



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Niveles de radiación magnética producida por cocinas de
inducción comercializadas en el Ecuador**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

ENRIQUE LEONEL GUANUCHI SUQUI

Director:

OMAR SANTIAGO ALVARADO CANDO

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme vivir, por estar siempre conmigo guiándome en cada paso que doy, sin su gracia nada de esto hubiera sido posible.

A mi querida y amada esposa FABIOLA, por su infinita paciencia, comprensión, amor y apoyo incondicional.

A mis amados hijos DIEGO y ENRIQUE por ser mi motivo de inspiración para poder superarme día tras día para tener un futuro mejor.

Del mismo modo a mis padres JUAN y GERARDA, por darme la vida, confiar en mí y apoyarme siempre.

A mi hermana DIANA por su apoyo siempre.

Y a todos aquellos familiares y amigos que no pude recordar al momento de redactar esto. Ustedes saben quiénes son.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por mantenerme con vida, ser mi guía y darme la fortaleza para realizar este gran anhelo.

También a mis amigos y compañeros de trabajo, quienes con su apoyo incondicional y experiencia formaron parte en la culminación de este proyecto.

Además al Ingeniero Xavier Vintimilla funcionario de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, por el apoyo en el desarrollo de este trabajo de graduación.

Y un agradecimiento muy especial al Ingeniero Omar Alvarado por su paciencia, conocimientos y apoyo para culminar este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----------|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTO | II |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | III |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| RESUMEN..... | iIX |
| ABSTRACT..... | X |
| INTRODUCCION | 1 |
| | |
| CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE | 3 |
| | |
| 1. GENERALIDADES..... | 3 |
| 1.1. COCINA DE INDUCCIÓN | 3 |
| 1.1.1. Principio de calentamiento por inducción..... | 4 |
| 1.1.2. Funcionamiento del calentamiento por inducción | 6 |
| 1.1.3. Profundidad de penetración..... | 8 |
| 1.1.4. Qué es la cocina de inducción | 9 |
| 1.1.5. Principio de funcionamiento de la cocina de inducción..... | 9 |
| 1.1.6. Partes de una cocina de inducción | 10 |
| 1.1.7. Electrodomésticos que generan campos electromagnéticos | 13 |
| 1.1.8. Radiación electromagnética | 14 |
| 1.1.9. Clasificación de la radiación electromagnética..... | 15 |
| 1.1.10. Campos electromagnéticos (cem) | 16 |
| 1.1.11. Clasificación de campos electromagnéticos..... | 17 |
| 1.2. BIOELECTROMAGNETISMO (BEM)..... | 18 |
| 1.3. EFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS SERES VIVOS | 19 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.3.1. | Clasificación de la agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) | 19 |
| 1.3.2. | Restricciones básicas y niveles de referencia..... | 25 |
| 1.3.3. | Los campos magnéticos estáticos de alta intensidad..... | 26 |
| 1.3.4. | Campos de frecuencia intermedia | 26 |
| 1.3.5. | Efectos probados | 27 |
| 1.3.6. | Otros efectos estudiados..... | 27 |
| 1.3.7. | Efecto estudiado producido por cocinas de inducción..... | 27 |
| 1.4. | TÉCNICAS PARA MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS | 28 |

CAPÍTULO 2: EQUIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIONES

ELECTROMAGNÉTICAS..... 31

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | HARDWARE DEL EQUIPO DE MEDICIÓN..... | 31 |
| 2.1.1. | Analizador de baja frecuencia ME3951A | 31 |
| 2.1.2. | Modo de uso del analizador de baja frecuencia ME3951A para medir campos eléctricos y magnéticos. | 33 |
| 2.2. | PROTOCOLO DE MEDICIÓN | 35 |
| 2.2.1. | Condiciones de prueba para cocinas de inducción..... | 35 |
| 2.3. | Características de las cocinas de inducción para las mediciones. | 37 |

CAPÍTULO 3: MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN

ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN..... 40

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1. | ESTÁNDARES PARA LOS NIVELES MÁXIMOS DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA | 40 |
| 3.1.1. | Estándares determinados en América Latina | 41 |
| 3.2. | RECOMENDACIONES Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES..... | 42 |
| 3.2.1. | UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)..... | 42 |
| 3.2.2. | IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.3. Recomendaciones del ICNIRP sobre los límites de exposición a campos electromagnéticos | 42 |
| 3.2.4. Normativa emitida por el Ministerio del Ambiente | 46 |
| 3.3. ENTIDADES DE REGULACIÓN..... | 46 |
| 3.3.1. Supertel (Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador) | 46 |
| 3.3.2. OMS (Organización Mundial de la Salud) | 46 |
| 3.3.3. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)..... | 47 |
| 3.3.4. CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) | 47 |
| 3.3.5. ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra Radiaciones no Ionizantes)..... | 47 |
| 3.3.6. CITEC (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones)..... | 48 |
| 3.3.7. Norma regulatoria Actual vigente en Ecuador respecto a Radiaciones No Ionizantes (RNI)..... | 48 |
| 3.4. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN MAGNÉTICA..... | 49 |
| 3.4.1. Métodos de medición | 49 |
| 3.4.2. Medición de radiación magnética usando el equipo ME3951A. | 52 |
| | |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS | 61 |
| | |
| 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 61 |
| 4.1.1. Resultados de las mediciones de campo magnético..... | 61 |
| 4.2. ANÁLISIS EN LA SALUD | 71 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 72 |
| | |
| RECOMENDACIONES..... | 73 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. 1. Ley de Faraday de inducción electromagnética..... | 5 |
| Figura 1. 2. Componentes de un esquema básico de calentamiento por inducción | 6 |
| Figura 1. 3. Principio de calentamiento por inducción | 7 |
| Figura 1. 4. Profundidad de Penetración..... | 8 |
| Figura 1. 5. Esquema de una cocción de inducción | 9 |
| Figura 1. 6. Representación esquemática de una cocina de inducción | 10 |
| Figura 1. 7. Circuito de potencia de cocina de inducción | 10 |
| Figura 1. 8. Circuito de control de cocina de inducción | 11 |
| Figura 1. 9. Bobinas planas | 11 |
| Figura 1. 10. Placa vitrocerámica..... | 12 |
| Figura 1. 11. Disipadores de calor vista inferior y superior..... | 12 |
| Figura 1. 12. Ventilador | 13 |
| Figura 1. 13. Perpendicularidad entre Campo Eléctrico y Magnético | 15 |
| Figura 1. 14. Espectro Electromagnético de las Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes | 16 |
| Figura 1. 15. Las diferentes ciencias que actualmente se consideran relacionadas con el bioelectromagnetismo | 18 |
| Figura 1. 16. Organización del Bioelectromagnetismo..... | 19 |
| Figura 2. 1. Analizador de baja frecuencia ME3951A..... | 33 |
| Figura 2. 2. Distancias y posición de medición de los campos electromagnéticos.... | 36 |
| Figura 3. 1. Medición de campos eléctricos..... | 54 |
| Figura 3. 2. Posición del medidor de campo para pruebas de campo eléctrico | 55 |
| Figura 3. 3. Ubicación incorrecta del medidor para pruebas de campo eléctrico | 55 |
| Figura 3. 4. Posición del medidor para evitar alteraciones en las mediciones de campo eléctrico | 56 |
| Figura 3. 5. Medición de campo eléctrico..... | 57 |
| Figura 3. 6. Medición de campo magnético..... | 58 |
| Figura 3. 7. Medición de campo magnético eje X | 58 |
| Figura 3. 8. Medición de campo magnético eje Y | 59 |
| Figura 3. 9. Medición de campo magnético eje Z..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 3. 10. Dirección del campo resultante medido en los tres ejes X, Y y Z..... | 60 |
| Figura 4. 1. Cocina Ecogas 2 zonas de cocción por inducción | 62 |
| Figura 4. 2. Valores de campo magnético de las zonas de cocción | 62 |
| Figura 4. 3. Cocina Indurama 4 zonas de cocción por inducción | 63 |
| Figura 4. 4. Valores de campo magnético de las zonas de cocción | 64 |
| Figura 4. 5. Cocina Midea 4 zonas de cocción por inducción | 65 |
| Figura 4. 6. Valores de campo magnético de las zonas de cocción | 66 |
| Figura 4. 7. Cocina Indurama 4 zonas de cocción por inducción | 67 |
| Figura 4. 8. Valores de campo magnético de las zonas de cocción | 68 |
| Figura 4. 9. Cocina Ecogas 4 zonas de cocción por inducción | 69 |
| Figura 4. 10. Valores de campo magnético de las zonas de cocción | 70 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1. Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias | 13 |
| Tabla 2. 1. Características del analizador de baja frecuencia ME3951A | 32 |
| Tabla 2. 2. Especificaciones técnicas del analizador de baja frecuencia ME3951A | 32 |
| Tabla 3. 1. Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHZ | 44 |
| Tabla 3. 2. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces no perturbados)..... | 45 |
| Tabla 3. 3. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces no perturbados)..... | 45 |
| Tabla 3. 4. Niveles de Referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz | 46 |
| Tabla 3. 5. Estimación de la intensidad del campo magnético | 60 |
| Tabla 4. 1. Estadísticas de las mediciones del campo magnético cocina Ecogas 2 zonas de cocción | 63 |
| Tabla 4. 2. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Indurama 4 zonas de cocción | 64 |
| Tabla 4. 3. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Midea 4 zonas de cocción | 66 |
| Tabla 4. 4. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Indurama 4 zonas de cocción | 68 |
| Tabla 4. 5. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la Cocina Ecogas 4 zonas de cocción | 70 |

**NIVELES DE RADIACIÓN MAGNÉTICA PRODUCIDA POR COCINAS DE
INDUCCIÓN COMERCIALIZADAS EN EL ECUADOR**

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de graduación es la de cuantificar los niveles de radiación magnética que producen las cocinas de inducción, para conocer si los mismos son perjudiciales para la salud conforme a los niveles referenciales de exposición a campos magnéticos ocupacionales como poblacionales según la normativa vigente nacional como internacional. Para las mediciones del campo magnético en las cocinas de inducción se utilizó el equipo analizador de campos electromagnéticos ME3951A, los datos se analizaron y compararon con los niveles de referencia, encontrándose muy por debajo de estos, por lo que su uso no produce efecto alguno en la salud.

Palabras Clave: Radiación electromagnética, Bioelectromagnetismo, cocina de inducción, campos electromagnéticos.



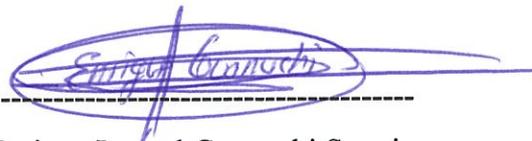
Omar Santiago Alvarado Cando

Director de Titulación



Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



Enrique Leonel Guanuchi Suqui

Autor

**LEVELS OF MAGNETIC RADIATION PRODUCED BY INDUCTION
COOKTOPS SOLD IN ECUADOR**

ABSTRACT

The main objective of this graduation work is to quantify the levels of magnetic radiation produced by induction cooktops, so as to know whether they are harmful to health under reference levels of populations' exposure to occupational magnetic fields, according to current national and international regulations. The ME3951A electromagnetic field analyzer equipment was used to measure magnetic field in induction cooktops. The data were analyzed and compared with the reference levels; which were found to be well below; consequently, its use has no effect on health.

Keywords: Electromagnetic Radiation, Bio-Electromagnetism, Induction Cooktop, Electromagnetic Fields.

Omar Santiago Alvarado Cando
Thesis Director

Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director

Enrique Leonel Guanuchi Suqui
Author



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Enrique Leonel Guanuchi Suqui

Trabajo de Titulación

Ing. Omar Santiago Alvarado Cando.Msc

Mayo, 2016.

NIVELES DE RADIACIÓN MAGNÉTICA PRODUCIDA POR COCINAS DE INDUCCIÓN COMERCIALIZADAS EN EL ECUADOR

INTRODUCCION

Debido a que el país se encuentra en el proceso de cambio de la matriz energética y productiva decreta el **Programa de Eficiencia Energética para Cocción por Inducción (PEC)**, esto conlleva a que todos los usuarios que dispongan de servicio de energía eléctrica cambien el tipo de cocina de gas por una de inducción, las cuales producen radiación magnética. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los campos electromagnéticos inducen corrientes en el cuerpo humano, especialmente el campo magnético que penetra en el interior del cuerpo induciendo corrientes que pueden perturbar el funcionamiento del organismo cuando su intensidad supera un valor límite.

Por este motivo el desarrollo de este proyecto se enfoca en cuantificar los niveles de radiación magnética que son generados por las cocinas de inducción y si los mismos son perjudiciales para la salud, conforme a las normativas vigentes nacionales e internacionales, cabe mencionar que todo está orientado hacia a la salud.

En el capítulo 1 se describe todo lo concerniente al fenómeno de inducción electromagnética y su aplicación en la cocina de inducción, el bioelectromagnetismo,

los efectos de los campos electromagnéticos en los seres vivos, además de las técnicas para medición de los campos electromagnéticas.

El capítulo 2 se hace referencia al equipo con el que se realizan todas las mediciones de campo magnético que generan las cocinas de inducción, también se indica el protocolo para realizar las mediciones y las características de las cocinas utilizadas para este efecto.

En el capítulo 3 se expone acerca de los entes reguladores, recomendaciones y estándares sobre los límites de exposición a campos electromagnéticos y también la medición de los niveles de radiación electromagnética.

Y en el capítulo 4 se presenta todo el análisis estadístico, comportamiento de las medidas y su comparación de los niveles generados por las cocinas de inducción con los valores referenciales según las recomendaciones.

CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE

1. Generalidades

En este capítulo, se hace un enfoque de todo lo concerniente al fenómeno de inducción electromagnética y su aplicación en la cocina de inducción, cabe indicar que el aprovechamiento de este fenómeno en dicha cocina produce radiación electromagnética, motivo de estudio de este proyecto.

Luego, se describe lo referente al bioelectromagnetismo, también se hace un detalle respecto a los efectos que pueden causar los niveles de radiación electromagnética en los seres vivos. Y por último determinar las técnicas de medición de dicho niveles.

1.1. Cocina de inducción

En 1831 el fenómeno de inducción electromagnética fue descubierto por el Científico Británico Michael Faraday (1791-1869), este fenómeno es aprovechado en el campo industrial para generar calentamiento por inducción que consiste en obtener calor continuo y rápido para soldar o modificar las propiedades de materiales o metales que sean conductores de la electricidad. Para producir calor en el material, se aprovechan las corrientes eléctricas inducidas, las cuales se generan al someter el material a un campo magnético de amplitud considerable y variable en el tiempo.

El uso de inducción electromagnética en el campo de la industria creó la posibilidad de un nuevo campo de investigación con fines domésticos. En la actualidad, el fenómeno de inducción electromagnética tienen gran aplicación en los hogares, tales

como, las cocinas de inducción, planchas de inducción, calefactores de inducción y calentadores de agua por inducción (Guamán, Guevara, & Ríos Alberto, 2014).

1.1.1. Principio de calentamiento por inducción

El principio de calentamiento por inducción se fundamenta en los siguientes fenómenos físicos: Inducción electromagnética y Efecto Joule.

Inducción electromagnética

La transferencia de energía al objeto a calentar se produce por medio del fenómeno llamado inducción electromagnética. Se sabe que una corriente alterna es inducida en un lazo de material conductor cuando este lazo se coloca en un campo magnético alterno (véase la Figura 1.1a). La fórmula es la siguiente:

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde:

U = Voltaje (V=Voltio)

Φ = Flujo Magnético (Wb=Weber)

t =Tiempo (s= segundos)

Cuando el lazo está cerrado, la tensión inducida U hará que fluya una corriente que se opone a su causa el campo magnético alterno. Esta es la ley de Faraday-Lenz (véase figura 1.1b).

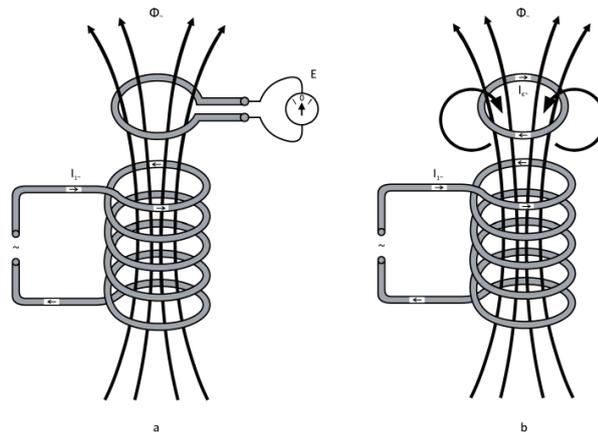


Figura 1. 1. Ley de Faraday de inducción electromagnética.

Fuente. (Callebaut, 2014).

Ley de Faraday

Los campos magnéticos son capaces de producir una corriente eléctrica en una espira cerrada, pero sólo si el flujo magnético que enlaza el área de la superficie de la espira cambia con el tiempo (Ulaby, 2007).

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Donde:

\vec{E} = Es el campo eléctrico

\vec{B} = Es la densidad de campo magnético

Ley de Lenz

Establece que la corriente en la espira siempre circula en una dirección que se opone al cambio del flujo magnético $\Phi(t)$ que la produjo (Ulaby, 2007).

Efecto joule o ley de joule

La ley de joule dice que “el calor generado en un conductor por el paso de la corriente eléctrica es proporcional al producto de la resistencia del

conductor por el cuadrado de la intensidad de corriente” (Paz, 2013, pág. 130), deduciendo la ecuación siguiente:

$$P = R \times I^2 (W)$$

1.1.2. Funcionamiento del calentamiento por inducción

En la figura 1.2 se muestra el principio de calentamiento por inducción. La fuente de poder genera una corriente alterna que atraviesa un inductor (bobina de cobre) y la pieza a calentar se coloca dentro del mismo. El inductor actúa como devanado primario del transformador y la pieza de devanado secundario. Cuando la pieza es atravesada por el campo magnético se inducen corrientes de Foucault en dicha pieza (Gh Group, 2011).

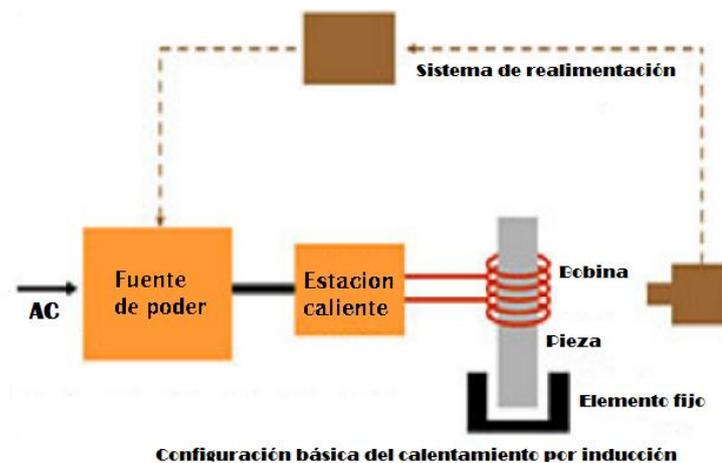


Figura 1. 2. Componentes de un esquema básico de calentamiento por inducción.

Fuente. (Gh Group Induction Atmospheres, 2015).

Las corrientes de Foucault (figura 1.3) fluyen contra la resistividad eléctrica del metal, generando un calor localizado y preciso sin entrar en contacto entre la pieza y el inductor.

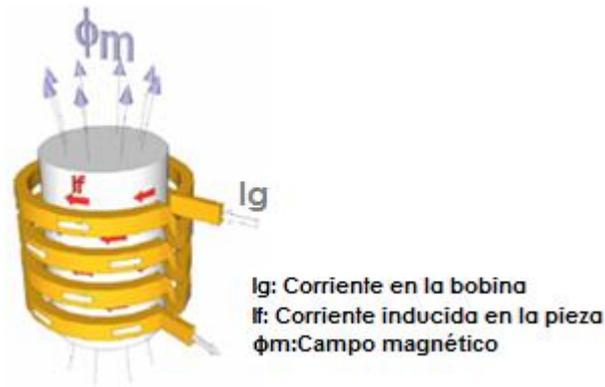


Figura 1. 3. Principio de calentamiento por inducción.

Fuente. (Gh Group, 2011).

Campo eléctrico se genera por la presencia de cargas eléctricas y también por la diferencia de voltaje, por lo que a mayor voltaje más potente será su campo resultante. Un campo eléctrico existe aunque no haya circulación de corriente, es decir que un artefacto crea un campo eléctrico aunque esté conectado pero no encendido (Cordero, 2007).

Campo magnético se crea por el movimiento de las cargas eléctricas. A diferencia de los campos eléctricos, los campos magnéticos se generan solo cuando hay circulación de corriente es decir cuándo funciona el artefacto. El campo magnético puede ser especificado de dos formas: como densidad de flujo magnético (B) expresado en teslas (T), o como intensidad de campo magnético (H), expresado en amperios por metro (A/m) y están relacionadas por:

$$B = \mu H$$

Donde

μ es la permeabilidad magnética en el medio (Cordero, 2007).

1.1.3. Profundidad de penetración

La corriente alterna tiene la particularidad de agruparse en la periferia del conductor, conocido como efecto piel, debido a que la corriente en el interior del mismo genera un campo magnético variable que produce unas corrientes de inducción que tienen el mismo sentido en la parte exterior y contrario en la interior; como consecuencia de esto, la corriente en el centro del conductor se anula y se refuerza en los bordes. El efecto piel se caracteriza por su denominada profundidad de penetración " δ " (Figura 1.4) (Callebaut, 2014).

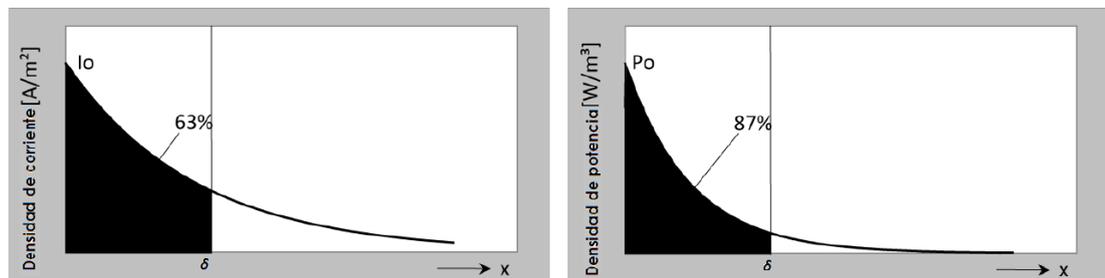


Figura 1. 4. Profundidad de Penetración.

Fuente. (Callebaut, 2014).

Mediante las ecuaciones de Maxwell se puede determinar la profundidad de penetración. Para una carga cilíndrica con un diámetro que es mucho más grande que δ , la fórmula es la siguiente:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi * \mu * f}} \text{ [m]}$$

Donde:

ρ = resistividad [Ω/m]

μ = permeabilidad magnética [H/m] ($\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$)

μ_0 = permeabilidad magnética en el vacío

μ_r = permeabilidad relativa

f = frecuencia [Hz]

1.1.4. Qué es la cocina de inducción

En esencia, la cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica (vidrio cerámico, muy resistente al peso y a los golpes), cuyo elemento principal, ubicado debajo de la zona de cocción, es una bobina plana de cobre (inductor) y con forma de espiral, por la que se hace pasar una corriente eléctrica de frecuencia variable (20KHz – 100 kHz), la misma que genera una densidad de flujo magnético alterno, con la misma frecuencia con la que varía la corriente en la bobina (Tama & GIL, 2013).

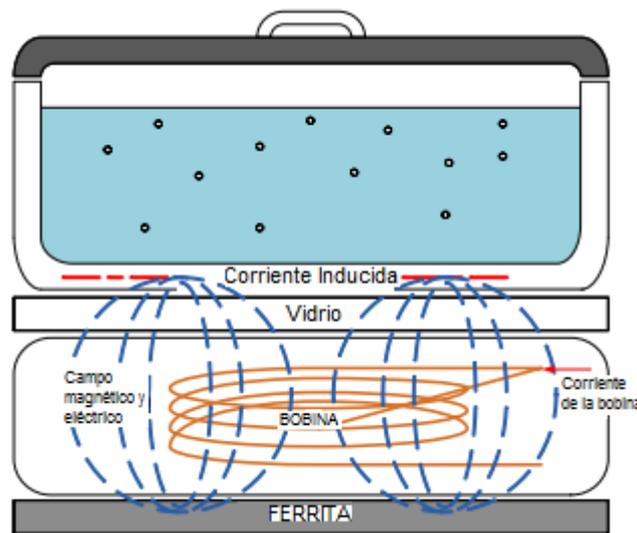


Figura 1. 5. Esquema de una cocción de inducción.

Fuente. (Industries, semiconductor components, 2014).

1.1.5. Principio de funcionamiento de la cocina de inducción

El generador electrónico proporciona energía a la bobina (inductor) que produce un campo electromagnético (CEM) de alta frecuencia. Este campo electromagnético producido penetra el recipiente (de material ferromagnético) y crea una circulación de corriente eléctrica que genera calor, por lo que el calor creado en el recipiente se transfiere al contenido que se encuentra en su interior. El CEM no afecta nada fuera del recipiente, en cuanto se retira el recipiente de la cocina se interrumpe la

producción de calor, debido a que el campo electromagnético generado no atraviesa ningún recipiente y la circulación de corriente no exista.

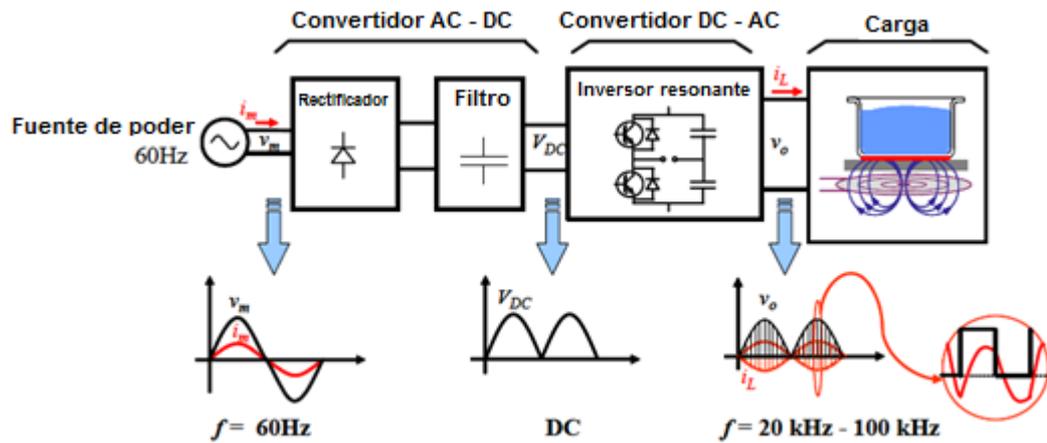


Figura 1. 6. Representación esquemática de una cocina de inducción.

Fuente. (Acero, Burdio, Barragán, Navarro, & Alonso, 2008).

1.1.6. Partes de una cocina de inducción

Circuito de potencia

El circuito de potencia es el encargado de convertir la corriente de entrada de frecuencia de 60 Hz en corriente de frecuencia de 24 kHz, esta conversión se hace por medio de un circuito resonante paralelo, un rectificador y un transistor IGBT (transistor de potencia), la placa electrónica se indica en la siguiente figura.



Figura 1. 7. Circuito de potencia de cocina de inducción.

Fuente. (Servicio técnico cocinas-serviasistencia group, 2014).

Circuito de control

Es la interfaz que permite al usuario controlar las opciones que dispone la cocina de inducción, tales como el encendido, apagado, el nivel de temperatura o potencia entre otras opciones.

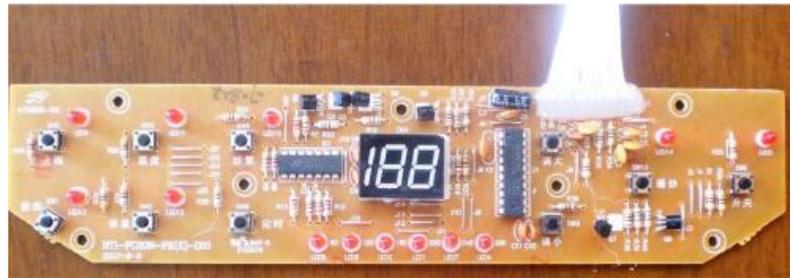


Figura 1. 8. Circuito de control de cocina de inducción.

Fuente. (Panchi, 2014).

Bobina (inductor)

Es una bobina plana de cobre y con forma espiral.

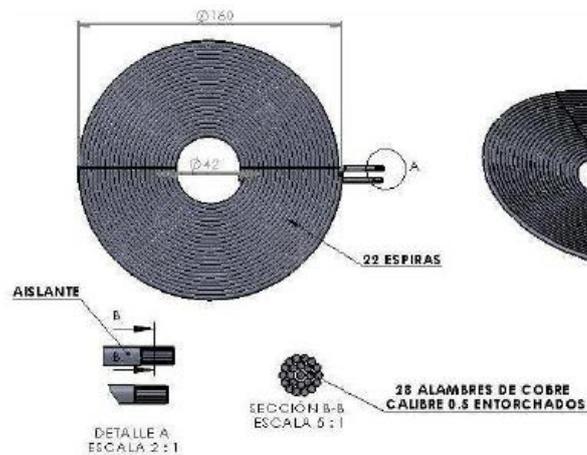


Figura 1. 9. Bobinas planas.

Fuente. (Panchi, 2014).

Placa vitrocerámica

Nos permite la transferencia de calor desde la olla hacia la cocina, por poseer una conductividad muy baja en las direcciones contenidas en un plano y muy alta en la dirección perpendicular, con lo que se minimizan las pérdidas por conducción hacia el bastidor, también protege la bobina como a la electrónica del artefacto.



Figura 1. 10. Placa vitrocerámica.

Fuente. (INDURAMA, 2014).

Disipador de calor

Transfiere el exceso de calor que se genera en los componentes electrónicos hacia el exterior (medio ambiente).



Figura 1. 11. Disipadores de calor vista inferior y superior.

Fuente. (Panchi, 2014).

Ventilador

Es el que proporciona un aumento del coeficiente de transferencia de calor del disipador para mantener los elementos electrónicos en condiciones estables de trabajo.



Figura 1. 12. Ventilador.

Fuente. (Panchi, 2014).

1.1.7. Electrodomésticos que generan campos electromagnéticos

Hay muchos electrodomésticos que también producen campos electromagnéticos. A continuación una tabla donde se indica el nivel de radiación de diferentes artefactos de nuestro hogar, en base a la proximidad con nuestro cuerpo:

Tabla 1.1. Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias.

| Aparato eléctrico | A una distancia de 3 cm (μT) | A una distancia de 30 cm (μT) | A una distancia de 1 m (μT) |
|------------------------------|---|--|--|
| Secador de pelo | 6 – 2000 | 0,01 – 7 | 0,01 – 0,03 |
| Máquina de afeitar eléctrica | 15 – 1500 | 0,08 – 9 | 0,01 – 0,03 |
| Aspiradora | 200 – 800 | 2 – 20 | 0,13 – 2 |
| Luz fluorescente | 40 – 400 | 0,5 – 2 | 0,02 – 0,25 |
| Horno de microondas | 73 – 200 | 4 – 8 | 0,25 – 0,6 |
| Radio portátil | 16 – 56 | 1 | < 0,01 |
| Horno eléctrico | 1 – 50 | 0,15 – 0,5 | 0,01 – 0,04 |
| Lavadora | 0,8 – 50 | 0,15 – 3 | 0,01 – 0,15 |
| Hierro | 8 – 30 | 0,12 – 0,3 | 0,01 – 0,03 |
| Lavavajillas | 3,5 – 20 | 0,6 – 3 | 0,07 – 0,3 |
| Computadora | 0,5 – 30 | < 0,01 | |
| Frigorífico | 0,5 – 1,7 | 0,01 – 0,25 | < 0,01 |
| Televisor de color | 2,5 – 50 | 0,04 – 2 | 0,01 – 0,15 |

Fuente. (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, s.f).

1.1.8. Radiación electromagnética

La radiación electromagnética es una forma de energía en movimiento que se encuentra en nuestro planeta en forma natural y artificial. Los campos electromagnéticos liberan energía ya que están formados por pequeñas partículas de energía llamados fotones. La intensidad de campo electromagnético y la cantidad de energía que tiene cada fotón son los que establecen el nivel de repercusión en los organismos vivos. Los campos eléctrico E y magnético H son componentes de la onda electromagnética, los cuales siguen planos perpendiculares. En la figura siguiente se muestra la perpendicularidad de estos campos (SUPERTEL, 2011).

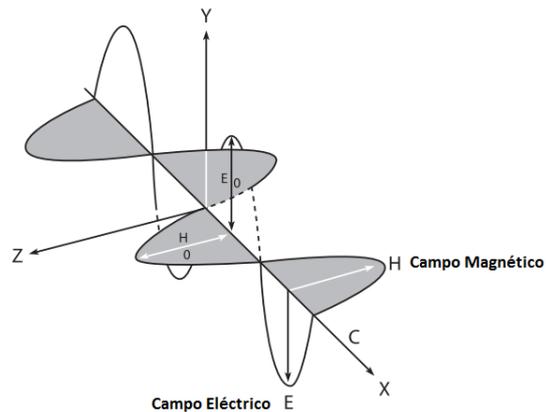


Figura 1. 13. Perpendicularidad entre Campo Eléctrico y Magnético.

Fuente. (SUPERTEL, 2011).

1.1.9. Clasificación de la radiación electromagnética

Se clasifican en dos grupos:

Radiación ionizante

Capaz de romper los enlaces moleculares, se encuentran en la zona del espectro con frecuencias más altas, son radiaciones altamente energéticas y causan efectos nocivos sobre los tejidos vivos (SUPERTEL, 2011).

Radiación no ionizante

Comprende la parte del espectro electromagnético cuya energía no es suficiente como para romper los enlaces moleculares, incluso a intensidades altas. Se encuentra dentro del espectro de frecuencias entre los campos estáticos (0 Hz) hasta frecuencias de 300 GHz (SUPERTEL, 2011).

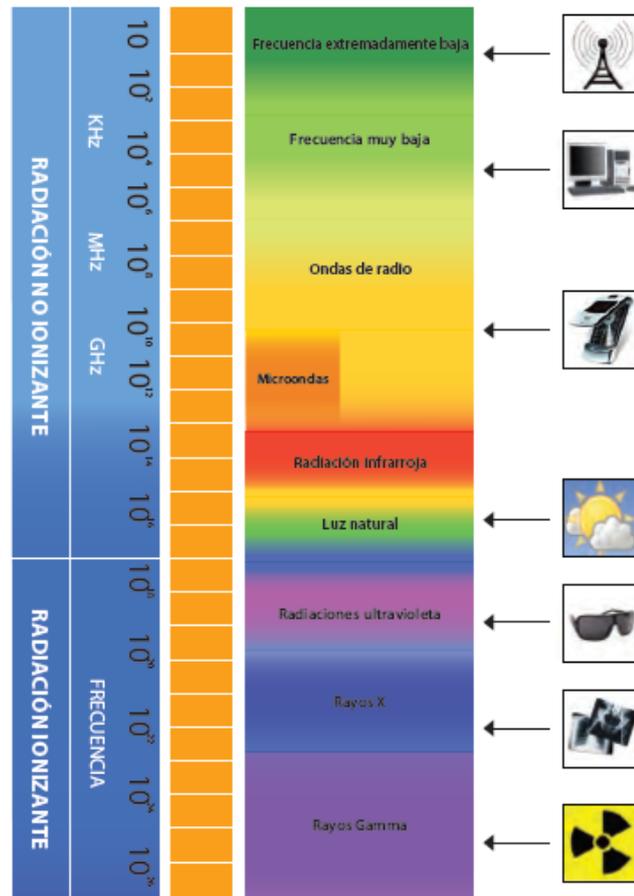


Figura 1. 14. Espectro Electromagnético de las Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.

Fuente. (SUPERTEL, 2011).

1.1.10. Campos electromagnéticos (cem)

Los CEM son creados debido al movimiento de cargas eléctricas y son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente y se propagan de manera oscilante a la velocidad de la luz (300.000km/s). La radiación electromagnética se caracteriza por su longitud de onda y su frecuencia. La diferencia entre unos campos y otros está en la frecuencia, cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la cantidad de energía que transporta la onda.

Campo lejano

A una distancia suficientemente grande de la fuente del campo electromagnético, los campos E y H son perpendiculares entre sí y también con la dirección de propagación. Esta condición, de campo lejano, es la que normalmente se tiene al analizar la ubicación de personas respecto de las radiobases celulares, antenas de FM de radiodifusión y TV.

Campo cercano

En la cercanía de la fuente del campo electromagnético no es posible modelar como onda plana. En particular para las geometrías complejas asociadas a las estaciones y subestaciones de transmisión y distribución, pueden existir zonas donde virtualmente se tenga sólo campo eléctrico o sólo campo magnético.

1.1.11. Clasificación de campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos se clasifican de acuerdo a su frecuencia en:

- a. CEM de baja frecuencia y extremadamente baja o frecuencia industrial (desde 3 hasta 300 Hz), que son los producidos por las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica, redes de telefonía y por la mayoría de los electrodomésticos.
- b. CEM de frecuencia intermedia (entre 300 Hz y 10 MHz), que son los producidos por pantallas de computadoras, dispositivos antirrobo y sistemas de seguridad y transmisiones de radio AM.
- c. CEM de alta frecuencia (entre 10 MHz y 300 GHz), que son los producidos por sistemas de radiodifusión, televisión, hornos de microondas, teléfonos

celulares, enlaces de microondas, antenas de radares, en orden creciente de frecuencia (Cabal, Otero, & Acuña, 2005, págs. 10-11).

1.2. Bioelectromagnetismo (BEM)

“El bioelectromagnetismo es la ciencia multidisciplinar que estudia los fenómenos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos que inciden en los seres vivos” (Franco, s.f). En la figura se muestra como están relacionadas las diferentes ciencias del bioelectromagnetismo.

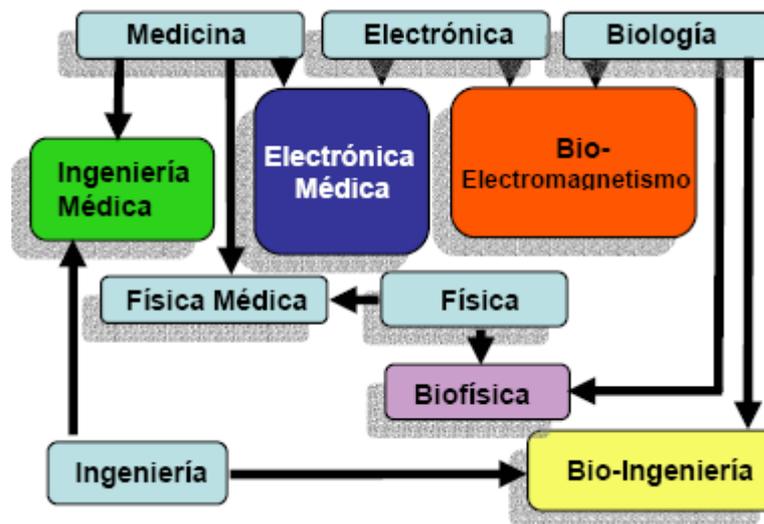


Figura 1. 15. Las diferentes ciencias que actualmente se consideran relacionadas con el bioelectromagnetismo.

Fuente. (Franco, s.f).

Dependiendo de si hablamos de fenómenos eléctricos, electromagnéticos o magnéticos, el bioelectromagnetismo se subdivide como:

- a. Bioelectricidad
- b. Bioelectromagnetismo
- c. Biomagnetismo

A continuación la figura indica esta subdivisión:

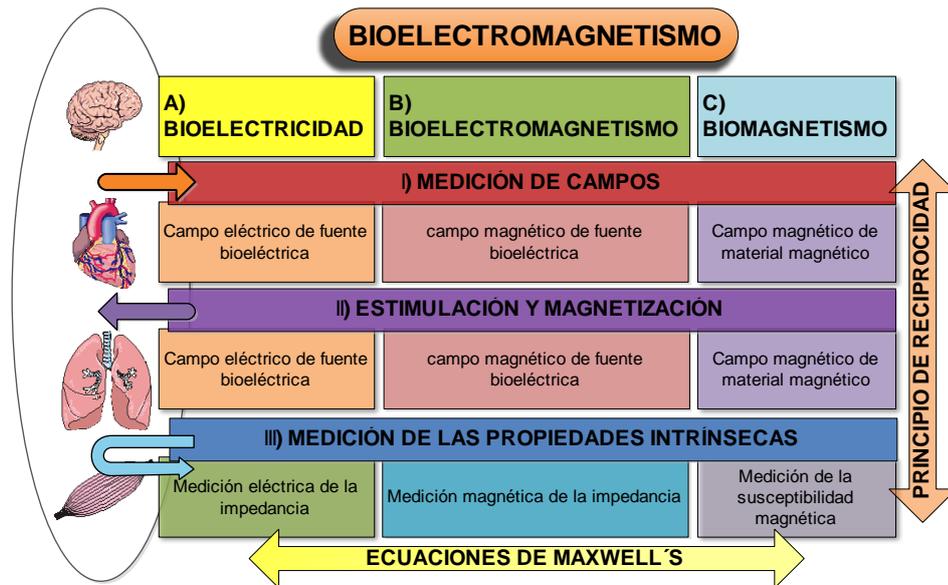


Figura 1. 16. Organización del Bioelectromagnetismo.

Fuente. (Malmivuo & Plonsey, 1995).

1.3. Efectos de los campos electromagnéticos en los seres vivos

1.3.1. Clasificación de la agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC)

De acuerdo a la IARC es necesario clasificar la actividad cancerígena que producen los campos eléctricos y magnéticos estáticos y de extrema baja frecuencia (ELF). Los criterios de evaluación y clasificación de los agentes son:

- Evidencia suficiente: cuando se ha establecido una relación causa–efecto.
- Evidencia limitada: cuando los datos que indican la correlación son creíbles, pero puede existir otra explicación.
- Evidencia inadecuada: cuando los datos disponibles no permiten establecer una correlación.

La IARC, posee una clasificación estándar, la que pesa las evidencias de estudios en seres humanos, en animales y de laboratorio y otorga en caso que corresponda, una de las tres siguientes categorías posibles:

1. Cancerígeno para los seres humanos: basada en fuertes evidencias en humanos.
- 2A. Probable cancerígeno en humanos: basada en fuertes evidencias en animales.
- 2B. Posible cancerígeno en humanos: basada en evidencias en seres humanos consideradas como creíbles, pero otras explicaciones no pueden ser excluidas.
3. No clasificable.
4. Probable no cancerígeno en humanos.

Usando la clasificación estándar de la IARC, los campos magnéticos ELF fueron clasificados como “posiblemente cancerígenos a los seres humanos”, basados en estudios epidemiológicos de leucemia en niños. La evidencia para el resto de cánceres en niños y adultos, así como otros tipos de exposiciones (campos ELF estáticos y eléctricos) fue considerada no clasificables debido a la insuficiente o inconsistente información científica (Cabal, Otero, & Acuña, 2005).

Efecto de radiación electromagnética ELF de redes eléctricas domiciliarias y electrodomésticos

Existen numerosas investigaciones acerca del efecto de la radiación electromagnética de 60 Hz sobre el desarrollo de algunos cánceres, por lo que podríamos resumir a continuación algunos de ellos.

Wertheimer descubrió en el estudio hecho en Seattle una asociación entre las conexiones a tierra de las tuberías metálicas domiciliarias y cáncer infantil. En otro meta-análisis realizado por Dockerty del estudio hecho en Nueva Zelanda describe una asociación entre el uso de diversos electrodomésticos y el cáncer infantil,

leucemia infantil, cáncer del sistema nervioso central y otros tumores malignos. Otro estudio similar elaborado por Bates también presentó evidencia vinculante entre la exposición a campos electromagnéticos domésticos y el cánceres del sistema nervioso central, especialmente cerebrales, en niños (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Efecto de exposición ocupacional a radiación electromagnética, principalmente ELF

Los estudios analizados y la información presentada se refieren especialmente a exposición ocupacional a radiación ELF, a continuación mostramos los análisis realizados por varios investigadores. Tal es el caso de Bates que descubrió evidencia epidemiológica entre la exposición a campos electromagnéticos de 50 Hz de origen ocupacional y cáncer del sistema nervioso central, cáncer cerebral, leucemia y melanoma. Por otra parte Loomis determina que la mortalidad por cáncer de mama en los Estados Unidos es mayor en mujeres que laboran en el sector eléctrico con respecto a otras trabajadoras. De la misma manera Caplan luego del análisis de once estudios, también relaciona la exposición a campos electromagnéticos de 50 Hz de origen ocupacional con cáncer de mama en la mujer. También Kliukiene en estudios desarrollados en Noruega encontró que la incidencia del cáncer de mama en mujeres tiene relación con la exposición a radiación electromagnética de 50 a 60Hz. Del mismo modo Demers ha descrito un elevado riesgo para desarrollar cáncer de mama masculino en trabajadores relacionados con campos electromagnéticos.

En cambio Guénel determina un riesgo relativo de leucemia en personas expuestas de manera continua a campos electromagnéticos de acuerdo al estudio hecho en Dinamarca. Por otra parte Armstrong describe una asociación entre campos electromagnéticos pulsantes y cáncer pulmonar en trabajadores de artefactos eléctricos, estudio realizado en Quebec-Canadá y en Francia. Además Savitz analizó un estudio hecho en Estados Unidos y determinó riesgo de cáncer cerebral en trabajadores relacionados con electrodomésticos que están expuestos a campo magnético (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Grados de certeza de la relación causa-efecto de los principales efectos sobre la salud causados por exposición a radiaciones No Ionizantes

Según los estudios descritos anteriormente se relaciona a los campos electromagnéticos con diversos tipos de cáncer como leucemia, tumores, tumores cerebrales, cáncer de mama. A continuación se presenta un listado de las diversas enfermedades en cuya etiopatogenia (origen o causa del desarrollo de una patología) puede intervenir la radiación electromagnética, clasificadas de acuerdo al estudio realizado en el Programa de Campos Electromagnéticos de California.

Radiación electromagnética como causa muy improbable:

- ◆ Alteraciones reproductivas
- ◆ Malformaciones congénitas
- ◆ Bajo peso al nacimiento
- ◆ Radiación electromagnética como carcinógeno universal (todos los cánceres)

Radiación electromagnética como factor etiológico (causa de enfermedad) posible:

- ◆ Enfermedad de Alzheimer
- ◆ Cáncer de mama masculino
- ◆ Cáncer cerebral en niños
- ◆ Problemas cardíacos
- ◆ Suicidio

Radiación electromagnética como factor etiológico probable:

- ◆ Leucemia en niños
- ◆ Cáncer cerebral en adultos
- ◆ Aborto espontáneo
- ◆ Esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Lou Gehring)

Radiación electromagnética posible o probable:

- ◆ Cáncer de mama femenino
- ◆ Leucemia en adultos (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Cáncer

Los estudios antes descritos mencionan que la exposición a radiación electromagnética, aumenta el riesgo para desarrollar diversos tipos de cánceres como leucemias y linfomas, cáncer de mama masculino y femenino, tumores cerebrales, cáncer de testículo, endometrio y colon, entre otros (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Leucemia en adultos

Kheifets realizó análisis meta-analíticos de un estudio llevado a cabo en Los Ángeles California que han mostrado la incidencia de leucemia en adultos a radiación electromagnética (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Leucemia infantil

Un meta-análisis realizado por Wartenberg de estudios elaborados con niños en los Estados Unidos evidencia riesgo de leucemia infantil por exposición a campos magnéticos (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Cáncer cerebral en adultos

De varios estudios examinados por Kheifets en su meta-análisis, demostró que la probabilidad de la asociación como causa-efecto de este tipo de cáncer es mayor a un 50% (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Cáncer cerebral infantil

La probabilidad de la asociación entre este tipo de cáncer y la exposición a campos magnéticos era entre un 10 y un 50% (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Cáncer de mama

Por discrepancias entre los evaluadores del Programa de Campos Electromagnéticos de California, la incidencia de radiación electromagnética en el cáncer de mama femenino muestra un 10 y un 90% y para el masculino entre un 10 y un 50% (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Abortos espontáneos

Se ha demostrado que la exposición a radiación electromagnética, que se origina en televisores y monitores aumenta considerablemente la ocurrencia de abortos espontáneos (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Lou Gehring)

Varios estudios han confirmado una correlación entre la exposición a radiación electromagnética y esta enfermedad. Ahlbom ha calculado los riesgos meta-analíticos a partir de estudios previamente publicados relacionando exposición a campos magnéticos (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Enfermedad de Alzheimer

Sobel luego de analizar dos estudios señaló que existe relación entre exposición a campos electromagnéticos y enfermedad de Alzheimer (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Enfermedad cardiovascular

“Sastre demostró que la exposición a 200mG causa una disminución en la variación de la frecuencia cardíaca en los humanos” (Tchernitchin & Riveros, 2004).

Hipersensibilidad Electromagnética

Estudios realizados por Havas y Johansson indican algunos de los síntomas comunes que son asociados con hipersensibilidad electromagnética como: dolor de cabeza, deterioro de la memoria, palpitaciones del corazón, depresión, desorden del sueño, malestar general, visión borrosa, debilidad, mareos, molestia en el pecho, dolor muscular, fatiga, náuseas, sudores nocturnos, parestesias (hormigueo y adormecimiento de las extremidades superiores o inferiores) esta sintomatología aumenta al encontrarse cerca de artefactos eléctricos, transformadores, antenas de telefonía móvil u otras fuentes de radiación. Además, Havas demostró respuestas fisiológicas a bajas dosis de exposición electromagnética en algunas personas (Genius & Lipp, 2011).

1.3.2. Restricciones básicas y niveles de referencia

Hay dos clases de guías para establecer límites a exposiciones de campos electromagnéticos:

Restricciones básicas

Las restricciones a la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos que están relacionadas directamente en los efectos en la salud se denominan restricciones básicas. Las magnitudes como la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia (S) son las que permiten establecer estas restricciones (Cabal, Otero, & Acuña, 2005).

Niveles de referencia

Estos niveles son proporcionados para propósitos de evaluar en forma práctica las exposiciones para determinar si es probable que las restricciones básicas sean excedidas. Algunos niveles de referencia son derivados de restricciones básicas relevantes usando técnicas de medición y/o computacionales, y algunas están basadas en percepciones y efectos indirectos adversos por la exposición a los CEM. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S) y las corrientes que fluyen a través de las extremidades (IL). Las cantidades que están dirigidas a la percepción y otros efectos indirectos son las corrientes de contacto (IC) y, para campos pulsantes, la absorción de energía específica (SAR) (Cabal, Otero, & Acuña, 2005).

1.3.3. Los campos magnéticos estáticos de alta intensidad

Pueden provocar alteraciones leves de los latidos cardíacos y un ritmo cardíaco irregular (arritmia), poniendo en riesgo la vida del paciente. En campos de frecuencias extremadamente bajas (*ELF*) hasta 300Hz, existen escasas pruebas experimentales confirmadas de que estos campos afecten a la fisiología y el comportamiento humano a las intensidades habituales en el hogar. En consecuencia estos campos fueron clasificados por la Agencia de Investigación del Cáncer (*IARC*) en el grupo 2B de carcinogenicidad basándose en estudios epidemiológicos en niños (Alonso Fustel, García Vázquez, & Onainda Olalde, 2011).

1.3.4. Campos de frecuencia intermedia

Cocinas de inducción, focos ahorradores de energía, sistemas de seguridad, pueden inducir corrientes eléctricas en el cuerpo humano, produciendo a cierta intensidad, excitaciones nerviosas y musculares (Alonso Fustel, García Vázquez, & Onainda Olalde, 2011).

1.3.5. Efectos probados

Los campos magnéticos de frecuencia inferior a 100 kHz, pueden inducir cargas o corrientes eléctricas en los tejidos expuestos. Si se trata de tejidos eléctricamente excitables como el nervioso o el muscular y de campos muy intensos, estas corrientes pueden causar perturbaciones ocasionales en el sistema nervioso. De otro modo los campos electromagnéticos de frecuencia entre 100 kHz y 10 GHz, pueden inducir la absorción de la energía irradiada y provocar un aumento de la temperatura corporal. La profundidad de penetración de estos campos en los tejidos es mayor cuanto menor sea su frecuencia por lo que a frecuencias superiores a 10GHz la profundidad de penetración es menor (Alonso Fustel, García Vázquez, & Onainda Olalde, 2011).

1.3.6. Otros efectos estudiados

En 2001 científicos expertos de la IARC reviso estudios relacionados con la carcinogenicidad de los campos eléctricos y magnéticos estáticos y de frecuencias extremadamente bajas (ELF). Usando la clasificación estándar de la IARC que considera las evidencias en seres humanos, animales y de laboratorio, los campos magnéticos de ELF fueron clasificados como posibles cancerígenos en seres humanos basándose en estudios epidemiológicos de leucemia en niños. Pues en el mes de mayo de 2011 la IARC, ha clasificado los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como posibles cancerígenos para humanos, haciendo especial hincapié en los teléfonos móviles e inalámbricos (Alonso Fustel, García Vázquez, & Onainda Olalde, 2011).

1.3.7. Efecto estudiado producido por cocinas de inducción

Como la ICNIRP fija los límites de exposición del público general en 87 V/m para el campo eléctrico y 6,25 μ T para el campo magnético a frecuencias desde los 3 KHz hasta los 150 KHz, como las cocinas de inducción trabajan en los 50 KHz deberían

cumplir esta norma. Por lo tanto la ICNIRP sólo considera protección sobre los efectos térmicos y aseguran que no existen daños térmicos en los tejidos dentro de los 6 minutos de exposición a los campos electromagnéticos si se respecta esta norma.

Aunque esos límites térmicos ya no son seguros para la salud humana, usando habitualmente las cocinas de inducción se pueden superar ampliamente, porque el campo magnético de alta frecuencia es emitido por las bobinas hacia el exterior para poder alcanzar las ollas y resulta que cuanto más cerca nos encontremos a la bobina de la cocina de inducción mayor será el campo electromagnético.

En el estudio suizo *Exposure of the Human Body to Professional and Domestic Induction Cooktops* publicado en la prestigiosa revista científica *BioElectroMagnetic* los investigadores después de examinar 16 cocinas de inducción confirman que los niveles de campos electromagnéticos al que se encuentra el feto de las embarazadas cuando están usando la cocina de inducción puede causar daños neuronales al futuro bebe (BIOELECTRICA, 2014).

1.4. Técnicas para medición de campos electromagnéticos

Para determinar las técnicas de medición de campos electromagnéticos se deben de seguir los siguientes pasos:

- **Determinar el fenómeno a investigar con claridad**

Puede ser que se deseen determinar las condiciones de propagación en un laboratorio, un galpón de una fábrica, un pasillo o un ambiente de oficina. Relativo a estas mediciones, puede ser que interese medir el efecto de los muebles, el efecto de personas moviéndose en el laboratorio, comparándolo con medidas con el mismo laboratorio vacío. También puede interesar medir cuánto se propaga la señal a través de las paredes (Feick, Grote, & Hristov, 2000).

- **Aislar los fenómenos que son motivo de investigación de perturbaciones causadas por otros fenómenos no deseados**

Si las paredes, el tumbado y el piso son del mismo material, si las ventanas son similares y su efecto es predecible, entonces se tiene un ambiente relativamente homogéneo y será más fácil llegar a resultados y conclusiones relevantes, sucediendo lo opuesto si las condiciones no son homogéneas (Feick, Grote, & Hristov, 2000).

- **Determinar los lugares que satisfacen los requerimientos anteriores**

A modo de ejemplo, si se desea investigar el efecto de las reflexiones producidas por paredes de diversos materiales, conviene escoger ambientes similares, si no idénticos, excepto en cuanto al material de construcción empleado. Si, en cambio, se desean medir los fenómenos de propagación a través paredes, estas deben ser, por lo general, grandes en dimensión y deben ser homogéneas (Feick, Grote, & Hristov, 2000).

- **Determinar la técnica a ser utilizada en las mediciones**

Básicamente se puede efectuar de dos formas, realizando mediciones en banda angosta o en banda ancha. Cada una tiene sus ventajas y desventajas. Por consiguiente la técnica más sencilla de acuerdo al equipo utilizado es la de banda angosta u onda continua. Esta técnica requiere de un generador de señales en el rango de frecuencias en el cual se realizarán las mediciones. El receptor escogido para estas mediciones puede ser un Analizador de Espectros. Las estadísticas que se obtienen de este tipo de mediciones son: el perfil de atenuación respecto de la distancia, el exponente de atenuación, las pérdidas por penetración en paredes y la distribución espacial de la señal en un ambiente (Feick, Grote, & Hristov, 2000).

- **Medición de las emisiones electromagnéticas**

Si se emplea el equipo de medición apropiado es posible cuantificar el nivel de exposición, y valorar éste por comparación con los valores límite. Si las mediciones se realizan con el equipo adecuado es preciso saber la frecuencia o frecuencias de emisión del campo/radiación ya que este tipo de dispositivos sirven para un rango de frecuencias específico. En cambio si se realiza la medición con un equipo selectivo no es necesario conocer la frecuencia emisora para seleccionar el aparato adecuado (ASEPEYO, 2005).

- **Medición a baja frecuencia**

“Las mediciones de campos a baja frecuencia se realizarán en la región de campo cercano porque la relación entre la intensidad de campo eléctrico E y la de campo magnético H es compleja y no constante, por lo que deben medirse ambos valores por separado. En el contexto de los efectos biológicos se utiliza a menudo una magnitud relacionada con la intensidad de campo magnético H , que es la densidad de flujo magnético o inducción magnética B , expresada en (T) o Gauss (G)” (ASEPEYO, 2005).

CAPÍTULO 2

EQUIPO DE MEDICIÓN DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

A frecuencias inferiores a 300 MHz aproximadamente, los campos se miden en términos de intensidad de campo eléctrico (E) e intensidad de campo magnético (H), donde el campo eléctrico se expresa en voltios por metro (V/m) y el campo magnético en amperios por metro (A/m). Al ser campos vectoriales se caracterizan por magnitud y dirección en cada punto. En el intervalo de baja frecuencia, el campo magnético suele expresarse en términos de densidad de flujo (B), por medio de la unidad SI (Sistema Internacional de Medidas) denominada tesla (T).

2.1. Hardware del equipo de medición

2.1.1. Analizador de baja frecuencia ME3951A

El analizador de baja frecuencia ME3951A es un medidor de smog eléctrico de la marca Gigahertz Solutions (figura 2.1). Se puede detectar los campos electromagnéticos con este analizador de baja frecuencia. El rango de medición de este equipo va desde 0,1 V/m hasta 1999 V/m. El rango de medición de baja frecuencia (1Hz – 100KHz) de campos magnéticos es de 0,1 nT a 1999 nT. El rango de frecuencia en el que trabaja este dispositivo alcanza de 5 Hz a 400 kHz. Puede ajustar los diferentes filtros para diversas aplicaciones. Este equipo se puede usar en estudios ambientales, la investigación y el desarrollo, debido a que es de uso profesional. La tabla 2.1 muestra las características y la tabla 2.2 las especificaciones técnicas del equipo.

Tabla 2. 1. Características del analizador de baja frecuencia ME3951A.

| CARACTERISTICAS | |
|--|--|
| Apagado automático | Cuida el uso de la batería. Auto-apagado después de 40 minutos de pruebas continuas de CEM. |
| Pantalla LCD | Pantalla de fácil lectura de 3,5 dígitos. |
| Frecuencia del filtro | 16.7 Hz. Electric Railway (Sólo Europa). |
| | 50 Hz a 400 KHz. Marco de medición típico. |
| | 2 KHz a 400 KHz. Alta Frecuencia Transitorios. |
| Salidas AC/DC | Facilita interfaz con equipos: osciloscopios/analizadores de espectro/registro de audio/evaluación de todos los datos (0,5 mV DC por dígito) |
| Fuente de alimentación | Batería recargable de NIMH, compatible con la batería alcalina de 9 voltios |
| Indicador de batería baja | Indicador de batería baja y función de apagado automático. |
| Tiempo de funcionamiento | La batería recargable de NIMH proporciona de 6 a 8 horas de uso continuo. Las baterías Alcalinas desechables ofrecen hasta 24 horas de uso continua. |
| Campo eléctrico AC | Valor visualizado en V/m |
| Campo magnético AC | Valor representada en nanoTeslas (nT) |
| Medición unidimensional en cada eje | Beneficioso para la detección de la fuente |

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Tabla 2. 2. Especificaciones técnicas del analizador de baja frecuencia ME3951A.

| ESPECIFICACIONES TECNICAS | |
|--|--|
| Rango de Frecuencia | 5 Hz - 400 kHz (-2db) |
| Tipo de sensor | Sensor de campo eléctrico |
| | Sensor de campo magnético (unidimensional) |
| Rango de medición de campo magnético | Densidad de flujo magnético: 0,1 - 199 nT (0.001 - 2mG) 1 - 1999 nT (0.001 - 20 mG) |
| Rangos de medición de campo eléctrico | Intensidad de campo eléctrico: 1 - 199 V/m 1 - 1999 V/m |
| Precisión (en función de la frecuencia) | ±2 % (50 / 60 Hz) |
| Audioanálisis | Indicador acústico que facilita la localización de la fuente (sonido Geiger) |
| Evaluación de la señal | RMS (valor eficaz) |
| Salida de señal | AC / DC |
| Selector de frecuencia del filtro | 16 Hz (red ferroviaria) |
| | 50 Hz (red eléctrica doméstica) |
| | 2 kHz (ondas armónicas) |
| Alimentación | Batería de NiMH (Níquel-Metal Hidruro) de 9 V |
| | Indicación de estado de batería, función apagado automática. |
| Tiempo operativo medio | 8 horas |

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 2. 1. Analizador de baja frecuencia ME3951A.

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

2.1.2. Modo de uso del analizador de baja frecuencia ME3951A para medir campos eléctricos y magnéticos.

El equipo viene de fábrica previamente calibrado, pero una recomendación de los fabricantes del equipo, antes de iniciar las mediciones de campo magnético, es necesario realizar una rutina de movimientos rápidos y cortos alrededor de su eje longitudinal. De esta manera el campo geomagnético se convierte en campo casi alterno, logrando que este se induzca de una mejor manera en el equipo.

Para el campo eléctrico, se recomienda que sosteniendo firmemente en posición vertical el equipo, se den golpes suaves con los dedos en la parte superior, debido al potencial de masa de los dedos, un campo eléctrico casi alterno se creará, cuya fuerza o intensidad se refleja en valores medidos más altos en la pantalla del equipo.

Medición de campo eléctrico

Para las mediciones de campo eléctrico el equipo debe tener referencia de tierra como se indica en su manual, ya que su principio de funcionamiento es medir las corrientes de tierra y del cuerpo conductivo que se encuentra ante la presencia del campo eléctrico.

Las mediciones deben ser realizadas con el equipo muy cerca del cuerpo. Esto es con el fin de registrar valores de campo próximos al cuerpo humano. Además, las fuentes de campo posteriores al cuerpo son apantallados directamente por la presencia de la persona encargada de realizar la medición.

Sin embargo, las mediciones se deben realizar de preferencia sin presencia de otras personas, con el fin de evitar mediciones erróneas, caso contrario de existir presencia de las mismas deberán colocarse detrás de la persona que está realizando las mediciones. Con el fin de anular las autoinducciones debido a movimientos minúsculos, se debe colocar el selector del filtro de frecuencias en la posición 50 Hz - 400 kHz.

Medición del campo magnético

Para este tipo de medidas, el equipo no requiere de la referencia a tierra, por lo que la presencia de otras personas junto al equipo no altera los valores medidos. Del mismo modo que la medición de campo eléctrico con el fin de anular las autoinducciones debido a movimientos minúsculos, se debe colocar el selector del filtro de frecuencias en la posición 50 Hz - 400 kHz.

2.2. Protocolo de medición

La norma que establece el protocolo para medir los campos electromagnéticos de las cocinas de inducción es la IEC62233 (Métodos de medición para campos electromagnéticos de electrodomésticos y aparatos similares en relación con exposición humana), cabe resaltar observaciones importantes de esta norma para las respectivas mediciones tales como:

- Se deben tener en cuenta campos magnéticos transitorios con una duración de menos de 200 ms.
- Si durante la medición se provoca un cambio o movimiento tanto del equipo como del artefacto, la medida tiene que ser repetida.
- El equipo de medición debe tener un nivel de ruido máximo del 5% del valor límite. Cualquier valor medido por debajo del nivel máximo de ruido es aceptable.
- El nivel de ruido de fondo debe ser menos del 5% del valor límite.
- El tiempo de respuesta del equipo de medición para obtener lecturas aceptables no debe ser mayor a 1s.
- La densidad de flujo magnético se mide durante un tiempo promedio de 1s.
- Durante la medición el equipo debe mantenerse firme.
- Los métodos de medida especificados en la norma antes indicada son válidos para el rango de frecuencias de 10 Hz hasta 400 kHz. Para frecuencias por arriba de 400 kHz y por debajo de 10 Hz, los aparatos de medición para la aplicación de esta norma, se considera que cumplen con los análisis (Bureau of Indian Standards, 2012).

2.2.1. Condiciones de prueba para cocinas de inducción

Distancias para las Mediciones

Para las mediciones de cada zona de cocción se realizan a lo largo de cuatro líneas verticales (A, B, C, D) a una distancia de 30 cm de los bordes de la cocina a la superficie del equipo de medición (véase la figura 2.2.1). Las mediciones se

realizan hasta a 1 m por encima de la zona de cocción y 0.5 m por debajo de ella (Bureau of Indian Standards, 2012).

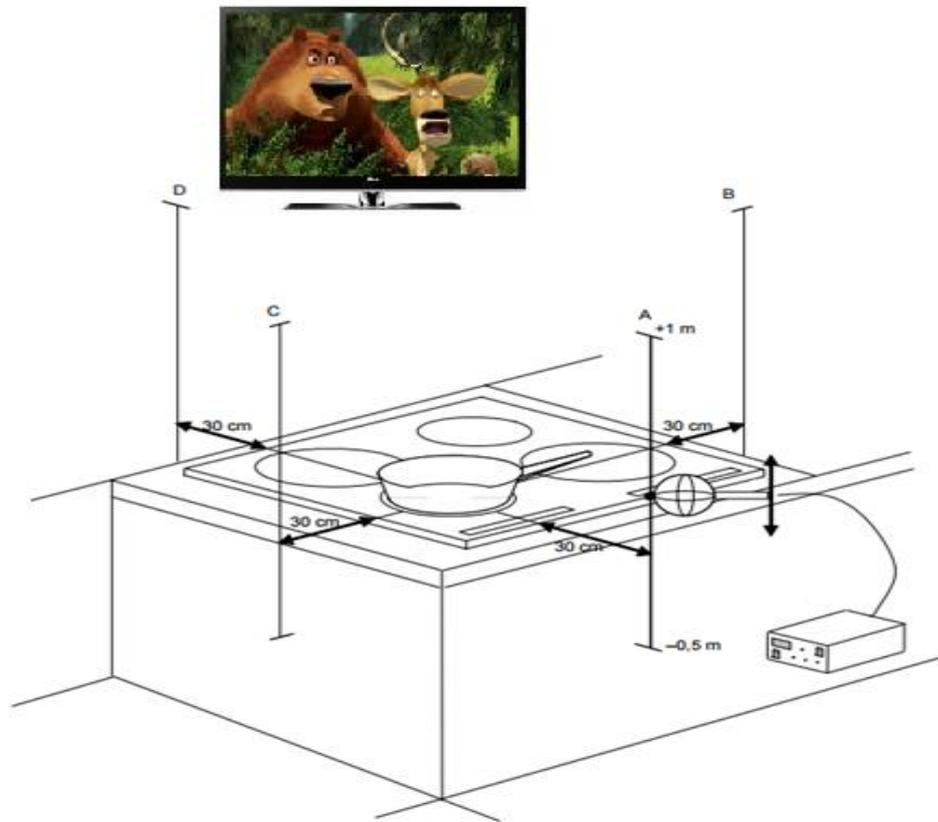


Figura 2. 2. Distancias y posición de medición de los campos electromagnéticos.

Fuente. (Bureau of Indian Standards, 2012).

Modo de operación

- Se coloca un recipiente aproximadamente a la mitad de su capacidad con agua en el centro de la zona de cocción a medir, cabe indicar que el recipiente debe cubrir en lo posible toda la zona de cocción, con todas las zonas apagadas se tomará una medida.
- Solo para tener un orden en la toma de las medidas se empezará con la zona de cocción frontal y luego la posterior en el caso de las cocinas con dos zonas de cocción, en las cocinas de cuatro zonas se inicia por la frontales de izquierda a derecha y luego las posteriores de derecha a izquierda.
- Las mediciones deben obtenerse en cada zona una por vez, con la potencia al mínimo, medio y máximo, considerando que las cocinas referentes para

este proyecto tiene nueve (9) niveles de potencia, por lo tanto se consideró como nivel mínimo (1), medio (6) y máximo (9).

- Las mediciones se deben realizar después de que tener condiciones de operación estables, pero si no se logra estas condiciones, un tiempo de observación apropiado (por ejemplo, 30s) debe ser definido para estar seguro de obtener el máximo valor en el campo de las fuentes fluctuantes.
- Para cada situación se tomaran cuatro mediciones a intervalos de tiempo de 15s.

2.3. Características de las cocinas de inducción para las mediciones.

Modelo 1.- Encimera modelo EI4PV-E60 Indurama 4 inductores

Dimensiones

Ancho: 78 cm.

Profundidad: 52cm.

Características

- ✓ Vidrio vitrocerámico de fácil limpieza.
- ✓ Control digital con 9 niveles de potencia.
- ✓ Función booster en 2 inductores.
- ✓ Temporizador / apagado automático.
- ✓ Sensor inteligente de recipientes.
- ✓ Sensor bloqueo de sobrecalentamiento.
- ✓ Bloqueo para niños.

Especificaciones

- ✓ Potencia: 7100 W.
- ✓ Voltaje: 200 V – 240 V.

Inductores

1. 14,5 cm 1400 W (Booster).
2. 14.5 cm 1400 W.
3. 21 cm 2300 W (Booster).
4. 14,5 cm 1400 W.

Modelo 2.- Encimera Ecogas modelo CRETA 2 inductores

Dimensiones

Ancho: 25cm

Profundidad: 47.6cm

Descripción

- ✓ 2 Zonas de cocción a Inducción
- ✓ Mandos digitales para 9 niveles de potencia
- ✓ Sensor de recipiente
- ✓ Bloqueo digital y automático
- ✓ Temporizador digital
- ✓ Dispositivo contra sobrecalentamiento
- ✓ Tablero superior cristal vitrocerámico
- ✓ Voltaje de funcionamiento 208 - 240 VAC
- ✓ Frecuencia 50/60 Hz
- ✓ Potencia nominal 2.600 W
- ✓ Potencia máxima 3.000 W
- ✓ Conexión eléctrica 220V

Modelo 3.- Cocina MIDEA modelo 24IME4IEK00110 4 inductores

Características

- ✓ Vidrio vitrocerámico de fácil limpieza
- ✓ Control con 9 niveles de potencia
- ✓ Temporizador / apagado automático
- ✓ Sensor inteligente de recipientes
- ✓ Sensor bloqueo de sobrecalentamiento
- ✓ Bloqueo para niños

Especificaciones

- ✓ Potencia Nominal: 5850 W.
- ✓ Voltaje: 220 VAC

Inductores

A.16 cm 1500 W

B.18 cm 2000 W

C.16 cm 1500 W

D.18 cm 2000W

Modelo 4.- Encimera Ecogas modelo ATENAS 4 inductores

Dimensiones

Alto: 8.5 cm

Ancho: 58cm

Profundidad: 51cm

Características

- ✓ 4 Zonas de cocción a Inducción
- ✓ Cocineta convertible a empotrable
- ✓ Mandos digitales para 10 niveles de potencia
- ✓ Sensor de recipiente
- ✓ Nivel booster ultra rápido
- ✓ Bloqueo digital y automático
- ✓ Temporizador digital
- ✓ Dispositivo contra sobrecalentamiento
- ✓ Tablero superior cristal vitrocerámico
- ✓ Voltaje de funcionamiento 208 - 240 VAC
- ✓ Frecuencia 50/60 Hz
- ✓ Potencia nominal 3.500 W
- ✓ Potencia máxima 4.000 W

Inductores

1.21 cm

2.15 cm

3.21 cm

4.15 cm

CAPÍTULO 3

MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

3.1. Estándares para los niveles máximos de radiación electromagnética

El desarrollo de estándares recae en diferentes ramas institucionales, pero fijar los valores máximos permitidos de exposición a campos electromagnéticos es competencia del Ministerio del Ambiente. Por lo tanto, la elaboración de las normas que regulan los procedimientos es competencia de entidades especializadas designadas por los Estados para controlar y regular los servicios de comunicaciones y pueden seguir o no las pautas internacionales.

Debido a las discrepancias en el uso de las normas, se han elaborado los siguientes principios que pueden ayudar a disminuir los daños ocasionados por los campos electromagnéticos.

➤ Principio de precaución o de incertidumbre científica

Según este principio, se deben tomar precauciones para evitar la exposición a los CEM hasta que los conocimientos científicos y la información epidemiológica permitan definir de manera más precisa los efectos de los CEM, incluso de las emisiones de baja intensidad o de la exposición a largo plazo.

➤ Principio de prudencia

Determina que debe tomarse medidas de protección de bajo costo que permitan disminuir la intensidad de los CEM.

➤ **Principio de exposición tan baja como sea razonablemente posible**

Se debe tratar de emplear la menor potencia posible para una tarea dada. Este es un principio de precaución conocido en el campo de las radiaciones ionizantes y que se usa para el control de los riesgos por radiaciones no ionizantes (Skavarca & Aguirre, 2006).

3.1.1. Estándares determinados en América Latina

Varios países determinaron los valores límite de acuerdo a las recomendaciones del Instituto Nacional de Normas de los Estados Unidos de América (American National Standards Institute, ANSI) que reglamentó el límite de exposición ocupacional de $1\text{mW}/\text{cm}^2$ (densidad de potencia) en el espectro de frecuencias de 30 a 300 MHz, mientras que otros países optaron por utilizar normas basadas en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) que establece 200mT (densidad de flujo magnético) como los límites de exposición ocupacional. A continuación se indica las recomendaciones que han empleado algunos países de América Latina, entre estos Ecuador.

Argentina: Los límites ocupacionales y públicos son semejantes a los de la ICNIRP.

Bolivia: Establece el límite según las recomendaciones del ANSI.

Brasil: Se basa en los límites recomendados por la ICNIRP.

Colombia: Norma Técnica UIT K52, basada en los límites recomendados por la ICNIRP.

Ecuador: Se basa en los límites recomendados por la ICNIRP.

Perú: Se basa en los límites recomendados por la ICNIRP.

Se observa que la mayoría de países establece los límites basados en las recomendaciones del ICNIRP (Skavarca & Aguirre, 2006).

3.2. Recomendaciones y Estándares Internacionales

3.2.1. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La UIT ha formulado la siguiente recomendación UIT-T K.52, “Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos”, que tiene como objetivo, facilitar el cumplimiento de los límites de seguridad de dispositivos que emitan radiaciones, cuando las personas se encuentren expuestas a campos electromagnéticas. La manera de evaluar los dispositivos se basa expresamente en los límites de seguridad proporcionados por el ICNIRP (Romo Morales & Rubio Mora, 2011).

3.2.2. IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

La IEEE estableció el Estándar C95.1, “Norma de la IEEE para Niveles de Seguridad con respecto a la exposición Humana a Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia en el Rango de 3 kHz a 300 GHz”, esta norma facilita recomendaciones para evitar efectos perjudiciales en seres humanos expuestos a campos electromagnéticos en el rango de frecuencias de 3 kHz a 300 GHz (Romo Morales & Rubio Mora, 2011).

3.2.3. Recomendaciones del ICNIRP sobre los límites de exposición a campos electromagnéticos

Con la publicación por la ICNIRP de la recomendación “*Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields up to 300 Ghz*” (Recomendaciones para Limitar la Exposición a Campos Eléctricos,

Magnéticos y Electromagnéticos de 0 a 300 GHz), resultó ser la recomendación internacional más conocida, importante y utilizada para prevenir los posibles efectos de las radiaciones no ionizantes por exposición a campos eléctricos y magnéticos.

Esta norma considera una exposición ocupacional y una poblacional, precisando que a una exposición ocupacional están sometidas aquellas personas capacitadas para trabajar en contacto con fuentes emisoras de CEM. Mientras que una poblacional se refiere a todas las personas en general que desconocen del potencial riesgo de su exposición. También se presentaron dos clases de recomendaciones: restricciones básicas y niveles de referencia (ICNIRP, 2009).

Restricciones básicas

Se basan directamente en los efectos adversos sobre la salud de las personas debido a la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, por lo tanto estas restricciones no deben ser excedidas. Dependiendo de la frecuencia del campo, se considera: la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (S) como cantidades físicas para especificar estas restricciones.

En el rango de frecuencia de unos pocos Hz a 1 kHz, para los niveles de densidad de corriente inducida por encima de 100 mA/m^2 , existen efectos sobre el sistema nervioso central. Tomando en cuenta esta consideración se estableció que en el rango de frecuencias de 4 Hz a 1 kHz, la exposición ocupacional se debe limitar a campos que inducen densidades de corriente menor a 10 mA/m^2 , mientras que para el público en general se aplica una restricción básica de exposición de 2 mA/m^2 . Las restricciones básicas para densidades de corriente, SAR de cuerpo entero promedio, y SAR localizado para frecuencias entre 1Hz y 10 GHz se muestran en la siguiente tabla (ICNIRP, 2010).

Tabla 3. 1. Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHz.

| Características de la exposición | Rango de Frecuencias | Densidad de corriente para cabeza y tronco (mA/m^2) (valor eficaz) | SAR promedio en todo el cuerpo (W/Kg) | SAR localizado en cabeza y tronco (W/Kg) | SAR localizado en extremidades (W/Kg) |
|----------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Exposición ocupacional | Hasta 1Hz | 40 | - | - | - |
| | 1 - 4Hz | 40/f | - | - | - |
| | 4Hz - 1KHz | 10 | - | - | - |
| | 1 - 100KHz | 1000 | - | - | - |
| | 100KHz - 10MHz | f/100 | 0.4 | 10 | 20 |
| | 10MHz - 10GHz | - | 0.4 | 10 | 20 |
| Exposición al público en general | Hasta 1Hz | 8 | - | - | - |
| | 1 - 4Hz | 8/f | - | - | - |
| | 4Hz - 1KHz | 2 | - | - | - |
| | 1 - 100KHz | 200 | - | - | - |
| | 100KHz - 10MHz | f/500 | 0.08 | 2 | 4 |
| | 10MHz - 10GHz | - | 0.08 | 2 | 4 |

f es la frecuencia en Hz

Fuente. (ICNIRP, 2010).

Niveles de referencia

El cumplimiento de los niveles de referencia de estas recomendaciones asegura el cumplimiento de las restricciones básicas. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S) y las corrientes que fluyen a través de las extremidades (IL). Las cantidades que están dirigidas a la percepción y otros efectos indirectos son las corrientes de contacto (IC) y para campos pulsantes, la absorción de energía específica (SA). Cuando los valores medidos se comparan con los niveles de referencia y estos son más altos que los niveles de referencia, no necesariamente implica que las restricciones básicas son excedidas, pero si es necesario un análisis más detallado para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas.

Para el rango de frecuencias hasta 1 kHz, los niveles de referencia de campo eléctrico para exposición ocupacional es de 8.3 kV/m para fuentes que funcionan a 60 Hz, incluido un margen prudencial de seguridad a fin de prevenir efectos de estimulación de las corrientes inducidas de contacto bajo todas las condiciones posibles. Para el público en general los niveles de referencia son 4.2 kV/m para fuentes que funcionan a 60 Hz, con mayor margen de seguridad a fin de prevenir efectos adversos indirectos, (ICNIRP, 2010).

Tabla 3. 2. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces no perturbados)

| Rango de Frecuencia | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μT) | Densidad de Potencia (W/m ²) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| Hasta 1Hz | - | 1.63×10^5 | 2×10^5 | - |
| 1 - 8Hz | 20000 | $1.63 \times 10^5/f^2$ | $2 \times 10^5/f^2$ | - |
| 8 - 25Hz | 20000 | $2 \times 10^4/f$ | $2.5 \times 10^4/f$ | - |
| 0.025 - 0.82KHz | 500/f | 20/f | 25/f | - |
| 0.82 - 65KHz | 610 | 24.4 | 30.7 | - |
| 0.065KHz - 1MHz | 610 | 1.6/f | 2/f | - |
| 1 - 10MHz | 610/f | 1.6/f | 2/f | - |
| 10 - 400MHz | 61 | 0.16 | 0.2 | 10 |
| 400 - 2000MHz | $3 f^{0.5}$ | $0.008 f^{0.5}$ | $0.01 f^{0.5}$ | f/40 |

f es la frecuencia en Hz

Fuente. (ICNIRP, 2010).

Tabla 3. 3. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces no perturbados).

| Rango de Frecuencia | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μT) | Densidad de Potencia (W/m ²) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| Hasta 1Hz | - | $3.2 \times 10^4/f^2$ | 4×10^4 | - |
| 1 - 8Hz | 10000 | $3.2 \times 10^4/f^2$ | $4 \times 10^4/f^2$ | - |
| 8 - 25Hz | 10000 | 400/f | 5000/f | - |
| 0.025 - 0.8KHz | 250/f | 4/f | 5/f | - |
| 0.8 - 3KHz | 250/f | 5 | 6.25 | - |
| 3KHz - 150KHz | 87 | 5 | 6.25 | - |
| 0.15 - 1MHz | 87 | 0.73/f | 0.92/f | - |
| 1 - 10MHz | $87/f^{0.5}$ | 0.73/f | 0.92/f | - |
| 10 - 400MHz | 28 | 0.073 | 0.092 | 2 |
| 400 - 2000MHz | $1.375 f^{0.5}$ | $0.0037 f^{0.5}$ | $0.0046 f^{0.5}$ | f/200 |

f es la frecuencia en Hz

Fuente. (ICNIRP, 2010).

3.2.4. Normativa emitida por el Ministerio del Ambiente

Los niveles de referencia establecidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz, para público en general y para personal ocupacionalmente expuesto, se tomaron de la ICNIRP, en las recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz) y se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4. Niveles de Referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz.

| Tipo de Exposición | Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (B) (μ T) |
|---|---|---|--|
| Público en General | 4167 | 67 | 83 |
| Personal Ocupacionalmente Expuesto | 8333 | 333 | 417 |

Fuente. (ICNIRP, 2010).

3.3. Entidades de regulación

3.3.1. Supertel (Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador)

La Superintendencia de Telecomunicaciones como Organismo referente del sector, consideró necesario la implementación de un Sistema de Monitoreo de Emisiones Electromagnéticas, acogiendo las Recomendaciones internacionales de la UIT-T (Recomendación UIT-T K.83).

3.3.2. OMS (Organización Mundial de la Salud)

La OMS es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas que creó en 1996 el Proyecto Internacional CEM para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el

intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz. El Proyecto CEM facilita el desarrollo de normas aceptables internacionalmente que limiten la exposición a CEM (ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, 2015).

3.3.3. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), engloba tres sectores principales: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo. Debido a la polémica sobre los posibles efectos de los CEM sobre la salud, formó un comité de trabajo (ITU-T Study Group 5) para recoger y analizar información sobre esta materia (ITU, 2015).

3.3.4. CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)

Es el responsable de la normalización en el campo de la ingeniería electrotécnica. Designado como Organización de Estándares Europeos por la Comisión Europea, el CENELEC es una organización técnica sin fines de lucro creado por la ley Belga (Bélgica). Se formó en 1973 por la asociación de las organizaciones europeas CENELCOM y CENEL (CENELEC, 2015).

3.3.5. ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra Radiaciones no Ionizantes)

La ICNIRP, es un organismo que se encuentra vinculado a la Organización Mundial de la Salud, cuya función es la de investigar los peligros que se pueden asociar con las diferentes formas de radiaciones no ionizantes (RNI) y así proporcionar protección contra efectos adversos a la salud conocidos, mediante la publicación de recomendaciones internacionales para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (CEM) en el rango de 0 a 300 GHz.

Para la emisión de las recomendaciones o guías ICNIRP en 1998, se discutieron resultados de laboratorio y epidemiológicos, criterios básicos de exposición y niveles de referencia para evaluación práctica del peligro y las recomendaciones presentadas se aplican a la exposición ocupacional y poblacional. Las restricciones en estas recomendaciones se basan en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, proporcionando una adecuada protección a la exposición de CEM variables en el tiempo (ICNIRP, s.f).

3.3.6. CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones)

La CITEL es el órgano asesor de la Organización de los Estados Americanos en asuntos relacionados con las telecomunicaciones/TIC. Fue creado en 1994, con la misión de promover el desarrollo integral y sostenible de las telecomunicaciones/TIC en el Hemisferio. Integran la CITEL, todos los países miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y más de 100 Miembros Asociados provenientes de la industria de telecomunicaciones, Internet, medios electrónicos, entre otros (OEA, 2013).

3.3.7. Norma regulatoria Actual vigente en Ecuador respecto a Radiaciones No Ionizantes (RNI)

El Ministerio del Ambiente es el ente encargado de la política ambiental del Ecuador y considerando lo establecido en la Constitución Política del Ecuador que se consagra el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, se expidieron las Normas Técnicas Ambientales para la prevención y control de la contaminación ambiental para los sectores de infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte que a continuación se cita.

“Sector de infraestructura telecomunicaciones y eléctrico, Anexo 10: Norma de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos.

- Requerimientos mínimos de seguridad para exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60Hz.

- Disposiciones para radiaciones no ionizantes generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico (3 kHz - 300 GHz) (EFFICACITAS, 2011).

Los niveles de referencia para la exposición a campos eléctricos y magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz, para público en general y para personal ocupacionalmente expuesto, se determinan de acuerdo a los valores establecidos en la Recomendación UIT-T K.52 de la UIT, la que el Ecuador ocupó para elaborar sus Normas Técnicas Ambientales, estos valores se indican en la tabla 3.4 (EFFICACITAS, 2011).

3.4. Medición de los niveles de radiación magnética

3.4.1. Métodos de medición

Rango de frecuencia

La gama de frecuencias considerada es de 10 Hz a 400 kHz. Si no es factible para cubrir el rango de frecuencias en una medición, se añaden los resultados ponderados de cada rango de frecuencia medida.

Distancias, posiciones y modo de operación de medición

Las distancias de medición, las ubicaciones de los sensores y las condiciones de funcionamiento se especifican a continuación:

- a) El aparato utilizado en contacto con las partes pertinentes del cuerpo: 0 cm.
- b) Otros electrodomésticos: 30 cm.

La configuración y el modo de funcionamiento durante la medición se deben indicar.

Sensor de campo magnético del Medidor

Los valores de medición de densidad de flujo son promediados sobre un área de 1m^2 en cada dirección. Se permite utilizar un sensor de solo una dirección (no isotrópica) en combinación con un método sumatorio apropiado, como este equipo dispone de este tipo de sensor es necesario tomar esta recomendación.

El valor final de la densidad de flujo magnético es la suma vectorial de los valores medidos en cada dirección. Esto asegura que el valor medido es independiente de la dirección del vector de campo magnético.

Procedimientos para la medición de campos magnéticos

La señal medida que depende de la frecuencia deberá ser evaluada. Tomando en cuenta fuentes de campos independientes, se registrará el valor medido más alto. Para determinar la densidad de flujo magnético se fija un tiempo promedio de 1s. Tiempos de muestreo más cortos pueden ser utilizados si la fuente se mantiene constante durante un periodo superior a 1s para señales de 10 Hz - 400 kHz.

Evaluación en el dominio del tiempo

Independiente del tipo de señal, una medición en el dominio del tiempo del valor de la densidad de flujo magnético puede ser realizada. Para campos con varios componentes de frecuencia, la dependencia de la frecuencia de los niveles de referencia se tiene en cuenta mediante la implementación de una función de transferencia A , que es la inversa de los niveles de referencia B_{RL} (B_{RL} = nivel de referencia de la densidad de flujo magnético en f_{C0}) y la normalizada B_0 . La normalización se realiza a la frecuencia f_{C0} por lo que se recomienda el uso de la frecuencia de la red para la normalización, en este caso $f_{C0} = 60$ Hz). Entonces la fórmula general de la función de transferencia es:

$$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{C0})}{B_{RL}(f)}$$

El punto de inicio de la función de transferencia será $f_1=10Hz$ y final $f_n = 400KHz$.

La siguiente secuencia se utiliza para las mediciones:

- realizar una medición separada de cada señal de la bobina.
- aplicar una ponderación a cada señal utilizando la función de transferencia.
- obtener la media cuadrática.

El resultado es el valor eficaz ponderado de la densidad de flujo magnético.

Métodos alternativos de pruebas

Electrodomésticos fabricados de modo que sólo generan campos magnéticos con frecuencia de la red y sus armónicos, sólo necesitan ser probados en la gama de frecuencias por debajo de 2 kHz. Dependiendo del conjunto elegido de niveles de referencia, para estos artefactos se pueden aplicar procedimientos de prueba simplificados.

Medición por incertidumbre

La máxima incertidumbre total de medición no deberá superar el 25% del límite. La medición de incertidumbre total, puede comprender aspectos como la posición del sensor, las condiciones de funcionamiento, el ruido de fondo o que la señal supere el rango dinámico del instrumento de medición.

Si la medición de incertidumbre excede 25% del valor medido, la incertidumbre tiene que ser convertido a un valor basado en los límites utilizados. Cuando el resultado tiene que ser comparado con un valor límite, la medición de incertidumbre será implementada de la siguiente manera:

- Para establecer si un aparato produce sólo los campos por debajo del límite, la medida de incertidumbre tiene que ser añadido al resultado y la suma tiene que ser comparado con el límite.
- Para establecer si un aparato produce campos por encima del límite, la medición de incertidumbre tiene que ser restado del resultado y la diferencia tiene que ser comparado con el límite (Bureau of Indian Standards, 2012).

3.4.2. Medición de radiación magnética usando el equipo ME3951A.

El equipo que se utiliza en este proyecto permite realizar mediciones, tanto del campo eléctrico como del campo magnético por lo tanto estos son los métodos a utilizarse para la toma de las medidas de la radiación electromagnética que producen las cocinas de inducción. A continuación se describe algunas consideraciones que se deben tener en cuenta, con el manejo de este equipo, para realizar mediciones de manera correcta.

Instrucciones de medición

Introducción a las propiedades de campos eléctricos y magnéticos de AC

Para una medición práctica, las siguientes propiedades de los campos magnéticos y eléctricos son muy importantes:

- Cualquier medición siempre está determinada tanto por posición como de dirección. El mínimo cambio en la posición o la dirección del medidor de campo puede tener resultados importantes en el valor de medición, especialmente en los campos magnéticos de corriente alterna.
- Los campos magnéticos y eléctricos no sólo penetran en materiales sólidos, sino que también pasan a través de ellos. Esto es esencialmente cierto para los campos magnéticos, cuya protección es bastante costoso.

- Los campos eléctricos de corriente alterna se producen cuando se aplica una tensión alterna. Por ejemplo cuando un artefacto se enciende, hay flujo de corriente por lo tanto se crea un campo magnético.
- Junto a la intensidad de campo, los campos eléctricos y magnéticos también se caracterizan por su frecuencia. Por otra parte también hay campos magnéticos y electromagnéticos estáticos, cada uno de los cuales requiere un enfoque totalmente diferente a las pruebas al igual que la radiación de radiofrecuencia (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Con el fin de obtener resultados significativos en las pruebas, se debe tener los siguientes requisitos mínimos para equipos de pruebas de campos eléctricos y magnéticos en el rango de baja frecuencia (1Hz – 100KHz):

- Realizar por separado las mediciones de campos eléctricos (con referencia a tierra) y los campos magnéticos.
- Mediciones de alta precisión.
- Alta sensibilidad: 10 nT o 1 V/m.

El medidor de campo ME3951A de la marca GIGAHERTZ SOLUTIONS® cumplen con todos los requisitos anteriores (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Consideraciones antes de las mediciones

1. Compruebe que el medidor de campo se encuentre en la función correspondiente según el tipo de campo a medir.
2. En primer lugar tomar mediciones de campos eléctricos y magnéticos al aire libre para tener una idea de la radiación de fondo. Si el medidor de campo registra más de 5 V/m ó 5 nT (0,05 mG), esto le dará una idea de la exposición del fondo. Si se sospecha de los campos externos, sus fuentes se pueden localizar moviendo el medidor de campo en la dirección de las lecturas más altas.

3. Comenzar con el rango de medición 199,9 nT(M)-V/m(E). Sólo si la pantalla indica un valor mayor a este, debido a intensidades de campo muy altas, cambiar a la gama más alta 1999,9 nT(M)-V/m(E).
4. La señal audible que dispone el equipo hace más fácil la detección de fuentes de campos (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Instrucciones para medir campos eléctricos

1. Conexión a tierra del medidor de campo y la persona que realiza la prueba

Antes de cualquier prueba de campo eléctrico el medidor tiene que estar conectado al potencial de tierra a través del conductor de puesta a tierra suministrado con el equipo, con el fin de obtener información fiable de los resultados de las mediciones. Insertar el cable de puesta a tierra en el conector dedicada ("tierra", "icono de tierra"). Presionar el conector "AC" o "DC" con el dedo (figura 3.1), con el fin de colocar el cuerpo al potencial de tierra (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 1. Medición de campos eléctricos.

Fuente. Autor.

2. Posicionamiento del medidor de campo para pruebas de campo eléctrico.

El medidor de campo está calibrado para las realizar mediciones en estrecha proximidad con el cuerpo (figura 3.2). Por lo tanto, evite tomar mediciones con un brazo estirado. Esto se provocaría variaciones en los valores de los resultados de la prueba (figura 3.3). Este tipo de distorsiones pueden reducirse o evitarse colocando una superficie conductora detrás del medidor de campo (figura 3.4) (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 2. Posición del medidor de campo para pruebas de campo eléctrico.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 3. Ubicación incorrecta del medidor para pruebas de campo eléctrico.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 4. Posición del medidor para evitar alteraciones en las mediciones de campo eléctrico.

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

3. Mediciones de campo eléctrico

Encienda el medidor de campo y ponga el interruptor “Tipo de campo” a “E” para el campo eléctrico (figura 3.5). Ajuste el interruptor para el filtro de frecuencia en 50Hz - 400kHz. De este modo se suprimen autoinducciones debido a los micro movimientos (temblor de la mano). Durante las mediciones asegúrese de que el cable de puesta a tierra se encuentre por la parte posterior del equipo y de la persona que realiza las pruebas, así como cualquier otra persona presente debe ubicarse detrás del medidor de campo. Mantenga el medidor de campo cerca del cuerpo. Cuanto más lejos se mantenga el instrumento del cuerpo, los resultados de las pruebas tienden a ser más erróneos.

Cuando el medidor de campo se coloca en un trípode o sobre una mesa, es necesario que la persona se coloque a 5cm detrás del instrumento para obtener mediciones precisas (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 5. Medición de campo eléctrico.

Fuente. Autor.

Mediciones de campo magnético

Encienda el medidor de campo y ponga el interruptor “Tipo de campo” a “M” para el campo magnético (figura 3.6). Ajuste el interruptor para el filtro de frecuencia en 50 Hz - 400 kHz. De la misma manera que en la medición de campos eléctricos este ajuste ayuda que se supriman autoinducciones debido a los micro movimientos (temblor de la mano).

Para mediciones confiables de los campos magnéticos, ni el medidor de campo, ni la persona que realiza las mediciones tienen que estar referenciados a tierra. Otras personas cerca del medidor de campo no afectan a los resultados de las pruebas (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 6. Medición de campo magnético.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Medición precisa de la intensidad del campo magnético en presencia de varias fuentes de campo

En este caso, es necesario tomar tres medidas por separado.

El medidor de campo debe mantenerse como se muestra en las imágenes: apuntar la parte delantera (figura 3.7), hacia el techo (figura 3.8) y hacia un lado de manera que quede perpendicular al eje delantero (figura 3.9).



Figura 3. 7. Medición de campo magnético eje X.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 8. Medición de campo magnético eje Y.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).



Figura 3. 9. Medición de campo magnético eje Z.
Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

Con el fin de estimar la resultante de la exposición real al campo magnético, las siguientes reglas generales se pueden aplicar.

Reglas generales para la estimación total de la intensidad del campo magnético

Tabla 3. 5. Estimación de la intensidad del campo magnético.

| Valor de la medición | Campo magnético total correspondiente |
|----------------------------------|--|
| Un valor alto, dos valores bajos | Valor más alto |
| Dos valores altos, un valor bajo | Valor más alto más la mitad del segundo valor más alto |
| Tres valores similares | Una y medio veces del más alto |

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

La resultante, de la intensidad del campo magnético total (la suma de las intensidades de campo individuales) se puede calcular de manera precisa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Intensidad de campo resultante} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

La figura 3.10 muestra la dirección del campo resultante, que también se llama "campo sustituto". Las figuras 3.7, 3.8 y 3.9, muestran cómo realizar las mediciones individuales de cada uno de los ejes del sistema de coordenadas (x, y, z) (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

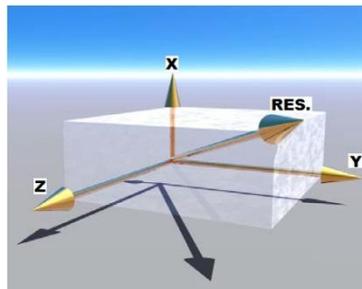


Figura 3. 10. Dirección del campo resultante medido en los tres ejes X, Y y Z.

Fuente. (GIGAHERTZ SOLUTIONS, 2012).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En este capítulo se muestran, tanto el comportamiento de manera gráfica como los resúmenes estadísticos obtenidos a partir de las mediciones de campo magnético de las cocinas de inducción que fueron objeto de estudio en este proyecto permitiendo de este modo también su análisis en la salud.

4.1. Análisis estadístico

4.1.1. Resultados de las mediciones de campo magnético

En este apartado se presentan los resultados gráficos de las mediciones efectuadas, donde el eje vertical principal (lado izquierdo) indica los valores medidos en la cocina y el eje vertical secundario (lado derecho) los valores límites de exposición a campos magnéticos según recomienda la ICNIRP (6.25 μ T poblacional, 30.7 μ T ocupacional).

Medidas: Cocina Ecogas 2 zonas de cocción por inducción

Las medidas fueron tomadas en todos los lados de cada inductor (frontal, posterior, izquierdo y derecho). En la figura 4.1 se muestra la disposición de las zonas de cocción.



Figura 4. 1. Cocina Ecogas 2 zonas de cocción por inducción.

Fuente. Autor.

En la figura 4.2 se observa que los niveles de campo magnético generado por esta cocina se encuentran muy por debajo de los valores límites según la ICNIRP.

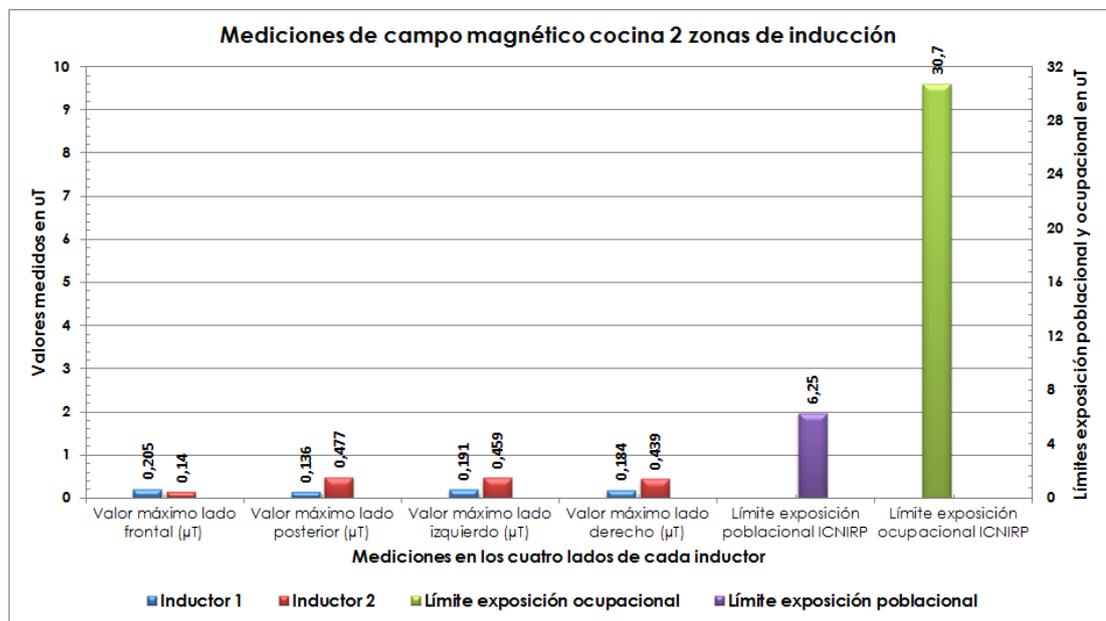


Figura 4. 2. Valores de campo magnético de las zonas de cocción.

Fuente. Autor.

Datos estadísticos

En la tabla 4.1 se exponen las estadísticas de las mediciones realizadas. Se observan que los valores de campo magnético no supera los límites de la ICNIRP para una distancia de medición de 30 cm. Las unidades de las medidas se encuentran en microTeslas (μT).

Tabla 4. 1. Estadísticas de las mediciones del campo magnético cocina Ecogas 2 zonas de cocción.

| Zonas de cocción | Distancia | Mínimo (μT) | Máximo (μT) | Promedio (μT) | Mediana (μT) |
|------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ZONA 1 | 30 cm | 0,097 | 0,205 | 0,15 | 0,1435 |
| ZONA 2 | 30 cm | 0,055 | 0,477 | 0,27 | 0,2695 |

Fuente. Autor.

Medidas: Cocina Indurama 4 zonas de inducción

En la figura 4.3 se muestra la disposición de las zonas de cocción para la toma de medidas.



Figura 4. 3. Cocina Indurama 4 zonas de cocción por inducción.

Fuente. Autor.

En la figura 4.4 se nota que los niveles de campo magnético generado por esta cocina se encuentran también por debajo de los valores límites.

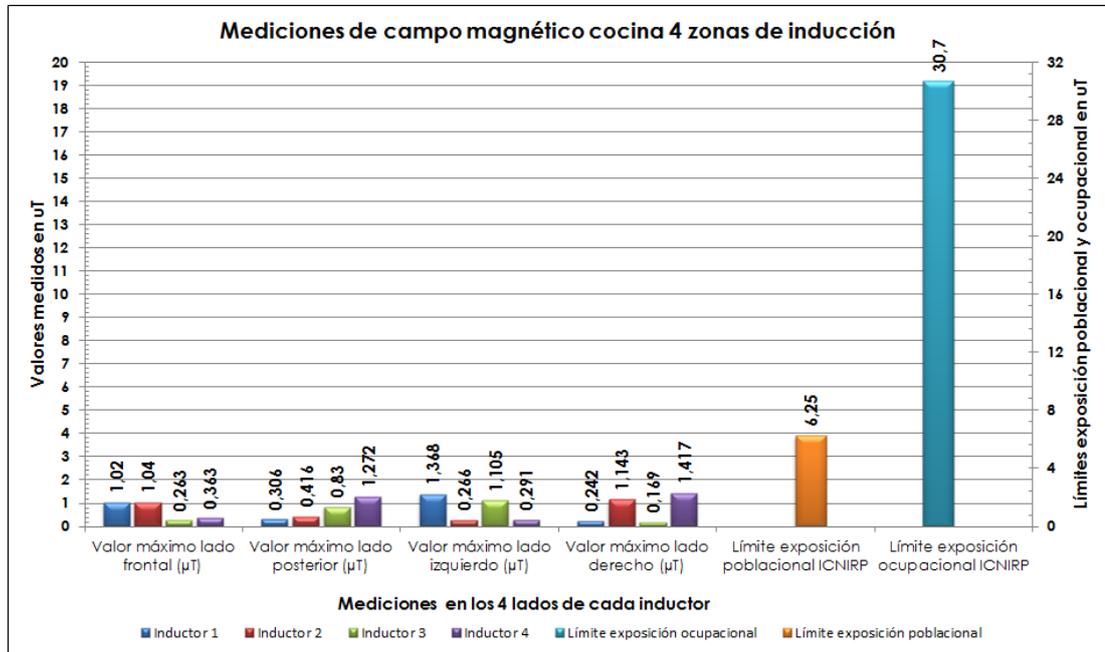


Figura 4. 4. Valores de campo magnético de las zonas de cocción.

Fuente. Autor.

Datos estadísticos

En la tabla 4.2 se indican las estadísticas de las mediciones realizadas. Se observan que los valores de campo magnético también se sitúan por debajo de las recomendaciones vigentes. Las unidades de las medidas se encuentran en microTeslas (µT).

Tabla 4. 2. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Indurama 4 zonas de cocción.

| Zonas de cocción | Distancia | Mínimo (μT) | Máximo (μT) | Promedio (μT) | Mediana (μT) |
|------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ZONA 1 | 30 cm | 0,097 | 1,368 | 0,45 | 0,2645 |
| ZONA 2 | 30 cm | 0,081 | 1,143 | 0,47 | 0,2715 |
| ZONA 3 | 30 cm | 0,114 | 1,105 | 0,41 | 0,2625 |
| ZONA 4 | 30 cm | 0,116 | 1,417 | 0,58 | 0,363 |

Fuente. Autor.

Medidas: Cocina Midea 4 zonas de inducción

En la figura 4.5 se muestra la disposición de las zonas de cocción para la toma de medidas.



Figura 4. 5. Cocina Midea 4 zonas de cocción por inducción.

Fuente. Autor.

En la figura 4.6 se observa que los niveles de campo magnético generado por esta cocina se encuentran muy por debajo de los valores límites establecidos en las recomendaciones.

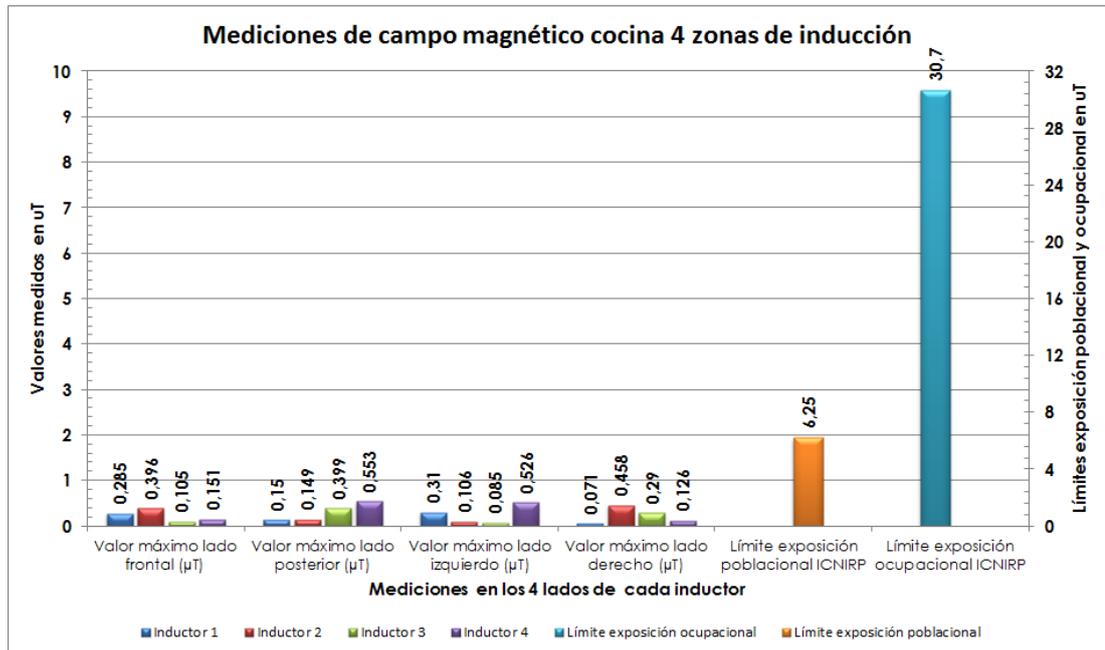


Figura 4. 6. Valores de campo magnético de las zonas de cocción.

Fuente. Autor.

Datos estadísticos

En la tabla 4.3 se exponen las estadísticas de las mediciones realizadas. Se observan que los valores de campo magnético se sitúan por debajo de las recomendaciones vigentes para una distancia de medición de 30 cm. Las unidades de las medidas se encuentran en microTeslas (μT).

Tabla 4. 3. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Midea 4 zonas de cocción.

| Zonas de cocción | Distancia | Mínimo (μT) | Máximo (μT) | Promedio (μT) | Mediana (μT) |
|------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ZONA 1 | 30 cm | 0,037 | 0,31 | 0,14 | 0,1075 |
| ZONA 2 | 30 cm | 0,032 | 0,458 | 0,16 | 0,102 |
| ZONA 3 | 30 cm | 0,036 | 0,399 | 0,15 | 0,094 |
| ZONA 4 | 30 cm | 0,031 | 0,553 | 0,18 | 0,1005 |

Fuente. Autor.

Medidas: Cocina Indurama 4 zonas de inducción liberada toda la potencia

En la figura 4.7 se muestra la disposición de las zonas de cocción para la toma de medidas.



Figura 4. 7. Cocina Indurama 4 zonas de cocción por inducción.
Fuente. Autor.

En la figura 4.8 se observa que los niveles de campo magnético existe un aumento en los valores de las medidas pero aun así todavía se encuentran bajo los valores límites establecidos en las recomendaciones.

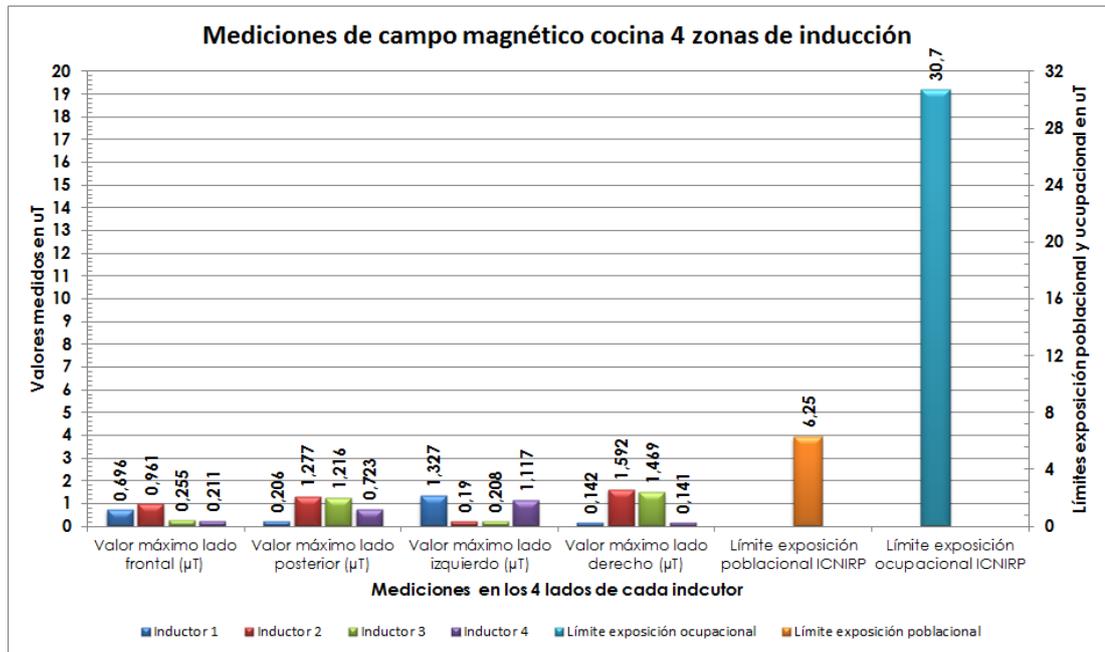


Figura 4. 8. Valores de campo magnético de las zonas de cocción.

Fuente. Autor.

Datos estadísticos

En la tabla 4.4 se exponen las estadísticas de las mediciones realizadas. Se observan que los valores de campo magnético también se sitúan bajo los niveles límites de las recomendaciones vigentes. Las unidades de las medidas se encuentran en microTeslas (μT).

Tabla 4. 4. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la cocina Indurama 4 zonas de cocción.

| Zonas de cocción | Distancia | Mínimo (μT) | Máximo (μT) | Promedio (μT) | Mediana (μT) |
|------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ZONA 1 | 30 cm | 0,043 | 1,327 | 0,34 | 0,1765 |
| ZONA 2 | 30 cm | 0,043 | 1,592 | 0,48 | 0,182 |
| ZONA 3 | 30 cm | 0,072 | 1,469 | 0,51 | 0,255 |
| ZONA 4 | 30 cm | 0,042 | 1,117 | 0,32 | 0,161 |

Fuente. Autor.

Medidas: Cocina Ecogas 4 zonas de inducción

En la figura 4.9 se muestra la disposición de las zonas de cocción para la toma de medidas.



Figura 4. 9. Cocina Ecogas 4 zonas de cocción por inducción.

Fuente. Autor.

En la figura 4.10 se observa que los niveles de campo magnético generado por esta cocina se encuentran muy por debajo de los valores límites establecidos en la recomendación de la ICNIRP.

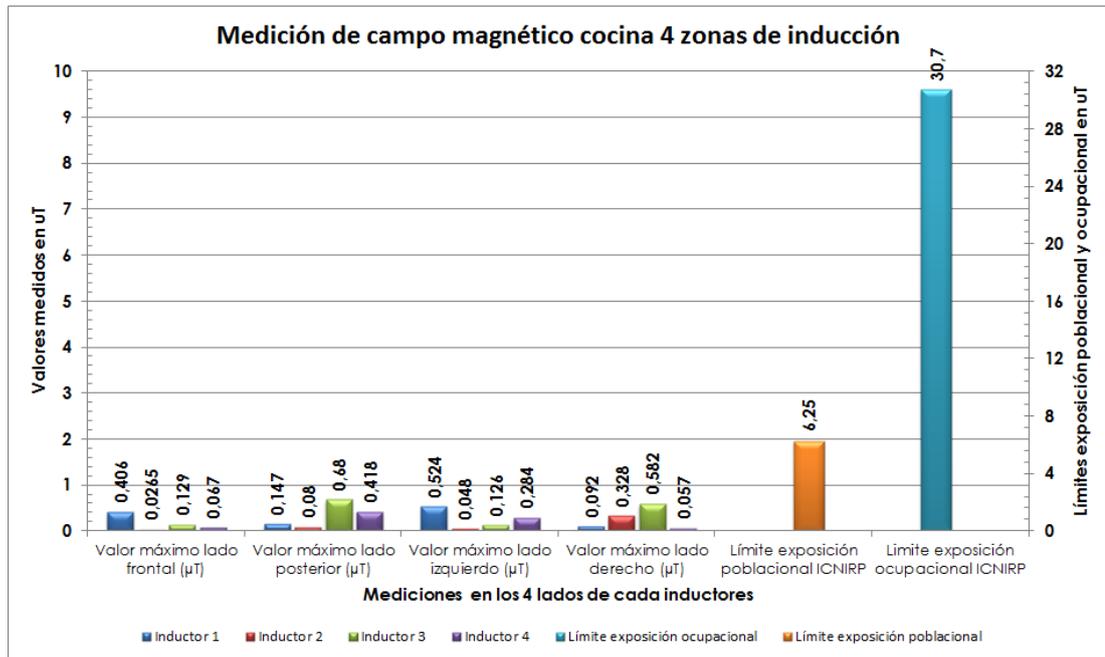


Figura 4. 10. Valores de campo magnético de las zonas de cocción.

Fuente. Autor.

Datos estadísticos

En la tabla 4.5 se exponen las estadísticas de las mediciones realizadas. Se observan que los valores de campo magnético también se sitúan por debajo de las recomendaciones vigentes. Las unidades de las medidas se encuentran en microTeslas (µT).

Tabla 4. 5. Estadísticas de las mediciones del campo magnético en la Cocina Ecogas 4 zonas de cocción.

| Zonas de cocción | Distancia | Mínimo (µT) | Máximo (µT) | Promedio (µT) | Mediana (µT) |
|------------------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| ZONA 1 | 30 cm | 0,047 | 0,524 | 0,20 | 0,1505 |
| ZONA 2 | 30 cm | 0,04 | 0,328 | 0,13 | 0,0995 |
| ZONA 3 | 30 cm | 0,055 | 0,68 | 0,26 | 0,1875 |
| ZONA 4 | 30 cm | 0,041 | 0,418 | 0,15 | 0,099 |

Fuente. Autor.

4.2. Análisis en la salud

Luego de la revisión y los análisis de los resultados de los valores medidos y de los datos estadísticos que emitieron las cocinas estudiadas y de acuerdo a la normativa referencial vigente, se puede indicar de alguna manera que no es perjudicial para la salud los niveles de campo magnético que se generan con el uso de estos electrodomésticos, claro está a la distancia de 30 cm.

Los valores de referencia de exposición al campo magnético poblacional ($6.25 \mu\text{T}$) como ocupacional ($30.7 \mu\text{T}$) según la recomendación de la ICNIRP y los niveles poblacional ($83 \mu\text{T}$) ocupacional ($417 \mu\text{T}$) utilizada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, para campos magnéticos provenientes de fuentes de 60 Hz, como es el caso de este proyecto las cocinas de inducción, se demuestra que los niveles cuantificados en las mismas se encuentran muy por debajo de éstos, a una distancia de medición de 30 cm. Por lo tanto, su uso no influye en alteraciones en el cuerpo humano.

Todas las mediciones realizadas cumplen con los niveles permitidos, comparados con la recomendación del organismo internacional ICNIRP como la del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El principal objetivo de ésta tesis fue la de cuantificar los niveles de campo magnético a los que se exponen las personas al usar las cocinas de inducción. Las cocinas que fueron elegidas para el desarrollo de este proyecto son de fabricación nacional (Indurama modelo EI4PV-E60, Ecogas modelos Creta y Atenas) y una de importación (Midea modelo 24IME4IEK00110).
- Los valores de campo magnético obtenidos en todas las mediciones en los electrodomésticos estudiados, se encuentran por debajo de los límites de exposición tanto poblacional como ocupacional cuando se mide a 30 cm de distancia de la cocina de inducción, según lo describe la norma IEC 62233.
- Todos los resultados arrojados indican que las cocinas medidas cumplen con los límites de exposición poblacional como ocupacional a campos magnéticos a una distancia de 30 cm de la encimera.

Recomendaciones

- Es necesario indicar que por razones de salud, el uso de las cocinas de inducción o el estar cerca de ellas por parte de las mujeres embarazadas y niños pequeños sea moderado, ya que el feto y la cabeza del niño se encuentran al mismo nivel (altura) del inductor de la cocina, debido a que para regular la potencia de la zona de cocción enciende y apaga varias veces por segundo la bobina de alta frecuencia de manera que aumenta o disminuye su ciclo de trabajo (duty cycle), el ciclo de trabajo es de 360 ms que son 2.77 Hz, este valor de frecuencia es muy cercano a las del funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso, por lo tanto estos órganos pueden ser afectados en su funcionamiento.
- También cabe mencionar que las personas que utilizan marcapasos debe restringir su uso debido a la interferencia producida por el campo magnético de la cocina de inducción.
- Tomar las medidas necesarias de seguridad sobre los niveles de exposición al campo magnético a distancias menores que las de este trabajo, para que la salud no se vea afectada.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, J., Burdio, J., Barragán, L., Navarro, D., & Alonso, R. (24-28 de Febrero de 2008). *The domestic induction heating appliance: An overview of recent research*. Recuperado el 23 de 01 de 2015, de IEEE Xplore Digital Library: <http://ieeexplore.ieee.org>
- Alonso Fustel, E., García Vázquez, R., & Onainda Olalde, C. (2011). *Campos electromagnéticos y efectos en la salud*. Bizkaia: Subdirección de Salud Pública de Bizkaia.
- ASEPEYO. (2005). *Procedimiento para la evaluación de la exposición a los campos electromagnéticos*.
- BIOELECTRICA. (01 de Septiembre de 2014). *Placas de inducción un peligro para el embarazo y la salud*. Recuperado el 24 de 04 de 2015, de Bioelectrica: <http://blog.bioelectrica.es/placas-de-induccion-y-salud/>
- Biografías y Vidas La Enciclopedia Biográfica en línea. (s.f. de s.f. de 2004). *Hans Christian Oersted*. Recuperado el 3 de Abril de 2015, de Biografias y Vidas La Enciclopedia Biográfica en línea: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/oersted.htm>
- Bureau of Indian Standards. (s.f de Marzo de 2012). *IEC62233 Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar*. Recuperado el 16 de Marzo de 2015, de Placas de inducción un peligro para el embarazo y la salud: <http://blog.bioelectrica.es/wp-content/uploads/2014/08/IEC62233.pdf?fd7eb5>
- Cabal, C., Otero, G., & Acuña, J. (2005). *Informe sobre Campos Electromagnéticos y Salud Humana*. Montevideo.
- Callebaut, J. (s.f de Octubre de 2014). *Application Note – Induction Heating*. Recuperado el 3 de Enero de 2015, de Leonardo Energy: <http://www.leonardo-energy.org>
- CENELEC. (s.f de s.f de 2015). *Cenelec guides*. Recuperado el 24 de 03 de 2015, de Cenelec guides: <http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/whoweare/index.html>
- Cordero, O. (s.f de Mayo de 2007). *Norma y Procedimientos para la medición y evaluación de las señales electromagnéticos de campo*. Recuperado el 27 de Enero de 2015, de Escuela de ingeniería Eléctrica Universidad de Costa Rica: <http://www3.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0707t.pdf>

- EFFICACITAS. (s.f de s.f de 2011). *Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el 16 de 12 de 2015, de Efficacitas conservando recursos:
http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/default2.php?siteid=32
- Feick, R., Grote, W., & Hristov, H. (s.f de s.f de 2000). *Criterios y Procedimientos para mediciones de propagación electromagnética en ambientes confinados*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2015, de
<http://profesores.elo.utfsm.cl/~walter/varios/MedProp.PDF>:
<http://profesores.elo.utfsm.cl/>
- Franco, J. (s.f de s.f de s.f). *Bioelectromagnetismo: Historia de una disciplina actual*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2014, de Bioelectromagnetismo: Historia de una disciplina actua:
<ftp://148.228.75.2/pub/profesor/academ80/Electromiografo/Se%F1ales%20bioelectricas/1818%20-%20BIOELECTROMAGNETISMO.pdf>
- Genius, S., & Lipp, C. (2011). Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Science of the Total Environment*.
- Gh Group. (s.f de s.f de 2011). *Calentamiento por inducción*. Recuperado el 31 de Marzo de 2015, de Inducción: <http://www.ghinduction.com/sobre-calentamiento-por-induccion/?lang=es>
- Gh Group Induction Atmospheres. (s.f de s.f de 2015). *What is Induction Heating?* Recuperado el 23 de Enero de 2015, de Induction Heating: http://www.gh-ia.com/induction_heating.html
- GIGAHERTZ SOLUTIONS. (2012). *Guía de usuario del equipo ME3951A*. Langenzenn, Alemania.
- González, G. (s.f. de Octubre de 2005). *APLICACIONES Aplicaciones del calentamiento por inducción electromagnética en el procesamiento de PRFV*. Recuperado el 3 de Enero de 2015, de EDITORIAL ENMA FIORENTINO PUBLICACIONES TÉCNICAS S.R.L.: <http://www.emmafiorentino.com.ar>
- Guamán, J., Guevara, D., & Ríos Alberto. (2014). *Evolución histórica de los circuitos electrónicos de inducción magnética*.
- Hayt, W. (2006). *Teoría electromagnética*. México, D.F.: McGraw Hill.
- ICNIRP. (2009). *ICNIRP Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)"*.
- ICNIRP. (2010). *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1Hz – 100 KHz)*.

- ICNIRP. (s.f de s.f de s.f). *Icnirp*. Recuperado el 05 de 04 de 2015, de Home:
<http://www.icnirp.org/>
- INDURAMA. (s.f de s.f de 2014). *Placa de inducción de 4 focos*. Recuperado el 3 de Abril de 2015, de Indurama: <http://indurama-induccion.blogspot.com>
- Industries, semiconductor components. (s.f de Octubre de 2014). *AND9166/D Induction Cooking Everything You Need to Know*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de On Semiconductor Energy Efficient Innovations:
<http://www.onsemi.com>
- ITU. (s.f de s.f de 2015). *Recomendaciones UIT-T sobre la exposición humana a campos electromagnéticos*. Recuperado el 21 de 03 de 2015, de Recomendaciones UIT: <http://www.itu.int/net/ITU-T/lists/standards.aspx?Group=5&Domain=40>
- Malmivuo, J., & Plonsey, R. (1995). *Bioelectromagnetism. Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. New York: Oxford University Press.
- OEA. (s.f de s.f de 2013). *Comisión Interamericana de Telecomunicaciones*. Recuperado el 02 de 04 de 2015, de Comisión Interamericana de Telecomunicaciones: <https://www.citel.oas.org/es/paginas/default.aspx>
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. (s.f de s.f de 2015). *El proyecto Internacional CEM*. Recuperado el 20 de 03 de 2015, de Los campos electromagnéticos (EMF): <http://www.who.int/en/>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (s.f de s.f de s.f). *Campos Electromagneticos (CEM)*. Recuperado el 25 de Enero de 2015, de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index3.html>
- Panchi, A. (30 de Julio de 2014). *Tesina cocinas de inducción*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de slideshare: <http://es.slideshare.net/frankonirvana/tesina-cocinas-de-induccion>
- Paz, A. (2013). *Electromagnetismo para Ingeniería Electrónica: Campos y Ondas*. Santiago de Cali: Sello Editorial Javeriano.
- Romo Morales, J. A., & Rubio Mora, D. A. (2011). *Impacto ambiental de la radiación no ionizante generada por sistemas de telefonía móvil en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: QUITO/EPN/2011.

- Sadiku, M. (2003). *Elementos de Electromagnetismo*. México, D.F.: Oxford University Press México,S.A.
- Servicio técnico cocinas-serviasistencia group. (s.f de s.f de 2014). *reparacion/placa-induccion-ikea-mojlig-302-371-38-se-enciende/*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de <http://servicio-tecnico-cocinas.com/reparacion>: <http://servicio-tecnico-cocinas.com>
- Skavarca, J., & Aguirre, A. (s.f de Agosto-Septiembre de 2006). *Revista Panamericana de Salud Pública*. Recuperado el 18 de Enero de 2015, de http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892006000800017&lng=es&nrm=iso: <http://www.scielosp.org/>
- SUPERTEL. (s.f. de s.f. de 2011). Cobertura y Calidad de Servicios. *Supertel Revista Institucional*(12), 3-4.
- Tama, F., & GIL, A. (s.f de Octubre de 2013). *Cocina de Inducción versus Cocina a Gas (GLP)*. Recuperado el 3 de Enero de 2015, de Repositorio de ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec>
- Tchernitchin, A., & Riveros, R. (sf de sf de 2004). *Efectos de la Radiación Electromagnética sobre la Salud*. Chile.
- Tippens, P. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Ulaby, F. T. (2007). *Fundamentos de aplicaciones en electromagnetismo* (Quinta Edición ed.). México, México: Pearson Educación.
- Wiley, J. (1993). *Ingeniería Electromagnética Campos y ondas*. México, D.F.: Limusa S.A.
- Young, H., & Freedman, Roger. (2013). *Física Universitaria con física moderna* (Vol. II). México: Pearson.