster presentado en el Congreso CUAM- ACMor 2011



¿Cómo mover un barco sin usar un motor convencional ?

Gabriel López, Natalia Vázquez, Andrés Riojas, Alain Pineda y Carlos Hoyos
Asesor: Dr. Sergio Cuevas

OBJETIVO:

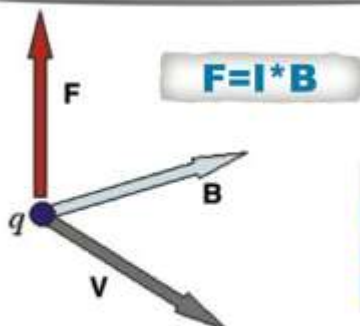
Generar una fuerza en fluidos conductores por medio de campos magnéticos y corrientes eléctricas capaz de mover un pequeño barco y demostrar en qué condiciones se crea una mayor fuerza.



INTRODUCCIÓN

MHD estudia el movimiento de fluidos eléctricamente conductores en campos magnéticos.

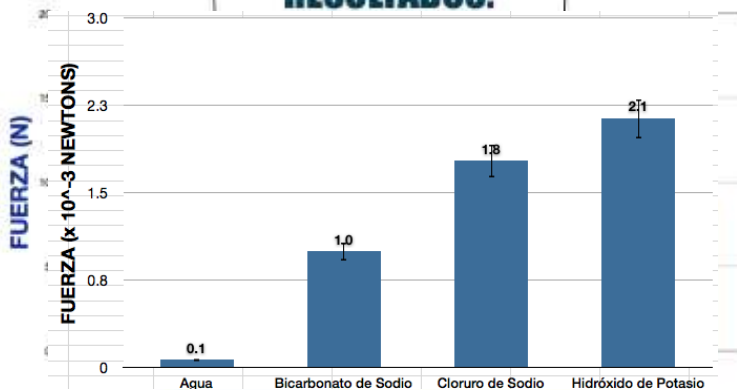
La MHD surge de la fusión de la dinámica de fluidos y el electromagnetismo.



CONCLUSIONES:

- Comprobamos que es posible impulsar un barco mediante una fuerza magnética.
- La magnitud de la fuerza fue mayor en la solución de KOH (hidróxido de potasio).
- La velocidad es mayor en el líquido de más alta conductividad.

RESULTADOS:



En 17 cm	Tiempo promedio (seg)	Velocidad promedio (cm/seg)
Sal	23.4	0.7300
Bicarbonato de Sodio	17.8	0.9600

MATERIALES:

Barco de juguete, pila de 9 V, agua, bicarbonato de sodio, hidróxido de potasio, sal, imanes de neodimio, panel solar, barras de grafito, colorantes, cinta de aislar, unisel, multímetro.

ANTECEDENTES

Las fuerzas magnéticas pueden utilizarse para producir movimientos en líquidos conductores. Una aplicación directa se da en el bombeo de fluidos o en la propulsión de barcos.

BIBLIOGRAFÍA

- Calvert, J.B. (2002). Magnetohydrodynamics, Consultado el 16 de febrero de 2011 de <http://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/mhd.htm>
- Font, G.I. y Dudley, S.C., (2004), The Physics Teacher, Vol. 42, Magnetohydrodynamic Propulsion for the Classroom. U.S. Air Force Academy, Colorado Springs, CO, DOI: 10.1119/1.1804659 pp 410-415
- Normie, D. y Langreth, R. (1992) Superconductivity goes to sea. Popular Science. New York. Vol. 241. Pp. 80-86
- Wikipedia (2011): La Enciclopedia Libre, Magnetohidrodinamica, Consultado el 15 de Febrero 2011 de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Magnetohidrodinamica11>