

Dispositivo magnético para el tratamiento de diferentes patologías

Magnetic device for treatment of different pathologies

Leonardo Mesa Torres¹, Luis Bergues Cabrales¹, Jorge Luis García Rodríguez¹

¹Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente

Correo electrónico: leonardito@uo.edu.cu

Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional



Recibido: 17 de octubre de 2017 Aprobado: 6 de diciembre de 2017

Resumen

Una de las aplicaciones del campo electromagnético es en el tratamiento de diversas patologías. El objetivo de este trabajo radica en el diseño de un dispositivo magnético, a imanes permanentes para el tratamiento de diferentes patologías que consta de tres partes fundamentales: el sistema magnético, que genera la inducción magnética con fines terapéuticos; el sistema de apertura y cierre del sistema magnético, que permite la variación radial del sistema magnético y la cama portapacientes, que permite el posicionado del paciente según la zona a tratar. El principio de funcionamiento, consiste en que el terapeuta selecciona la inducción magnética y la homogeneidad, en dependencia de la(s) patología(s) a tratar, por medio de un software que controla el desplazamiento del sistema de apertura y cierre, y la cama portapacientes, la cual se le acopla un motoreductor paso a paso que garantiza el posicionado preciso y exacto de la zona a tratar.

Palabras claves: camas magnéticas, campos magnéticos y, magnetoterapia

Abstract

One application of the electromagnetic field is in the treatment of various pathologies. The aim of this work is to design a magnetic device, permanent magnets for the treatment of different diseases that consists of three main parts: the magnetic system, which generates magnetic induction for therapeutic purposes, the system of opening and closing magnetic system, which allows the radial variation of the magnetic system and holder-patients bed, which allows the positioning of the patient as the treatment area. The operating principle is that the clinician selects the magnetic flux density and homogeneity, depending on the (s) pathologies (s) to be treated, through a software that controls the movement of opening and closing system, and holder-patients bed, which he couples a stepper motor reducer ensures precise and accurate positioning of the treatment area.

Key words: magnetic beds, magnetic fields, magnet therapy

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha cobrado auge la aplicación del tratamiento magnético en las diferentes ramas del quehacer socioeconómico, tales como la industria, la agricultura y la medicina. En la medicina, los dispositivos magnéticos y eléctricos se han usado fundamentalmente en el desarrollo de métodos y equipos para: el tratamiento de enfermedades, el diagnóstico y estudio de alteraciones en el organismo (métodos imageonológicos) y el estudio de los efectos adversos producidos por estos campos en los organismos vivos. Es de vital importancia conocer de qué modo influye el campo electromagnético sobre los seres vivos en primer lugar; pero también cómo el hombre puede manipularlo y usarlo en beneficio de mejorar su calidad de vida [1].

El dispositivo magnético (o cama magnética) es un equipo que genera un campo magnético en una determinada región del espacio mediante dispositivos activos y/o pasivos. En la actualidad se ha generalizado el uso de imanes permanentes para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades; sin embargo, estos no se han utilizado como estimuladores sistémicos para el tratamiento de enfermedades lo que constituye el problema a resolver en la presente investigación.

El objeto de la investigación es la aplicación del campo magnético en la medicina utilizando un dispositivo magnético a imanes permanentes y como campo de acción el diseño de dispositivos magnéticos a imanes permanentes. El objetivo trazado es realizar el diseño de un dispositivo magnético construido a imanes permanentes dispuesto en una estructura metálica, que permita el desplazamiento de la cama portapaciente y el sistema regulable del sistema magnético, de acuerdo con la zona del paciente a tratar, convirtiéndose en un producto versátil para el tratamiento de diversas patologías; defendiéndose la hipótesis de que: Si se conocen las expresiones analíticas del campo magnético generado por bloques y cilindros ferromagnéticos, entonces es posible el diseño de un prototipo de cama magnética a imanes permanentes que permita el tratamiento regional de pacientes con diversas patologías.

Los dispositivos activos (imanres resitivos o electroimanes) generan campo magnético si por estos se hace circular una corriente eléctrica, mientras los pasivos (imanres permanentes y elementos ferromagnéticos) no requieren que por ellos circule una corriente eléctrica para la generación del campo magnético. Los estimuladores magnéticos activos permiten el tratamiento local y sistémico de pacientes con determinadas patologías, tales como: enfermedades cardiovasculares, desórdenes neurológicos, endometriosis, cistitis crónicas, edema y artritis reumatoide, entre otras. Estos bioefectos positivos fundamentalmente se han obtenido con el uso de campos magnéticos estático y variable, los cuales se pueden justificar porque se: 1. estimula la bomba de sodio y potasio, por lo que aumenta la producción de ATP (molécula indispensable para la vida); 2. polariza la membrana celular (equilibrando eléctricamente a las células); 3. mejora la circulación arterial; 4. aumenta la presión parcial de oxígeno y la síntesis de colágeno (ácido ribonucleico); 5. estimula la osteoblastosis, acelerando la reformación de huesos afectados; 6. estimula la proteinogénesis (formación de proteínas en los tejidos más importantes del organismo, como el corazón); 7. aumenta la incorporación de calcio en los huesos descalcificados; 8. aumenta los leucocitos; 9. estimula la regeneración de los axones; y promueve el crecimiento de las dendritas [2].

Los estimuladores magnéticos activos se emplean para el tratamiento sistémico o local de patologías. En el primer caso, se usan los colchones magnéticos y los dispositivos magnéticos (o camas magnéticas) [3,4]. En Cuba, desde la década del 70, existen dispositivos de electroimanes importados de otros países en los hospitales "Dr. Carlos J. Finlay", "Dr. Luis Díaz Soto", CIMEQ, Clínica de 43 y Topes de Collantes. A partir de 1985 se fabricaron en Cuba, los primeros 8 electroimanes ECMP-01 y 10 equipos de corriente directa 15 bipolar (CDB)-402. En el período 1988-1997 se fabricaron más de 200 electroimanes ECMP-02 y 200-CDB-404. A principios de la década del 90 se construyó el estimulador magnético TERAMAG que conllevó la construcción posterior de 142 equipos construidos por la Empresa de Equipos Médicos, de Ciudad de La Habana. Todos estos equipos se han utilizado en el tratamiento de lesiones óseas y de la epidemia de neuritis periférica, glaucoma y otras afecciones médicas. Teniendo en cuenta estos resultados se han desarrollado otras tecnologías como el Estimulador Magnético Local NaK [5]. A partir del año 1989 un grupo de médicos e investigadores de Santa Cruz del Norte, de la Facultad de Ciencias Médicas de Cienfuegos, de los Policlínicos de Especialidades de Matanzas, Ciego de Ávila y Camagüey, vienen aplicando en diferentes patologías médicas los imanes permanentes, el agua tratada magnéticamente y la magnetoacupuntura con buenos resultados.

A fin de evaluar la eficacia de los imanes permanentes multipolares en el tratamiento del dolor crónico se efectuó un estudio longitudinal y controlado de 100 pacientes con osteoartritis generalizada en el Servicio de Medicina Natural y Tradicional del Hospital Provincial Docente Clínico Quirúrgico "Saturnino Lora Torres" de Santiago de Cuba, desde enero hasta diciembre del 2010. Estos imanes se ubicaron y fijaron en diferentes puntos

de acupuntura para aliviar la dolencia. Esto demostró la factibilidad del uso de los imanes permanentes multipolares en el alivio del dolor de los pacientes con osteoartrosis generalizada por ser simples, seguros, eficaces y no inducir efectos adversos en el organismo [6].

Los estimuladores locales activos permiten realizar el tratamiento en una zona específica, pero poseen como desventajas que no dan la posibilidad de realizar el tratamiento a cuerpo completo, alto peso de los inductores y requieren de elevados valores de corriente eléctrica para lograr la inducción magnética necesaria para efectuar el tratamiento [7,8]. Existen diversos diseños de estimuladores magnéticos sistémicos en dependencia de la compañía que los construye y del tipo de patología a tratar. Básicamente el campo magnético generado por los mismos es a través de un solenoide o par de Hemholtz [9]. La firma médica italiana Magnetomed diseñó un dispositivo magnético con campo inducido con un canal de salida conectado al solenoide cilíndrico de 30 cm de diámetro, con un rango de frecuencia de 1 a 100 Hz, cuya bobina es un solenoide fijo a la estructura, la cual genera una inducción magnética de 1-100 G. Este se utiliza para el tratamiento de cefaleas, artritis postraumáticas y la regeneración celular. En este diseño el paciente está inmóvil ya que el sistema está fijo a la estructura mecánica del mismo, limitándose el tratamiento a la parte del cuerpo seleccionada [10]. La marca R980 muestra un equipo de magnetoterapia de diversas zonas del cuerpo, el cual es portátil, innovador y versátil, y posee una cama terapéutica, de estructura de aluminio con un simple posicionamiento del solenoide de inducción magnética ajustable a cuatro intensidades. Este equipo facilita la terapia a cuerpo completo y también la terapia a algunas zonas del cuerpo en específico, pero posee como inconveniente, la poca accesibilidad del paciente a la hora de efectuar el tratamiento y además se dificulta el posicionamiento del sistema magnético al efectuar el tratamiento, debido a la maniobrabilidad del mismo que no garantiza el posicionado exacto en la zona a tratar [11]. En la patente 7008369 [12,13] se muestra un dispositivo de aplicación de campo electromagnético que posee un rango de frecuencia de 0,1 Hz a 40,000 Hz. Este dispositivo tiene la dificultad de que no existe movimiento del paciente respecto al sistema magnético. En la patente 6497648 [14], se reporta un dispositivo para aplicar terapia electromagnética, secuencialmente por generación de campos electromagnéticos pulsado para el tratamiento de un paciente, el dispositivo comprende un generador de señales de alta frecuencia, un comparador y un amplificador para el tratamiento de señales generadas por los generadores de campo pulsado que pueden aplicarse a una parte deseada del cuerpo del paciente a través de un solenoide, en este existe una mesa de recepción del paciente, este se encuentra acostado y el sistema magnético se desplaza hasta una porción apropiada, pero posee el inconveniente de que el paciente no se mueve con respecto al solenoide por lo que se hace menos preciso el tratamiento de las diferentes partes del cuerpo. En la patente US20050203332 [15] se muestra un aparato para tratar magnéticamente a un paciente, el cual, posee un solenoide para la generación del campo electromagnético, colocado para acomodar por lo menos una parte del cuerpo del paciente dentro del mismo y someterlo a dicho campo electromagnético, este posee una superficie receptora para apoyar una parte del cuerpo, dentro del solenoide, que se ajusta en una posición para efectuar el tratamiento en una dirección determinada, este equipo posee el inconveniente de que no permite el tratamiento del paciente a cuerpo completo, estos son ampliamente utilizados en Estados Unidos, España, Italia y Japón [16]. En patente citada US 4501265 la configuración de la bobina específica adaptada para su uso en el tratamiento de una tal región seleccionada con señales electromagnéticos pulsados que son inducidas en el cuerpo como señales de corriente con tensión eléctrica que: altera el crecimiento, la reparación, el mantenimiento y comportamiento de los tejidos vivos y células dentro de la región del cuerpo a tratar. Este dispositivo es técnicamente similar al dispositivo propuesto; presenta una forma de U, en general la región del cuerpo afectada puede ser insertada lateralmente a través del lado abierto de la forma de U [17]. En la patente citada US 6443883 se describe un dispositivo generador de campo modular biofísico para estimulación multifuncional con técnicas de penetración de flujo magnético para el tratamiento de tejidos duros y blandos de una variedad de condiciones, incluyendo fracturas y la osteoporosis, para lograr una cura y rehabilitación menor tiempo de lo previsto [18]. En la patente US4266532 se describe un aparato que usa un método quirúrgico no invasivo para alterar el comportamiento de: crecimiento, reparación y mantenimiento de tejidos y células mediante un voltaje inducido y pulsos de corrientes concomitantes en dependencia de la relación amplitud-frecuencia y tiempo específico [19].

A diferencia de los estimuladores activos locales, los sistémicos permiten realizar el tratamiento a cuerpo completo generando valores de inducción de campo magnético, en un rango de frecuencia determinado, teniendo como inconveniente el consumo de altos valores de intensidad de corriente eléctrica y requieren de la construcción de una instalación adicional para garantizar los parámetros de la bobina [20-23]. Alternativamente a los estimuladores magnéticos activos se han utilizado los pasivos para el tratamiento de diversas patologías, local y a cuerpo completo, estos equipos, tienen la ventaja de ser portátiles, no consumen energía eléctrica, duraderos,

la construcción de la instalación es de una forma sencilla y compacta; con el diseño de diferentes configuraciones magnéticas de forma fácil se obtienen altos valores de inducción magnética. El costo inicial varía en dependencia del tipo de material magnético usado y se amortiza cuando se habla de la mejora de la calidad de vida de los pacientes con diferentes patologías, incluyendo la cura; el costo resulta despreciable con respecto al impacto social que este equipo genera. El dispositivo a imanes permanentes no requiere de mantenimiento de recalibración una vez instalado, salvo la electrónica asociada para el movimiento de la cama portapacientes y del sistema mecánico que permite el movimiento de apertura y cierre de las bobinas. Por otro lado, el impacto social es perspectivo, ya que en un futuro se contará con una alternativa terapéutica que tribute a la mejora de la calidad de vida de los pacientes con diferentes patologías.

Este trabajo sienta las bases para el empleo de dispositivos magnéticos pasivos en el tratamiento sistémico de enfermedades sobre la analogía existente con los dispositivos magnéticos activos sistémicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de un dispositivo magnético para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades es muy complejo. Aquí se tienen en cuenta parámetros como la inducción magnética, y la homogeneidad, las cuales dependen de la configuración diseñada y de si el dispositivo es activo o pasivo. En el primer caso, se tiene en cuenta la relación ampere–vuelta, la forma y sección transversal del conductor, el espesor del aislante, la distribución de las espiras en capas y vueltas, y las dimensiones y separación entre las bobinas que componen el sistema magnético. En el segundo caso, se tiene en cuenta el tipo y dimensión del material, la inducción magnética y el gradiente magnético del campo externo; así como la configuración que se usa es discreta (elementos de imanes permanentes) o continua (barras, lazos ferromagnéticos). En el caso discreto, los elementos se disponen de forma adecuada en dependencia de si se desea generar un campo magnético (homogéneo o heterogéneo) o corregir a los armónicos presentes en este. En el diseño se busca un compromiso entre la inducción magnética y la homogeneidad del campo deseada, y el peso y tamaño del equipo. De no tenerse en cuenta esto existirá un sobrediseño del estimulador magnético y/o no se obtendrá la calidad del campo magnético deseada. El punto de partida para el cálculo del campo magnético estático es el planteamiento de la ecuación de Laplace para el potencial magnético escalar, Φ_m , en regiones libres de corrientes.

$$\nabla^2 \Phi_m = 0 \quad \dots(1)$$

Siendo:

∇^2 : Operador de Laplace.

m : Potencial escalar magnético.

En coordenadas esféricas, la solución de la ecuación son los armónicos esféricos, los cuales tienen forma ortogonal. La forma más simple de introducir las funciones esféricas, en la resolución de la ecuación de Laplace, para una región esferoidal, es el método de separación de variables. El análisis de B se divide por los armónicos zonales (dan información de las amplitudes de cada uno de los armónicos presentes a lo largo del eje z) y tesseriales (brindan información de las amplitudes y pares de cada uno los armónicos radiales presentes). Para confeccionar el mapa de homogeneidad de la misma se calculó según la fórmula [24,25]:

$$\frac{B_i - B_o}{B_o} = \frac{\Delta B_i}{B_o} \quad \dots(2)$$

Siendo:

B_o : Inducción magnética en el centro de la inducción magnética.

B_i : Inducción magnética en un punto i ($i = 1, \dots, N$) interior al volumen de estudio, N , es la cantidad de puntos. Como el potencial magnético es un escalar, para hallar la inducción magnética se halla el gradiente de m :

$$(\vec{B} = \nabla m) \quad \dots(3)$$

Por lo complejo que resulta el cálculo de la inducción magnética de configuraciones discreta y continua de elementos ferromagnéticos, y en aras de optimizar el tiempo se decidió usar un programa de computación que permite el cálculo exacto de la inducción magnética generada por cualquier configuración de sistema magnético activo (solenoide, par de Hemholtz, doble par de Hemholtz, bobinas con geometrías en forma de silla de caballo, elíptica, y de mariposa, y pasivos (cintas, lazos, barras, elementos ferromagnéticos con forma cúbica, esférica y ortoédrica), con el fin de generar campos magnéticos de alta homogeneidad. Lo expuesto sugiere que para el diseño del dispositivo magnético a imanes permanentes se requiere de un material ferromagnético con determinadas características. Ver figura 1.

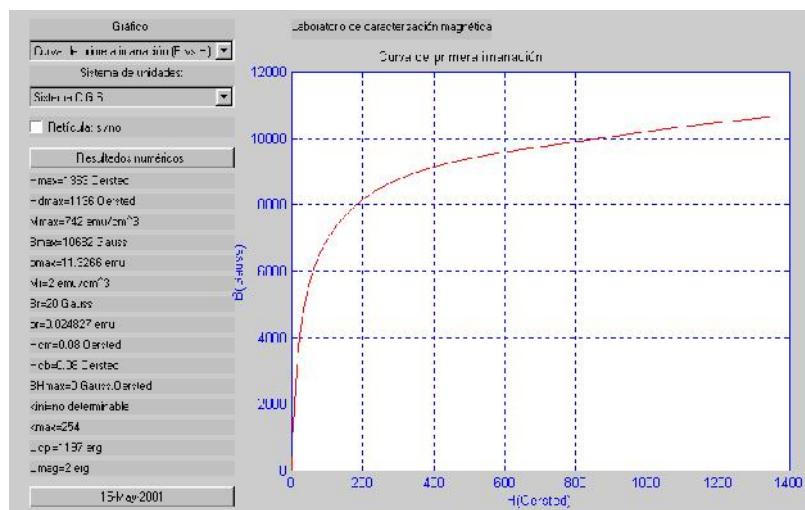


Fig. 1. Curva de primera imanación (caracterización magnética) del material ferromagnético [26]

RESULTADOS

La simulación del campo magnético reveló el mapa de distribución de inducción magnética (figura 2) generado por un par de Hemholtz a imanes permanentes.

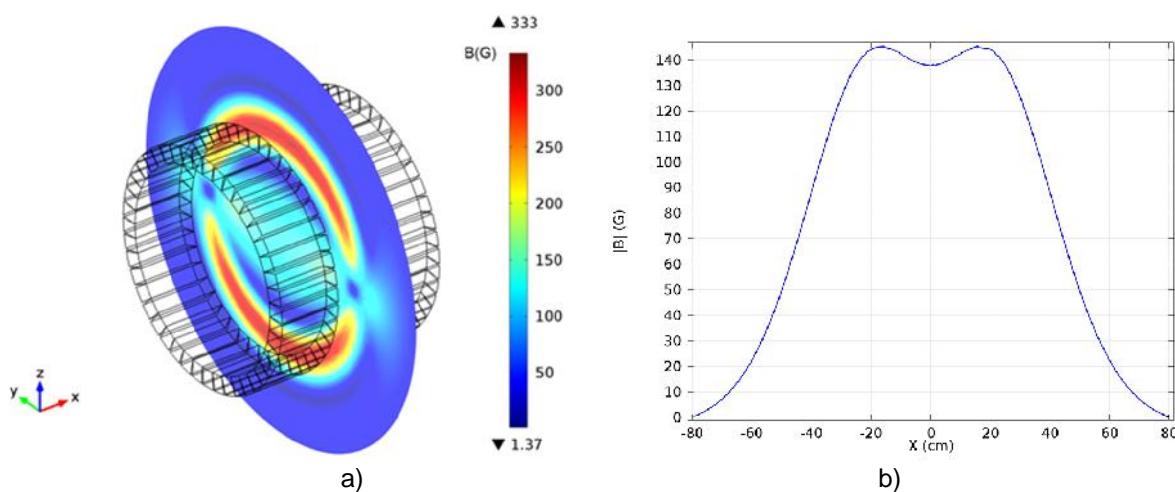


Fig. 2. a) Mapa de distribución de inducción magnética generada por un par de Hemholtz a imanes permanentes y b) de inducción magnética en volumen esférico de 0,2 m

La inducción magnética del campo magnético es de 140 G en un volumen esférico de 0,2 m de radio. Además con los cálculos de los parámetros del dispositivo del desplazamiento lineal, el motoreductor paso a paso y el sistema regulable de apertura y cierre del sistema magnético se obtuvo el diseño que se muestra en la figura 3.



a)

b)

Fig. 3. Dispositivo magnético a imanes permanentes con accesorio del sistema magnético: a) estático y b) regulable

En la figura se puede apreciar que la estructura mecánica está compuesta por vigas canales las cuales soportan los pesos del paciente y del sistema magnético. Esta posee la posibilidad de ser desarmable, aumentando la posibilidad de ser versátil.

DISCUSIÓN

La configuración mostrada puede utilizarse para los fines deseados ya que la inducción magnética generada es suficiente para tratar a cualquier tipo de patología, que por medio de un software [27,28], permite al terapeuta seleccionar la inducción magnética (en el rango de 0,1 a 2 mT) y la homogeneidad (10^{-4} o 100 ppm), acorde con el tipo de patología a tratar. La inducción magnética generada por esta configuración magnética coincide con los reportados internacionalmente para el tratamiento de enfermedades. Las ventajas de este diseño es que no requiere energía eléctrica para generar el campo magnético; la cama portapaciente tiene acoplada una transmisión por husillo-tuerca a un motoreductor paso a paso, que permite el posicionamiento adecuado del paciente en el interior del sistema magnético; la camilla posee un sistema de guías en la cual se acoplan bolas rígidas las cuales permiten el desplazamiento de la misma en diferentes posiciones, del objeto de estudio en relación con el tipo de patología a tratar, garantizando las condiciones establecidas para un equipo de magnetoterapia.

CONCLUSIONES

El dispositivo magnético a imanes permanentes no requiere de mantenimiento de recalibración una vez instalado, salvo la electrónica asociada para el movimiento de la cama portapacientes y del dispositivo mecánico que permite el movimiento de apertura y cierre de las bobinas. Esto abarata el costo del equipo por mantenimiento. Por otro lado, cuando se habla de la mejora de la calidad de vida de los pacientes con diferentes patologías, incluyendo la cura, el costo inicial es despreciable con respecto al impacto social que este equipo genera. Los resultados de las simulaciones mostradas en este estudio sugieren que la configuración cilíndrica con su mecanismo regulable es factible para el diseño del dispositivo magnético a imanes permanentes con la finalidad del tratamiento de diferentes patologías. El software utilizado puede emplearse para conocer la influencia de cada armónico zonal o radial en el campo magnético lo que permitiría hacer el estudio de cómo cada uno de estos influye en la efectividad terapéutica de este agente físico. La construcción de este prototipo permitirá potenciar

las aplicaciones de los imanes permanentes en el tratamiento de diferentes patologías con el fin de mejorar la calidad de vida humana y sustituir importaciones.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a los técnicos y demás trabajadores del Centro Nacional de Electromagnetismo aplicado, del Centro de Biofísica Médica y de la Facultad de Ingeniería Mecánica que hicieron posible la realización de este trabajo y al doctor Fidel Gilart Gonzales por su asistencia técnica.

REFERENCIAS

1. Zayas Guillot, JD. La Magnetoterapia y su aplicación en la medicina. Revista Cubana de Medicina. Octubre-noviembre 2001.30(4):60-72. ISSN 1561-3046. Disponible en Web: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0138-65572001000400009 [consultado junio 2008].
2. Mathar RH, Ford J, Heather H. Effects of static magnets on chronic knee pain and Physical Function a double-blind study. Alternative Therapies health medicine July – Aug 2002. 8(4) Disponible en Web: https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=2335 [consultado enero 2012].
3. Romero Tejera, L. Pulsed electromagnetic field device. Director: Deny Oliva. Tesis de Doctorado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Madrid, España 2014.
4. Wang Cai W, Li Quan O, Zhuo N. Magnetic bed mattress, Patent number: CN01108053. October 2012. Disponible en Web: <https://www.google.com/patents/CN101108053B?cl=en> [consultado septiembre 2013].
5. Diagnóstico de la posible patentabilidad de una propuesta de estimulador magnético local. Parte I y II. Oficina de la propiedad industrial, julio, 2007.
6. Hechavarría Sánchez M, Gay Muguerzia M, Hernández Acosta C, Bergues Cabrales LE. Eficacia de los imanes permanentes multipolares en el tratamiento del dolor crónico en pacientes con osteoartrosis generalizada. Medisan, octubre, 2013. 17(11):8070-8079. ISSN 1029-3019. Disponible en Web: <http://www.scielo.sld.cu/pdf/san/v17n11/san131711.pdf> [consultado marzo 2015].
7. Laakso L, Lutter F, Young, C. Magnetos estáticos. Revista Brasileira de Fisioterapia. junio-febrero, 2009, 13(1):10-23. ISSN 1413-3555. Disponible en Web: http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v13n1/011_09.pdf [consultado julio 2014].
8. Bergues Cabrales LE, Camué Ciria H, Pérez Bruzon R. ELF magnetic field effects on some hematological and biochemical parameters of peripheral blood in mice. Journal Electromagnetic Biology and Medicine. June, 2001. 20(2):185-191. ISSN 100104142 Disponible en Web: <https://www.researchgate.net/profile> [consultado abril 2013].
9. Kumar Joyanta R, Joydee PR. "Development of low cost microcontroller based pulse electromagnetic pulse therapy system for pain electronics engineering". *Journal of Electrical and Electronics Engineering*. September-October, 2014. 9(5): 54-60. ISSN 2278-1676. Disponible en Web: <http://www.iosjournals.org> [consultado enero 2016].
10. MAGNETOMED 7200 MA1331. Magnetic Therapy. ISO Technical Specification 2012:4, IEC601, VDE7050 Italia. 2015.
11. R980. Equipment pulsed electromagnetic field therapy. ISO Technical Specification 2013. 20: 93/42/EEC Germany. 2015.
12. Cuppen JJ. Apparatus and method for electromagnetic therapy, Patent number: US7008369 B2. August 2006. Disponible en Web: <https://www.google.com/patents/US7008369> [consultado febrero 2010].
13. Zizic TM, Hoffman KC, Holt PA. The treatment of osteoarthritis of the knee with pulsed electrical stimulation. Journal Rheumatology. September, 1995. 22(9):1757-1761. ISSN 9148-R15. Disponible en Web: <http://www.fepblue>. [consultado febrero, 2016].

14. Vicente Rey O. Device for applying electromagnetic therapy. Patent number: US64497648 B1. December 2002. Disponible en Web: <http://www.google.com/patents/US64497648>. [consultado Noviembre 2003].
15. Markoll Richard. "Apparatus for treating a patient's body using an electromagnetic field", Patent number: US20050203332 A19. February 2005. Disponible en Web: <http://www.google.com/patents/US20050203332> [consultado septiembre 2007].
16. Van Mullekom AP, Park H. Magnetic Field Therapy, Patent number US 2004/0210102A1. May, 2004. Disponible en Web: <http://www.google.com/patents/US20040210102> [consultado octubre 2004].
17. Pescatore E, Park E. Applicator head for electromagnetic treatment of an afflicted body region, Patent number US4501265. December 1982. Disponible en Web: <https://www.google.com.ar/patents/US4501265>. [consultado febrero, 2011].
18. Ostrow A, Tannebaum J. PEMF biophysical stimulation field generator device and method. Patent number US 6443883 B1. September 2002. Disponible en Web: <http://www.google.com/patents/US6443883> B1. [consultado marzo 2015].
19. Ryaby J, Pilla A. Modification of the growth, repair and maintenance behavior of living tissues and cells by a specific and selective change in electrical environment, Patent number US4266532. May, 1981. Disponible en Web: <https://www.google.com/patents/US4266532>. [consultado febrero 2014].
20. Havas M. Biological Effects of Low Frequency Electromagnetic Fields. D. Clements-Croome. Environments and Health in Buildings. [ref. junio 2010]. Disponible en Web: www.aehf.com/articles/symposia%20PDF/2010.pdf.
21. Carpenter D, Ayrapetyan S. Biological Effects of Electric and Magnetic Fields Sources and Mechanisms. Washington, United States. United Kingdom, 2012. 369 pp. ISBN 0-12-160261-3.
22. McKay J, Prato F, Thomas A. A literature review: the effects of magnetic field exposure on blood flow and blood vessels in the microvasculature. Bioelectromagnetics. 28(2):81-96. ISSN 1840761830. Disponible en Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17004242> [consultado febrero 2007].
23. Finegold Leonard; Fiammi Bruce. Magnetic Therapy. Journal of Reumatology. Keyser permanente Medical Center. Riverside. USA. [ref junio 2008]. Disponible en Web: <http://bmj.com/cgi/content/full/332/7532/4>
24. Bergues Cabrales LE Reguera, FM. Cálculo y Análisis de Bobinas Correctoras del Campo Magnético para Equipos de RMN con Núcleo de Aire: I-Bobinas Saddle Shaped. Revista Cubana de Física XII. Junio, 1992.12(3):194-205. ISSN 0253-9268 Disponible en Web: <http://rcf fisica.uh.cu/files/Archivos/25.1992/Vol.32.201220No.203/12003194.pdf> [consultado abril 2008].
25. Bergues Cabrales LE. Reguera F. Cálculo y Análisis de Bobinas Correctoras del Campo Magnético para Equipos de RMN con Núcleo de aire: I Bobinas Circulares. Revista. Cubana de Física. XII mayo, 1992. 12(3):243-253. ISSN 0353-243. <http://biblat.unam.mx/es/revista/revista-cubana-de-fisica/9> [consultado junio 2008].
26. González Gilartl F. Laboratorio de Mediciones y Caracterizaciones Magnéticas del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. 2008.
27. Sánchez, M. Sistema de Monitoreo de Temperatura y Posicionamiento de la cama del paciente para un Tomógrafo de RMN. Director: Miguel Fabars. Tesis de diploma, Centro de Biofísica Médica. Santiago de Cuba, Cuba. 1995.
28. Puente L. Diseño de un control de posición para un estimulador magnético. Director: Miguel Fabars. Tesis de diploma, Universidad de Oriente (sede Julio Antonio Mella). Facultad de Ingeniería Eléctrica. Santiago de Cuba. Cuba, 2013.