

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA**  
**LICENCIATURA EN RADIOLOGÍA E IMÁGENES**



**INFORME FINAL:**

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD APLICADAS POR EL PERSONAL DE RADIOLOGIA EN EL CAMPO MAGNETICO EN EL SERVICIO DE RESONANCIA MAGNETICA DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA DEL HOSPITAL GENERAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL EN EL PERÍODO DE FEBRERO A MAYO DEL 2013.**

**POR:**

**MUÑOZ NOUBLEAU, EMELY FABIOLA**  
**MONTES AYALA, FATIMA CAROLINA**  
**PEREZ AMAYA, OSCAR MAURICIO**

**ASESORA:**

**LICDA.TERESA DE LOS ANGELES REYES PAREDES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO 2013.**

# Índice

Pág.

Introducción

## Planteamiento del problema

Antecedentes del problema .....1

Situación problemática .....2

Enunciado del problema .....3

Objetivo general y  
específicos .....5

Justificación y viabilidad .....6

## Marco Teórico

Marco teórico .....7

Operacionalización de  
variables .....48

## Diseño metodológico

Tipo de estudio .....57

Área de estudio .....57

Universo y muestra .....57

Métodos, Técnicas e  
Instrumentos de recolección  
de datos .....47

Plan de tabulación y análisis  
de datos .....58

Presentación de Datos .....

Conclusiones .....82

Recomendaciones .....85

Bibliografía .....88

Anexos

## INTRODUCCIÓN

La obtención de imágenes por Resonancia Magnética Nuclear representa, indiscutiblemente, una revolución entre todas las técnicas de imágenes aparecidas desde el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Roentgen. A pesar de no emitir radiación ionizante, la RM no está exenta de riesgos. La interacción de los campos electromagnéticos de los componentes del sistema de RM (el campo magnético estático, el de los gradientes y los pulsos de radiofrecuencia) con el ser humano puede entrañar algún riesgo. Por otra parte pueden manifestarse incomodidades o temores en el paciente como: molestias auditivas, sensación de claustrofobia y sensación de ansiedad.

No obstante, debemos tener presente, para la buena utilización de esta técnica de imágenes, el uso del buen juicio y de los cuidados de la persona (ya sea de los pacientes como del personal Médico, Técnico y de Limpieza), para así proporcionar una mejor calidad al estudio, y lo más importante, evitar una gama de accidentes innecesarios y completamente evitables (que pueden ir desde una sensación de calor, hasta la muerte). Desde que Estados Unidos declaró la RM como una técnica con "riesgo no significativo", siempre y cuando se use dentro de los parámetros recomendados; Sin embargo, en el entorno de la RM siempre existen riesgos potenciales, no sólo para los pacientes, sino también para cualquier otra persona que se encuentre presente, los incidentes relacionados con la seguridad en RM son numerosos, aunque los accidentes graves o fatales reportados hasta la fecha son escasos por ello es necesario conocer las interacciones del campo magnético con ciertos implantes, prótesis y objetos para poder evitar accidentes. También es importante instaurar y seguir unas guías prácticas de seguridad en RM, las cuales deben ser establecidas, puestas en marcha y revisadas en cada centro de RM.

## Capítulo I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### ANTECEDENTES

En los primeros años del uso clínico de la Resonancia Magnética se produjeron una serie de accidentes, algunos en pacientes con marcapasos, clips de aneurismas cerebrales y cuerpos Extraños Metálicos intraoculares. Además también en cualquier dispositivo electrónico (implante coclear, neuroestimuladores, etc.).

El pasado 30 de julio de 2001. En el Westchester Medical Center en New York (USA), durante una exploración en Resonancia Magnética, debido al efecto "misil", se produjo un accidente fatal. Una bomba metálica de oxígeno donde se encontraba instalado, el mismo fue acelerado por el magnetismo y golpeó fuertemente con brutalidad a un paciente en su cabeza lo que le provocó la muerte instantáneamente.

Otro de los accidentes fue La muerte de un niño de 6 años, con una bomba de oxígeno en 2001 por el efecto proyectil, hizo saltar las alarmas en Estados Unidos, debido a la gravedad que sufrió por la atracción del objeto con el magnetismo dejándolo destrozado de su rostro por el fuerte impacto, esto hizo que en Estados Unidos, y el *American College of Radiology (ACR)* reaccionó reuniendo un panel de expertos con el fin de elaborar unas recomendaciones sobre seguridad, que quedaron recogidas en el "Libro blanco de seguridad en RM" (*American College of Radiology. White Paper on MR Safety*), posteriormente comentado y actualizado.<sup>1</sup>

Kanal E. y Shellock F. publicaron en 1991 la primera política de seguridad en RM, y en años posteriores una serie de artículos sobre el tema. Son responsables respectivamente de la elaboración y comentarios del *Libro blanco de seguridad en RM del ACR*, y mantienen dos sitios en Internet sobre seguridad en RM, que se actualizan continuamente y que se han convertido en referencias mundiales en seguridad.

---

<sup>1</sup> Accidentes en Resonancia Magnética disponible en: [www.elsevier.es/revistas/radiología](http://www.elsevier.es/revistas/radiología)

La prevención de accidentes, permite el control de la ocurrencia de los mismos, reduciendo las causas que los originan, eliminando así una fuente de deterioro para la salud de las personas. La bioseguridad tiene como finalidad, prevenir los riesgos a los que están expuestos los empleados, dando continua mejoría y protegiéndolos de los riesgos que puedan afectar su salud.

El Salvador ha avanzado en cuanto a las medidas de bioseguridad, contando con disciplinas básicas o reglamentos tales como: Ley del Sistema Nacional de Salud, Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo, Reglamento Especial de Protección Radiológica y la recientemente aprobada Ley General de Prevención de riesgos en los lugares de Trabajo. Ésta última señala: Qué el Estado debe establecer los principios generales relativos a la prevención de riesgos ocupacionales, así como velar porque se adopten las medidas tendientes a proteger la vida, integridad corporal y salud de los trabajadores y trabajadoras en el desempeño de sus labores.<sup>2</sup>

La prevención es uno de los principios rectores de la Ley de Prevención de riesgos en los lugares de trabajo y en el artículo 2 del párrafo tercero la define como:

Determinación de medidas de carácter preventivo y técnico que garanticen razonablemente la bioseguridad de los trabajadores(as) dentro de los lugares de trabajo.

---

<sup>2</sup>Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo Disponible en: [www.asamblea.gob.sv](http://www.asamblea.gob.sv)

## **SITUACION PROBLEMÁTICA**

La obtención de imágenes por Resonancia Magnética representa, innegablemente una evolución entre todas las técnicas de imágenes aparecidas desde el descubrimiento de los rayos X ; A lo largo de este tiempo, el campo tecnológico ha proporcionado mayores campos magnéticos, gradientes más rápidos y, mayores potencias de emisión en la Radiofrecuencia (RF).que durante la obtención de una imagen, el paciente es sometido a tres formas diferentes de radiación electromagnética: un campo magnético estático, campos magnéticos de gradiente y campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Cada uno de ellos puede causar efectos biológicos directos significativos, si se aplica a niveles de exposición suficientemente elevados que pueden poner en riesgo su vida.

Aparte de estos riesgos biológicos implícitos de la técnica, hay que tener presente que la RM obliga a una concientización de la presencia del campo magnético y el habituarse a unas condiciones de trabajo que implican una alerta constante; por el riesgo persistente del efecto del campo magnético sobre las sustancias paramagnéticas en la cual la fuerza atractiva puede ser enorme que a una distancia más o menos corta del imán, objetos como tijeras, pinzas, bolígrafos, etc. pueden ser atraídos hacia el interior y convertirse en verdaderos proyectiles. La bioseguridad son medidas y normas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos frente a riesgos propios de la actividad diaria, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la seguridad del personal o de los pacientes.

Se debe tener claro cómo opera el campo magnético, no solo en el aporte a la salud por medio de la formación de imágenes medicas, sino también como puede por medio de un accidente actuar de manera adversa.

En el país existe poca información, acerca de medidas o normas de prevención para así poder evitar los riesgos para la salud; por la ausencia de

investigaciones documentadas y, formación académica de las medidas de bioseguridad en Resonancia Magnética; para proteger al paciente como al mismo personal de cualquier accidente o lesiones, que pueden prevenirse al conocer las interacciones del campo magnético con ciertos materiales biomédicos, implantes, prótesis y objetos.

La bioseguridad pretende medidas de carácter preventivo para poder evitar riesgos y así sus consecuencias, por ello se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las medidas de Bioseguridad aplicadas por el personal de Radiología en el campo magnético en el servicio de Resonancia Magnética del Departamento de Radiología del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social en el Periodo de febrero a mayo del 2013?

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

Determinar las Medidas de Bioseguridad aplicadas por el personal de Radiología en el campo magnético en el servicio de Resonancia Magnética del departamento de Radiología del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social en el período de febrero a mayo del 2013.

### **Objetivos Específicos:**

- Conocer los riesgos para la salud en el paciente y personal de acuerdo a la opinión del trabajador en resonancia magnética.
- Conocer los efectos más frecuentes en el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética.
- Indagar al personal de acuerdo a su experiencia los accidentes en resonancia magnética relacionados al campo magnético.
- Conocer las contraindicaciones para realizar un estudio de resonancia magnética.
- Identificar los diferentes materiales biomédicos seguros dentro de la sala de resonancia magnética.
- Identificar los materiales ferromagnéticos que se introducen con más frecuencia en la sala de resonancia magnética que producen riesgos de acuerdo a la opinión del personal.
- Determinar las medidas de prevención utilizadas dentro del departamento de resonancia magnética.
- Elaborar un manual basado, en las normas de bioseguridad a emplear en la sala de Resonancia Magnética.



## **JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación es de mucha importancia para los profesionales en radiología, para dar a conocer las medidas seguras en un procedimiento de resonancia magnética, salvaguardando la salud y la vida, tanto del paciente como de los profesionales.

Además pretende evidenciar los riesgos laborales a los que están expuestos en el ejercicio de la profesión, así como las consecuencias (accidentes) de éstos; de esta forma promover la práctica de medidas de prevención adecuadas para generar mejores condiciones de trabajo y una cultura de seguridad tanto para los profesionales que laboran en el área como para el alumnado de la carrera de radiología e imágenes de la universidad de El Salvador.

### **Viabilidad**

Esta investigación fue viable porque contó con los recursos necesarios para la realización del estudio; como recursos humanos los cuáles fueron el grupo investigador y el personal del departamento de resonancia magnética, recursos materiales de papelería, internet, entre otros, así también recursos financieros como costeó de transporte, alimentación.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### 2.1 El magnetismo<sup>3</sup>

En el siglo XIII Pierre de Mericourt describe las propiedades del imán. Estos tienen dos polos: norte (+) y sur (-). Los polos de signo inverso se atraen, aquellos del mismo signo se rechazan. Alrededor de los polos de los imanes existe un campo magnético.

Este campo es en general no uniforme, puesto que él decrece con la distancia, pero se le puede hacer uniforme curvando el imán.

Para ser utilizados en Resonancia Magnética Nuclear, es necesario que los campos magnéticos sean muy poderosos y uniformes. La Tierra es un imán, su campo magnético es de 0.05 gauss. En RMN los campos utilizados varían de 400 a 20.000 gauss (10.000 gauss = 1 Tesla).

Para la espectroscopia, se utilizan campos magnéticos que van hasta los 10 Tesla.

Un campo magnético posee una dirección (de un polo a otro) y un sentido (de sur a norte). Una magnitud que posee una dirección y un sentido se llama vector, y se representa por una letra coronada de una pequeña flecha.

El campo magnético principal en RMN es fijo y se lo representa por la letra  $B_0$ .

#### 2.2 La Resonancia Magnética Nuclear<sup>1</sup>

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es un fenómeno físico por el cual ciertas partículas como los electrones, protones y los núcleos atómicos con un número impar de protones (Z) o neutrones (N) pueden absorber selectivamente energía de radiofrecuencia (RF) al ser colocados bajo un potente campo magnético. Cuando un objeto es puesto en presencia de una onda cuya frecuencia corresponde a su propia frecuencia (en RMN las ondas utilizadas

---

<sup>3</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

son de 1 a 100 MHz), entra en resonancia. La resonancia es la transferencia de energía entre dos sistemas que oscilan a la misma frecuencia.

La emisión de Radiofrecuencia se hace por una bobina y la recepción también se efectúa por una bobina (también llamadas antenas). La antena emisora sirve a menudo de antena receptora.

Las antenas están situadas en el imán y son de formas variables. Otras antenas son bobinas de superficie o circulares, o en cuadratura de fase. Una vez que los núcleos han absorbido la energía, devuelven el exceso energético mediante la liberación de ondas de radiofrecuencia (relajación). Esta liberación induce una señal eléctrica en una antena receptora conocida con FID (Free Induction Decay) con la que se puede obtener una imagen de RMN. Esta energía restituida es disipada por el medio ambiente bajo forma de calor, pero una pequeña parte (1/5 aproximadamente) va a encontrarse bajo la forma de una onda de radiofrecuencia de la misma frecuencia que la onda original.

La señal de relajación depende del campo magnético que percibe el H (hidrogeno) en el momento que va a liberar la energía, y de las facilidades que encuentra para liberarla. Ello permite discriminar diferentes elementos de volumen.

### **2.2.1 Movimiento de precesión<sup>4</sup>**

El movimiento de precesión se realiza a una frecuencia ( $f_p$ ), llamada frecuencia de precesión o de resonancia, que es proporcional al valor del campo magnético percibido por el núcleo, siguiendo la llamada ley de Larmor:

$$f_p = \gamma B / 2\pi \text{ (Hz)}$$

Donde  $\gamma$  es el cociente giromagnético nuclear, y B es el valor del campo magnético.

El campo magnético B que percibe el núcleo, será la suma vectorial de tres posibles componentes: el campo magnético principal, creado por el imán ( $B_0$ ); un segundo campo magnético mucho más pequeño, añadido externamente,

---

<sup>4</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

que permitirá trabajar con la señal y que llamaremos campo magnético de los gradientes ( $B_{\text{grad}}$ ); por último, un campo magnético a nivel molecular muchísimo más pequeño, que es individualmente percibido por cada núcleo en función de la estructura bioquímica de su alrededor, lo llamaremos campo magnético bioquímico ( $B_{\text{bioq}}$ ).

$$B = B_0 + B_{\text{grad}} + B_{\text{bioq}}$$

## 2.2.2 Estudio de la recuperación de la magnetización longitudinal.<sup>5</sup>

### La secuencia T1<sup>1</sup>

El retorno de los protones a su posición de equilibrio, al final de la excitación provocada por el pulso de RF se llama relajación. T1 es el tiempo necesario para que la magnetización longitudinal haya recuperado un 63% de su magnetización.

Después de un pulso de radiofrecuencia, las variaciones en el tiempo de la proyección sobre el eje longitudinal ( $M_z$ ) del vector magnetización, vemos que  $M_z$  vuelve a aumentar siguiendo una curva exponencial. La constante de tiempo de la 5 exponencial T1 está asociada a la velocidad de recuperación de la magnetización longitudinal.

Ella es característica para un tejido dado. Si en la práctica las medidas son imprecisas, es porque el volumen de las muestras estudiadas (o voxel) es demasiado grande y comprende tejidos diferentes.

En el curso de esta recuperación de la magnetización, hay un importante intercambio de energía con las moléculas de los alrededores que forman una red.

En un sólido, el entrelazamiento es cerrado y los intercambios de energía muy rápidos, así como la relajación. T1 es corto.

En un líquido puro como el agua o el líquido cefalorraquídeo, la red es menos cerrada; la pérdida de energía es menos rápida y el tiempo de relajación T1 es más largo. Los tiempos de relajación T1 son del orden del s.

---

<sup>5</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

### 2.2.3 Gradientes Magnéticos<sup>6</sup>

Se llama gradiente a la variación de una medida en el espacio (o en el tiempo). Por ejemplo, si hace más calor en el cielo que en el piso se dirá que en la pieza existe un gradiente de temperatura vertical. En RMN los gradientes utilizados son lineales, es decir, que su variación es uniforme de un punto a otro.

Son gradientes de campos magnéticos, es decir, pequeños campos magnéticos producidos por electroimanes situados al interior del campo magnético principal.

Su campo se superpone al campo magnético principal.

Como se trata de electroimanes, su efecto se instala y se termina instantáneamente con el inicio y el término de la corriente eléctrica que los alimenta. Los campos magnéticos creados por los gradientes son débiles (del orden de un gauss/cm) en relación al campo principal.

Este gradiente es aplicado durante un tiempo muy corto y da su nombre a la secuencia eco de gradiente.

Después de un breve intervalo, se “refasan” los protones volviendo a aplicar el mismo gradiente en sentido inverso. Se llega al mismo resultado que con un pulso de  $180^\circ$ , pero ganando tiempo.

Esta secuencia tiene un defecto: las heterogeneidades del campo magnético son aumentadas en el corte examinado y los protones se desfazan más rápido que en una secuencia spin eco. De ahí una más rápida pérdida de señal.

Las imágenes obtenidas por gradientes entran en el conjunto de secuencias rápidas (llamadas así por durar un tiempo menor, y por lo tanto ser mejor soportadas por los pacientes, y contribuyen a acortar el examen), y han permitido desarrollos como las imágenes tridimensionales y la angiografía por resonancia.

---

<sup>6</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

## MATERIAL ESPECÍFICO RESONANCIA MAGNÉTICA<sup>7</sup>

### ANTENAS

Según la exploración que se realice se utilizaran diferentes antenas:

- Muñeca ( C1 y C4)
- Codo (C3 )
- Hombro
- Head-Nek-HP : para cráneo
- Syn-Flex-M : para cervical
- Synergi-Spine: se utiliza para cervical, dorsal, lumbar ó bien columna total.
- Synergi-Body: se utiliza para abdómenes, estudios dinámicos de hígados, renales y ginecológicos, también para caderas y pelvis completa, urología.
- En todas las pelvis ginecológicas se utiliza con esta antena una faja de sujeción de abdomen.
- En estudios de hígado dinámicos, angiorrenales y mediastinos se utiliza un accesorio para controlar respiración que se llama TRIGGER que se coloca sobre diafragma.
- Antena de cardiología: antena de cinco elementos, colocada al lado del corazón. Consta de 4 electrodos (negro, blanco, rojo y verde) que miden actividad electrocardiografía, colocando también el pulsosímetro.
- Los electrodos son especiales, de material no metálicos.
- Endocavitaria: se utiliza para estudios de próstata, fístulas... (como medio aséptico se le coloca un preservativo y lubricante.
- Antena de mama: hay que evitar vibración de la mama por lo que utilizaremos algodón, por ejemplo, para inmovilizarla.
- Antena ATM: para la articulación temporomandibular. Serán dos estudios, boca abierta y semi abierta.
- Antena E1: se trata de una antena de superficies para estudios de brazos y miembros.

---

<sup>7</sup>PROTOCOLO DE ENFERMERÍA EN RESONANCIA MAGNETICA Autora Casilda Fuster Acebal

- Movitrack: accesorio para angiografías de miembros.
- Antena de rodilla: movable según de qué rodilla se trate.
- Antena de tobillo: se utiliza la de cráneo.

### **Accesorios a utilizar**

Se utilizaran para fijar miembros y en la colocación del paciente.

- Vitamina E (Auxina-E) para señalar zonas.
- Almohadas.
- Cuñas grandes para piernas.
- Cuñas de diferentes tamaños para fijar cráneo, cervicales, tobillos, hombros.
- Saquitos para inmovilizar.
- Cintas de sujeción.
- Timbre de aviso de paciente ante la necesidad de comunicación con el personal. Auriculares para disminuir la intensidad del ruido ( con música)

En pacientes con dificultad de movimiento se utilizaran camillas de material a magnético y silla de ruedas de aluminio compatibles con RM.

### **MATERIAL DE ENFERMERÍA <sup>8</sup>**

Todo el material de la sala debe ser compatible con RM.

- Mesa auxiliar
- Pinzas.
- Jeringas.
- Gasas.
- Suero fisiológico.
- Abbocath de diferentes calibres.
- Compresor.
- Agujas I.M., I.V.

---

<sup>8</sup>PROTOCOLO DE ENFERMERÍA EN RESONANCIA MAGNETICA Autora Casilda Fuster Acebal

- Tapón antirreflujo.
- Contrastes.
- Esparadrapos.
- Batas y calzas.
- Sábanas.
- Set para administrar contraste por inyector.
- Material para R.C.P.

## **2.3 Bioseguridad<sup>9</sup>**

Es la calidad y garantía en el que la vida esté libre de daño, riesgo o peligro. Es un Conjunto de medidas y normas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos frente a riesgos propios de su actividad diaria, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la seguridad de los trabajadores de la salud, animales, visitantes y el medio ambiente.

### **2.3.1 Bioseguridad por campo magnético**

Los campos magnéticos ejercen gran fuerza de atracción por lo cual es importante el tema de seguridad y conocer los riesgos que estos presentan.

### **2.3.2 Riesgos para la salud**

Debido a la complejidad de un equipo de IRM, existen muy diversas maneras en las que este puede afectar a la salud de una persona.

---

<sup>9</sup>Bioseguridad disponible en: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)



**A pesar de no emitir radiación ionizante la resonancia magnética no está exenta de riesgos se origina por en un campo magnético generado por un fuerte imán estos son:**

## **2.4 RIESGOS EN RESONANCIA MAGNÉTICA<sup>10</sup>**

Existen tres fenómenos físicos en la RM que pueden causar riesgo o efectos biológicos:

- El campo magnético estático generado por el imán principal,
- Los campos magnéticos variables generados por las bobinas de gradientes
- La radiofrecuencia (RF).<sup>11</sup>

### **2.4.1 EFECTOS BIOLÓGICOS GENERALES DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS ESTÁTICOS:**

**La interacción del campo magnético estático con un objeto ferromagnético:** puede dar lugar a traslación y rotación del mismo, con los riesgos que ello implica en el caso de objetos sueltos de proyectarlos contra las personas y/u otros elementos situados en la sala de RM.

**Efectos cardiacos y de inducción eléctrica:** El efecto biológico más importante debido al campo magnético principal  $B_0$  es el "**potencial de flujo**". Esto origina que los iones de la sangre puedan ser desplazados creándose una diferencia de potencial entre las paredes del vaso. Este efecto es tanto más manifiesto cuanto mayor es la velocidad de los iones y por tanto es de esperar que sea máximo en la aorta ascendente. Calculado el valor de este "potencial de flujo" en la aorta, en posición perpendicular a la dirección del campo magnético para que el efecto sea máximo y para campos de hasta 2 T, no se

---

<sup>10</sup> Proyecto final integrador Tecnicatura en Diagnostico por Imágenes UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTIN, Buenos Aires Argentina 2006

<sup>11</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

llega al valor de 40 mV que corresponde al umbral de la despolarización de la fibra miocárdica. No obstante esta diferencia de potencial inducida es suficiente para producir modificaciones en el electrocardiograma apareciendo una señal que empieza inmediatamente después de la onda R y sobrepasa la onda T sin que se aprecien trastornos hemodinámicos. La perturbación de la trayectoria de los iones cargados podría influir también sobre la conducción nerviosa, no obstante se ha visto que para que la velocidad de conducción se reduzca en un 10% serían necesarios más de 20 T. Los tejidos humanos son diamagnéticos y en general las moléculas no van a presentar ningún tipo de modificaciones al estar sometidas a campos magnéticos. Únicamente las moléculas muy largas pueden sufrir algún tipo de orientación pero la agitación térmica es suficiente para que los efectos de orientación no se manifiesten. Hasta campos de 2 T no se ha constatado ningún efecto adverso.

**-Efectos sobre la temperatura:** Una investigación en humanos indicó que la exposición a un campo magnético estático de 1.5T no altera la temperatura cutánea ni corporal.

**-Efectos neurológicos:** Normalmente, la exposición a campos magnéticos estáticos de hasta 2 T no parece influir de forma significativa en las propiedades bioeléctricas de las neuronas en los humanos. Sin embargo existen funcionando varios sistemas de RMN corporales de 3T y 4T. Un estudio preliminar ha demostrado que los trabajadores y sujetos voluntarios expuestos a un sistema de 4T experimentaron vértigo, náuseas, cefaleas, sabor metálico en sus bocas y magnetofosfenos.

#### • EFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS VARIABLES O DE GRADIENTE:

La variación del campo magnético en el tiempo puede inducir corrientes eléctricas más importantes si se utilizan gradientes potentes y secuencias ultrarrápidas, como la ecoplanar (EPI). La consecuencia sería la producción de estimulación nerviosa periférica con sensaciones de palpitación y hormigueo. La presencia de cables conductores implantados o no retirados (cables en el miocardio o el epicardio, electrodos implantados en el cerebro, etc.) representa

un sitio fácil de circulación de corriente y pueden generar excitaciones neuromusculares.

El efecto biológico producido por los campos magnéticos variables en la utilización de los gradientes, puede originarse por la variación de B en el espacio y en el tiempo. La primera daría lugar a un desplazamiento molecular pero carece de interés en los cuerpos biológicos diamagnéticos. No obstante la variación del campo magnético en el tiempo puede inducir corrientes eléctricas en los circuitos biológicos y si ésta fuese importante podría causar estimulación de las células musculares o nerviosas, fibrilación ventricular, aumento de la osmolaridad cerebral y alteración de la remodelación ósea. Las secuencias ultrarrápidas como la EPI pueden alcanzar según sea el SR (SlewRate) de los gradientes valores que incluso pueden superar los 60 T/s que parece ser el umbral para la aparición de estimulaciones nerviosas periféricas. Por lo tanto hay que tener presente esta posibilidad, en especial en las variaciones de gradiente en las secuencias ultrarrápidas. En un 5% de la población secuencias como las EPI causan algunas sensaciones como: palpitaciones, hormigueos, sobre todo a 30-40 cm del isocentro y con gradientes A/P.

La frecuencia y la tonalidad dependen de muchos factores, entre ellos el diseño de aparato y la secuencia utilizada. Se han citado problemas de sordera transitoria y **se recomienda usar protectores acústicos en todos los pacientes**. Hay que hacer notar que el ruido no depende directamente del valor del campo magnético por lo que son recomendables las protecciones acústicas siempre que se puedan utilizar valores de gradientes peligrosos, independientes del valor del campo magnético.

## **EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA:**

El efecto biológico más importante producido por la emisión de radiofrecuencia es el depósito calórico que puede conducir a una lesión térmica. El aumento térmico resultante de la RF utilizada está causado principalmente por inducción magnética, con una contribución despreciable del campo magnético. Ello implica que el calentamiento tisular sea mayor en la superficie que en las zonas profundas. El parámetro fundamental para cuantificar el fenómeno es la **potencia específica absorbida (specificabsortionrate)** que depende entre otros factores, de la frecuencia utilizada, del tiempo y de la secuencia de pulsos. La interacción de los campos electromagnéticos de RF con un objeto puede producir calentamiento del mismo y del tejido adyacente (quemaduras).

Aparte de este depósito calórico general, hay que tener presente posibles puntos calientes donde la elevación de la temperatura local puede ser importante. Generalmente ligados a órganos con poca capacidad de disipación calórica y pobre irrigación. También pueden originarse puntos calientes por una mala colocación de la antena de superficie. Las secuencias rápidas como las (FAST/TURBO) SPIN-ECO implican el uso de trenes de pulsos de refase de 180°, teniendo que poner especial atención en no sobrepasar el límite aconsejado.

También los límites a la exposición de RF no debe incrementar en 1°C la temperatura corporal profunda, ni tampoco elevar localmente la temperatura a 38° en la cabeza, 39° en el tronco o 40° en las extremidades.

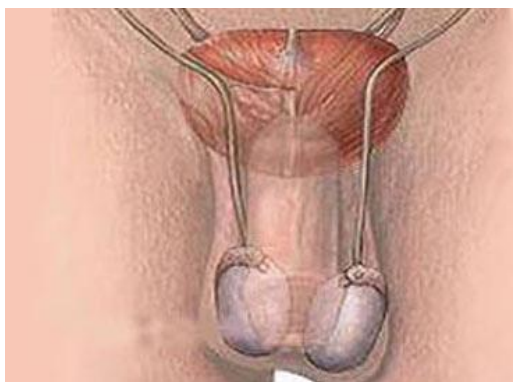
### **Órganos sensibles a la temperatura**

Algunos órganos humanos poseen una reducida capacidad para la disipación del calor, como los testículos y el ojo, estos órganos constituyen localizaciones primarias de potenciales efectos perjudiciales si las exposiciones a la radiación de RF durante la realización de una RMN son excesivas.

## Testículos

Las investigaciones de laboratorio han demostrado efectos de disminución de la función testicular causados por el calentamiento inducido por la radiación RF en exposiciones suficientes como para que la bolsa escrotal alcance temperaturas hasta de 38°C a 42°C.

En la consideración del riesgo deben separarse **los efectos biológicos directos** producidos por la exposición a los tres fenómenos anteriormente mencionados, de **los efectos indirectos** que pueden producirse sobre el organismo como consecuencia del efecto del campo magnético sobre las sustancias paramagnéticas, que implican una serie de precauciones a tener en cuenta en las exploraciones RMN. También hay que considerar el posible riesgo debido a la utilización cada vez más frecuente de sustancias de contraste intravenoso o por vía oral.



### 2.4.2 Precauciones en las exploraciones de RMN<sup>12</sup>

Aparte de estos riesgos biológicos implícitos de la técnica, hay que tener presente que la RMN obliga a una concientización de la presencia del campo magnético y el habituarse a unas condiciones de trabajo que implican una alerta constante.

El riesgo más importante es debido al efecto del campo magnético sobre las sustancias paramagnéticas. Dependiendo de su masa y de su distancia, la fuerza atractiva puede ser enorme. Hay que tomar precauciones en el manejo de objetos de mayor masa como camillas, aparatos de soporte.... Actualmente

---

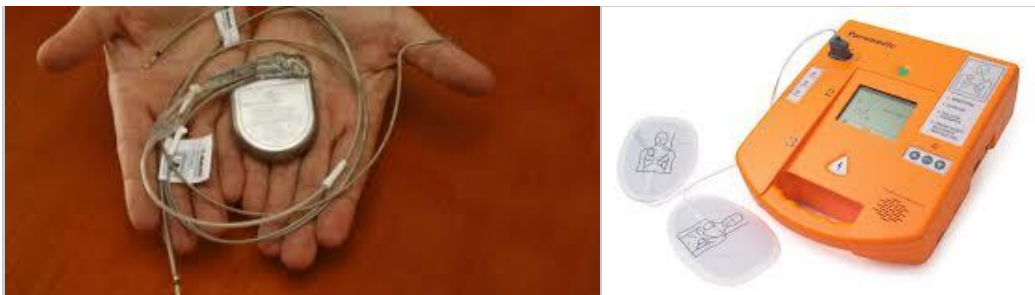
<sup>12</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

los resonadores se construyen con pantallaje magnético lo que reduce a distancias cortas los efectos atractivos del campo magnético y prácticamente se manifiestan únicamente en las aperturas del túnel de exploración. Hay que prestar especial atención a todas las maniobras que se realicen durante la colocación del paciente. Evidentemente las precauciones dependen del valor del campo magnético y deben extremarse al trabajar con imanes de alto campo. Toda persona que entre dentro de la sala de exploración debe dejar en el exterior los objetos paramagnéticos que puedan ser atraídos por el imán.

## 2.5 Contraindicaciones absolutas de la resonancia magnética<sup>13</sup>

Una condición que prohíbe absolutamente la realización del estudio.

1. Dispositivos electrónicos cardíacos (marcapasos y desfibriladores).



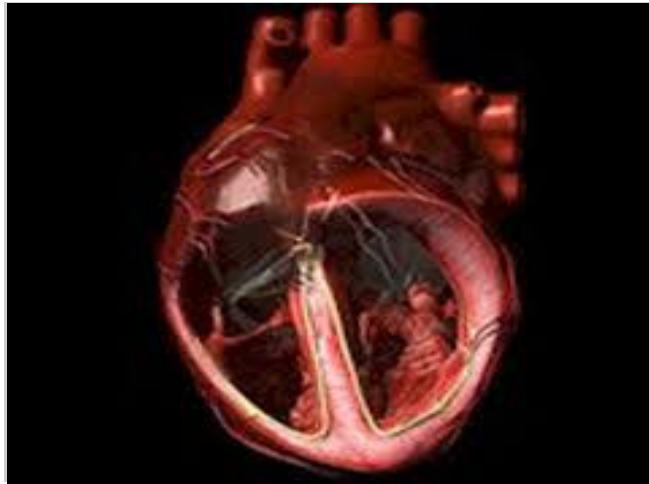
2. Implantes cocleares.



---

<sup>13</sup>[www.medlineplus](http://www.medlineplus)

3. Prótesis valvulares cardíacas no-RM compatibles.



4. Clips vasculares no-RM compatibles.



5. Cuerpos extraños metálicos en ojos y otros lugares con riesgo vital (intracraneales, canal raquídeo, grandes vasos, hígado).



### 2.5.1 Contraindicaciones relativas de la resonancia magnética<sup>14</sup>

Es una condición en el cual no se debe de realizar el estudio pero se valora la relación riesgo/beneficio.<sup>15</sup>

1. Prótesis articulares y suturas metálicas en órganos internos puestas recientemente (< 4 semanas), por el riesgo de que se desplacen.



2. Embarazo: en el caso de que sea necesario un estudio radiológico durante el embarazo, la RM está indicada si otras formas de diagnóstico por la imagen no ionizantes son inadecuadas o si el examen aporta información importante que en caso contrario hubiese requerido una forma de exposición a radiaciones ionizantes. A pesar de que no existe una evidencia científica clara de que la RM pueda dañar al feto, por precaución de desaconseja su uso sobre todo durante el primer trimestre de embarazo.



<sup>14</sup>[www.medlineplus](http://www.medlineplus)

<sup>15</sup>Proyecto final integrador Tecnicatura en Diagnostico por Imágenes UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTIN, Buenos Aires Argentina 2006



3. Fiebre (> 38°C), porque puede aumentarla.

4. Dosificadores programables (después del estudio RM deben ser reprogramados).



5. Claustrofobia severa (puede realizarse en un aparato de RM abierto).



6. Obesidad mórbida.



7. Tatuajes extensos, por el riesgo de producirse quemaduras al aumentar la temperatura local.



8. Otras medidas a tomar en cuenta; En estudios con contraste endovenoso:

- Lactancia: por precaución, aunque no hay datos concluyentes, los fabricantes aconsejan esperar 24-48 horas para volver a amamantar, una vez eliminado el contraste).
- Insuficiencia renal: riesgo de fibrosis sistémica nefrogénica.



## Clips aneurismáticos cerebrales<sup>16</sup>

Si no está claro que el paciente sea portador de un clip aneurismático cerebral, se debe realizar una radiografía simple o evaluar un estudio previo, si hay, de TC o RM. Si es portador del clip no debe realizarse el estudio de RM hasta que se tenga constancia escrita de la compatibilidad del material.

La existencia de un estudio previo de RM sin problemas en un paciente portador de un clip aneurismático u otro implante no es suficiente para asegurar su compatibilidad o seguridad. Pueden existir variaciones en el campo magnético, en los gradientes, en la orientación espacial del clip aneurismático respecto al campo magnético o en otras variables imposibles de controlar o reproducir.



---

<sup>16</sup> NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO DE RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES CON DISPOSITIVOS CARDIOVASCULARES Silvina V. Waldman<sup>1</sup>, Hugo Grancelli<sup>1</sup>, Bettina Yaman<sup>2</sup>, Hernán Cohen Arazí. <sup>1</sup>Servicio de Cardiología, <sup>2</sup>Servicio de Imágenes, FLENI, Buenos Aires

## Prótesis valvulares cardíacas y anillos de anuloplastia

La mayoría muestran leve atracción o rotación por efecto del campo magnético, pero este efecto es muy inferior a la fuerza a la que se ven sometidas por el corazón, por lo que la realización de una exploración de RM se considera segura ante cualquier válvula cardíaca o anillo de anuloplastia testado hasta el momento (prácticamente todos los actuales ya han sido valorados favorablemente), tanto para equipos de 1,5 T como de 3 T, 10.



## Coils, filtros y stents

Existe gran variedad y la gran mayoría están hechos de material metálico (platino, titanio, acero inoxidable o nitinol), que generalmente no es magnético o es débilmente ferromagnético sometido a campos de 1,5 T o menores. Los pacientes con *coils*, filtros o *stents* sin interacción con el campo magnético pueden ser estudiados inmediatamente tras su colocación. Sin embargo, si el material es débilmente ferromagnético, es recomendable esperar entre seis y ocho semanas tras su colocación para realizar la exploración de RM.



## Marcapasos y desfibriladores implantados<sup>17</sup>

### Implantes y dispositivos activados eléctrica, magnética o mecánicamente:

La FDA exige que los sistemas de RMN lleven información que señale su contraindicación en pacientes que son portadores de algún tipo de implante activado eléctrica, magnética o mecánicamente, debido a que los campos electromagnéticos producidos por el equipo de RMN pueden interferir con el funcionamiento de estos aparatos. Los pacientes con marcapasos cardiacos internos, desfibriladores, implantes cocleares, neuro estimuladores, estimuladores del crecimiento óseo, bombas de infusión de medicamentos implantadas u otros dispositivos similares que podrían ser dañados severamente por los campos electromagnéticos utilizados en la RMN no serán sometidos a la prueba.

Un paciente con cualquier otro implante o dispositivo activado eléctricamente, magnéticamente o mecánicamente debería excluirse de la exploración a menos que dicho aparato haya demostrado previamente no afectarse por los campos magnéticos y electromagnéticos utilizados. Los portadores de marcapasos cardiacos tienen contraindicada la exploración RMN, así como el acceso a los alrededores del resonador, manteniéndose siempre fuera del espacio cubierto con un campo magnético superior a 5 Gauss. Ello origina ciertos problemas en la instalación de los aparatos RMN ya que una de las normativas a cumplir es que el campo magnético alrededor del imán no alcance los 5 Gauss en un área de uso público no restringida. Mediante el apantallamiento magnético se reduce notablemente el espacio necesario para la ubicación. Evidentemente las dificultades aumentan al aumentar el valor del campo magnético.



<sup>17</sup> NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO DE RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES CON DISPOSITIVOS CARDIOVASCULARES Silvina V. Waldman<sup>1</sup>, Hugo Grancelli<sup>1</sup>, Bettina Yaman<sup>2</sup>, Hernán Cohen Arázi. <sup>1</sup>Servicio de Cardiología, <sup>2</sup>Servicio de Imágenes, FLENI, Buenos Aires

## Neuroestimuladores cerebrales

Cada vez más utilizados en el tratamiento de trastornos del movimiento que no responden a medicación, la necesidad de estudiar a pacientes portadores de neuroestimuladores puede derivarse de complicaciones neurológicas (infarto, hemorragia, etc.) o de resultados terapéuticos subóptimos (comprobación de la localización de los electrodos). El principal problema de seguridad está relacionado con el calentamiento de los electrodos debido a las corrientes inducidas por la radiofrecuencia. Estos pacientes pueden ser estudiados con RM siguiendo las recomendaciones del fabricante y la guía de seguridad para neuroestimuladores.



**Dispositivos, implantes y materiales ortopédicos:** La conducta ante prótesis metálicas debe ser cuidadosa. Las actuales por lo general ya se fabrican compatibles con el campo magnético (titanio, tántalo, tungsteno). No obstante no deben introducirse en el campo magnético si no sabemos que son compatibles y aún así valorar el posible artefacto. El tornillo de interposición Perfix (InstrumentMakar, Okemos, MI) utilizado para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior está compuesto por material ferromagnético pero no representa un riesgo para el paciente sometido a una RMN debido a la significativa fuerza que es capaz de aguantar en la rodilla de un paciente in vivo. Sin embargo el artefacto resultante en la imagen dificulta la exactitud diagnóstica.



**Válvulas cardíacas:** En las prótesis valvulares cardíacas debe conocerse su compatibilidad antes de proceder al examen del paciente.

**Implantes otológicos:** Los portadores de implantes cocleares tienen contraindicada la exploración de RMN, los cuales se haya demostrado que son ferromagnéticos.

**Materiales y dispositivos dentales:** Los aparatos dentarios y las prótesis no fijas deben ser quitadas antes de la exploración para evitar artefactos en la imagen.

**Implantes oculares:** Aunque es improbable que las fuerzas de desviación asociadas puedan producir movimiento o descolocación de un implante, es posible que un paciente con uno de estos implantes experimente molestias o sufra un pequeño daño durante el estudio.

**Perdigones, balas y metralla:** La metralla contiene una cantidad variable de acero y representa un riesgo potencial. Estos objetos representan una contraindicación relativa. Los portadores de estos cuerpos extraños deberían ser evaluados de forma individual, teniendo en cuenta si el objeto se halla situado cerca de una estructura vital nerviosa, vascular o tejidos blandos.

## **TATUAJE Y MAQUILLAJE PERMANENTE<sup>18</sup>**

Éste es un apartado controvertido en la seguridad de la RM. Los problemas causados por estos tatuajes se deben al uso de óxido de hierro u otros pigmentos que contienen metales. Aunque se puede producir enrojecimiento de piel, edema o quemaduras leves, el riesgo de no realizar el estudio de RM es considerado mayor que el derivado de las complicaciones por ser portador de tatuajes o maquillaje permanente. El radiólogo debe informar al paciente de los riesgos y se pueden tomar algunas precauciones en caso de tatuajes grandes, como colocar una compresa fría o hielo sobre el tatuaje durante la exploración.

---

<sup>18</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

## CLAUSTROFOBIA, ANSIEDAD Y TRASTORNOS DE PÁNICO

Pueden encontrarse en al menos del 5% al 10% de los pacientes sometidos a un estudio por RMN. Estas sensaciones se producen por varios factores, incluyendo las restringidas dimensiones del interior del aparato, la duración de la exploración, los ruidos inducidos por el gradiente y condiciones ambientales dentro de la sala.

Las reacciones psicológicas adversas en la RMN normalmente transitorias.

Debido a que las reacciones psicológicas adversas a la RMN normalmente atrasan o hacen cancelar la exploración, se han desarrollado las siguientes técnicas que pueden utilizarse para resolver estos problemas:

- \*Informar al paciente, sobre los aspectos específicos del examen de RMN, incluyendo el nivel de ruido inducido por el gradiente, las dimensiones internas del aparato y duración de la exploración.

- \*Permitir la presencia de un familiar o amigo del paciente.

- \*Utilizar altavoces con música relajante para disminuir el ruido repetido, producido por las bobinas de gradiente.

- \*Mantener contacto físico o verbal con el paciente, durante la prueba.

- \*Colocar al paciente en decúbito prono con el mentón apoyado en una almohada. En esta posición el paciente, es capaz de ver la entrada del tubo que ayuda a aliviar la sensación de “atrapamiento”. Colocar al paciente, con los pies por la delantera, en vez de con la cabeza dentro del tubo.

- \*Instalar espejos dentro del equipo y un espejo de forma que permitan al paciente, mirar hacia el exterior.

- \*Una luz grande en cualquiera de los extremos del tubo disminuye la ansiedad y la sensación de hallarse en un túnel largo y oscuro.

- \*Una venda en los ojos ayuda al paciente, a olvidar el entorno cerrado en que se encuentra.

- \*Las técnicas de relajación, como la respiración profunda y la abstracción mental también son útiles.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología medica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética



## EMBARAZO

Es bien conocido que las células en división, como es el caso del desarrollo del feto durante el primer trimestre, son altamente susceptibles de sufrir daños por diferentes tipos de agentes físicos. Debido a los limitados datos disponibles hasta la fecha, se recomienda una actitud de precaución respecto al estudio por RMN en pacientes embarazadas.

Las trabajadoras de RM embarazadas pueden continuar trabajando en el ambiente de RM durante todo el embarazo. Pueden entrar a la sala de RM, posicionar pacientes, inyectar contraste, etc. No obstante no deben permanecer en la sala durante la adquisición de la imagen.

Las pacientes embarazadas pueden ser estudiadas por RM en cualquier etapa de su embarazo tras evaluar el riesgo/beneficio.

Esta evaluación se realizará conjuntamente con el médico que remite a la paciente. Es recomendable obtener un consentimiento firmado de la paciente en el que se le informe de los riesgos y beneficios y en el que quede constancia de su deseo expreso de realizar la exploración. El contraste paramagnético no debe ser administrado de forma rutinaria en pacientes embarazadas. Cada caso debe ser considerado atendiendo al riesgo/beneficio. Los contrastes basados en quelatos de gadolinio atraviesan la barrera placentaria y entran en la circulación fetal, donde son filtrados por los riñones del feto y excretados al líquido amniótico y permanecen en este espacio durante un tiempo indeterminado hasta que finalmente son reabsorbidos y eliminados.

Durante el período de permanencia en el líquido amniótico la molécula quelada tiene mayor riesgo de disociarse y liberar el ión potencialmente tóxico de gadolinio. No está claro el impacto de estos iones libres de gadolinio sobre el desarrollo del feto.

Si es necesario administrar contraste a una paciente durante el período de lactancia, ésta debe ser suspendida durante 24 horas.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

## 2.6 SEGURIDAD EN RESONANCIA MAGNÉTICA PEDIÁTRICA<sup>21</sup>

Los métodos de sedación de los pacientes pediátricos varían en cada centro y deben seguir unas guías apropiadas para la edad y patología del paciente. Han de existir monitores compatibles con el campo magnético y equipos de resucitación. Es recomendable la monitorización visual del paciente durante la prueba, por ejemplo con cámara de televisión. En neonatos y niños pequeños es necesario prestar atención a la temperatura corporal y a los signos vitales.

Se debe evitar la presencia de peluches, almohadas y otros objetos traídos de casa por los niños en la sala de exploración, pues pueden suponer riesgo para la seguridad. Los familiares o acompañantes que vayan a permanecer en la sala de exploración deben pasar un examen de seguridad igual al de los pacientes.

### 2.6.1 PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO.

#### Decibelio

Es la unidad relativa empleada en [acústica](#), electricidad, [telecomunicaciones](#) y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

#### Principales productores

Los principales productores de ruido molesto hoy son el transporte automotor y aéreo, las obras en construcción, los sistemas de audio de gran potencia y, en ambientes internos, los sistemas de ventilación, las máquinas de oficina y los artefactos electrodomésticos.

#### Etapas

El sentido de la audición capta un sonido, que comienza como una onda sonora que ingresa por el canal auditivo, vibra en el tímpano, continúa por el oído medio y llega al oído interno. Este último es en un ambiente líquido, cuyas

---

<sup>21</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

paredes contienen cilias o vellosidades que se mueven de acuerdo a las señales auditivas, realizando un movimiento similar al de las algas dentro del agua. Este movimiento es el que permite traducir los sonidos escuchados en una señal nerviosa que interpreta el cerebro. Todas las señales audibles pueden afectar el aparato auditivo y lo suficientemente molestas como para resultar irritantes para el sistema nervioso, según su frecuencia y nivel de volumen. Los niveles de presión sonora se miden en decibeles (dB), otro parámetro que se toma en cuenta es la frecuencia, que se refiere al número de vibraciones por segundo en el aire a través del cual se propaga el sonido y se mide en hertz (Hz).

### **Sonidos aceptables**

Los sonidos audibles para el ser humano son los que generalmente se encuentran dentro del rango de frecuencias 20 a 20.000 Hz. Por otra parte, cuanto mayor es la potencia de un sonido, menor es el tiempo en que se puede soportar. De acuerdo al informe de la OMS, los sonidos soportables son aquellos que no superan los 80 dB. Por ejemplo, un susurro se encuentra en el orden de los 20 dB, un restaurante muy ruidoso tiene un nivel de 70 dB, un secador eléctrico de cabello, un reloj despertador y una fotocopiadora, cerca de los 80 dB.

### **Decibeles en Resonancia Magnética**

Cuando se realiza una *TRM*, los electroimanes secundarios se encienden y se apagan muchas veces. Naturalmente, al ser imanes dentro de un campo magnético muy intenso, sufren fuerzas magnéticas variables durante el examen, lo cual hace que se “bamboleen” dentro de la máquina una y otra y otra vez. Esto produce un ruido que puede llegar a tener 130 dB y puede ser muy molesto; de hecho, requiere algún tipo de protección para los oídos, porque una RMN puede llegar a durar una hora y media.

En general el ruido es problemático solamente en equipos con campo superior a 0,5 T o durante la aplicación de secuencias con campos de visión pequeños, fino espesor de corte, tiempo de repetición (TR) corto y tiempo de eco (TE) corto. En estos casos se debe ofrecer y tratar de convencer a los pacientes de utilizar protección auditiva (tapones y auriculares).

## **2.7 PRÓTESIS Y MATERIALES BIOMÉDICOS.**

Algunos materiales biomédicos y prótesis pueden ser peligrosos para los individuos bajo la acción de la RM. Muchos materiales han sido probados para acreditar aspectos de seguridad en RM.

Es importante hacer notar que un material seguro en unas condiciones determinadas de RM puede no serlo en condiciones «extremas» (campos magnéticos altos, mayor nivel de potencia de RF, altos gradientes y bobinas de transmisión de RF). La mayoría de las pruebas que se habían realizado se hicieron con campos de 1,5 T o menores, pero un material considerado débilmente ferromagnético para un campo de 1,5 T puede mostrar interacciones importantes con campos magnéticos superiores. Cada vez hay más referencias sobre materiales probados para campos de 3 T.

### **2.7.1 Propiedades magnéticas de la materia:**

Al colocar un cuerpo en un campo magnético, se comporta de una forma particular de acuerdo con su configuración interna. Este comportamiento se cuantifica mediante la SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA

Si  $\chi < 0$ , los cuerpos se llaman DIAMAGNETICOS y se conocen en general como no magnéticos. En su interior el campo magnético es menor que el campo magnético externo a que está sometido. Estos cuerpos en general no presentan movimientos al colocarlos en un campo magnético o si acaso tenderían mínimamente a desplazarse hacia las regiones donde el campo

magnético es menor. Es muy importante este grupo de materiales ya que las técnicas modernas de la RMN contemplan los procesos intervencionistas y por lo tanto, el uso de materiales dentro del campo magnético. Estos materiales tienen que ser no magnéticos, es decir, compatibles: oro, plata, platino, titanio, tántalo, tungsteno, también materiales cerámicos: zirconio, silicón-nitrido, plexiglás, nylon, teflón, aluminio.

Los materiales del primer nivel son suficientemente no magnéticos (aproximadamente  $\chi$  entre  $10^{-5}$  y  $10^{-2}$ ). Pero pueden producir distorsiones o degradaciones en la imagen. Estos materiales son aceptables como instrumentación que no tiene que estar presente en la zona a explorar.

Los materiales del segundo nivel con una susceptibilidad inferior al  $10^{-5}$  no van a producir ninguna distorsión en la imagen. Aquí se incluyen aparte de los materiales cerámicos, el nylon, el teflón, y el zirconio entre otros.<sup>22</sup>

Si  $\chi > 0$  los cuerpos se llaman PARAMAGNETICO. En su interior el campo magnético es mayor que el campo al que está sometido y tiende a desplazarse hacia las zonas donde el campo magnético es mayor. Estos cuerpos presentan movimientos ya que son atraídos con mayor o menor fuerza hacia el imán alineándose con el campo magnético. Ejemplos:  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ , etc.

Dentro de las sustancias paramagnéticas están las FERROMAGNETICAS que tienen susceptibilidad magnética muy elevada. Son totalmente incompatibles con la RMN

El organismo humano es diamagnético pero puede ser portador de sustancias no diamagnéticas (algunos tipos de clips quirúrgicos o prótesis) con posibilidad de movimiento en el campo magnético.

---

<sup>22</sup> Propiedades magnéticas de la materia disponible en: [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)

## **Medidas generales de seguridad:**

Para garantizar la seguridad se recomienda respetar una serie de medidas genéricas:

1. cumplimiento de cuestionario, para detecta portadores de objetos metálicos e implantes.
2. Invitación al paciente de pasar a la sala de RM en ropa interior y cubierto con bata.
3. Acceso de acompañantes las mismas acciones anteriores.
4. Acceso de material paraclínico de uso cotidiano como sillas de ruedas, camillas y carros de anestesia etc.
5. Rótulos visibles de seguridad dentro y fuera de la sala de exploración.
6. Visibilidad de los interruptores de emergencia:
  - Desconexión de emergencia parada del imán.
  - Parada de la mesa por movimientos motorizados de la misma.
7. Sistemas interfónicos.
8. Protección auditiva.

## **2.8 Prevención de Riesgos Asociados a la Resonancia Magnética<sup>23</sup>**

En los últimos tiempos hay un interés creciente por la gestión del **riesgo** asistencial debido a varios motivos, entre los que destacan la implantación de sistemas de calidad en las organizaciones, la progresiva consideración de los derechos de los pacientes y la mayor fuerza de los servicios de salud laboral. Los servicios de radiología no son ajenos a esta corriente, y en el entorno comienzan a aparecer guías y trabajos sobre este tema. El objetivo es implantar una política de seguridad que identifique los riesgos generales y específicos y establezca las medidas preventivas y correctoras en cada caso. Una política de seguridad debe cimentarse en los siguientes factores:

1. **Formación continua:** todo el personal que trabaja en un Servicio de

---

<sup>23</sup>Ana CapallastequiAlberOsatek S.A, Sociedad Publica del Gobierno Vasco

Radiología debe recibir formación sobre los **riesgos** específicos que conlleva su trabajo, comprendiendo las bases de cada situación. La formación debe incluir el conocimiento de medidas preventivas, la actitud a seguir en los incidentes, así como la responsabilidad específica desde cada puesto de trabajo. La formación debe ser continua, iniciándose al incorporarse a su puesto de trabajo, con actualizaciones periódicas a través de charlas, talleres y simulacros y completada con cursos de atención a emergencias. Especial atención debe recibir los personales de nueva incorporación, sustitutos y rotantes.

**2. Registro de los incidentes:** “Todo incidente debe registrarse”. Un registro es un documento escrito que captura información sobre un momento determinado del proceso. Entendemos como incidente cualquier situación no planificada que ocurre durante la prestación del servicio y que conlleva un **riesgo** potencial o real para las personas. Se debe incentivar esta práctica creando un entorno no punitivo, que ante un incidente busque causas y no responsables. Estos registros deben analizarse en dos tiempos: de manera inmediata para hacer un análisis causal y, si es necesario establecer medidas correctoras, y con una periodicidad por ejemplo anual para revisar la adecuación de las medidas preventivas. El establecimiento de un registro de incidentes ha demostrado numerosas ventajas: mejora la identificación de los **riesgos**, permite cuantificar los riesgos (evita una falsa percepción de riesgo por parte del personal o de los pacientes, creando una sensación de mayor o menor riesgo que el que realmente existe) y ayuda a detectar un incremento de incidentes causado por un malfuncionamiento del equipo o una situación predisponente. Además, constituye un punto de apoyo en caso de producirse quejas o reclamaciones, ya que la información generada como registro en un sistema de gestión de calidad se encuentra avalada por su propia naturaleza.

**3. Práctica periódica de auditorías internas** que, mediante una lista de comprobación, verifiquen la implantación de las medidas preventivas.

**4. Clara definición de responsabilidades.** Es recomendable designar un

responsable de seguridad, asistido por un comité, que se encargue de asumir y supervisar las funciones anteriores, así como de estar al día y estudiar las recomendaciones que se vayan produciendo por parte de los expertos y los artículos científicos publicados., canalizando y difundiendo la información. A pesar de que la Resonancia Magnética (RM) lleva más de 20 años de uso clínico, sus riesgos específicos siguen siendo desconocidos, no solo para el público en general, sino incluso para muchos profesionales sanitarios que trabajan con esta técnica de imagen. Resumimos a continuación los principales riesgos específicos de la RM y las medidas preventivas que se deben adoptar en cada caso:

**Efecto misil.** Los materiales ferromagnéticos, al estar bajo el efecto de un campo magnético de gran intensidad sufren el "efecto misil" (también llamado "efecto proyectil") y se convierten en verdaderos proyectiles, al ser atraídos hacia el centro del imán. Pueden causar daños en el equipamiento o en el personal que se interponen en su trayectoria hacia el imán. Se trata de una situación que potencialmente plantea un alto riesgo para las personas presentes.

### **2.8.1 Medidas preventivas:**

- Colocación de carteles que alerten con claridad del riesgo: "EL CAMPO MAGNÉTICO SIEMPRE ESTÁ ACTIVADO". Es frecuente que el personal externo a la RM (médicos o personal sanitario de otros servicios, personal de limpieza o mantenimiento) considere que el imán no está activado cuando el equipo no está adquiriendo imágenes con un paciente dentro.<sup>24</sup>

- Equipamiento con el material compatible con RM: extintor (debe ser de CO2 y aluminio), camilla, silla de ruedas. Este material debe marcarse como "COMPATIBLE CON RM. El material portable situado en la vecindad de la sala

---

<sup>24</sup> Ana CapallastequiAlberOsatek S.A, Sociedad Publica del Gobierno Vasco



de RM y que pueda ser introducido en la misma en, si es ferromagnético, debe marcarse como “NO COMPATIBLE CON RM”. Introducción inadvertida en el imán pacientes que presentan contraindicaciones para la realización de una RM. El daño potencial dependerá del tipo de objeto que se trate. Los dispositivos electrónicos pueden ver alterado su funcionamiento debido al campo magnético y, dependiendo del dispositivo que se trate, ello podrá suponer un riesgo para el paciente o un daño del dispositivo, en algunos casos irreversible.

- Establecimiento de varios filtros de seguridad, a cargo de diferentes personas para realizar el cribado de pacientes y detectar contraindicaciones: cuestionario de seguridad escrito en recepción, revisión oral de las contraindicaciones al pasarle a la cabina, chequeo del cuestionario antes de entrar a la sala (ver anexo 1 y 2). Es necesario asegurarse de que el paciente comprende las explicaciones recibidas, y de que el personal comprende lo que el paciente ha indicado en el cuestionario, especialmente si indica que porta algún elemento metálico.

Pocket guide to MR procedures and metallic objects: update 2004. Philadelphia: Lippincott Williams &Wilkins, 2001) y el acceso a la web de este autor, para realizar consultas sobre la compatibilidad del material. Cualquier elemento sospechoso se debe consultar en la lista de Shellock, para aclarar si el material es compatible, si se debe respetar un período de seguridad (para asegurar que no se desplazará) o si no es compatible.

- Colocación de carteles visibles en las zonas de recepción y sala de espera, informando de las contraindicaciones para la realización de RM.

- Obligatoriedad de realizar la exploración en bata y calzas en todos los casos, sin excepciones.

- Prestar especial atención a las personas que pueden entrar en la sala de RM sin ser pacientes (acompañantes del paciente, médicos de otras especialidades, rotantes) realizando una encuesta oral y comprobando visualmente y mediante preguntas que no llevan elementos metálicos.

- Enviar el cuestionario de seguridad a los trabajadores subcontratados, prestando especial atención a aquellas personas que puedan trabajar en la sala de RM en ausencia de personal de la Unidad (personal de limpieza, mantenimiento, etc.).

En las técnicas EPI el paciente no debe tener las manos juntas para evitar formar un circuito y producir una sensación de hormigueo.

## 2.8.2 ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO<sup>25</sup>

La guía práctica de seguridad en RM del Colegio Americano de Radiología divide la instalación de la RM en cuatro zonas:

— **Zona I:** incluye áreas de libre acceso al público general, fuera de la influencia del equipo de RM (salas de espera, aseos, recepción y despachos).

No precisa control.



---

<sup>25</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

— **Zona II:** es el área de transición entre la zona de acceso sin control y las zonas de control estricto (zonas III y IV). En ella el paciente tiene movilidad restringida bajo la supervisión del personal de RM. Típicamente esta zona la constituyen las cabinas para cambiarse, salas de pre anestesia, salas en las que se realiza el cuestionario previo a la exploración, etcétera.



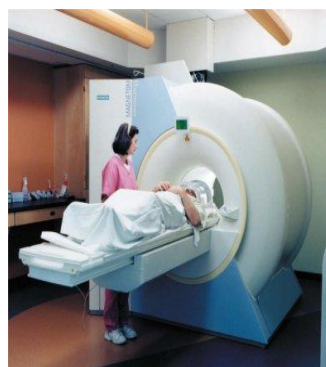
— **Zona III:** es un área de alto riesgo de interacción entre individuos/equipamiento y el equipo de RM. Debe estar restringida al acceso del público general mediante algún sistema de cierre y su acceso debe ser controlado por personal de RM, habitualmente técnicos, que son responsables

de la supervisión del acceso a la zona III y están bajo la autoridad del responsable o director de seguridad en RM.

La norma de acceso restringido no debe tener excepciones e incluye al personal administrativo y hospitalario. La línea de 5 gauss debe ser conocida y claramente señalada como límite potencialmente peligroso.



— **Zona IV:** es la sala de exploración de RM que físicamente contiene el equipo de RM. Esta área debe estar claramente marcada como potencialmente peligrosa. Además ha de existir una señal luminosa siempre encendida indicando que el imán está en funcionamiento.



### **2.8.3 ACCESO DE PACIENTES Y PERSONAL AJENO A ZONAS RESTRINGIDAS<sup>26</sup>**

Toda persona considerada personal ajeno que quiera tener acceso a la zona III debe pasar un examen de seguridad realizado por personal de RM.

El uso de detectores de metales no está recomendado debido a varios motivos, principalmente porque su sensibilidad es variable y por la incapacidad de diferenciar objetos metálicos ferromagnéticos, no ferromagnéticos, prótesis y cuerpos extraños.

El control de los pacientes debe incluir un formulario o documento impreso con preguntas e información relacionadas con aspectos importantes sobre la seguridad en RM. Este cuestionario, una vez leído y firmado por el paciente, debe ser revisado por el personal de la RM y seguido de una entrevista verbal con el paciente.

En el formulario se obtiene información general sobre el paciente (Nombre, edad, sexo, altura, peso, etc.), así como otra relacionada con el motivo de la realización de la RM. También se requiere información relacionada con cirugías previas para determinar si existen implantes o prótesis que pueden crear problemas al paciente. Se solicita información sobre estudios previos de diagnóstico por imagen, en especial si se ha realizado alguna exploración de RM con anterioridad, tipo de examen y si existieron problemas durante la misma. Puede ser importante conocer si el estudio se realizó con equipos de alto campo y si se utilizaron secuencias rápidas.

Además se debe obtener información sobre traumatismos que afecten a la región orbitaria y sobre la posible existencia de objetos metálicos o cuerpos libres.

Se debe solicitar información sobre toma de medicamentos y existencia de alergias que puedan afectar al uso de contrastes paramagnéticos.

En el formulario también existe un apartado dedicado a la mujer con preguntas sobre la posibilidad de embarazo con el fin de valorar la relación riesgo, beneficio de realizar la exploración de RM. El estado de lactancia también debe

---

<sup>26</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

ser documentado si se considera la utilización de contraste intravenoso paramagnético.

El formulario incluye una lista de implantes y prótesis con el fin de identificar aquellos que puedan ser peligrosos o interferir o artefactar la exploración de RM.

Además se pregunta si el paciente tiene problemas respiratorios, trastornos de movimiento o claustrofobia.

Los pacientes a los que se vaya a realizar un estudio de RM deben despojarse de todo tipo de objetos metálicos: relojes, joyas, teléfonos, piercings, diafragmas contraceptivos, dentaduras, imperdibles, monedas, tarjetas de crédito, ropa con objetos metálicos, cosméticos con partículas metálicas como pintura de ojos, etc. Es recomendable proporcionar un atuendo simple desprovisto de objetos metálicos para la realización de la prueba.

En el caso de pacientes inconscientes o que no son capaces de responder de forma fiable al formulario de seguridad de RM, la información debe ser obtenida de familiares o acompañantes.

## **2.9 Accidentes en Resonancia Magnética**

Los accidentes es cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y puede o no dar lugar a una lesión corporal.<sup>27</sup>

En resonancia magnética existen riesgos potenciales, no solo para los pacientes, sino para cualquier otra persona que pueda en un momento determinado acceder a la sala de Resonancia Magnética. El equipo de Resonancia Magnética consiste básicamente en un imán muy potente. Los accidentes reportados hasta la fecha son escasos, pero hacen necesario el establecimiento de una serie de medidas de seguridad.

---

<sup>27</sup>Accidente en Resonancia Magnética disponible en: [www.es.wikipedia.org/Accidente](http://www.es.wikipedia.org/Accidente)

Los posibles accidentes pueden deberse a:

- Los materiales ferromagnéticos (objetos metálicos susceptibles de ser atraídos por un imán), al estar bajo el efecto de una campo magnético de gran intensidad sufren el "efecto misil" y se convierten en verdaderos proyectiles. Unas llaves o una simple tijera pueden ocasionar verdaderos problemas.



- Los dispositivos electrónicos pueden ver alterado su funcionamiento debido al campo magnético. Por ejemplo, un marcapasos cardíaco se dañaría severamente por el potente campo magnético de la Resonancia Magnética y podría condicionar serios problemas en la persona que lo porta.

La intensidad del campo magnético generado disminuye a medida que nos alejamos del isocentro del imán, según unas curvas de intensidad definidas. Los posibles efectos del campo magnético sobre dispositivos electrónicos (malfuncionamiento) se manifiestan desde la línea de 5 gauss.

La zona que queda por dentro de esta línea (habitualmente corresponde a la "sala de la Resonancia Magnética") debe considerarse como de acceso restringido, y la zona limítrofe es una zona controlada. A estas zonas, únicamente puede acceder personal autorizado (ya sean pacientes o no), que han debido de completar obligatoriamente un cuestionario de seguridad. Por

otra parte, existen otros efectos del campo magnético que, aunque no afectan a su seguridad, es importante que los conozca:

- Cualquier objeto que lleve un código magnético (tarjetas de crédito, determinadas llaves) verá alterado su funcionamiento si se introducen en la sala de Resonancia. Estos objetos deberá de dejarlos por lo tanto en la cabina para cambiarse, o entregarlos a sus familiares en la sala de espera.
- Determinados objetos metálicos que pueda portar en su cuerpo (ejemplo: un aparato de ortodoncia fijo, prótesis de cadera, etc.) y que permiten realizar la exploración con seguridad, pueden ocasionar sin embargo distorsión en la imagen, si la zona que vamos a estudiar es cercana. En estos casos, el valor diagnóstico de la exploración puede verse limitado.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Medidas de Seguridad en RM disponible en: [www.medidas\\_seguridad/es\\_](http://www.medidas_seguridad/es_)



## 2.9.1 Riesgos con refrigerante y quench



En los imanes súper conductivos se usa helio líquido para que la corriente circule sin resistencia si se produce un quench se interrumpe la superconducción el helio líquido se evapora y se emite al aire libre. Un quench es la fuga del helio del interior de los equipos de Resonancia Magnética con imanes superconductores. Durante un quench, el imán deja de ser superconductor: el campo magnético desciende en cuestión de segundos. Normalmente es un proceso controlado en las máquinas modernas para expulsar el helio y evitar accidentes. Si no llega suministro eléctrico a un sistema criogenizado de resonancia magnética, durante horas, se produciría el calentamiento del Helio contenido en su interior y la propia máquina lo expulsaría a través de una chimenea.

### Características del helio

- Inodoro
- Incombustible no inflamable por si solo pero presenta gases.
- No tiene efectos tóxicos o irritantes
- Causa quemaduras por frío al contacto

### Causas del quench:

- Parada del imán
- Accidente(incendio)<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Guía práctica para profesionales en Resonancia Magnética Teresa Almordoz. Equipo Osatek

## **Como reconocerlo**

El helio líquido se evapora y va asociado a una notable formación de ruido: silbido, zumbido.

## **Riesgos asociados al quench**

Los riesgos vienen determinados por el mal funcionamiento del conducto de evacuación del helio. Si este canal extractor de gases no cumpliera correctamente su función, el helio podría entrar en la sala, ocasionando:

- Asfixia por falta de oxígeno: el oxígeno de la sala puede ser desplazado por el helio poniendo una amenaza para la vida (la respiración se ve amenazada cuando la concentración de oxígeno es menor del 11%).
- Congelación si se entra en contacto con el helio.

## **Actuación:**

- Sacar de la sala al paciente.
- Ventilación de la sala (el aire acondicionado debe funcionar).
- No encender llamas, cigarrillos.
- En caso de quemaduras de la piel separar con cuidado la ropa, no frotar puntos de piel congelados, cubrir con vendaje estéril.
- Contactar con el servicio técnico del equipo de RM.
- Disponer de bomba de oxígeno externa más alargador para entrar con mascarillas.

## Operacionalización de variables

Objetivo	Variable	Subvariable	Definición operacional	Indicadores	Valores
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer los riesgos para la salud en el paciente y personal de acuerdo a la opinión del trabajador en resonancia magnética</li> </ul>	Riesgos para la salud	Riesgos en el paciente	Son complicaciones médicas derivadas de la situación del paciente para realizar un estudio por resonancia magnética y el campo magnético que puede poner en peligro su vida.	Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional	<p>¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético cree usted a los que está expuesto el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética?</p> <p>¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético cree usted que son más frecuentes para el paciente?</p> <p>¿Cuál riesgo relacionado al campo magnético cree usted que es más peligroso en el paciente?</p>

		Riesgos en el personal	Son peligros derivados de la ejecución de un estudio por medio de resonancia magnética en el cual el campo magnético puede ocasionar un accidente al personal	Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional	<p>¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético cree usted a los que está expuesto en resonancia magnética?</p> <p>¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético son más frecuentes al realizar una Rm para el personal de radiología?</p> <p>¿Cuál riesgo relacionado al campo magnético cree usted que es más peligroso al realizar un estudio en Rm para el personal de radiología?</p>
--	--	------------------------	---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los efectos más frecuentes en el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética</li> </ul>	<p>Efectos de un estudio por resonancia magnética</p>		<p>Son consecuencias en el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética.</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al paciente que se realiza un estudio por resonancia magnética</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Sufrió de claustrofobia, ansiedad o pánico durante el estudio? SI_ NO__</li> <li>• ¿Sufrió de hormigueo durante el estudio? SI_ NO__</li> <li>• ¿Sufrió de palpitaciones en el cuerpo durante el estudio? SI_ NO__</li> <li>• ¿Sufrió de sordera por el ruido del equipo? SI_ NO__</li> <li>• ¿Sufrió de calor generalizado en el cuerpo durante el estudio? SI_ NO__</li> </ul>
---	---	--	--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>Indagar sobre los accidentes relacionados al campo magnético en resonancia magnética de acuerdo a la experiencia del personal de Radiología</li> </ul>	<p>Accidentes en resonancia magnética</p>		<p>Son incidentes derivados de la realización de un estudio por medio de resonancia magnética en el cual el campo magnético ocasiona un accidente.</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Algún paciente ha sufrido de quemaduras al realizarse un estudio? Si__ no__</li> <li>¿Ha sufrido de algún accidente por efecto misil? Si__ no__</li> <li>Otros accidentes:</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer las contraindicaciones para realizar un estudio de resonancia magnética.</li> </ul>	<p>Contraindicaciones del estudio</p>	<p>Absolutas</p>	<p>Una condición que prohíbe absolutamente la realización del estudio.</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional.</p>	<p>¿Cuáles son las contraindicaciones absolutas por las que no realiza un estudio en resonancia magnética en este centro asistencial?</p>
		<p>Relativas</p>	<p>Es una condición en el cual no se debe de realizar el estudio pero se valora la relación riesgo/beneficio.</p>		<p>¿Cuáles son las contraindicaciones relativas por la que se realiza un estudio en resonancia magnética en este centro asistencial?</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los diferentes materiales biomédicos seguros dentro de la sala de resonancia magnética.</li> </ul>	<p>Materiales biomédicos seguros</p>		<p>Son los objetos idóneos a utilizar dentro de la sala de RM que no resultan en un riesgo para el personal ni para el paciente por no poseer atracción al imán</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de la observación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿El equipamiento es compatible con Resonancia magnética? <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Extintor de aluminio si__ no__</li> <li>✓ Silla de ruedas de aluminio si__ no__</li> <li>✓ Camilla de aluminio si__ no__</li> <li>✓ otro equipo:_____</li> </ul> </li> </ul>
---	--------------------------------------	--	---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los materiales ferromagnéticos que se introducen con más frecuencia en la sala de resonancia magnética que producen riesgos de acuerdo a la opinión del personal</li> </ul>	<p>Materiales ferromagnéticos que producen riesgo</p>		<p>Son objetos que hacen interacción con el imán y son atraídos hacia él, causando un riesgo razonable en el paciente y en el personal y son introducidos por los pacientes, y o personal.</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles materiales introducen con más frecuencia los pacientes? <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Celulares si__ no__</li> <li>✓ Lapiceros si__ no__</li> <li>✓ Cinchos si__ no__</li> <li>✓ Camillas de material ferro magnético si__ no__</li> <li>✓ Sillas de ruedas de material ferro magnético si__ no__</li> </ul> <p>Otros materiales ferro magnéticos_____</p> </li> <li>• ¿Cuáles materiales introducen con más frecuencia el personal? <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tijeras si__ no__</li> <li>✓ Celulares si__ no__</li> <li>✓ Lapiceros si__ no__</li> <li>✓ Cinchos si__ no__</li> <li>✓ Camillas de material ferro magnético si__ no__</li> <li>✓ Sillas de ruedas de material ferro magnético si__ no__</li> <li>✓ Encubadoras si__ no__</li> </ul> <p>Otros materiales ferro magnéticos_____</p> </li> </ul>
--	---	--	--	--	--



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar las medidas de prevención utilizadas dentro del departamento de resonancia magnética.</li> </ul>	<p>Medidas de prevención</p>		<p>Son acciones para proteger adecuadamente de los riesgos tanto para el paciente como al personal que labora en el área de resonancia magnética</p>	<p>Respuesta obtenida por medio de pregunta directa al profesional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué estrategia de prevención de riesgos en cuanto al campo magnético tiene este centro hospitalario?</li> <li>• ¿Este departamento de resonancia magnética cuenta con algún protocolo en caso de un accidente derivado al campo magnético? Si__ No__ ¿Cual?</li> <li>• ¿Recibe formación continua de riesgos en resonancia magnética? Sí __ No__</li> </ul>
--	------------------------------	--	--	--	---

				<p>Respuesta obtenida por medio de la observación del equipo investigador</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Le colocan al paciente protección contra el ruido? Si ___ No___</li> <li>• ¿Hay señalización del riesgo EL CAMPO MAGNETICO SIEMPRE ESTA ACTIVADO? Si _ no__</li> <li>• ¿Hay dispositivo electrónico que detecta el metal? SI_ NO_</li> <li>• ¿Se realiza un cuestionario de seguridad previo al estudio? Si___ no__</li> <li>• ¿Están señalizadas las zonas en el departamento de resonancia magnética? SI __ NO__ Comentario: _____</li> <li>• ¿Hay señalización informando las contraindicaciones de un estudio de resonancia magnética? Si__ no_</li> </ul>
--	--	--	--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un manual basado en las normas de bioseguridad a emplear en la sala de Resonancia Magnética. ( ver anexo 6)</li> </ul>	<p>Manual de normas de bioseguridad en Resonancia Magnética</p>		<p>Es un documento que contiene información acerca de las normas, riesgos, y acciones correctivas a emplear en la sala de Resonancia Magnética</p>	<p>Información recolectada por el grupo investigador de acuerdo a la literatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioseguridad por el campo magnético.</li> <li>• Riesgos en resonancia magnética.</li> <li>• Contraindicaciones absolutas y relativas en un estudio de Rm.</li> <li>• Zonas de acceso restringido.</li> <li>• Accidentes en Resonancia magnética.</li> <li>• Prevención de riesgos.</li> <li>• Medidas preventivas en Rm</li> </ul>
--	---	--	--	---	---

## Capítulo III. Diseño Metodológico

### 3.1 Tipo de Estudio

La investigación fue de tipo:

- **Descriptiva:** Ya que se limitó a demostrar la relación entre las variables sin hacer manipulación, ni influir un efecto en ellas en cuanto al estudio.
- **Transversal:** Porque se realizó en un tiempo determinado que comprende de los meses de febrero a mayo del año 2013.
- **Prospectiva:** ya que de acuerdo al momento en que ocurrieron los hechos dieron respuesta a las variables planteadas en el estudio.

### 3.2 Área de Estudio:

El Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Ubicado en la Alameda Juan Pablo II y 25 Av. Norte. San Salvador.

- **Universo y Muestra:** Como universo y muestra se tomó en cuenta el departamento de Rayos X; en las instalaciones de la sala de Resonancia Magnética, a 51 pacientes que se realizaron un estudio por Resonancia Magnética y a 5 profesionales que laboran en dicha área.

### 3.3 Métodos, técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

#### Los Métodos utilizados fueron:

- Observación
- Encuesta

#### Técnicas utilizadas:

- La observación: Se hizo un registro visual de las variables en estudio.
- La Entrevista: Ya que permitió obtener información de manera verbal por parte del paciente y personal del área de Resonancia Magnética.

**Instrumentos:** Guía de observación (ver anexo 5), entrevista (ver anexo 3y 4).

### **3.4 Procedimiento de Recolección de Datos.**

Para la obtención de la información se visitaron las instalaciones del departamento de Resonancia Magnética, del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social seleccionado con anterioridad. Se entregó una carta a la jefatura del departamento de Resonancia Magnética, donde se solicitaba la autorización para poder realizar la investigación y desarrollar los instrumentos de recolección de datos.

El grupo investigador llevó a cabo la recolección de datos con la siguiente dinámica: se visitó el establecimiento de salud en horario matutino; por la mayor afluencia de pacientes los cuales fueron sometidos a un estudio por Resonancia Magnética y así se dio respuesta a los objetivos de esta investigación.

### **3.5 Plan de Tabulación y Análisis de los Datos.**

Con la información obtenida a través de la guía de observación y entrevista; se presentaron los resultados por medio de tablas simples de distribución de frecuencia; gráficos de pastel y de barras. Para el análisis de los datos se utilizó el programa de Excel.

## Presentación de datos

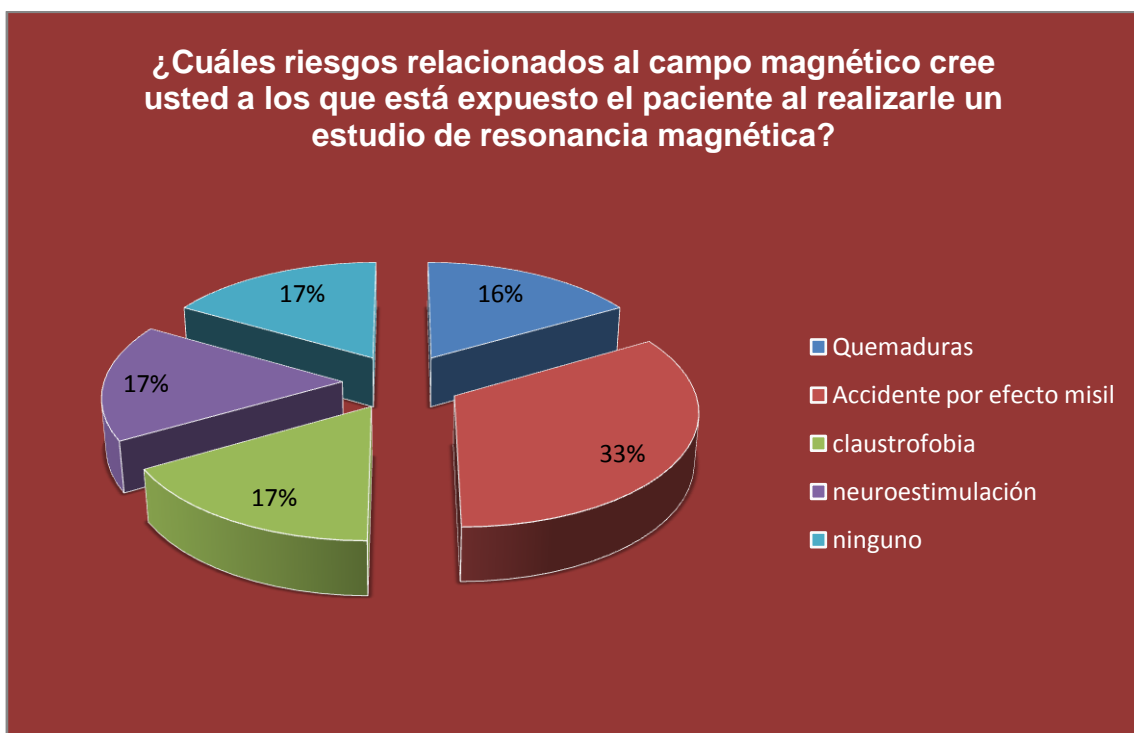
En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la investigación con su respectivo análisis y representación grafica.

**Objetivo 1:** Conocer los riesgos para la salud en el paciente y personal de acuerdo a la opinión del trabajador en resonancia magnética.

### ➤ Riesgos para la salud

Grafica 1

#### Entrevista al personal

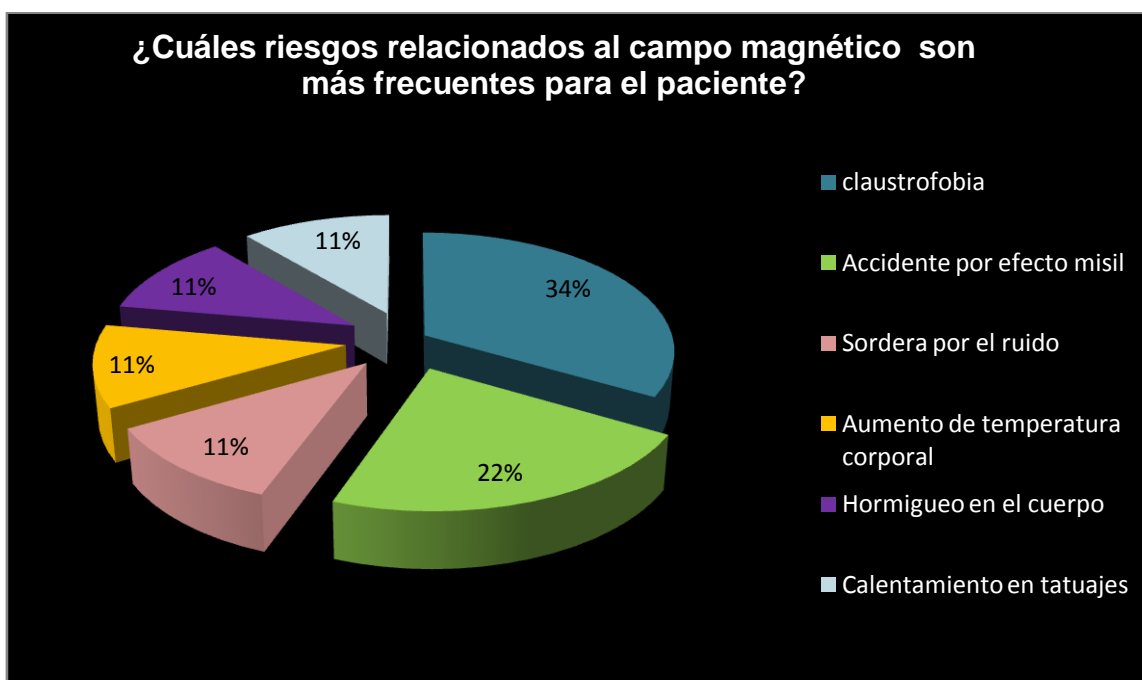


### Análisis e Interpretación de datos

En el resultado anterior se observa que del 100% del personal encuestado, un 33% opinó que el riesgo por efecto misil es el accidente al que está expuesto el paciente, al realizarse una resonancia magnética. El 17% respondió que es la claustrofobia, neuroestimulación y las quemaduras, respectivamente y solo un 16% respondió que no hay riesgos.

## Grafica 2

### Entrevista al personal

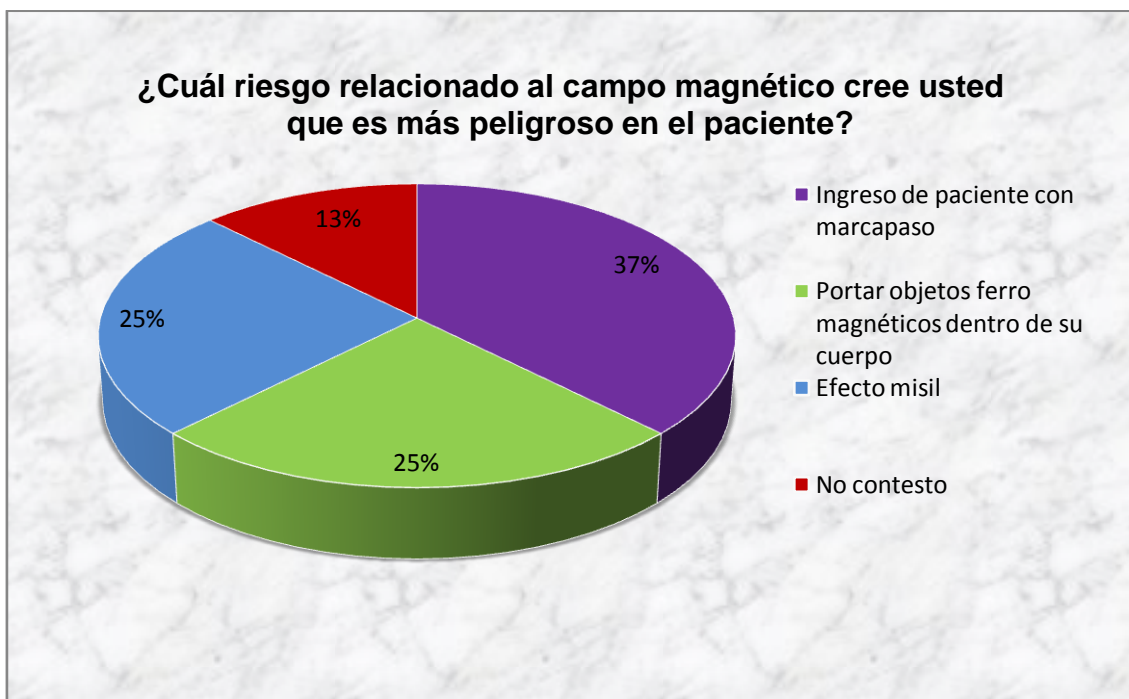


#### Análisis e Interpretación de datos

Los datos anteriores evidencian que del total que conforman la muestra el 34% expresó que la claustrofobia es el riesgo asociado al campo magnético más frecuente en el paciente, mientras que el 22 % expresó que el efecto misil. El 11% de los encuestados opinaron que la sordera por el ruido, el aumento de la temperatura corporal, hormigueo en el cuerpo y calentamiento en tatuajes, respectivamente, son los riesgos más frecuentes.

### Grafica 3

#### Entrevista al personal



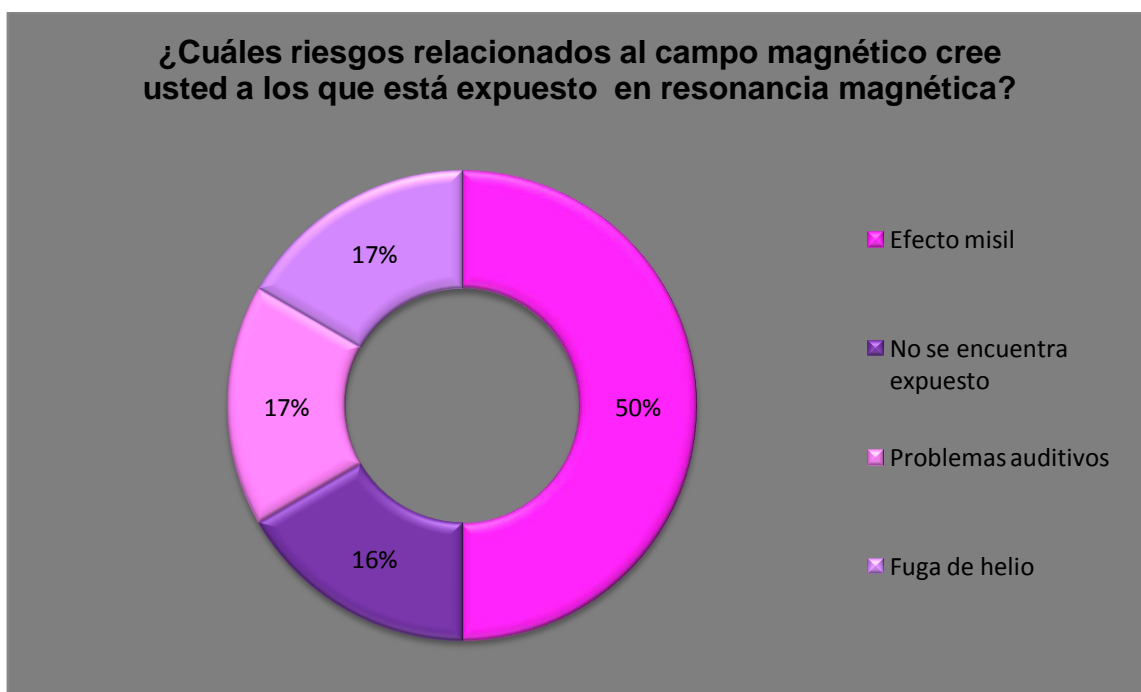
#### Análisis e Interpretación de datos

La grafica anterior muestra que el 37% del personal opina que el riesgo más peligroso en el paciente es ingresar a la sala de resonancia magnética con marcapasos, el 25% expresó que portar objetos metálicos dentro de su cuerpo, en igual porcentaje el efecto misil.



## Grafica 4

### Entrevista al personal

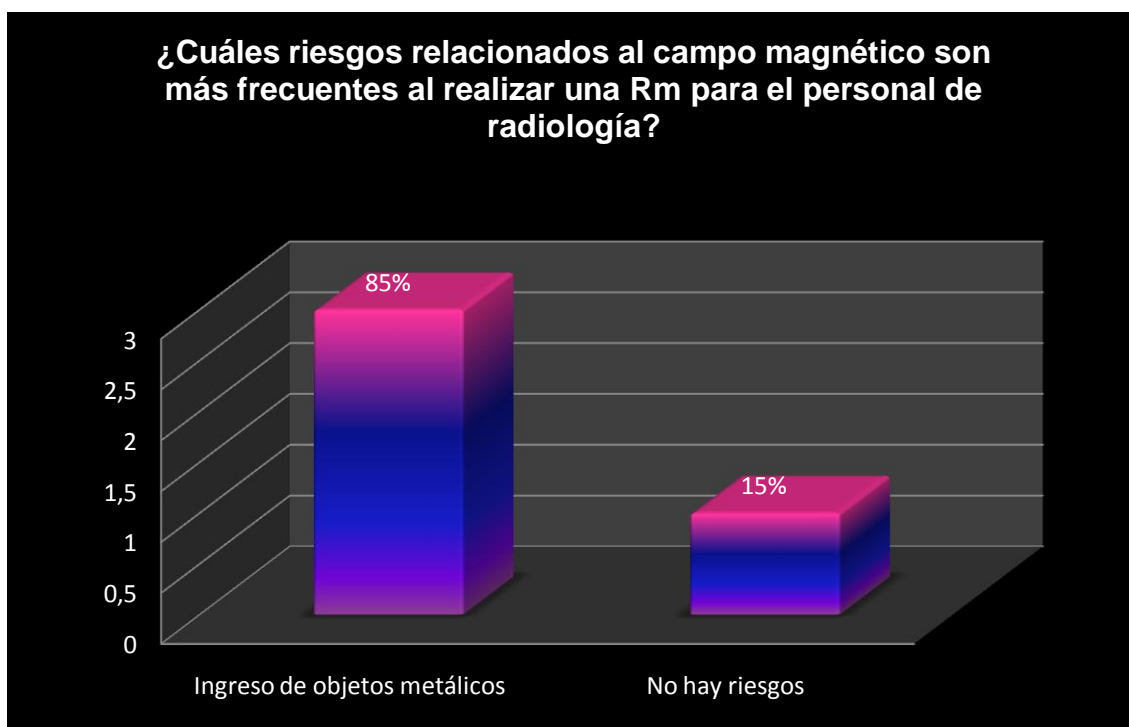


#### Análisis e Interpretación de datos

El personal de Radiología que labora en el departamento de Resonancia Magnética expresó en un 50%, que el efecto misil es el riesgo al que está expuesto dentro de la sala, el 17% manifestó que no existen riesgos, en igual porcentaje los problemas auditivos y un 16% opinó que el riesgo al que se encuentra expuesto es la fuga de helio.

## Grafica 5

### Entrevista al personal

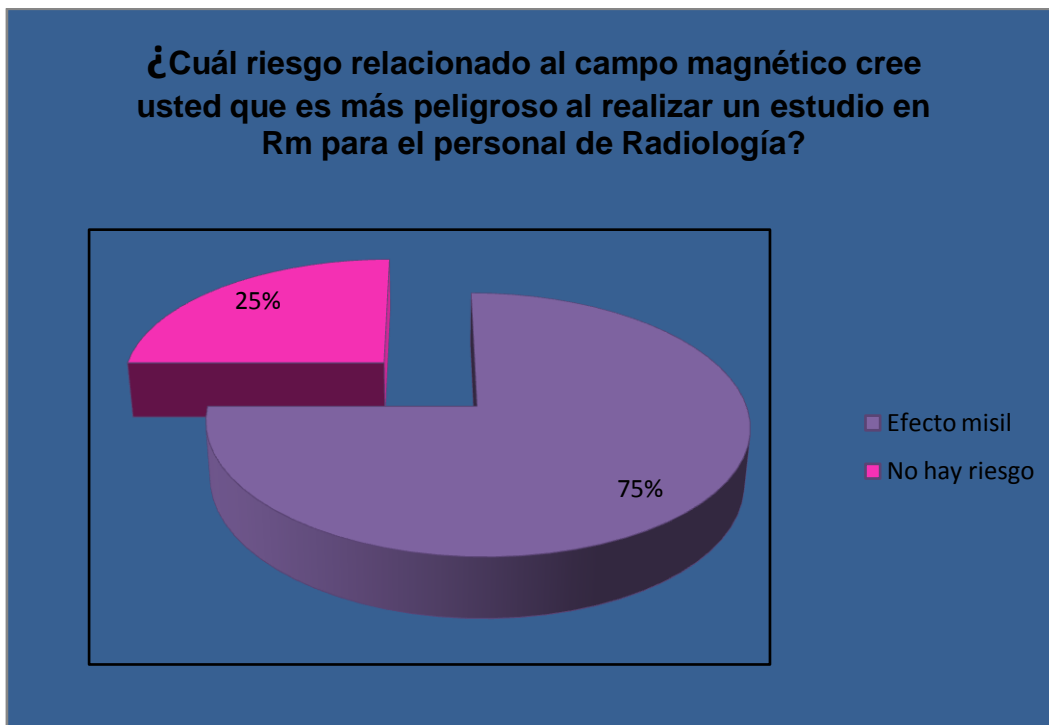


### Análisis e Interpretación de datos

El mayor porcentaje de personas entrevistadas manifestó que el riesgo relacionado al campo magnético más frecuente al que están expuestos en un 85% es el ingreso de objetos metálicos dentro de la sala y un 15% indicó que no hay riesgos siempre y cuando se cumplan los parámetros establecidos.

## Grafica 6

### Entrevista al personal



### Análisis e Interpretación de datos

Del total que conforman la muestra un 75% expresó que el efecto misil es el riesgo relacionado al campo magnético más peligroso para el personal que labora en el departamento de RM; y el 25% expresó que no hay riesgos.

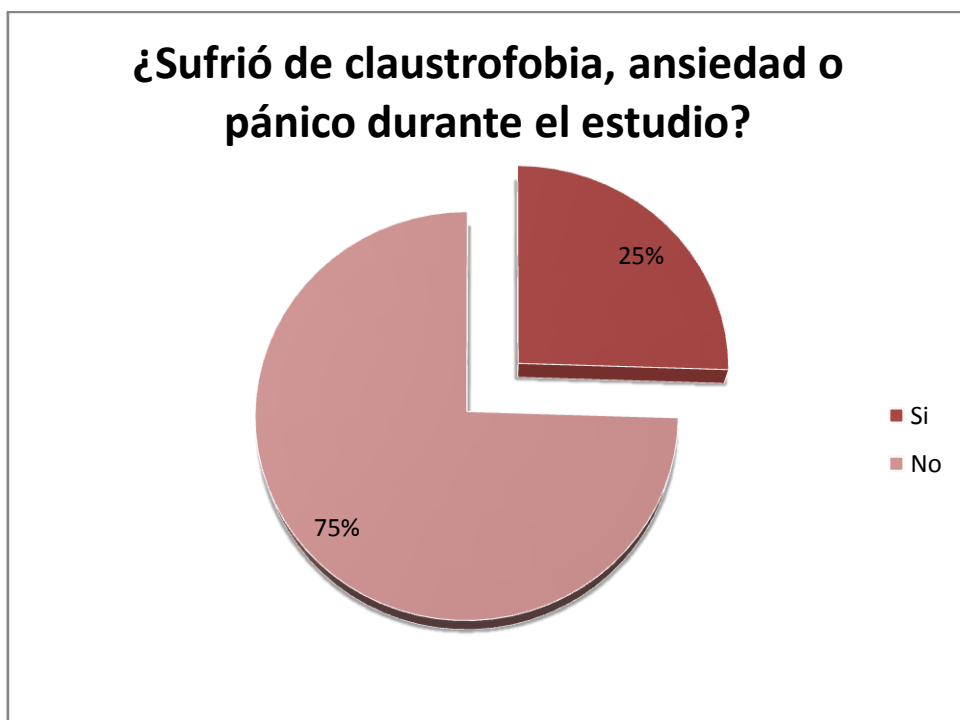
**Objetivo 2:** Conocer los efectos más frecuentes en el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética

Los datos que se presentan a continuación han sido proporcionados por 51 pacientes que se realizaron un estudio de Resonancia magnética en el Hospital General del ISSS

- **Efectos en el paciente al realizarse un estudio por Resonancia Magnética.**

**Grafica 7**

**Entrevista al paciente**



**Análisis e Interpretación de datos:**

De los 51 pacientes que conformaron la muestra solo el 25% manifestó sufrir de claustrofobia, ansiedad o pánico durante la realización del estudio por Resonancia Magnética y el 75% manifestó que no.

**Grafica 8**  
**Entrevista al paciente**



**Análisis e Interpretación de datos:**

En la presente gráfica se refleja que del 100% que forman el total de la muestra el 16% manifestó que si padecieron hormigueo en su cuerpo durante la realización del estudio por RM y el 84% manifestó que no.

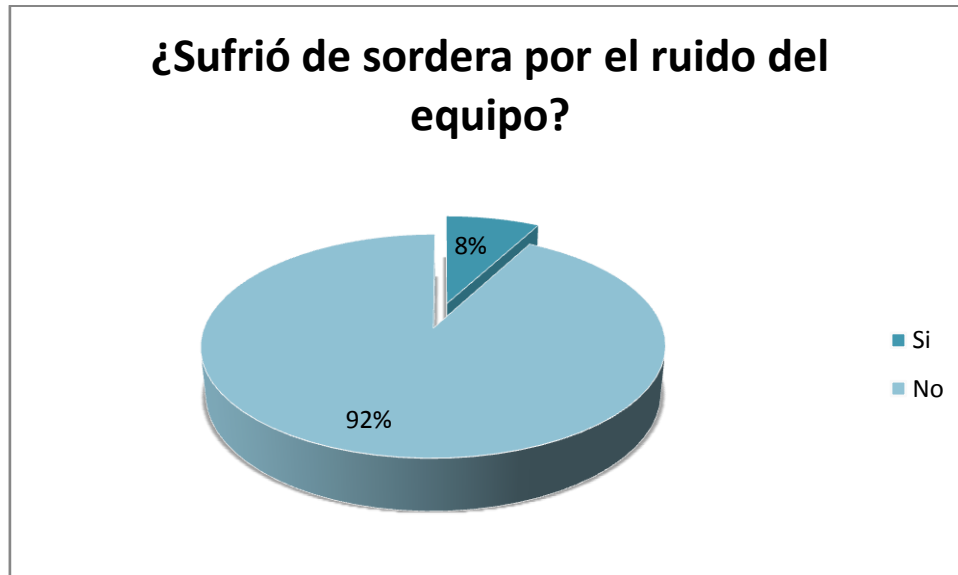
**Grafica 9**  
**Entrevista al paciente**



**Análisis e Interpretación de datos**

Esta gráfica representa que del total de los pacientes encuestados un 31% manifestaron sufrir de palpitaciones en el cuerpo mientras se realizaban el estudio por Resonancia Magnética, el 69% opinaron que no.

**Grafica 10**  
**Entrevista al paciente**



**Análisis e Interpretación de datos:**

El resultado anterior demuestra que del 100% de las personas encuestadas un 8% sufrió de sordera debido al ruido del equipo de Resonancia Magnética al realizarse el estudio mientras el 92% manifestaron que no.

**Grafica 11**  
**Entrevista al paciente**



### **Análisis e Interpretación de datos**

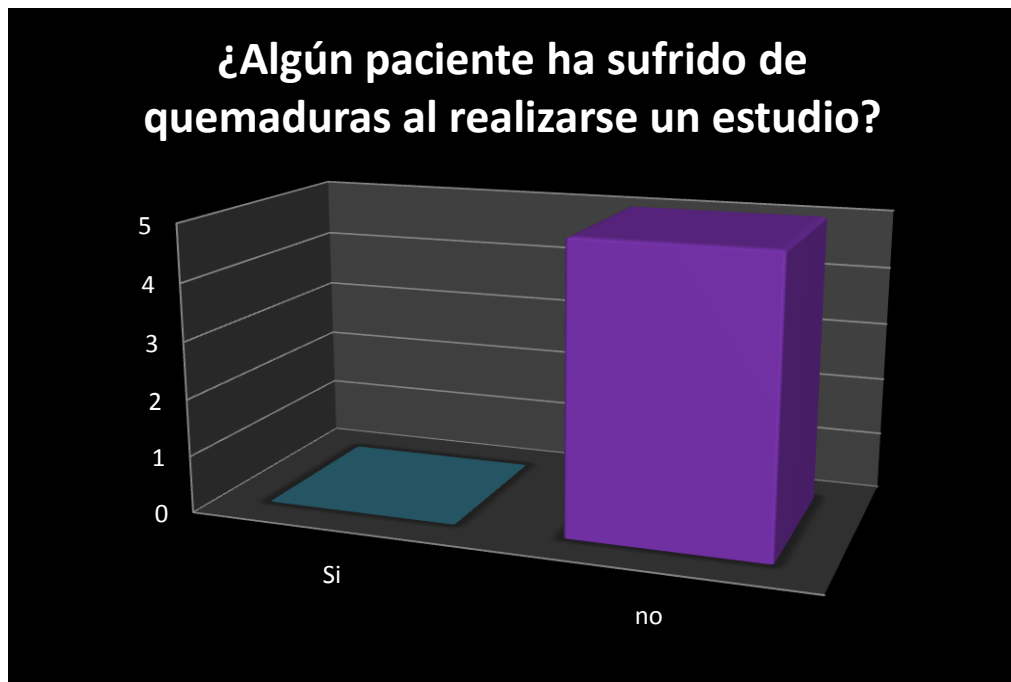
Los datos anteriores dan a conocer que de los 51 pacientes entrevistados un 12% indicó sufrir calor en el cuerpo durante el estudio y el 88% restante expresó que no.



**Objetivo 3:** Indagar al personal de acuerdo a su experiencia los accidentes en resonancia magnética relacionados al campo magnético.

➤ **Accidentes en Resonancia Magnética.**

**Grafica 12**  
**Entrevista al personal**  
Accidentes a los pacientes



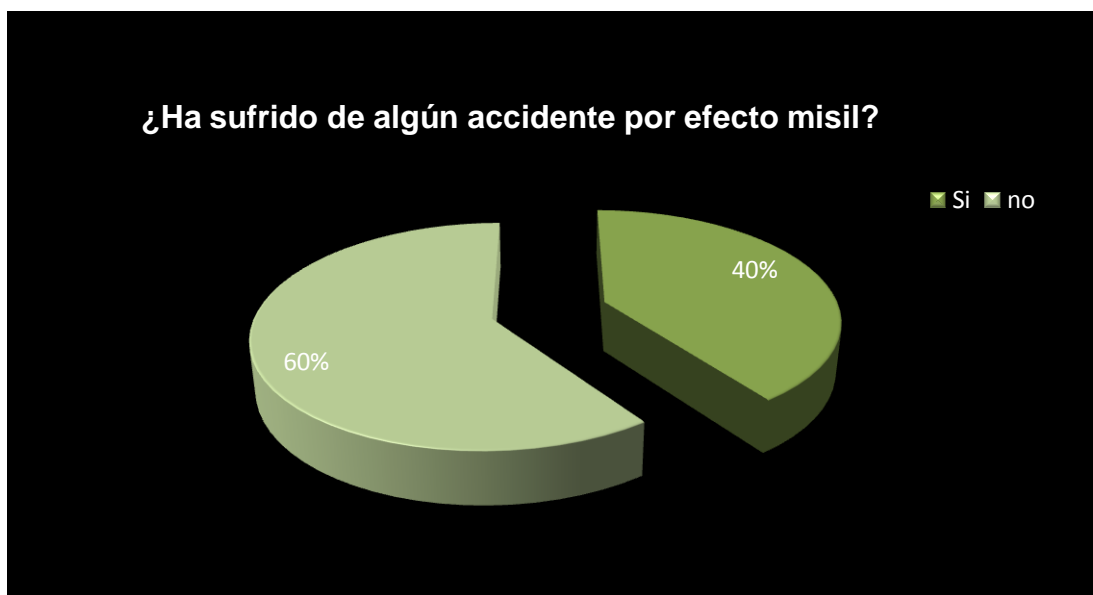
**Análisis e Interpretación de datos**

De acuerdo a la opinión del personal de Radiología expresaron que ningún paciente ha sufrido de quemaduras al realizarse un estudio por Resonancia Magnética.

### Grafica 13

#### Entrevista al personal

#### Accidentes al personal



#### Análisis e Interpretación de datos

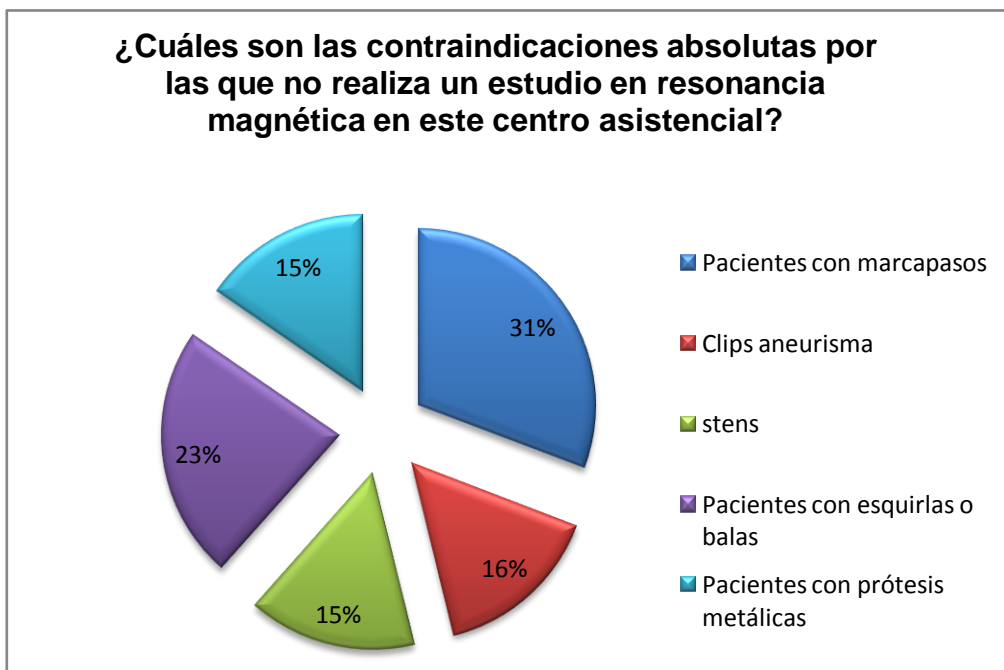
De los profesionales en Radiología que laboran en el departamento de RM solo el 40% manifestó haber sufrido de algún accidente por efecto misil, mientras el 60% manifestó que no.

**Objetivo 4:** Conocer las contraindicaciones para realizar un estudio de resonancia magnética.

➤ **Contraindicaciones absolutas de un estudio**

**Grafica 14**

**Entrevista al personal**



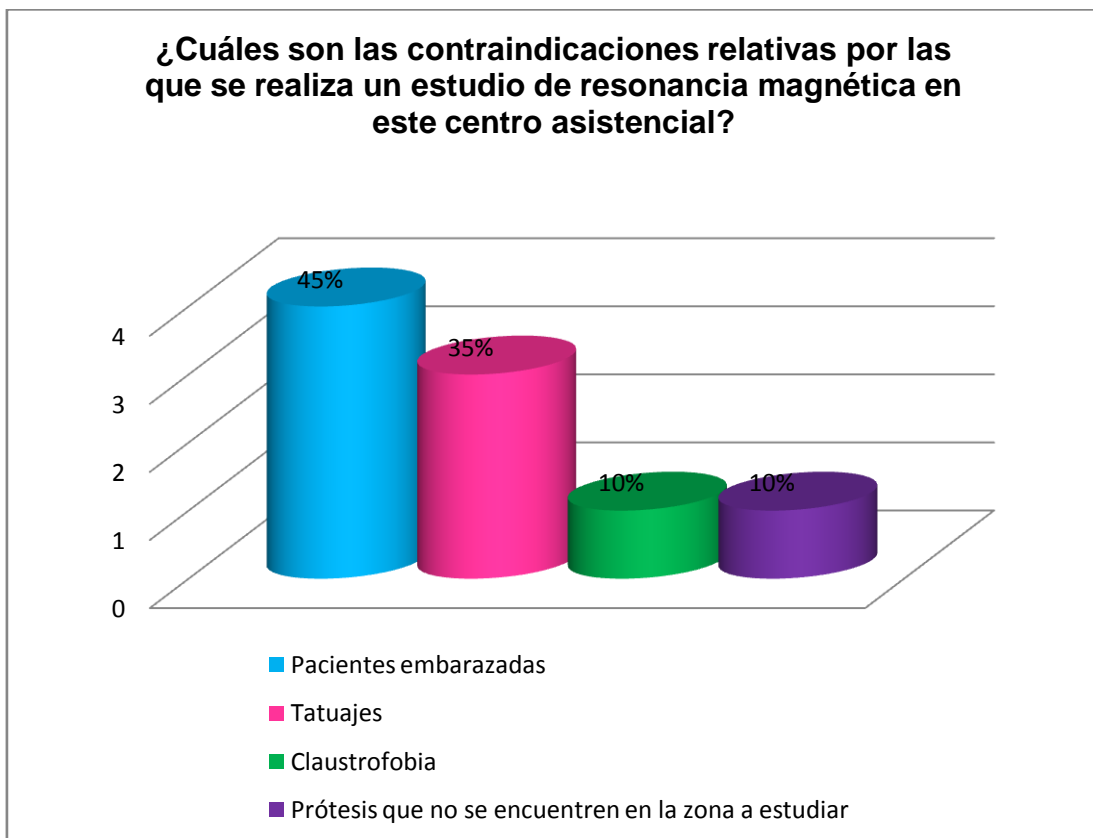
**Análisis e Interpretación de datos**

Los datos que se presentan en la grafica anterior, demuestran las contraindicaciones absolutas por las cuales el personal de Radiología no realiza un estudio de RM: con un 31% son pacientes con marcapasos, un 23% pacientes con esquirlas o balas metálicas, el 16% pacientes con clips de aneurisma y un 15% pacientes con stents y prótesis metálicas, respectivamente.

➤ **Contraindicaciones relativas de un estudio**

**Grafica 15**

**Entrevista al personal**



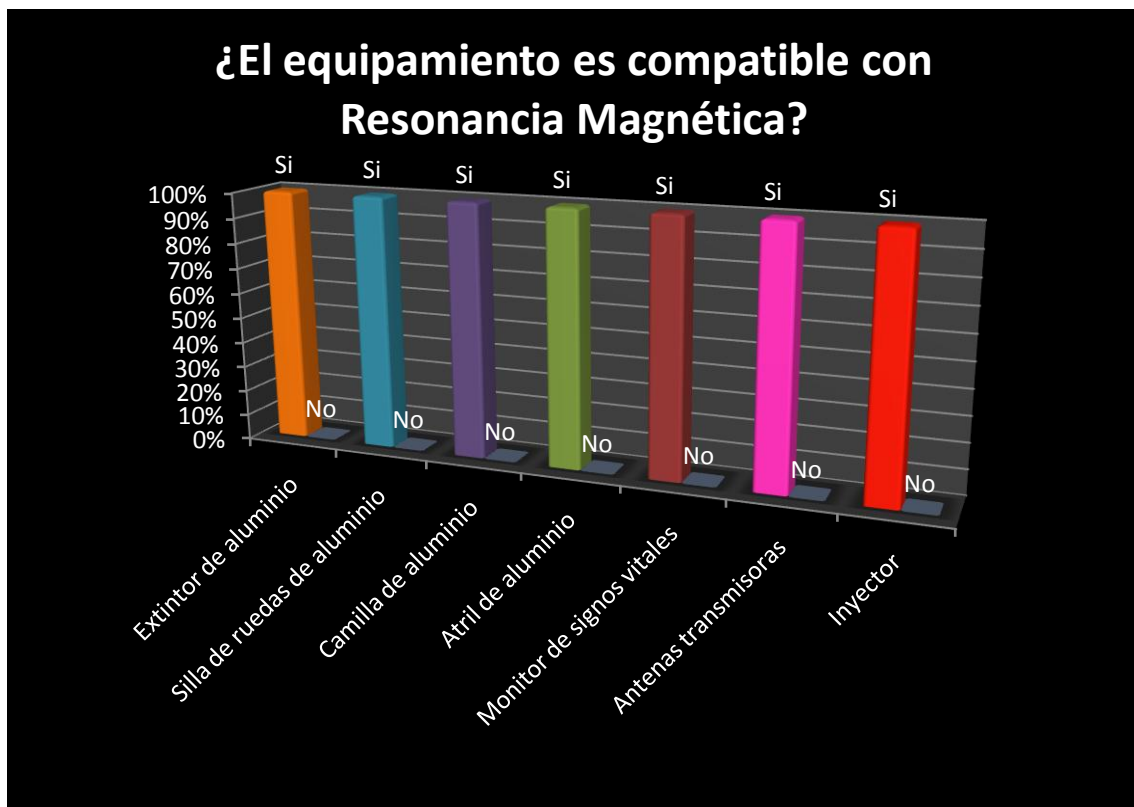
**Análisis e Interpretación de datos**

El gráfico anterior refleja la opinión del personal de Radiología y las contraindicaciones relativas por las que se consideran realizar un estudio de RM: un 45% señaló que a pacientes embarazadas, el 35% pacientes con tatuajes, y el 10% pacientes con claustrofobia, prótesis que no se encuentren en el lugar a estudiar, respectivamente.

**Objetivo 5:** Identificar los diferentes materiales biomédicos seguros dentro de la sala de resonancia magnética.

➤ **Materiales Biomédicos Seguros.**

**Grafica 16**  
**Guía de Observación**



**Análisis e Interpretación de datos**

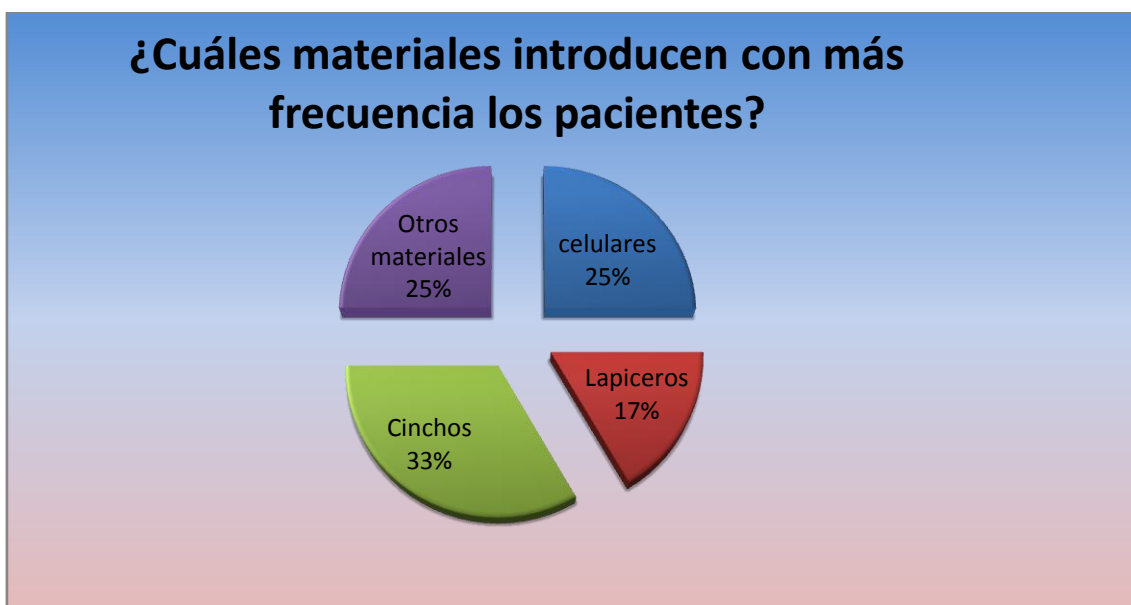
El grafico anterior demuestra que de acuerdo a lo observado dentro de la sala resonancia magnética, hay equipos compatibles como: extintor de aluminio, silla de rueda de aluminio, camilla de aluminio ,así como también otros equipos como atril de aluminio, monitor de signos vitales, antenas transmisoras compatibles con RM e inyector.

**Objetivo 6:** Identificar los materiales ferromagnéticos que se introducen con más frecuencia en la sala de resonancia magnética que producen riesgos de acuerdo a la opinión del personal.

- **Materiales ferro magnéticos que producen riesgo al ser introducidos a la sala de RM.**

**Grafica 17**

**Entrevista al personal**

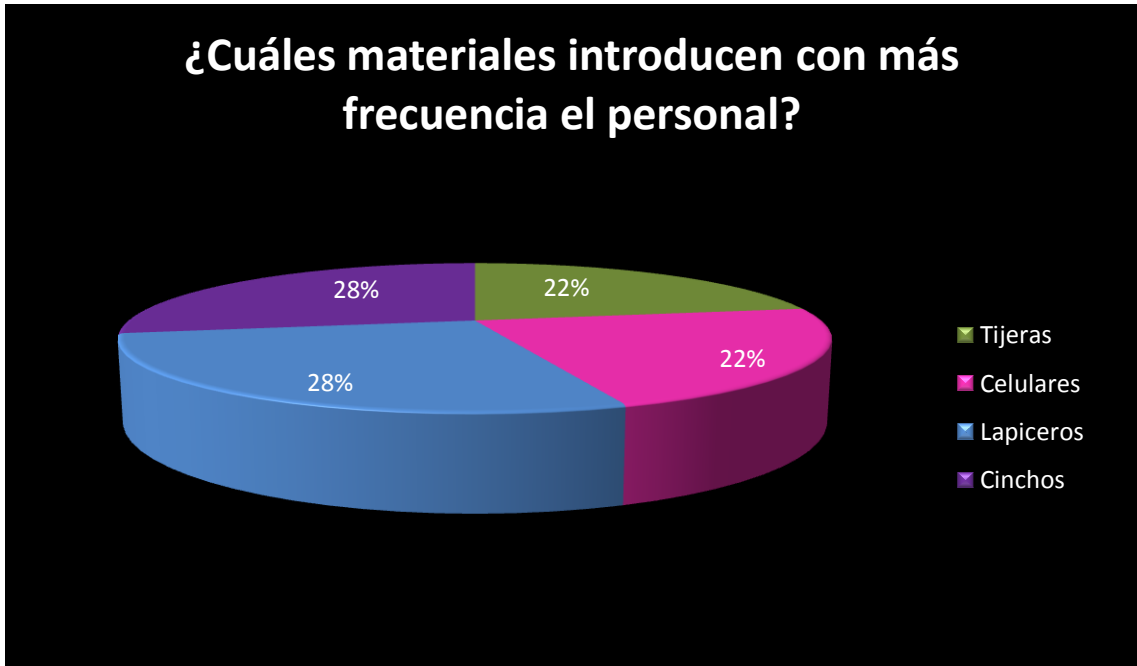


**Análisis e Interpretación de datos**

Los datos anteriores evidencian que el mayor porcentaje de materiales que introducen los pacientes a la sala de Resonancia Magnética son cinchos, celulares, lapiceros y otros materiales como ganchos.

## Grafica 18

### Entrevista al personal



#### **Análisis e Interpretación de datos**

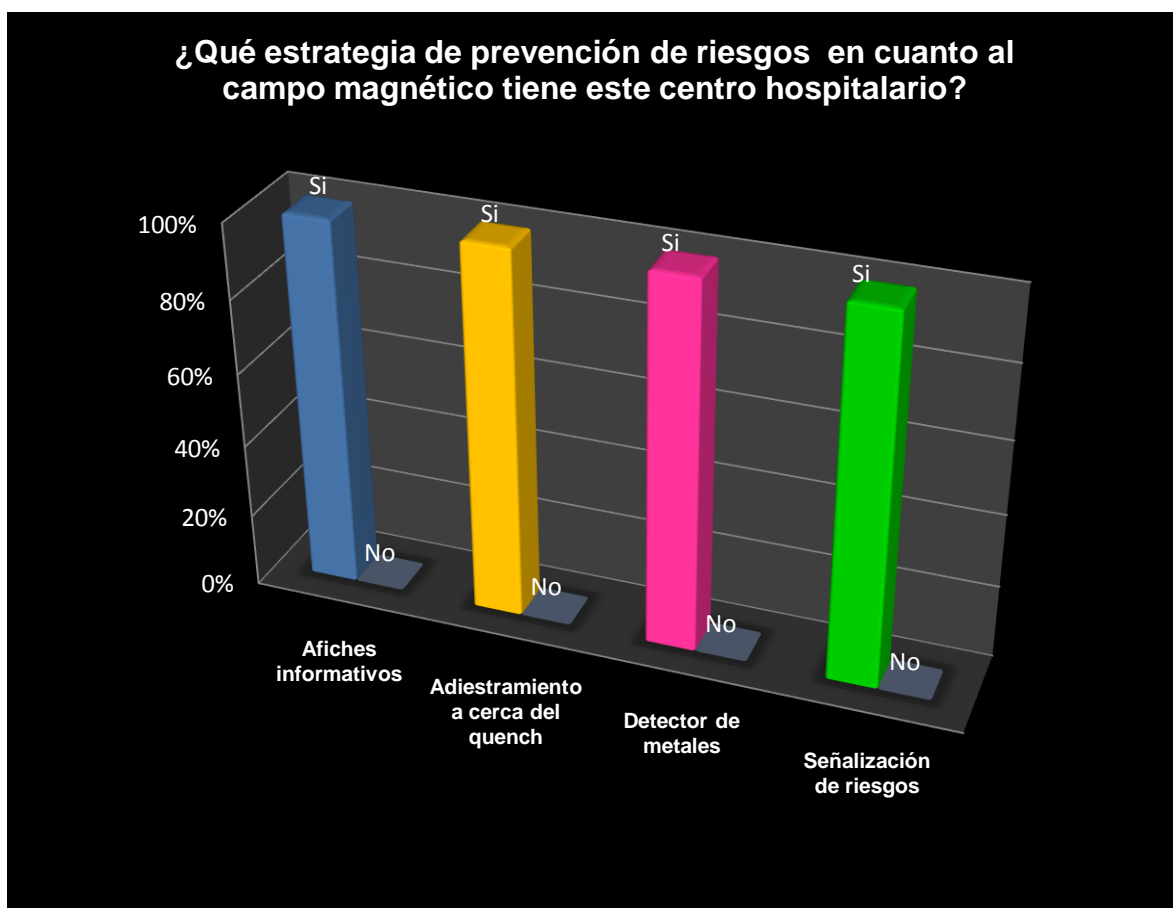
El resultado anterior demuestra que los objetos introducidos a la sala de Resonancia Magnética, con mayor frecuencia por parte del personal de radiología son: un 28% introducción de lapiceros, cinchos respectivamente, y un 22% expresó que las tijeras e igual porcentaje los celulares.

**Objetivo 7:** Determinar las medidas de prevención utilizadas dentro del departamento de resonancia magnética.

➤ **Medidas de prevención**

**Grafica 19**

**Entrevista al personal**



**Análisis e Interpretación de datos**

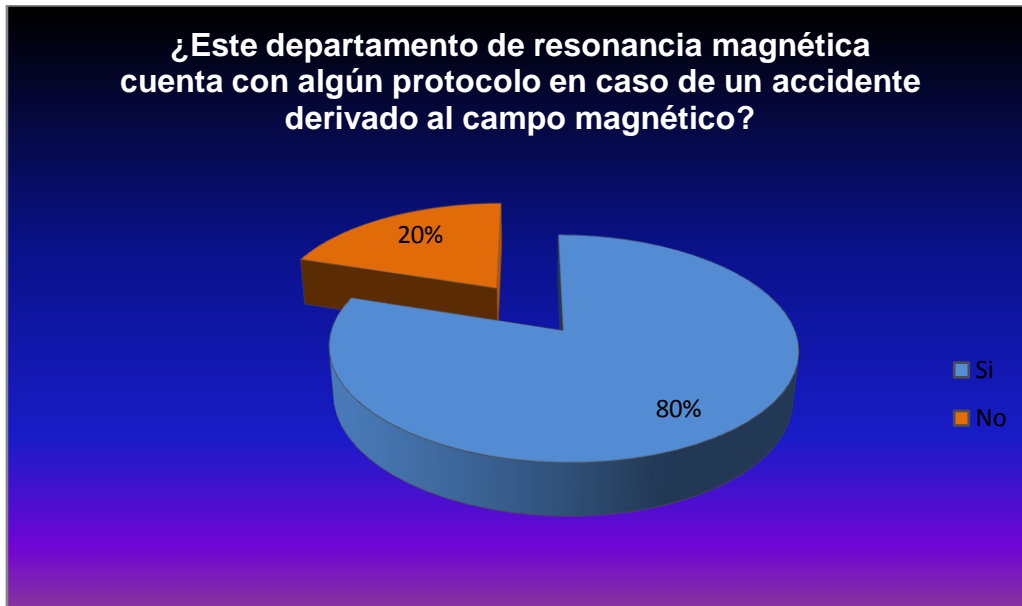
De acuerdo a la opinión del personal de Radiología entrevistado, en cuanto a las estrategias implementadas para la prevención de riesgos relacionados al campo magnético, en el Hospital General ISSS, del área de Resonancia Magnética son:

- Adiestramiento a cerca del quench
- Señalización de riesgos
- Detector de metales
- Afiches informativos



## Grafica 20

### Entrevista al personal



### Análisis e Interpretación de datos

Los datos evidencian que del total de la muestra, un 80% opinó que el departamento de Resonancia Magnética si cuenta con un protocolo en caso de accidente, mientras que un 20% opinó que no; cabe mencionar que los profesionales que conforman ese porcentaje no son personal de planta de dicha área.

## Grafica 21

### Entrevista al personal

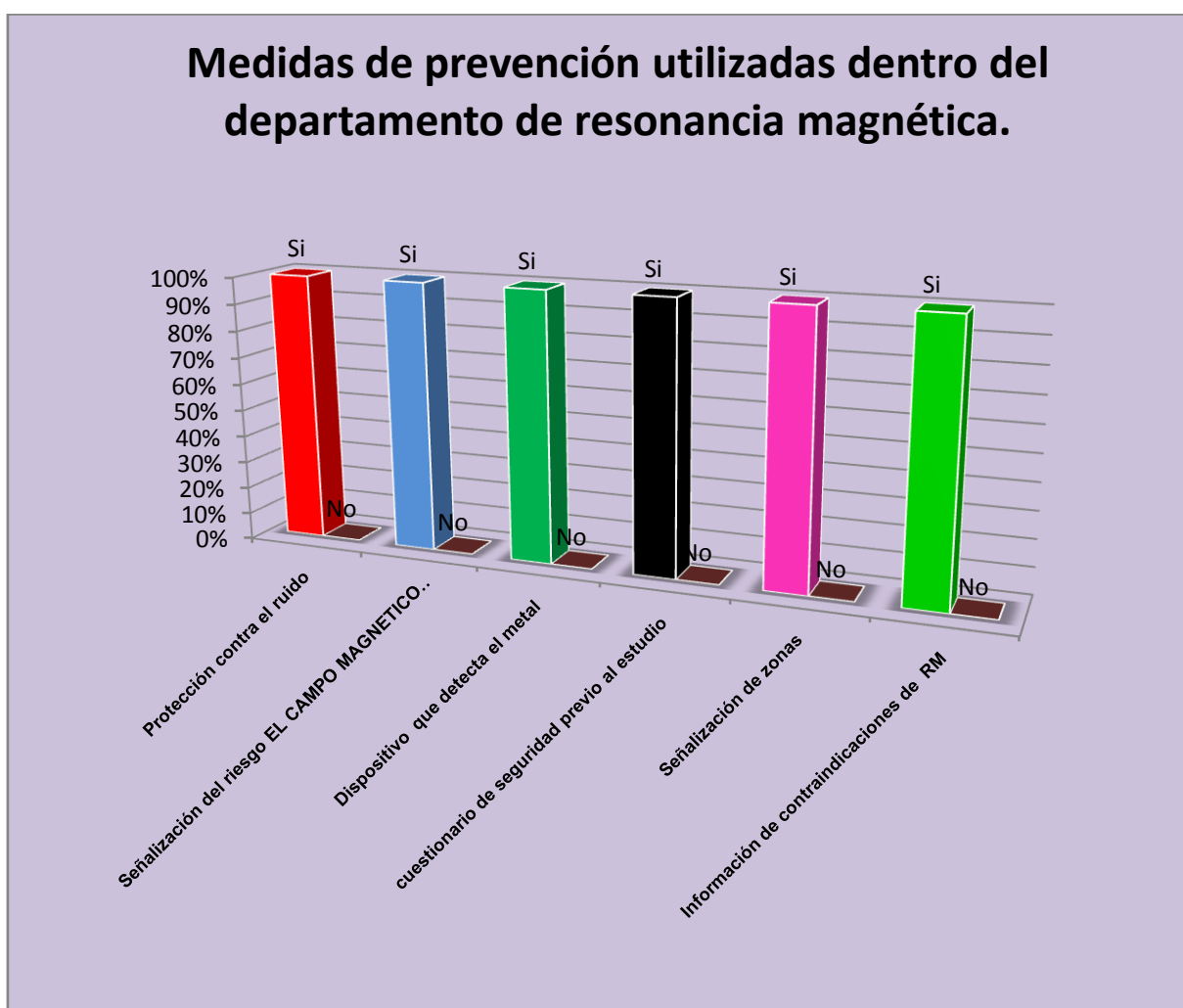


#### Análisis e Interpretación de datos

El presente gráfico, muestra que el 60% de los entrevistados del personal de radiología expresó que si recibe formación continua en prevención de riesgos en Resonancia Magnética mientras el 40% manifestó que no; cabe mencionar que dicho porcentaje no todos son personal de planta de dicha área.

## Grafica 22

### Guía de observación



### Análisis e Interpretación de datos

La presente gráfica ilustra de acuerdo a lo observado dentro del departamento de resonancia magnética, que el personal de Radiología utiliza las medidas de prevención como: Colocar al paciente protección contra el ruido, realización de un cuestionario previo al estudio. También el departamento de RM cuenta con señalización de zonas, con un dispositivo que detecta el metal; señalización que el campo magnético siempre está activo y que está señalizado informando las contraindicaciones de un estudio.

## Cronograma de Actividades

Contenido/meses		Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
	Semanas																		
Selección del tema																			
Revisión de literatura																			
Capitulo 1. <u>Planteamiento del problema</u>																			
Capitulo 2. Marco teórico																			
Capitulo 3. <u>Diseño metodológico</u>																			
Entrega del protocolo																			
Recolección de datos																			
Tabulación y análisis de datos																			
Elaboración de conclusiones y recomendaciones																			
Elaboración del informe final																			
Presentación del informe final																			
Entrega del informe final																			

## Conclusiones

En la presente investigación se concluye lo siguiente:

- De acuerdo a los resultados obtenidos los riesgos a los que está expuesto el paciente según la opinión de los profesionales en Radiología en el área de resonancia magnética son: accidente por efecto misil, claustrofobia, neuroestimulación y quemaduras.
- Los resultados demuestran, que el riesgo más peligroso a los que están expuestos los pacientes y el personal de radiología que laboran en el área de RM es el efecto misil y el ingreso de pacientes con marcapaso.
- De acuerdo a la experiencia del personal de Resonancia Magnética los riesgos más frecuentes a los que están expuestos los pacientes a la hora de realizarse una RM son: claustrofobia, efecto misil, sordera por el ruido, el aumento de la temperatura corporal, hormigueo en el cuerpo y calentamiento en tatuajes,
- Los resultados demuestran que el efecto más frecuente en el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética es la claustrofobia; esto es por las restringidas dimensiones del interior del aparato, la duración de la exploración, los ruidos inducidos por el gradiente y condiciones ambientales dentro de la sala.
- Los profesionales de Radiología e Imágenes que laboran en el área de Resonancia Magnética indican haber sufrido accidentes por efecto misil dentro de la sala de RM, en su mayoría causados mediante el ingreso de objetos metálicos por el mismo personal y/o paciente. También

indican que ningún paciente ha sufrido quemaduras en su cuerpo al realizarse una RM.

- De acuerdo a los resultados las contraindicaciones absolutas por las que no se realiza un estudio en resonancia magnética en ese centro asistencial son: pacientes con marcapasos, pacientes con esquirlas o balas metálicas, pacientes con clips de aneurisma, pacientes con stens y prótesis metálicas.
- Los datos reflejan que las contraindicaciones relativas por las que se realiza un estudio de resonancia magnética en ese centro asistencial son: pacientes embarazadas, pacientes con tatuajes, pacientes con claustrofobia, y pacientes con prótesis que no se encuentren en el lugar a estudiar.
- A pesar de los conocimientos adquiridos por el personal y la información proporcionada a los pacientes sobre la prevención de riesgos por la introducción de objetos ferromagnéticos; la investigación refleja frecuencia en incidentes debido a la introducción de dichos objetos tanto por el personal como por el paciente.
- Entre los objetos introducidos con mayor frecuencia por los pacientes y el personal son: los celulares, cinchos, lapiceros, tijeras, cosméticos y ganchos de ropa, poniendo en riesgo la vida de los mismos.
- El departamento de Resonancia Magnética cumple con las especificaciones en cuanto al material biomédico, compatible con el campo magnético: tales como extintor de aluminio, silla de rueda de aluminio, camilla de aluminio, atril de aluminio, monitor de signos vitales y antenas transmisoras compatibles con el equipo de RM y el inyector con el cual se obtiene un mayor desempeño en el área.

- Los resultados obtenidos en la investigación, muestran que el personal del departamento de Resonancia Magnética, ha sido capacitado sobre la prevención de riesgos; lo que contribuye a que el profesional proteja su vida y la del paciente dentro del área de trabajo, evitando así accidentes; sin embargo también existe un menor grupo de profesionales que no han recibido dichas capacitaciones; Cabe mencionar no son parte de profesionales de planta de dicha área.
- Según los datos obtenidos el personal de Radiología utiliza medidas de prevención necesarias para brindar calidad y confort a los pacientes como colocarle protección contra el ruido, y realización de un cuestionario previo al estudio.
- Según las medidas de prevención de riesgos, el departamento de RM del Hospital General del ISSS cumple con las medidas básicas de prevención de riesgos de acuerdo a la Sociedad Publica del Gobierno Vasco osatek: ya que cuenta con señalización de zonas, con un dispositivo que detecta el metal; señalización que el campo magnético siempre está activo y que está señalizado informando las contraindicaciones de un estudio. Sin embargo aunque cuenta con un detector de metal este no tiene la ubicación adecuada dentro del departamento de Resonancia Magnética.

## Recomendaciones

### Al Instituto Salvadoreño del Seguro Social

- Rediseñar el departamento de Resonancia Magnética en donde el detector de metal este en una zona más adecuada y así poder prevenir cualquier accidente por ingreso de un objeto metálico dentro de la sala de exploración.
- Cambiar la señalización de riesgos por letreros en español, ya que están en inglés y dificulta su entendimiento.

### A la jefatura del departamento de Radiología e imágenes del Hospital General

- Realizar un proceso de inducción a los profesionales de Radiología que realizan interinato en el área de Resonancia Magnética para fortalecer su conocimiento en las medidas de bioseguridad en el campo magnético.
- Crear un manual que contenga una política de seguridad escrita donde se identifican riesgos, medidas preventivas, acciones a ejecutar en cuanto a accidentes, definir responsabilidades a cada profesional en materia de seguridad.
- Establecer un registro escrito sobre incidentes y accidentes, donde se pueda valorar los riesgos latentes para realizar acciones correctivas para disminuir riesgos en el departamento de Resonancia Magnética.



### A los profesionales que laboran en el área de Resonancia magnética

- Estricto control del acceso de objetos metálicos a la sala de Resonancia Magnética.
- Estricto control en cuanto al ingreso de pacientes, acompañantes, profesionales de enfermería, médicos y personal de limpieza a la sala de Resonancia Magnética.
- El cuestionario que se realiza al paciente previo al estudio de Resonancia Magnética, sea una entrevista para facilitar la comprensión del paciente de las preguntas que se le están realizando; así mismo esta entrevista sea realizada por el personal de Resonancia Magnética.
- Poner en práctica las medidas preventivas. para evitar accidentes e incidentes.

### A la carrera de Radiología e Imágenes de la UES.

- Incorporar en el componente de Resonancia Magnética información sobre las medidas de bioseguridad en resonancia magnética en cuanto al campo magnético, así como los riesgos en el paciente y en el personal.

A los estudiantes de la carrera de Radiología e Imagen.

- Aprovechar el componente de Resonancia Magnética para un mejor aprendizaje en las medidas de bioseguridad en Resonancia Magnética y prevención de riesgos.

## **Bibliografía**

- Monografía SERAM (sociedad española de radiología medica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética.
- Accidentes en Resonancia Magnética disponible en: [www.elsevier.es/revistas/radiología](http://www.elsevier.es/revistas/radiología)
- PROTOCOLO DE ENFERMERÍA EN RESONANCIA MAGNETICA  
Autora Casilda Fuster Acebal.
- Bioseguridad disponible en: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)
- Proyecto final integrador Tecnicatura en Diagnostico por Imágenes  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTIN, Buenos Aires  
Argentina 2006
- [www.medlineplus](http://www.medlineplus).
- NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO DE RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES CON DISPOSITIVOS CARDIOVASCULARES SilvinaV. Waldman1, HugoGrancelli1, BettinaYaman2, HernAnCohenArazi.1*Servicio de Cardiología, 2Servicio de Imágenes, FLENI, Buenos Aires*
- Propiedades magnéticas de la materia disponible en: [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)
- Seguridad en Resonancia Magnética. Ana CapallastequiAlberOsatek S.A, Sociedad Publica del Gobierno Vasco.
- Accidente en Resonancia Magnética disponible en:  
[www.es.wikipedia.org/Accidente](http://www.es.wikipedia.org/Accidente)
- Medidas de Seguridad en RM disponible en:  
[www.medidas\\_seguridad/es](http://www.medidas_seguridad/es).
- Guía práctica para profesionales en Resonancia Magnética Teresa Almordoz. Equipo Osatek.



## ANEXO 1. Indicaciones del estudio de Resonancia Magnética

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL  
INDICACIONES PARA ESTUDIOS DE RESONANCIA MAGNETICA  
HOSPITAL GENERAL  
TELF.2201-40-32

Estimad@ paciente:

Su cita es el día \_\_\_\_\_mes\_\_\_\_\_ a las: \_\_\_\_\_ horas

LEA CUIDADOSAMENTE LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

- 1- Debe presentarse a su cita 20 minutos antes de la hora.
- 2- Ayuno de 4 horas ante la posibilidad de que requiera administración de material de contraste.
- 3- El estudio de resonancia magnética dura 30 minutos promedio aproximadamente, pero puede prolongarse dependiendo de cada caso en particular.
- 4- Si su estudio es de cerebro debe presentarse sin maquillaje en los ojos.
- 5- Comunique al técnico la presencia de tatuajes o maquillaje permanente.
- 6- Antes de entrara a la sala de resonancia magnética, deberá quitarse todos los objetos metálicos que porte (llaves, ganchos, monedas, joyas, anteojos) por lo que se recomienda que traiga lo mínimo para evitar extravíos.
- 7- En la sala de RM no pueden introducirse teléfonos celulares, tarjetas de crédito magnéticas ni relojes o equipos electrónicos, pues pueden ser dañados por el campo magnético, es preferible que NO los traiga con usted.
- 8- SI USTED PORTA MARCAPASO, BOMBA DE INFUSIÓN O CLIPS DE ANEURISMAS CEREBRALES NO ENTRE A LAS SALA DE RESONANCIA MAGNETICA A MENOS QUE SEAN DE MATERIAL NO FERROMAGNÑETICO.
- 9- Por su seguridad deberá de llenar cuidadosamente el cuestionario que va anexo a estas indicaciones antes de su estudio.
- 10- Favor confirmar su cita al teléfono 2201-4121 en horario de 8:00am a 4:00 pm.
- 11- Traiga sus estudios previos (tomografía computarizada, estudios de rayos x, o ultrasonido) más recientes y entréguelos a la recepción (estos sirven para comparación), se los devolverán junto con el resultado de Resonancia Magnética.
- 12- Entrega de resultados con esta contraseña y su tarjeta de afiliación (consulta externa)  
De lunes a viernes de 9:00am a 4:00pm.  
Archivo de Rayos X. 3er. Nivel de este mismo hospital telf. 2201-40-84

POR SU COLABORACIÓN GRACIAS



## ANEXO 2. Cuestionario para el paciente previo al examen.

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL  
SUBDIRECCION DE SALUD

### CUESTIONARIO PARA EL PACIENTE (RESONANCIA MAGNÉTICA)

El aparato de resonancia magnética genera un campo magnético muy potente que puede representar un riesgo que lleva para las personas que lleven en su cuerpo implantes, marcapasos u objetos metálicos. Por esto, se les solicita llenar el presente cuestionario cuidadosamente antes de empezar su exploración

Fecha: \_\_\_\_\_ No. De afiliación: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_  
Fecha de Nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Años  
Estatura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
Ciudad: Depto.: \_\_\_\_\_  
Región de Estudio: \_\_\_\_\_  
Síntomas Principales: \_\_\_\_\_

#### Padece usted de:

- |  |    |    |
|--|----|----|
| *Miedo a los espacios cerrados o estrechos | Si | No |
| *Enfermedades cardiacas, hipertensión      | Si | No |
| *Problemas de regulación de temperatura    | Si | No |

\*Alergias a medicamentos o medios de contrastes

Ha sido operado? \_\_\_\_\_ Que cirugía se le realizó y cuando: \_\_\_\_\_

Ha sufrido heridas de guerra o por arma de fuego: \_\_\_\_\_

Tiene esquirlas metálicas en su cuerpo: Donde: \_\_\_\_\_

#### Posee usted:

\*Clips de aneurismas cerebrales? Si No \_\_\_\_\_

\*Implantes auditivos u otro tipo? Si No \_\_\_\_\_

\*Marcapaso Cardíaco? Si No \_\_\_\_\_

\*Bombas de infusión implantadas? Si No \_\_\_\_\_

\*Prótesis (cadera, rodilla) Si No \_\_\_\_\_

\*Material metálico en la columna? Si No \_\_\_\_\_

\*Cuerpos extraños metálicos? Si No \_\_\_\_\_

\*Tatuajes o maquillaje permanente? Si No \_\_\_\_\_

\*Está Embarazada? Si No \_\_\_\_\_



**SI USTED PORTA MARCAPASO O TIENE CLIPS DE ANEURISMA CEREBRAL NO ENTRE A LA SALA DE RESONANCIA MAGNETICA CUALQUIER DUDA CONSULTELO CON EL RADIOTECNOLOGO O RADIOLOGO.**

Firma del paciente: \_\_\_\_\_



### ANEXO 3. Guía de entrevista para el personal de RM

Universidad de El Salvador  
Facultad de Medicina  
Licenciatura en Radiología e Imágenes.



#### Entrevista al personal de Resonancia Magnética

Fecha: \_\_\_\_\_ N° de Instrumento: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistador/a: \_\_\_\_\_ Hora inicio: \_\_\_\_\_

Objetivo: Determinar las Medidas de Bioseguridad aplicadas por el personal de radiología en el campo magnético en el servicio de resonancia magnética en el departamento de radiología del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social en el periodo de febrero a mayo del 2013.

Indicaciones:

- La información que se obtenga con este instrumento, servirá para la dar respuesta a los objetivos de este estudio.
- Explicar con toda amplitud el propósito y alcance del estudio.
- Hacer las preguntas específicas y claras para obtener respuestas concretas.
- Escuchar atentamente lo que dice el entrevistado.
- Marque con una X en la casilla que según la opinión hallan seleccionado.
- Escriba con letra clara los resultados de la opinión del entrevistado

#### . Riesgos para la salud

1- ¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético cree usted a los que está expuesto el paciente al realizarse un estudio por resonancia magnética? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2- ¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético para el paciente son más frecuentes? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3- ¿Cuál riesgo relacionado al campo magnético cree usted que es más peligroso en el paciente? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4- Cuáles riesgos relacionados al campo magnético cree usted a los que está expuesto en resonancia magnética?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5- ¿Cuáles riesgos relacionados al campo magnético son más frecuentes al realizar una Rm para el personal de radiología?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6- ¿Cuál riesgo relacionado al campo magnético cree usted que es más peligroso al realizar un estudio en Rm para el personal de radiología? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Accidentes en resonancia magnética**

7- ¿Algún paciente ha sufrido de quemaduras al realizarse un estudio?

Si\_\_ no\_\_

8- ¿Ha sufrido de algún accidente por efecto misil?

Si\_\_ no\_

Otros accidentes: \_\_\_\_\_

### **Contraindicaciones de un estudio por RM**

9- ¿Cuáles son las contraindicaciones absolutas por las que no realiza un estudio en resonancia magnética en este centro asistencial?

---

---

---

10- ¿Cuáles son las contraindicaciones relativas por la que se realiza un estudio en resonancia magnética en este centro asistencial?

---

---

### **Materiales ferromagnéticos que producen riesgo**

11- ¿Cuáles materiales introducen con más frecuencia los pacientes?

- ✓ Celulares si\_\_ no\_\_
- ✓ Lapiceros si\_\_ no\_\_
- ✓ Cinchos si\_\_ no\_\_
- ✓ Camillas de material ferro magnético si\_\_ no\_\_
- ✓ Sillas de ruedas de material ferro magnético si\_\_ no\_\_

Otros materiales ferro magnéticos\_\_\_\_\_

12- ¿Cuáles materiales introducen con más frecuencia el personal?

- ✓ Tijeras si\_\_ no\_\_
- ✓ Celulares si\_\_ no\_\_
- ✓ Lapiceros si\_\_ no\_\_
- ✓ Cinchos si\_\_ no\_\_
- ✓ Camillas de material ferro magnético si\_\_ no\_\_
- ✓ Sillas de ruedas de material ferro magnético si\_\_ no\_\_
- ✓ Encubadoras si\_\_ no\_\_

Otros materiales ferro magnéticos\_\_\_\_\_



### Medidas de prevención

13- ¿Qué estrategia de prevención de riesgos en cuanto al campo magnético tiene este centro hospitalario?

---

---

---

14- ¿Este departamento de resonancia magnética cuenta con algún protocolo en caso de un accidente derivado al campo magnético?

Si\_\_ No\_\_

¿Cuál?\_\_\_\_\_

15- ¿Recibe formación continua de riesgos en resonancia magnética?

Sí \_\_ No\_\_

## ANEXO 4. Guía de entrevista al paciente que se realiza una RM

Universidad de El Salvador

Facultad de Medicina

Licenciatura en Radiología e Imágenes.



### Entrevista al paciente

Fecha: \_\_\_\_\_ N° de Instrumento: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistador/a: \_\_\_\_\_

Hora inicio: \_\_\_\_\_ N° de afiliación: \_\_\_\_\_

Objetivo: Determinar las Medidas de Bioseguridad aplicadas por el personal de radiología en el campo magnético en el servicio de resonancia magnética en el departamento de radiología del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social en el periodo de febrero a mayo del 2013.

Indicaciones:

- La información que se obtenga con este instrumento, servirá para la dar respuesta a los objetivos de este estudio.
- Explicar con toda amplitud el propósito y alcance del estudio.
- Hacer las preguntas específicas y claras para obtener respuestas concretas.
- Escuchar atentamente lo que dice el entrevistado.
- Marque con una X en la casilla que según la opinión hallan seleccionado.
- Escriba con letra clara los resultados de la opinión del entrevistado

### Efectos de un estudio por resonancia magnética

- 1- ¿Sufrió de claustrofobia, ansiedad o pánico durante el estudio?  
SI\_ NO\_\_
- 2- ¿Sufrió de hormigueo durante el estudio?  
SI\_ NO\_\_
- 3- ¿Sufrió de palpitaciones en el cuerpo durante el estudio?  
SI\_\_\_ NO\_\_
- 4- ¿Sufrió de sordera por el ruido del equipo?  
SI\_\_\_ NO\_\_
- 5- ¿Sufrió de calor generalizado en el cuerpo durante el estudio?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_\_\_

## ANEXO 5. Guía de observación



Universidad de El Salvador  
Facultad de Medicina  
Licenciatura en Radiología e Imágenes.



### Guía de observación

Fecha: \_\_\_\_\_ N° de Instrumento: \_\_\_\_\_

Nombre del observador/a: \_\_\_\_\_ Hora inicio: \_\_\_\_\_

Objetivo: Determinar las Medidas de Bioseguridad aplicadas por el personal de radiología en el campo magnético en el servicio de resonancia magnética en el departamento de radiología del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social en el periodo de febrero a mayo del 2013.

Indicaciones:

- La información que se obtenga con este instrumento, servirá para la dar respuesta a los objetivos de este estudio.
- Marque con una X en la casilla que según observe.
- Escriba con letra clara los resultados.
- Observa lo más específicamente posible,

### Materiales biomédicos seguros

1- El equipamiento es compatible con Resonancia magnética?

- ✓ Extintor de aluminio si\_\_ no\_\_
- ✓ Silla de ruedas de aluminio si\_\_ no\_\_
- ✓ Camilla de aluminio si\_\_ no\_\_
- ✓ Otro equipo: \_\_\_\_\_

### Medidas de prevención

2- ¿Le colocan al paciente protección contra el ruido?  
Si \_\_ No\_\_

- 3- ¿Hay señalización del riesgo EL CAMPO MAGNETICO SIEMPRE ESTA ACTIVADO?  
Si \_\_\_ No\_\_\_
- 4- ¿Hay dispositivo electrónico que detecta el metal?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
- 5- ¿Se realiza un cuestionario de seguridad previo al estudio?  
Si\_\_\_ No\_\_\_
- 6- ¿Están señalizadas las zonas en el departamento de resonancia magnética?  
SI \_\_\_ NO\_\_\_ Comentario: \_\_\_\_\_
- 7- ¿Hay señalización informando las contraindicaciones de un estudio de resonancia magnética?  
Si\_\_\_ No\_\_\_

# MANUAL DE BIOSEGURIDAD

## **MANUAL DE NORMAS RESPECTO AL CAMPO MAGNETICA EN EL AREA DE RESONANCIA MAGNETICA.**

**POR:**

**MUÑOZ NOUBLEAU, EMELY FABIOLA  
MONTES AYALA, FATIMA CAROLINA  
PEREZ AMAYA, OSCAR MAURICIO**



## INDICE

1.0 Bioseguridad.....	pág. 2
1.1 Riesgos en resonancia magnética.....	pag.2
• Efectos biológicos generales de los campos magnéticos estáticos.	
• Efectos biológicos de los campos magnéticos variables o de gradiente.	
• Efectos biológicos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia.	
1.3 Precauciones en las exploraciones de RM.....	pág. 5
• Contraindicaciones absolutas	
• Contraindicaciones relativa	
1.4 Zonas de acceso restringido.....	pág.9
1.5 Factores que pueden influir en caso de accidentes .....	pág.11
1.6 Medidas generales de seguridad.....	pág.15
1.7 Prevención de Riesgos Asociados a la Resonancia Magnética.....	pág. 15
1.8 Los principales riesgos específicos de la RM y las medidas preventivas que se deben adoptar.....	pág. 17
1.9 Riesgos con refrigerante y quench.....	pág.18
Bibliografía	

## **Justificación**

El presente manual es de mucha importancia, porque pretende dar a conocer las medidas seguras en un procedimiento de RM, con el propósito de salvaguardar la vida y la salud del paciente y los profesionales de dicha área.

Además evidencia los riesgos laborales a los que están expuestos en el ejercicio de la profesión, así como las consecuencias (accidentes) de éstos; de esta forma se busca promover la práctica de medidas de prevención adecuadas para generar mejores condiciones de trabajo y una cultura de seguridad tanto para los profesionales que laboran en el área como los pacientes que reciben dichos servicios.

### **Se realiza con el objetivo de:**

Conocer las Medidas de Bioseguridad en el campo magnético en el área de Resonancia Magnética.

## 1.0 ¿Qué es la Bioseguridad?

Es la calidad y garantía en el que la vida esté libre de daño, riesgo o peligro. Es un Conjunto de medidas y normas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos frente a riesgos propios de su actividad diaria, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la seguridad de los trabajadores de la salud, animales, visitantes y el medio ambiente.

### Bioseguridad por campo magnético

Los campos magnéticos ejercen gran fuerza de atracción por lo cual es importante el tema de seguridad y conocer los riesgos que estos presentan.<sup>30</sup>

### 1.1 Riesgos en resonancia magnética

Existen tres fenómenos físicos en la RM que pueden causar riesgo o efectos biológicos:

- El campo magnético estático generado por el imán principal,

- Los campos magnéticos variables generados por las bobinas de gradientes
- La radiofrecuencia (RF).

### EFFECTOS BIOLÓGICOS GENERALES DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS ESTÁTICOS:

Se prohíbe el ingreso de materiales ferromagnéticos dentro de la sala de exploración ya que:

**La interacción del campo magnético estático con un objeto ferromagnético:** puede dar lugar a traslación y rotación del mismo, con los riesgos que ello implica en el caso de objetos sueltos de proyectarlos contra las personas y/u otros elementos situados en la sala de RM.

**Efectos cardiacos y de inducción eléctrica:** El efecto biológico más importante debido al campo magnético principal  $B_0$  es el "**potencial de flujo**". Esto origina que los iones de la sangre puedan ser desplazados creándose una diferencia de potencial entre las paredes del vaso

**-Efectos sobre la temperatura:** Una investigación en humanos indico que la exposición a un campo magnético

---

<sup>30</sup> Bioseguridad disponible en: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)



estático de 1.5T no altera la temperatura cutánea ni corporal. Pero en caso de someterse a mayor tesla se recomienda la utilización de compresas de agua fría para disipar el calor.

**-Efectos neurológicos:** Normalmente, la exposición a campos magnéticos estáticos de hasta 2 T no parece influir de forma significativa en las propiedades bioeléctricas de las neuronas en los humanos. Sin embargo existen funcionando varios sistemas de RMN corporales de 3T y 4T. Un estudio preliminar ha demostrado que los trabajadores y sujetos voluntarios expuestos a un sistema de 4T experimentaron vértigo, náuseas, cefaleas, sabor metálico en sus bocas y magnetofosfenos.

#### • EFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

##### VARIABLES O DE GRADIENTE:

La variación del campo magnético en el tiempo puede inducir corrientes eléctricas más importantes si se utilizan gradientes potentes y secuencias ultrarrápidas, como la ecoplanar (EPI). La consecuencia sería la producción de estimulación nerviosa periférica, sensaciones de palpitación y hormigueo. La presencia de cables conductores implantados o no retirados (cables en el miocardio o el epicardio,

electrodos implantados en el cerebro, etc.) representa un sitio fácil de circulación de corriente y pueden generar excitaciones neuromusculares.

El efecto biológico producido por los campos magnéticos variables en la utilización de los gradientes, puede originarse por la variación de B en el espacio y en el tiempo. La primera daría lugar a un desplazamiento molecular pero carece de interés en los cuerpos biológicos diamagnéticos. No obstante la variación del campo magnético en el tiempo puede inducir corrientes eléctricas en los circuitos biológicos y si ésta fuese importante podría causar estimulación de las células musculares o nerviosas, fibrilación ventricular, aumento de la osmolaridad cerebral y alteración de la remodelación ósea.

La frecuencia y la tonalidad dependen de muchos factores, entre ellos el diseño de aparato y la secuencia utilizada. Se han citado problemas de sordera transitoria y **se recomienda a los profesionales en RM usar protectores acústicos en todos los pacientes.**

Se debe tener en cuenta que: El ruido no depende directamente del valor del campo magnético por lo que son recomendables las protecciones acústicas siempre que se puedan utilizar

valores de gradientes peligrosos, independientes del valor del campo magnético.

De acuerdo al informe de la OMS, los sonidos soportables son aquellos que no superan los 80 dB. Por ejemplo, un susurro se encuentra en el orden de los 20 dB, un restaurante muy ruidoso tiene un nivel de 70 dB, un secador eléctrico de cabello, un reloj despertador y una fotocopiadora, cerca de los 80 dB.

Cuando se realiza una *TRM*, los electroimanes secundarios se encienden y se apagan muchas veces. Naturalmente, al ser imanes dentro de un campo magnético muy intenso, sufren fuerzas magnéticas variables durante el examen, lo cual hace que se “bamboleen” dentro de la máquina una y otra y otra vez. Esto produce un ruido que puede llegar a tener 130 Db.

### **EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA:**

Uno de los efectos biológicos más importantes producidos por la emisión de radiofrecuencia es el depósito calórico que puede conducir a una lesión térmica (de la piel). El aumento térmico resultante de la RF utilizada

está causado principalmente por inducción magnética, con una contribución despreciable del campo magnético.

La interacción de los campos electromagnéticos de RF con un objeto puede producir calentamiento del mismo y del tejido adyacente (quemaduras).

Aparte de este depósito calórico general, hay que tener presente posibles puntos calientes donde la elevación de la temperatura local puede ser importante. Generalmente ligados a órganos con poca capacidad de disipación calórica y pobre irrigación. También pueden originarse puntos calientes por una mala colocación de la antena de superficie.

Los límites a la exposición de RF no debe incrementar en 1°C la temperatura corporal profunda, ni tampoco elevar localmente la temperatura a 38° en la cabeza, 39° en el tronco o 40° en las extremidades.

### **Órganos sensibles a la temperatura**

Algunos órganos humanos poseen una reducida capacidad para la disipación del calor, como los testículos y el ojo, estos órganos constituyen localizaciones primarias de potenciales efectos perjudiciales si las exposiciones a la

radiación de RF durante la realización de una RMN son excesivas.

#### **En los Testículos produce:**

Efectos de disminución de la función testicular causados por el calentamiento inducido por la radiación RF en exposiciones suficientes como para que la bolsa escrotal alcance temperaturas hasta de 38°C a 42°C.

En la consideración del riesgo deben separarse **los efectos biológicos directos** producidos por la exposición a tres fenómenos (la frecuencia utilizada, del tiempo y de la secuencia de pulsos), de **los efectos indirectos** que pueden producirse sobre el organismo como consecuencia del efecto del campo magnético sobre las sustancias paramagnéticas, que implican una serie de precauciones a tener en cuenta en las exploraciones RMN. También hay que considerar el posible riesgo debido a la utilización cada vez más frecuente de sustancias de contraste intravenoso o por vía oral.<sup>31</sup>



<sup>31</sup> Proyecto final integrador Tecnicatura en Diagnostico por Imágenes UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTIN, Buenos Aires Argentina 2006

### **1.3 Precauciones en las exploraciones de RM.**

Aparte de estos riesgos biológicos implícitos de la técnica, hay que tener presente que la RM obliga a una concientización de la presencia del campo magnético y el habituarse a unas condiciones de trabajo que implican una alerta constante.

#### **El riesgo más importante es debido al efecto del campo magnético sobre las sustancias paramagnéticas.**

Dependiendo de su masa y de su distancia, la fuerza atractiva puede ser enorme. Se recomienda al personal, tomar precaución en el manejo de objetos de mayor masa como camillas, aparatos de soporte.

Evidentemente estas dependen del valor del campo magnético y deben extremarse al trabajar con imanes de alto campo. Toda persona que se encuentren dentro de la sala de exploración debe dejar en el exterior los objetos paramagnéticos que esta porte ya que pueden ser atraídos por el imán.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología medica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

## Contraindicaciones absolutas de la Resonancia Magnética

8. Dispositivos electrónicos cardíacos (marcapasos y desfibriladores).



9. Implantes cocleares.

10. Prótesis valvulares cardíacas no-RM compatibles.

11. Clips vasculares no-RM compatibles.



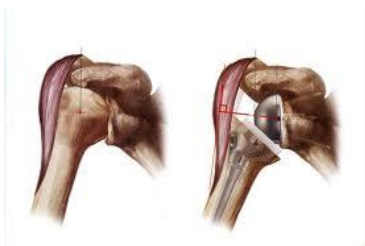
12. Cuerpos extraños metálicos en ojos y otros lugares con riesgo vital (intracraneales, canal raquídeo, grandes vasos, hígado).



**Todas las contraindicaciones antes mencionadas. Producen riesgos en el paciente al realizarse un estudio de RM que atentan contra su vida.**

### Contraindicaciones relativas de la Resonancia Magnética

3. Prótesis articulares y suturas metálicas en órganos internos puestas recientemente (< 4 semanas), presentan el riesgo de desplazarse durante la exploración.



4. Embarazo: en el caso de que sea necesario un estudio radiológico durante el embarazo, la RM está indicada si otras formas de diagnóstico por la imagen no ionizantes son inadecuadas o si el examen aporta información importante que en caso contrario hubiese requerido una forma de exposición a

radiaciones ionizantes. A pesar de que no existe una evidencia científica clara de que la RM pueda dañar al feto, por precaución de desaconseja su uso sobre todo durante el primer trimestre de embarazo.



3. Fiebre (> 38°C), porque puede aumentarla.
4. Dosificadores programables (después del estudio RM deben ser reprogramados).



5. Claustrofobia severa (puede realizarse en un aparato de RM abierto).



En caso de claustrofobia se recomienda: aplicar anestésico local, Vendar al paciente para evitar la sensación de atrapamiento, utilizar equipos de RM abiertos.

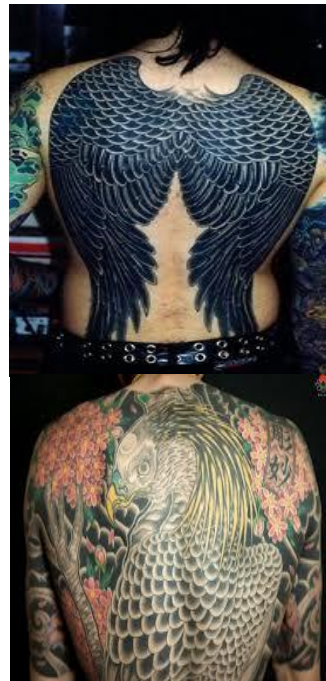
13. Obesidad mórbida.



El exceso de peso impide la realización de la exploración por: la

susceptibilidad de la mesa y el diámetro limitado del equipo.

14. Tatuajes extensos, por el riesgo de producirse quemaduras al aumentar la temperatura local.



En caso de tatuajes extensos se recomienda la colocación de compresas con agua fría o hielo.

8. Otras medidas a tomar en cuenta, en estudios con contraste endovenoso:

- Lactancia: por precaución, aunque no hay datos concluyentes, los fabricantes aconsejan esperar 24-48 horas para volver a amamantar, una vez eliminado el contraste).



- Insuficiencia renal: riesgo de fibrosis sistémica nefrogénica.



## 1.4 ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO<sup>33</sup>

La guía práctica de seguridad en RM del Colegio Americano de Radiología divide la instalación de la RM en cuatro zonas:

— **Zona I:** incluye áreas de libre acceso al público general, fuera de la influencia del equipo de RM (salas de espera, aseos, recepción y despachos). No precisa control.



<sup>33</sup> Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética

— **Zona II:** es el área de transición entre la zona de acceso sin control y las zonas de control estricto (zonas III y IV). En ella el paciente tiene movilidad restringida bajo la supervisión del personal de RM. Típicamente esta zona la constituyen las cabinas para cambiarse, salas de preanestesia, salas en las que se realiza el cuestionario previo a la exploración, etcétera.



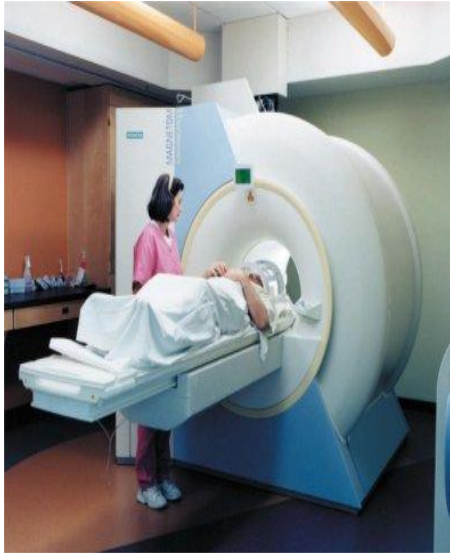
— **Zona III:** es un área de alto riesgo de interacción entre individuos/equipamiento y el equipo de RM. Debe estar restringida al acceso del público general mediante algún sistema de cierre y su acceso debe ser controlado por personal de RM, habitualmente técnicos, que son responsables de la supervisión del acceso a la zona III y están bajo la autoridad del responsable o director de seguridad en RM.

La norma de acceso restringido no debe tener excepciones e incluye al personal administrativo y hospitalario. La línea de 5 gauss debe ser conocida y claramente señalada como límite potencialmente peligroso.



— **Zona IV:** es la sala de exploración de RM que físicamente contiene el equipo de RM. Esta área debe estar claramente marcada como potencialmente peligrosa. Además ha de existir una señal luminosa siempre encendida indicando que el imán está en funcionamiento.





### **¿Que son los accidentes?:**

Es cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y puede o no dar lugar a una lesión corporal.<sup>34</sup>

### **1.5 Factores que pueden influir en caso de accidentes:**

#### Factores de trabajo

- Falta de información (capacitación)
- Falta de normas de trabajo o negligencia laboral.
- Desgaste de equipos y herramientas.
- Mantenimiento inadecuado a las máquinas y equipos.

#### Actos inseguros

- Realizar trabajos para los que no se está debidamente capacitado.
- Trabajar en condiciones inseguras o a velocidades excesivas.
- No dar aviso de las condiciones de peligro que se observen, o no estén señalizadas.
- No utilizar, o anular, los dispositivos de seguridad con que van equipadas las máquinas o instalaciones.
- Utilizar herramientas o equipos defectuosos o en mal estado.
- Reparar máquinas o instalaciones de forma provisional y no segura.
- Adoptar posturas incorrectas durante el trabajo, sobre todo cuando se manejan cargas a brazo.
- Usar ropa de trabajo inadecuada (con cinturones o partes colgantes o desgarradas, demasiado holgada, con manchas de grasa, etc.).
- Usar anillos, pulseras, collares, medallas, etc. cuando se trabaja con máquinas con elementos móviles (riesgo de atrapamiento).

<sup>34</sup> Accidente en Resonancia Magnética disponible en: [www.es.wikipedia.org/Accidente](http://www.es.wikipedia.org/Accidente)

- Utilizar cables, cadenas, cuerdas, eslingas y aparejos de elevación, en mal estado de conservación.
- Levantar pesos excesivos (riesgo de hernia).

En resonancia magnética existen riesgos potenciales, no solo para los pacientes, sino para cualquier otra persona que pueda en un momento determinado acceder a la sala de Resonancia Magnética. El equipo de Resonancia Magnética consiste básicamente en un imán muy potente. Los accidentes reportados hasta la fecha son escasos, pero hacen necesario el establecimiento de una serie de medidas de seguridad.



Los accidentes pueden deberse a:

- Los materiales ferromagnéticos (objetos metálicos susceptibles de ser atraídos por un imán), al estar bajo el efecto de una

campo magnético de gran intensidad sufren el "efecto misil" y se convierten en verdaderos proyectiles. Unas llaves o una simple tijera pueden ocasionar verdaderos problemas.

- Los dispositivos electrónicos pueden ver alterado su funcionamiento debido al campo magnético. Por ejemplo, un marcapasos cardíaco se dañaría severamente por el potente campo magnético de la Resonancia Magnética y podría condicionar serios problemas en la persona que lo porta.<sup>35</sup>

La intensidad del campo magnético generado disminuye a medida que nos alejamos del isocentro del imán, según unas curvas de intensidad definidas. Los posibles efectos del campo magnético sobre dispositivos electrónicos (malfuncionamiento) se manifiestan desde la línea de 5 gauss. La zona que queda por dentro de esta línea (habitualmente corresponde a la "sala de la Resonancia Magnética") debe considerarse como de acceso restringido, y la zona limítrofe es una zona controlada. A estas zonas, únicamente puede acceder personal

<sup>35</sup>Medidas de Seguridad en RM disponible en: [www.medidas\\_seguridad/es\\_](http://www.medidas_seguridad/es_)

autorizado (ya sean pacientes o no), que han debido de completar obligatoriamente un cuestionario de seguridad.

Por otra parte, existen otros efectos del campo magnético que, aunque no afectan a su seguridad, es importante que los conozca:

- Cualquier objeto que lleve un código magnético (tarjetas de crédito, determinadas llaves) verán alterado su funcionamiento si se introducen en la sala de Resonancia. Estos objetos deberá de dejarlos por lo tanto en la cabina para cambiarse, o entregarlos a sus familiares en la sala de espera.
- Determinados objetos metálicos que pueda portar en su cuerpo (ejemplo: un aparato de ortodoncia fijo, prótesis de cadera, etc) y que permiten realizar la exploración con seguridad, pueden ocasionar sin embargo distorsión en la imagen, si la zona que vamos a estudiar es cercana. En estos casos, el valor diagnóstico de la exploración puede verse limitado.

### **Actuación para prevenir accidentes en RM:**

- Interrogar al paciente sobre posibles implantes metálicos internos y externos (audífonos, marcapasos) al recibirle y antes de entrar en la sala de exploración, estableciendo así diferentes filtros de seguridad.
- En caso de duda sobre la incompatibilidad del implante, no realizar la exploración hasta tener la documentación necesaria sobre el objeto.
- Retirárá audífonos y dentadura postiza. Los aparatos de ortodoncia fijos no suponen riesgos pero pueden impedir la correcta visualización de estructuras cercanas por artefactos de distorsión en la imagen.
- Retirar los materiales metálicos que lleve el paciente externamente (reloj, cadenas, anillos, horquillas, piercings) y tener la misma conducta para el personal médico, acompañantes.

- Utilizar dentro de la sala de exploración material no ferromagnético (camillas, sillas de ruedas).
- Atención al uso de aparatos de reanimación como desfibriladores, botellas de oxígeno, no utilizarlos nunca en la sala de exploración (a no ser que exista certeza de su compatibilidad con la RM).
- Retirar maquillaje de los ojos (algunos contienen partículas metálicas). Se prestara especial atención a pacientes con tatuajes o con maquillaje permanente en párpados. Avisar el posible calentamiento de esa zona y en el caso de que esto sucediese, lo comuniquen a través del timbre de llamada.
- En caso de accidente grave o situación de emergencia debida al campo magnético, se debe pulsar el interruptor de desconexión de

emergencia. Ello provocara un quench (en imanes súper conductivos) por lo que solo debe usarse en casos de emergencia.

### **1.6 Medidas generales de seguridad:**

Para garantizar la seguridad se recomienda respetar las siguientes medidas genéricas:

9. cumplimiento de cuestionario, para detecta portadores de objetos metálicos e implantes.
10. Invitación al paciente de pasar a la sala de RM en ropa interior y cubierto con bata.
11. Acceso de acompañantes las mismas acciones anteriores.
12. Acceso de material paraclínico de uso cotidiano como sillas de ruedas, camillas y carros de anestesia etc.
13. Rótulos visibles de seguridad dentro y fuera de la sala de exploración.
14. Visibilidad de los interruptores de emergencia:
  - Desconexión de emergencia parada del imán.

- Parada de la mesa por movimientos motorizados de la misma.

15. Sistemas interfónicos.

16. Protección auditiva.

### **1.7 Prevención de Riesgos Asociados a la Resonancia Magnética**

Existe un interés creciente por la gestión del **riesgo** asistencial debido a varios motivos, entre los que destacan la implantación de sistemas de calidad en las organizaciones, la progresiva consideración de los derechos de los pacientes y la mayor fuerza de los servicios de salud laboral. Los servicios de radiología no son ajenos a esta corriente, y en el entorno comienzan a aparecer guías y trabajos sobre este tema. El objetivo es implantar una política de seguridad que identifique los riesgos generales y específicos y establezca las medidas preventivas y correctoras en cada caso.

Una política de seguridad debe cimentarse en los siguientes factores:

1. **Formación continua:** todo el personal que trabaja en un Servicio de Radiología debe recibir formación sobre

los **riesgos** específicos que conlleva su trabajo, comprendiendo las bases de cada situación. La formación debe incluir el conocimiento de medidas preventivas, la actitud a seguir en los incidentes, así como la responsabilidad específica desde cada puesto de trabajo. La formación debe ser continua, iniciándose al incorporarse a su puesto de trabajo, con actualizaciones periódicas a través de charlas, talleres y simulacros y completada con cursos de atención a emergencias. Especial atención debe recibir los personales de nueva incorporación, sustitutos y rotantes.

2. **Registro de los incidentes:** “Todo incidente debe registrarse”. Un registro es un documento escrito que captura información sobre un momento determinado del proceso.

Entendemos como incidente cualquier situación no planificada que ocurre durante la prestación del servicio y que conlleva un **riesgo** potencial o real para las personas. Se debe incentivar esta práctica creando un entorno no punitivo, que ante un incidente busque causas y no responsables. Estos registros deben analizarse en dos tiempos: de manera inmediata para hacer un análisis causal y, si es necesario establecer medidas

correctoras, y con una periodicidad por ejemplo anual para revisar la adecuación de las medidas preventivas. El establecimiento de un registro de incidentes ha demostrado numerosas ventajas: mejora la identificación de los **riesgos**, permite cuantificar los riesgos (evita una falsa percepción de riesgo por parte del personal o de los pacientes, creando una sensación de mayor o menor riesgo que el que realmente existe) y ayuda a detectar un incremento de incidentes causado por un malfuncionamiento del equipo o una situación predisponente. Además, constituye un punto de apoyo en caso de producirse quejas o reclamaciones, ya que la información generada como registro en un sistema de gestión de calidad se encuentra avalada por su propia naturaleza.

**3. Práctica periódica de auditorías internas** que, mediante una lista de comprobación, verifiquen la implantación de las medidas preventivas.

**4. Clara definición de responsabilidades.** Es recomendable designar un responsable de seguridad, asistido por un comité, que se encargue de asumir y supervisar las funciones anteriores, así como de estar al día y estudiar las recomendaciones que se

vayan produciendo por parte de los expertos y los artículos científicos publicados., canalizando y difundiendo la información.

### **1.8 Los principales riesgos específicos de la RM y las medidas preventivas que se deben adoptar en cada caso:**

Los materiales ferromagnéticos, al estar bajo el efecto de un campo magnético de gran intensidad sufren el "efecto misil" (también llamado "efecto proyectil") y se convierten en verdaderos proyectiles, al ser atraídos hacia el centro del imán. Pueden causar daños en el equipamiento o en el personal que se interponen en su trayectoria hacia el imán. Se trata de una situación que potencialmente plantea un alto riesgo para las personas presentes.

#### **Medidas preventivas a utilizar:<sup>36</sup>**

- Colocación de carteles que alerten con claridad del riesgo: "EL CAMPO MAGNÉTICO SIEMPRE ESTÁ ACTIVADO". Es frecuente que el personal externo a la RM (médicos o personal sanitario de otros servicios,

---

<sup>36</sup> Ana CapallastequiAlberOsatek S.A, Sociedad Publica del Gobierno Vasco

personal de limpieza o mantenimiento) considere que el imán no está activado cuando el equipo no está adquiriendo imágenes con un paciente dentro.

- Equipamiento con el material compatible con RM: extintor (debe ser de CO<sub>2</sub> y aluminio), camilla, silla de ruedas. Este material debe marcarse como “COMPATIBLE CON RM. El material portable situado en la vecindad de la sala de RM y que pueda ser introducido en la misma en, si es ferromagnético, debe marcarse como “NO COMPATIBLE CON RM”. Introducción inadvertida en el imán pacientes que presentan contraindicaciones para la realización de una RM. El daño potencial dependerá del tipo de objeto que se trate. Los dispositivos electrónicos pueden ver alterado su funcionamiento debido al campo magnético y, dependiendo del dispositivo que se trate, ello podrá suponer un riesgo para el paciente o un daño del dispositivo, en algunos casos irreversible.
- Establecimiento de varios filtros de seguridad, a cargo de diferentes personas para realizar el cribado de pacientes y detectar contraindicaciones: cuestionario de seguridad escrito en

recepción, revisión oral de las contraindicaciones al pasarle a la cabina, chequeo del cuestionario antes de entrar a la sala (ver anexo 1 y 2). Es necesario asegurarse de que el paciente comprende las explicaciones recibidas, y de que el personal comprende lo que el paciente ha indicado en el cuestionario, especialmente si indica que porta algún elemento metálico.

- Facilitar el Manual de Shellock (Shellock FG. Pocket guide to MR procedures and metallic objects: update 2004. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001) y el acceso a la web de este autor, para realizar consultas sobre la compatibilidad del material. Cualquier elemento sospechoso se debe consultar en la lista de Shellock, para aclarar si el material es compatible, si se debe respetar un período de seguridad (para asegurar que no se desplazará) o si no es compatible.
- Colocación de carteles visibles en las zonas de recepción y sala de espera, informando de las contraindicaciones para la realización de RM.
- Obligatoriedad de realizar la exploración en bata y calzas en todos los casos, sin excepciones.
- Prestar especial atención a las

personas que pueden entrar en la sala de RM sin ser pacientes (acompañantes del paciente, médicos de otras especialidades, rotantes) realizando una encuesta oral y comprobando visualmente y mediante preguntas que no llevan elementos metálicos.

- Enviar el cuestionario de seguridad a los trabajadores subcontratados, prestando especial atención a aquellas personas que puedan trabajar en la sala de RM en ausencia de personal de la Unidad (personal de limpieza, mantenimiento, etc.).

En las técnicas EPI el paciente no debe tener las manos juntas para evitar formar un circuito y producir una sensación de hormigueo.

### **1.9 Riesgos con refrigerante y quench:**

En los imanes superconductivos se usa helio líquido para que la corriente circule sin resistencia si se produce un quench se interrumpe la superconducción el helio líquido se evapora y se emite al aire libre.

#### **Características del helio**

- Inodoro

- Incombustible no inflamable por si solo pero presenta gases.
- No tiene efectos tóxicos o irritantes
- Causa quemaduras por frío al contacto

#### **Causas del quench:**

- Parada del imán
- Accidente(incendio)<sup>37</sup>

#### **Como reconocerlo**

El helio líquido se evapora y va asociado a una notable formación de ruido: silbido, zumbido.

#### **Riesgos asociados al quench**

Los riesgos vienen determinados por el mal funcionamiento del conducto de evacuación del helio. Si este canal extractor de gases no cumpliera correctamente su función, el helio podría entrar en la sala, ocasionando:

- Asfixia por falta de oxígeno: el oxígeno de la sala puede ser desplazado por el helio poniendo una amenaza para la vida (la respiración se ve amenazada cuando la concentración de oxígeno es menor del 11%).
- Congelación si se entra en contacto con el helio.

---

<sup>37</sup> Guía práctica para profesionales en Resonancia Magnética Teresa Almordoz. Equipo Osatek



### Actuación:

- Sacar de la sala al paciente.
  - Ventilación de la sala (el aire acondicionado debe funcionar).
  - No encender llamas, cigarrillos.
  - En caso de quemaduras de la piel separar con cuidado la ropa, no frotar puntos de piel congelados, cubrir con vendaje estéril.
  - Contactar con el servicio técnico del equipo de RM.
  - Disponer de bomba de oxígeno externa más alargador para entrar con mascarilla.

### BIBLIOGRAFIA

- Monografía SERAM (sociedad española de radiología médica) Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnética.
- Accidentes en Resonancia Magnética disponible en: [www.elsevier.es/revistas/radiología](http://www.elsevier.es/revistas/radiología)
- PROTOCOLO DE ENFERMERÍA EN RESONANCIA MAGNETICA Autora Casilda Fuster Acebal.
- Bioseguridad disponible en: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)
- Proyecto final integrador Tecnicatura en Diagnóstico por Imágenes UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN

MARTIN, Buenos Aires Argentina 2006

- [www.medlineplus](http://www.medlineplus).
- NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL USO DE RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES CON DISPOSITIVOS CARDIOVASCULARES SilvinaV. Waldman1, HugoGrancelli1, BettinaYaman2, HernAnCohenArazi.1*Servicio de Cardiología, 2Servicio de Imágenes, FLENI, Buenos Aires*
- Propiedades magnéticas de la materia disponible en: [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)
- Seguridad en Resonancia Magnética. Ana CapallastequiAlberOsatek S.A, Sociedad Publica del Gobierno Vasco.
- Accidente en Resonancia Magnética disponible en: [www.es.wikipedia.org/Accidente](http://www.es.wikipedia.org/Accidente)
- Medidas de Seguridad en RM disponible en: [www.medidas\\_seguridad/es](http://www.medidas_seguridad/es).
- Guía práctica para profesionales en Resonancia Magnética Teresa Almordoz. Equipo Osatek.

