

MEDIDA DE SEGURIDAD OCUPACIONAL BASADA EN ESTUDIOS DE RESONANCIA MAGNÉTICA DE 0.5 T PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL ESPECTRO EN AMBIENTES HOSPITALARIOS. CASO DE ESTUDIO: CAJA NACIONAL DE SALUD – POTOSÍ

ARTÍCULO

Recibido: 25-10-2018 / Revisado: 10-11-2018 / Aceptado: 26-10-2018

Por:

Roberto Carlos Vera, MSc.
Docente Investigador UTEPSA

Revista UTEPSA Investiga
encargado.lab.cienciasbasicas@utepsa.edu
robertormc@gmail.com

Oscar Abuawad Asbun

Docente UTEPSA

Max Mamani Huanca

Docente UTEPSA

José Moscoso Aguirre

Docente UTEPSA

Roberto Carlos Rivero Mercado

Docente UTEPSA

Vanessa Lizeth Zambrana Veliz

Estudiante UTEPSA

Jimmy Soliz Cejas

Estudiante UTEPSA

RESUMEN

Medida de Seguridad Ocupacional basada en estudios de Resonancia Magnética de 0.5 T para la administración del espectro en ambientes hospitalarios. Caso de Estudio: Caja Nacional de Salud – Potosí.

La resonancia magnética nuclear (RMN), es un equipo de alta tecnología cuya aplicación en la medicina hoy en día es de mucha importancia, ya que ofrece distintas imágenes de corte para un diagnóstico y un tratamiento seguro. El principio físico de funcionamiento del equipo de RMN,

parte de inducción magnética bajo la acción del fenómeno de la precesión entre la polarización del campo intrínseco del espín de un átomo y el campo magnético generado por las antenas de señal de equipo de RMN. Esta investigación evalúa los valores de las medidas de seguridad ocupacional basada en el uso de RMN de 0.5T, para la administración y observación en la concentración de polución de riesgo físico en ambientes hospitalarios (Caja Nacional de Salud – Potosí). El trabajo presenta diferentes recomendaciones y conclusiones para la seguridad ocupacional, como así mismo los riesgos de interferencia que afecta el equipo de RMN con otros equipos médicos que están en su proximidad.

PALABRAS CLAVE

Resonancia Magnética Nuclear, Ley de Larmor, Inducción Magnética, Seguridad Ocupacional, Precesión Magnética, Riesgos Físicos

ABSTRACT

Occupational Safety Measurement based on Magnetic Resonance studies of 0.5 T for the administration of spectrum in hospital environments. Case Study: Caja Nacional de Salud – Potosí.

Nuclear magnetic resonance (NMR), is a high-tech equipment whose application in medicine today is of great importance, since it offers different cutting images for a safe diagnosis and treatment. The physical functioning principle of the NMR equipment, comes from the magnetic induction under the action of the precession phenomenon between the polarization of the intrinsic field of the spin of an atom and the magnetic field generated by the signal antennas of NMR equipment. The presented document analyzes the values of occupational safety measures based on the use of 0.5T NMR, for the administration and observation of the concentration of physical risk pollution in hospital environments (Caja Nacional de Salud - Potosí). The paper presents different recommendations and conclusions for occupational safety, as well as the risks of interference that related to the NMR equipment which affects other medical equipment that are in its vicinity.

KEYWORDS

Nuclear Magnetic Resonance, Larmor's Law, Magnetic Induction, Occupational Safety, Magnetic Precession, Physical Risks.

INTRODUCCIÓN

A partir de los principios fundamentales de la física y sus aplicaciones en el área del electromagnetismo, los grandes avances tecnológicos se realizaron en base al espectro electromagnético, de acuerdo a su nivel de energía que depende de la frecuencia y la longitud de onda. La contribución de este espectro al mundo práctico de la biotecnología se aplica a diferentes instrumentos y/o equipos; entre ellos, los rayos X, los tomógrafos y la resonancia magnética nuclear. Todos ellos contribuyen al campo de la medicina para observar las distintas imágenes del organismo interno de un ser humano, permitiendo diagnósticos con parámetros más coherentes sobre algún daño fisiológico. De acuerdo a las revisiones bibliográficas, es importante mencionar el siguiente aspecto:

En 1940, Luis W Álvarez y Félix Bloch, publican un método cuantitativo para medir el momento magnético del neutrón. Sin embargo, la segunda guerra mundial interrumpió los estudios en este campo por un tiempo; después de terminada ésta en 1945, dos grupos de Estados Unidos, uno de Stanford dirigido por el físico suizo Félix Bloch y otro de Harvard dirigido por Edward M Purcell, ingeniero eléctrico estadounidense, retomaron la investigación de medir resonancia magnética en materia condensada. Ambos grupos lo consiguieron independientemente en diciembre de 1945, por métodos completamente diferentes. Mientras el grupo de Purcell repitió esta vez con éxito la experiencia de Gorter, obteniendo una señal RNM del protón en materia condensada, el grupo de Bloch diseñó un experimento diferente en el que la detección de la señal se realizaba a través de la fuerza electromotriz inducida por la precesión de los núcleos en una bobina receptora. El grupo de Bloch llamó a este método inducción nuclear. En 1952, EM. Purcell y F Bloch recibieron el premio Nobel de Física. Peter Mansfield y Paul Lauterbur posteriormente siguieron contribuyendo al desarrollo de la RM, con gran número de artículos en la revista *Physics in Medicine and Biology* y en un artículo clásico, Mansfield y A.A. Maudsley en 1977 publicaron la primera imagen seccional de una región de la anatomía humana, un dedo. P. Mansfield y P. Lauterbur fueron galardonados con el premio Nobel de Fisiología y Medicina de 2003 (Canals, 2008).

Los principios físicos y las interacciones que ocurren entre las moléculas y las partículas sub atómicas, que tienen propiedades intrínsecas como su carga, masa y el momento magnético o de spin de una partícula (ver figura 1). Todos los organismos vivos presentan un sistema electroquímico y electromagnético de poca intensidad, en el que existen ciertos tipos de núcleos que –dentro de su interacción electromagnética– son capaces de orientarse o ser influenciados por un campo magnético estático externo de gran magnitud. Es cuando las moléculas describen un movimiento de precesión a una frecuencia proporcional de exposición endógena al campo magnético, denominada frecuencia de Larmor, que postula lo siguiente:

Si una partícula que tiene un campo magnético μ_0 o m, es expuesta a un campo magnético B externo, el campo de la partícula (dipolo) experimenta un par de fuerzas; éste tratará de alinear con dicho campo magnético. Como el dipolo magnético no puede alinearse con el campo magnético, el sistema no es capaz de disipar esta energía y describe un movimiento de precesión, denominado precesión de Larmor, en torno a la dirección del campo aplicado. (Universidad de Valencia “Departamento de Química Física”, 2018, pág. 11).

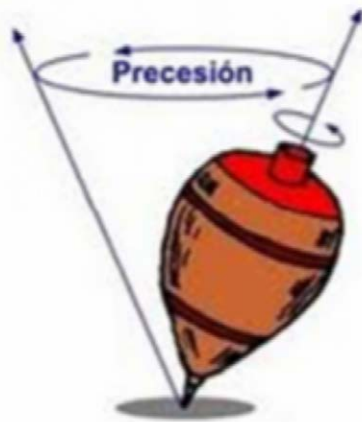
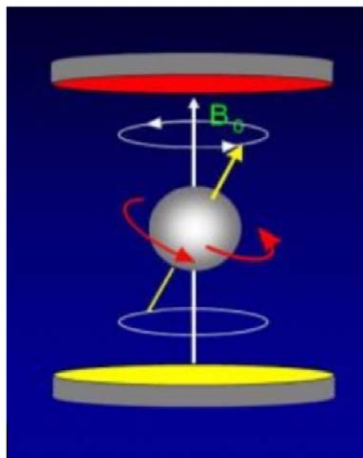


Figura 1: Momento magnético de precesión de Spin bajo influencia del campo externo B

Fuente: Texto de Principios de Resonancia Magnética, 2008

Con base en la descripción realizada, la relación de Larmor matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$f_l = \gamma B_0$$

Donde B_0 es el campo magnético que experimenta cada núcleo.

γ , constante giromagnética. En el caso del hidrógeno, el valor de esta constante es de 42.5MHz/T.

Al aplicar un campo magnético estático B_0 lo suficientemente potente a partículas, los dipolos de los mencionados tratarán de alinearse en la dirección del campo. El sentido está determinado por el giro del núcleo, dando lugar a dos posibles configuraciones diferentes: Estado de alta energía (en el que los vectores del campo y del dipolo son antiparalelos) y estado de baja energía (en el que los vectores del campo y del dipolo son paralelos). Por lo tanto, la diferencia de energías entre los estados de alta y baja energía es proporcional a la frecuencia de Larmor, lo que quiere decir que:

$$\Delta E = f_l h$$

Donde h es la constante de Planck.

Los equipos de Resonancia Magnética Nuclear deben tener las medidas de seguridad necesarias en los ambientes donde se los implementa. Las medidas de seguridad son muy importantes cuando este equipo está en funcionamiento; en esta condición, el momento magnético influye en los movimientos intrínsecos de los átomos que cuentan con un espín, los que son susceptibles ante un campo externo, produciendo una pequeña polarización. La resonancia magnética se genera por la señal de radio frecuencia (RF), misma que incide sobre los diferentes cuerpos; en la frecuencia apropiada, puede inducir una transición que proporciona una energía potencial relacionada con la orientación con respecto a ese campo generado de RF.

De acuerdo a lo expuesto acerca de la RMN, se debe tomar en cuenta aspectos principales de seguridad en los ambientes hospitalarios. Estos equipos operan de manera continua –principalmente– para contribuir con los diferentes diagnósticos de salud. Asimismo, es importante enfatizar que, en la actualidad, existen muy pocas referencias bibliográficas concretas sobre el tema de estudio, dentro de los manuales de bioseguridad y/o seguridad ocupacional en ambientes hospitalarios. El trabajo realizado por María Sánchez Fuentes y Javier Gálvez Cervantes, mencionan que:

La sala del imán, para el correcto funcionamiento del equipo y proteger la seguridad de los pacientes, debe estar a una temperatura ambiente inferior a 24°C y una humedad relativa inferior al 60%. Se recomienda a los trabajadores que tengan en cuenta la posible diferencia de condiciones ambientales entre esta sala y el exterior, y si esto supone discomfort térmico para ellos utilicen ropa adecuada para entrar a dicha sala. (Sánchez Fuentes & Gálvez Cervantes, 2015).

Por tal razón, es importante contextualizar las situaciones reales que se originan en la exposición ocupacional de las personas en ambientes controlados y no controlados dentro de los hospitales, cuando el equipo de resonancia magnética está instalado en un área determinado creando patrones físicos de riesgo (como se ve en la figura 2).

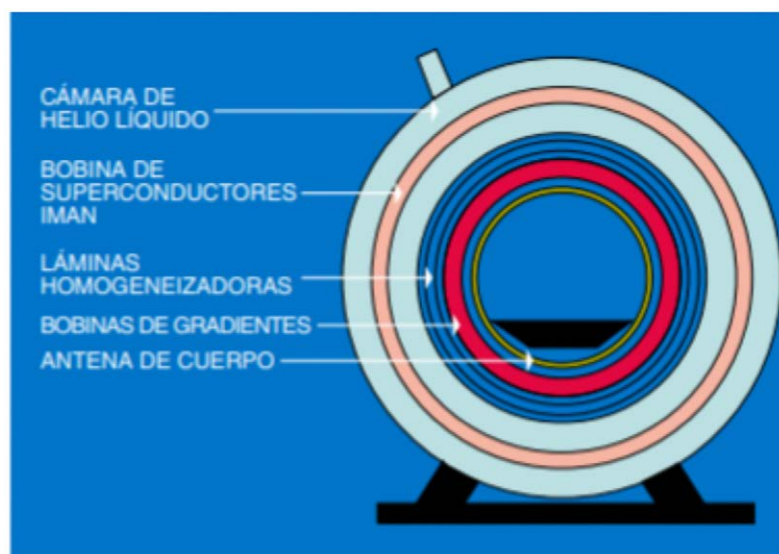


Figura 2: Diseño de un equipo de Imagen de Resonancia Magnética. Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015.

En consecuencia, se han creado manuales de seguridad ocupacional que rigen normativas como la norma OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Series, Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional). Esta norma se refiere a una serie de especificaciones sobre la salud y seguridad en el trabajo, materializadas por British Standard Institution (BSI) en la OHSAS 18001 y OHSAS 18002 y está destinada a transformar las prácticas laborales en todo el mundo.

En Bolivia, la entidad encargada de supervisión de equipos de alta energía es el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN), que supervisa y controla los agentes físicos de dispersión energética en el ambiente controlado (interior) y no controlado (público en general), velando por la seguridad de la persona expuesta de manera directa e indirecta a estos factores de riesgo. Pero existe un gran vacío: la falta de normas o manuales de bioseguridad específicos para la seguridad ocupacional en instalaciones hospitalarias, que contemplen la cantidad del espacio y el tiempo de exposición cuando los equipos de resonancia magnética nuclear están en forma pasiva (sin funcionamiento) y activa (con funcionamiento).

Debido a la falta de normas de bioseguridad, el presente documento realizó diferentes búsquedas bibliográficas específicas para determinar cuantitativamente la fluctuación del campo magnético generado por un equipo de resonancia magnética de 0.5 T en el área de implementación. Esto tiene el propósito de controlar el espectro energético y dar medidas de seguridad ocupacional en ambientes hospitalarios. Los procedimientos utilizados se basan en las diferentes técnicas de investigación existentes en organismos gubernamentales y no gubernamentales que son reconocidos a nivel nacional e internacional

METODOLOGÍA

Es necesario tomar en cuenta el procedimiento metodológico aplicado para este trabajo. Mediante éste, será posible desarrollar y concretizar los diferentes aspectos de la evaluación de los agentes físicos, en un ambiente ocupacional y no ocupacional de la seguridad hospitalaria y sus normativas vigentes en los documentos de la bioseguridad. Entre los procedimientos más importantes, están los siguientes:

1. Factor de análisis cuantitativo en la medición de agentes físicos: Los factores de riesgo físico son aquellas propiedades de las magnitudes físicas que establecen el confort de un ambiente donde una persona está realizando algún tipo de trabajo; por la influencia de este factor, el individuo puede sufrir algún tipo de cambio y/o incomodidad que perjudica el trabajo. La extensa gama de factores de riesgo físico, en algunos casos, puede ser visualizada y, en otros, no. Para el caso específico de los equipos implementados en el campo de la medicina, se debe tomar en cuenta la tecnología aplicada a estos servicios, ya que los mismos pueden accionar diferentes anomalías en las propiedades físicas intrínsecas del ambiente donde se implementa. Para ello, hay que cuantificar los valores de la emisión de la energía que emiten los equipos médicos de alta frecuencia, como es el caso particular de la resonancia magnética nuclear. El equipo de RMN funciona bajo los principios físicos del electromagnetismo. Éste emite una cierta cantidad de frecuencia requerida, para traducir –mediante una combinación de antenas– una determinada señal y, en combinación con la ley de Larmor, accionar la precesión de los átomos que se encuentran dentro del organismo humano.

El procedimiento no experimental permite evaluar las diferentes intensidades del campo magnético concentrado en el entorno del equipo de RMN, para lo cual es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos específicos:

Equipos e Instrumentos: Los campos electromagnéticos son generados a partir de las oscilaciones de los campos eléctricos y se van

propagando en el entorno a una fuente activa y pasiva. Para el análisis del campo magnético generado por el equipo de resonancia magnética nuclear se utilizó el equipo Spectran HF 6065, que es un instrumento analizador espectral de radiación no ionizante. Este equipo cuenta con certificado de calibración hasta los 60 GHz de frecuencia de la marca Aaronia-AG, de industria alemana. El instrumento cuenta con un logger para la recolección de datos; éstos pueden ser exportados a programas de análisis para la interpretación. Para este caso, se utilizó el programan Excel. El protocolo de monitoreo para la recolección de datos toma en cuenta el principal aspecto metodológico del no experimental, asumiendo las principales características ópticas de interacción de las ondas con la materia y –posteriormente– describe las acciones coherentes para seguir el proceso de monitoreo. El procedimiento es el siguiente:

- Exploración del recinto donde se encuentra el equipo de resonancia magnética.
- Posicionamiento del instrumento de medición con la antena Hyperlog.
- Tiempo de análisis para el paciente que ingresará a dicho diagnóstico.
- Después de terminar el registro de datos, se activa el proceso de descarga estática por conducción.

2.- Factores de riesgo de salud, seguridad ocupacional en ambientes hospitalarios: Cuando los individuos acuden a un centro de salud, es necesario contar con una información coherente y –sobre todo– con una señalización rápida de fácil entendimiento. De esta manera, es posible implementar una metodología coherente en el aspecto del desplazamiento tanto del personal de salud como de las personas que acuden al mismo nosocomio.

La Norma ISO 45001 es la primera norma internacional que determina los requisitos básicos para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, que permite a las empresas desarrollarlo de

forma integrada con los requisitos establecidos en otras normas como la Norma ISO 9001 (certificación de los Sistemas de Gestión en Calidad) y la Norma ISO 14001 (certificación de Sistemas de Gestión Ambiental). (FREMAP, Mutua Colaboradora con la Seguridad Social N° 61, 2018).

Ante esta estandarización, se aplicó una metodología de principios observacionales, controlando los posibles riesgos dentro de los nosocomios en su generalidad. Los diferentes instrumentos que se utilizaron en el sistema de salud son precursores de la emisión energética de manera pasiva y activa; existiendo la posibilidad de que puedan crear un riesgo físico. Por lo tanto –dentro de los ambientes hospitalarios–, es necesario contemplar las dos áreas de servicio que a continuación se describen:

a) Ambientes ocupacionales: Son aquellos donde el personal técnico especializado y los pacientes se encuentran próximos a las diferentes fuentes energéticas, delimitado por un protocolo de salud y seguridad ocupacional (ambiente de diagnóstico). Estos ambientes concentran mayor cantidad de energía, teniendo un máximo grado de polución. Deben ser controlados de acuerdo al tiempo de exposición y de ventilación que se requiere para cada uno de ellos.

b) Ambientes no ocupacionales: Estos ambientes son considerados externos a las fuentes de concentración de energía. En ese caso, las fuentes o actividad de riesgo se encuentran a una distancia considerable tanto de la actividad de peligro como de alguna polución que pueda afectar de forma directa al individuo que se encentra en trayectoria.

Aunque estos ambientes no son controlados, ello no quiere decir que la actividad de peligro es descartable; sino –más bien– que los grados de riesgo son mínimos. Por tal razón, los riesgos en estos ambientes son mínimos, pero deben ser cotejados y controlados periódicamente, de acuerdo a las gestiones y/o estándares de

calidad que rigen a nivel internacional y que son protocolizados para las distintas regiones donde se requiere su aplicación.

3.- Factores de Riesgo espacio temporal de un equipo de RMN: Es necesario tomar en cuenta las acciones del proceso de seguridad ocupacional en los ambientes donde se encuentra el equipo de resonancia magnética nuclear. Para lograrlo, se toma en cuenta la norma OHSAS 18001. La metodología de seguridad ocupacional de riesgo debe establecer condiciones óptimas tanto para el trabajador como para el personal no involucrado que se encuentra en trayectoria (próximo a los ambientes).

Los métodos generalizados de análisis de riesgos se basan en estudios complejos y estructurados y siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos e instalaciones, procesos, operaciones. A partir de este análisis se pueden obtener soluciones concretas para eventos o peligros potenciales específicos, aplicados a casos de estudio. Entre los más importantes se tiene:

“Análisis *“What if ...?”* o “Qué pasaría sí”. Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones de un proceso de trabajo que dan lugar a potenciales peligros. El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales; sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo.

Análisis funcional de operabilidad, HAZOP. El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva, basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso, con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada.

Análisis de árbol de sucesos, ETA. La técnica de análisis por árboles de sucesos consiste en evaluar las consecuencias de posibles accidentes resultantes del fallo específico de un sistema, equipo, suceso o error humano. Se consideran como sucesos iniciadores y/o sucesos o sistemas intermedios de

mitigación, desde el punto de vista de la atenuación de las consecuencias. Las conclusiones de los árboles de sucesos son consecuencias de accidentes; es decir, un conjunto de sucesos cronológicos de fallos o errores que definen un determinado accidente.

Análisis de modo y efecto de los fallos, AMEF. El método consiste en la elaboración de tablas o listas con los posibles fallos de componentes individuales, los modos de fallo, la detección y los efectos de cada fallo. Un fallo se puede identificar como una función anormal de un componente, una función fuera del rango del componente, función prematura, etc. (La OHSAS 18001. Una norma para la gestión de la seguridad y salud ocupacional, 2018)

En base a esta descripción metodológica, se identificaron condiciones paramétricas para el desarrollo del compilado de los datos y su respectivo análisis, para su posterior recomendación y conclusión.

RESULTADOS

A partir del bosquejo de un sistema de referencia longitudinal, y teniendo calibrado el instrumento de detección de la intensidad de campo magnético, se tomó como actividad un tiempo coherente en el proceso donde la fuente de energía estaba en actividad (con paciente) y, en forma pasiva (sin paciente).

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del campo creado en una posición fija de 9.5 metros, con respecto a la fuente de resonancia magnética; cuando el mismo es utilizado en un diagnóstico de procedimiento largo con un tiempo promedio de 55 minutos, aproximadamente.

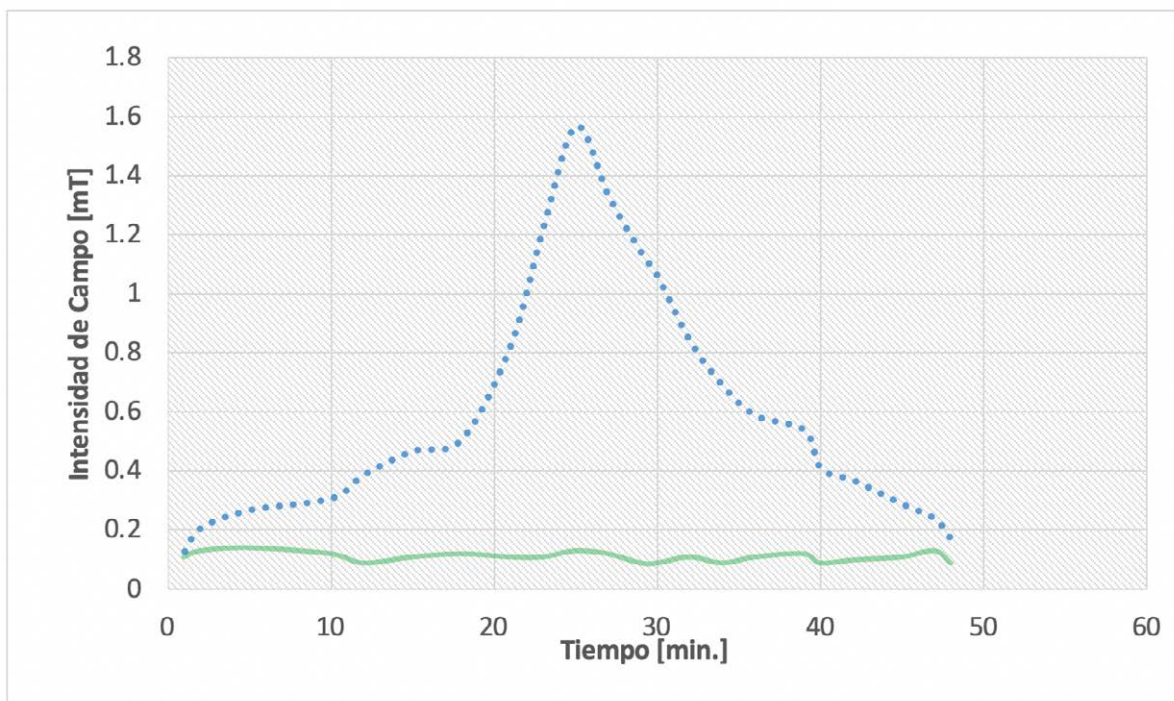


Figura 7. Gráfica del campo magnético B vs tiempo. Fuente: Propia, de análisis de datos.

Cuando el equipo de resonancia magnética nuclear está en funcionamiento, eleva su intensidad de campo progresivo con el fin de incrementar la energía y tener el poder de inducción magnética suficiente para el procesamiento de los diferentes átomos que se encuentran en el organismo del cuerpo humano. De esa forma, se apunta a tener un diagnóstico por imagen de alta calidad. La línea de tendencia azul de la gráfica corresponde al campo creado variable y oscilante en el tiempo; el mismo que realiza una reverberancia magnética en la atmosfera interna y externa a la fuente. Es por esta condición que los átomos inducidos al campo de la fuente pueden incrementar el valor del campo magnético.

En contraste a este método de análisis, cuando el equipo está en funcionamiento (con paciente), se requiere obtener los valores en el mismo punto de análisis en el que se evalúa la intensidad del campo magnético en la condición pasivo (sin paciente). Este valor –la línea de tendencia verde– muestra que el comportamiento de la intensidad de campo magnético es cuasi constante; esto quiere decir que, a pesar de que no exista un incremento de la

energía, los imanes permanentes que están dentro del equipo de resonancia magnética nuclear están siempre creando un campo de energía muy baja, mismo que es tolerable a las acciones de movimiento dinámico de todo los átomos.

Al efectuar una correlación entre la variable tiempo y la variable campo magnético, se observa que la gráfica resultante no es adecuada para realizar este método. La explicación es que, tratándose de ondas, éstas tienen un comportamiento sinusoidal; por lo que el análisis debe ser efectuado directamente de la tabla de valores observados.

Un equipo de resonancia magnética nuclear emite una cantidad de energía en forma de fotones (paquetes de energía), que se comportan como una onda. Ante este proceso físico, se induce a los átomos externos a realizar un determinado proceso, conocido como la precesión. Es necesario también observar el comportamiento del campo creado en función de la distancia, que resulta primordial para observar el alcance del campo generado por el equipo de resonancia magnética nuclear.

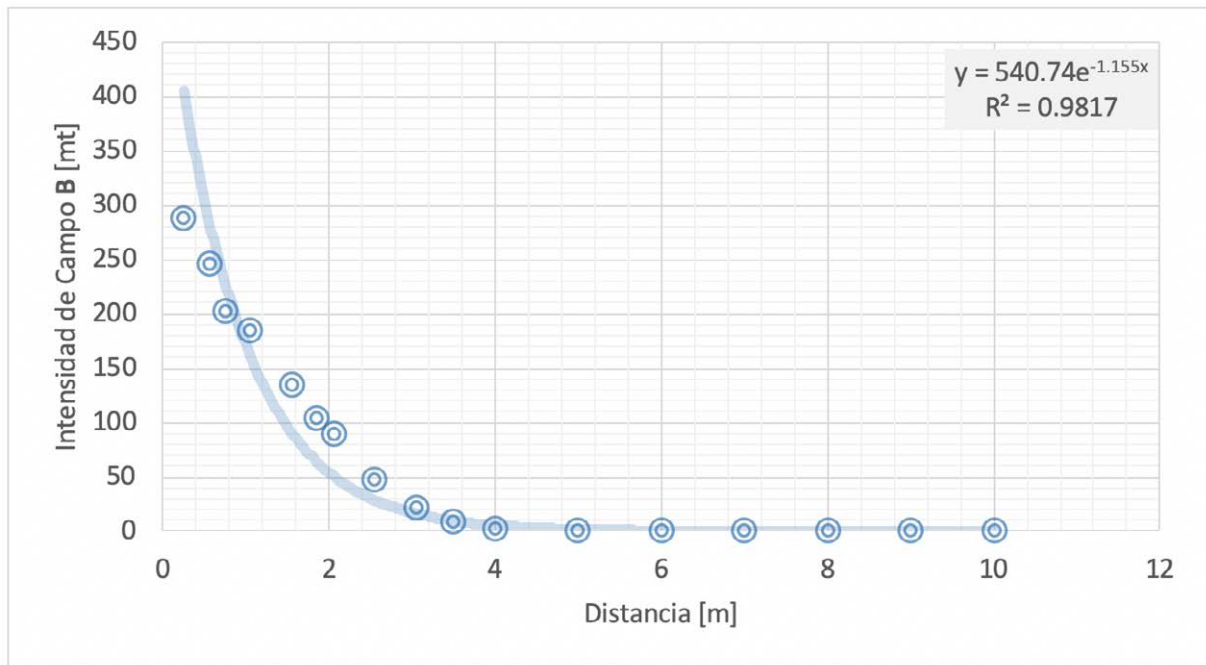


Figura 8. Intensidad de campo B vs. distancia. Fuente: Propia, del trabajo análisis de datos.

A partir de los principios físicos de la transmisión de energía –y tomando en cuenta el principio de la ley inverso cuadrático– nace el análisis del comportamiento del campo generado y concentrado de un equipo de resonancia magnética nuclear. Cuando se tiene una fuente de energía, ésta debe reducir su intensidad en función de la distancia; es decir, cuánto más próximo a la fuente se encuentra uno, mucho mayor es la intensidad de energía creada. De esta forma, el campo creado se va reduciendo de manera significativa y obedeciendo el principio anteriormente mencionado.

De acuerdo a la gráfica de la dispersión de datos, se observa una curva exponencial negativa, que evidencia la correlación de datos dispersos entre la distancia expresada en metros y la intensidad de campo magnético creado en miliTeslas (mT). La regresión correspondiente que se obtiene de la modelación por el software es: $y = 540,74e^{-1,155x}$ y un coeficiente de determinación $R^2=0,9817$. Este último valor, que es muy próximo a 1, indica una muy fuerte relación entre las variables; es decir que el comportamiento de un campo magnético obedece al principio de la ley del inverso cuadrado de la distancia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la problemática y de los objetivos trazados en este proyecto, se describen los siguientes aspectos:

La implementación de un equipo de Resonancia Magnética Nuclear en un hospital (Caja Nacional de Salud – Potosí), cumple con las normativas que son establecidas por el comité de supervisión a nivel nacional que regenta el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN). Los aspectos principales de control son: aislamiento magnético, sistema de blindaje para la difracción, refracción y transmisión de señal generada por el equipo de RMN.

Cuando el equipo se encuentra en funcionamiento (operación activa con paciente), la intensidad de campo magnético creado puede inducir de manera indirecta a los átomos de organismos vivos e inertes. Toda persona que esté próxima al ambiente de RMN, no debería portar objetos metálicos que corren riesgo de ser atraídos con una determinada fuerza magnética.

Dentro del hospital y específicamente en el área de estudio, se debe contar con la señalización adecuada, que garantice una metodología visual de seguridad ocupacional. De esa forma, en materia de cuidado y prevención, será posible evitar acciones directas e indirectas de atracción e inducción magnética con materiales susceptibles a ser atraídos por el campo magnético, cuando el equipo RMN está en operación (activo con paciente).

La señalización de salud ocupacional es también un aspecto importante. Es el caso de aquellas personas que cuentan con un sistema sensible a la inducción magnética, como individuos que cuentan con marcapasos u otros artefactos susceptibles a la precesión y/o alteración en su funcionamiento.

A partir de los principios de inducción magnética, es necesario instruir que las intensidades de campo magnético para un equipo de 0.5 T, tienen una distancia máxima de radio de cinco metros en un campo isotrópico. Esto quiere decir que, a esta distancia, puede existir una interferencia electrónica con un posible daño en algún equipo médico que se encuentre dentro de este radio de cobertura, ocasionando un mal diagnóstico. Por lo tanto, es necesario considerar que un equipo de RMN de mayor intensidad de 0.5 T, tiene un campo y radio de inducción mucho mayor, por lo cual se debe tener un mayor blindaje magnético en el área emplazada.

BIBLIOGRAFÍA

- 18001, L. O. (25 de Septiembre de 2018). *Una norma para gestión de la seguridad y salud ocupacional*. Obtenido de <https://www.isotools.org/pdfs-pro/ebook-ohsas-18001-gestion-seguridad-salud-ocupacional.pdf>
- Canals, M. (2008). *Historia de la resonancia magnética de Fourier (Vol. 14)*. Chile: Revista Chilena de Radiología.
- Carvajal, L. (2013). *Lizardo-Carvajal*. Obtenido de Lizardo-Carvajal: <https://www.lizardo-carvajal.com/el-metodo-deductivo-de-investigacion/>
- Castillo, I. (25 de Septiembre de 2018). *lifeder.com*. Obtenido de lifeder.com: <https://www.lifeder.com/investigacion-longitudinal/>
- Contellez Díaz, E. A. (2015). *Emergencias, aplicaciones básicas para la elaboración de un manual de autoprotección*. España: Marcombo.
- FREMAP; Mutua colaboradora con la seguridad social N°61. (2018). *Guía para la implementación de la norma ISO 45001 "Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional"*. Madrid: Imagen Artes gráfica, S.A.
- García Talavera, G. (1999). *Teoría del campo electromagnético*. México: Limusa.
- Henández Zúñiga, A., Malfavón Ramos, N., & Fernandez Luna, G. (2002). *Seguridad e higiene industrial*. México: Limusa.
- Hewitt, P. (2001). *Conceptos de física*. México: Limusa.
- Horton, R., Moran, L., Ochs, R., Rawn, D., & Scrimgeour, G. (1981). *Bioquímica*. México: Prentice-Hall.
- Maron, S., & Prutton, C. (2011). *Fundamentos de fisico química*. México: Limusa.
- Peña Días, A., Arrollo Begovich , Á., Gomez Puyou, A., & Tapia Ibargüengoytia, R. (2011). *Bioquímica*. México: imusa.
- Pérez Porto, J. (2008). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/metodo-inductivo/>
- Ramires Cavasa, C. (2002). *Manual de seguridad industrial (Vol. I)*. México: Limusa.
- Ramírez Cavassa, C. (2002). *Manual de seguridad industrial (Vol. II)*. México: Limusa.
- Ramírez Cavassa, C. (2002). *Manual de seguridad industrial (Vol. III)*. México: Limusa.

- Ramírez Cavassa, C. (2011). *Seguridad industrial, un enfoque integral*. México: Limusa.
- Rojas Hernández, A., Huerta Zeballos, R., Ramos Mejía, A., Orozco Guareño, E., & Bárcena Soto, M. (2000). *Físico química para ciencias químicas y biológicas*. México: McGraw-Hill.
- Rueda Ortiz, M. J., & Zambrano Vélez, M. (2013). *Manual de ergonomía y seguridad*. Colombia: Alfaomega.
- Sánchez Fuentes, M. (2015). *Imagen mediante resonancia magnética (I): técnica, riesgos y medidas preventivas*. Madrid: Notas técnicas de prevención.
- White, H. (2011). *Física Moderna*. México: Limusa.