



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE POSGRADO**

**MÁSTER EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**

**“ESTUDIO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES Y SUS EFECTOS EN LA  
SALUD DEL PERSONAL DE CENTROS DE REHABILITACIÓN FÍSICA EN  
QUITO 2024”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Máster en  
Higiene y Salud Ocupacional.**

**Línea de investigación: Salud y bienestar integral**

**AUTOR:** Jeniffer Paola Amaguaya Fernández

**DIRECTOR:** Saa Loor José Luis

**ASESOR:** Juan Carlos Vásquez Cazar

**IBARRA – ECUADOR**

**2025**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE POSGRADO**



Ibarra, 19 de noviembre del 2025



Dra.  
 Lucía Yépez  
**DECANA FACULTAD DE POSGRADO**

**ASUNTO:** Conformidad con el documento final

Señor(a) Decano(a):

Nos permitimos informar a usted que revisado el Trabajo final de Grado ESTUDIO DE RADIACIONES NO IONIZANTES Y SUS EFECTOS A LA SALUD DEL PERSONAL DE CENTROS DE REHABILITACION FISICAEN QUITO 2024 del/la maestrante JENIFFER PAOLA AMAGUAYA FERNANDEZ, de la Maestría de HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL, certificamos que han sido acogidas y satisfechas todas las observaciones realizadas.

Atentamente,

	<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Firma</b>
Director/a	Mgtr. SAA LOOR JOSE LUIS	 <p>Firmado a través del sistema por:                  JOSE LUIS SAA LOOR                  Validez del documento con FIELMIO</p>
Asesor/a	Mgtr. JUAN CARLOS VASQUEZ CAZAR	 <p>Firmado a través del sistema por:                  JUAN CARLOS VASQUEZ CAZAR                  Validez del documento con FIELMIO</p>

## **DEDICATORIA**

A el SER con el corazón más grande y bonito que he podido sentir, al SER con esa misericordia inigualable, al que nunca me abandono en todo este proceso, a ti mi DIOS va dedicado este trabajo.

A mi esposo, porque con su ayuda, a través de sus conocimientos y su apoyo emocional siempre presentes impulsaron a que todas las metas fijadas se cumplan.

Y como no dedicar este trabajo a mis preciosas hijas, pues sus palabras de aliento y su contención, lograron que se culmine hoy este proyecto ... las amo inmensamente.

## **AGRADECIMIENTO**

En alguna etapa de mi vida, una persona me enseñó que debemos tener el corazón lleno de agradecimiento por todo lo que tenemos, por todo lo bueno y lo malo que cursa en nuestra vida, y al llegar a este momento me doy cuenta de lo afortunada que soy por tantas cosas que DIOS me ha regalado, muchas veces no entiendo tus propósitos, pero sé que abriste puertas y ventanas para que curse esta Maestría, por lo que te agradezco tanto papá DIOS.

Con infinita gratitud a mi esposo por su ayuda incondicional, por sus abrazos, sus palabras de aliento y contenerme en este tiempo difícil que hemos pasado, a mi madre por ser esa persona ecuánime, justa, integra cuyos valores impartidos, han servido para que actualmente, los replique en mi familia, gracias por creer en mí.

Así también agradezco a esta noble Institución educativa Universidad Técnica del Norte quien, a través de sus excelentes maestros, permitieron que culminemos este postgrado, a mi querido director de tesis José Luis Looor Saa, gracias por la preparación por su guía, sus consejos y por su comprensión en todo este período, fue un gran placer conocerlo, a mi asesor Juan Carlos Vásquez le agradezco por su guía, sus sugerencias y apoyo, en todo este proceso.

Y finalmente gracias a todos mis colegas y jefe de servicio por colaborar en esta primera, pero no última investigación que realizaremos en mejora de nuestra importante Fisioterapia.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USAR Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL OBRA DE CONSTRUCCIÓN

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, remito este trabajo a la Universidad Técnica del Norte para su publicación en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

INFORMACIÓN DEL CONTACTO			
<b>TARJETA IDENTIFICACIÓN IDENTIDAD</b>	<b>DE</b>	0201814100	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	AMAGUAYA FERNÁNDEZ JENIFFER PAOLA		
<b>DIRECCIÓN</b>	RÍO TULIPE N70-81 Y MACHALA		
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	jpamaguayaf@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJADO</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0982034515
DATOS DE TRABAJO			
<b>CALIFICACIÓN:</b>	ESTUDIO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES Y SUS EFECTOS EN LA SALUD DEL PERSONAL DE CENTROS DE REHABILITACIÓN FÍSICA EN QUITO 2024		
<b>AUTOR:</b>	AMAGUAYA FERNÁNDEZ JENIFFER PAOLA		
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	19/11/2025		
SOLO PARA EMPLEOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA POSGRADO</b>	MAESTRÍA EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL		
<b>CALIFICACIÓN POR ÉL ¿QUIÉN OPTA?</b>	MAGISTER EN HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL		
<b>DIRECTOR</b>	SAA LOOR JOSÉ LUIS		

## **2. CERTIFICADOS**

La autora Amaguaya Fernández Jeniffer Paola declara que la obra objeto de esta autorización es original y fue desarrollada sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y es titular de los derechos de herencia, por eso asume la responsabilidad por su contenido y defenderá a la Universidad en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 19 días de mes de noviembre del año 2025

**EL AUTOR:**

JENIFFER PAOLA AMAGUAYA FERNÁNDEZ

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
AUTORIZACIÓN DE USAR Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	11
CAPÍTULO I.....	12
1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.1 Contextualización del problema .....	12
1.2 Identificación del problema .....	12
1.3 Relación con la literatura y el estado del arte .....	13
1.4 Enunciado de la tesis o argumento central .....	13
1.5 Objetivos.....	14
1.5.1 Objetivo general .....	14
1.5.2 Objetivos específicos.....	14
1.6 Justificación de la investigación .....	14
CAPÍTULO II.....	15
2. MARCO DE REFERENCIA.....	15
2.1 Marco teórico.....	15
2.1.1 Justificación del problema.....	21
2.1.2 Conceptualización del problema .....	22
2.1.3 Teorías que sustentan el estudio .....	22

2.1.4 Investigaciones previas y su relación con el problema.....	23
2.2 Marco legal.....	24
CAPÍTULO III .....	29
3. MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1 Enfoque de la investigación.....	29
3.2 Tipo de búsqueda.....	30
3.3 Diseño de la investigación.....	30
3.4.1 Población y muestra.....	30
3.4.2 Criterios de inclusión.....	31
3.4.3 Criterios de exclusión .....	31
3.5 Procedimiento.....	31
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	32
3.7 Técnicas de análisis de datos .....	34
3.8 Consideraciones éticas.....	36
CAPÍTULO IV .....	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1 Resultados.....	37
4.2 Discusión .....	42
4.2.1 Discusión de resultados y análisis crítico .....	42
4.2.2 Fortalezas y limitaciones .....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
5. Conclusiones.....	44
5.1 Recomendaciones .....	45
REFERENCIAS .....	52
Anexos.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espectro electromagnético de alta frecuencia .....	17
Tabla 2. de límites básicos de exposición para RF-MO (IRPA/INIRC) .....	18
Tabla 3. Valores límite de exposición al SAR.....	19
Tabla 4. Valores que dan lugar a la acción.....	20
Tabla 5. Efectos biológicos no térmicos de la exposición a la radiación no ionizante .....	20
Tabla: 6. Trabajadores con mayor riesgo de exposición a campos electromagnéticos .....	23
Tabla 7. Equipos biomédicos.....	37
Tabla 8. Equipos biomédicos de onda corta .....	38
Tabla 9. Equipos de terapia láser biomédico .....	39
Tabla 10. Equipos de magnetoterapia biomédica .....	39
Tabla 11 Equipos biomédicos infrarrojos.....	40
Tabla 12. Equipos biomédicos de electroterapia .....	40
Tabla 13. Equipos biomédicos de ultrasonido .....	41
Tabla 14. Equipos biomédicos de microondas .....	41
Tabla 15. de evaluación de riesgos .....	50
Tabla 16. de evaluación de riesgos adicionales .....	51

## RESUMEN

**Introducción:** La radiación no ionizante (RNI) es una radiación que no tiene la energía necesaria para ionizar átomos o moléculas, pero advierte provocar efectos adversos a la salud, se dividen en campos electromagnéticos como las radiofrecuencias y las microondas otros son las radiaciones ópticas como la luz visible y la radiación ultravioleta. **Objetivos:** El presente estudio tuvo como objetivo medir los niveles de radiación no ionizante generada por equipos biomédicos en áreas de rehabilitación física y sus efectos en la salud del personal. **Métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, mediante la medición de los niveles de campos electromagnéticos en los centros donde laboran fisioterapeutas en Quito. Los resultados fueron analizados a través de pruebas estadísticas, empleando variables cuantitativas. Los resultados mostraron que los niveles de emisión superan significativamente los límites ocupacionales establecidos por la ICNIRP (2010), especialmente en equipos de onda corta (100% de incumplimiento), magnetoterapia (93,3%), terapia láser (83,3%) y microondas (100%). En menor medida, también se identificaron excesos en electroterapia (40%) y ultrasonido (20%), mientras que los únicos equipos infrarrojos evaluados cumplieron con los parámetros reglamentarios. **Conclusiones:** Con base en el análisis técnico y comparativo con estudios previos, se puede determinar que existe un riesgo real, aunque subestimado, de sobreexposición ocupacional en fisioterapeutas, probablemente debido a la falta de controles técnicos, el mantenimiento deficiente y la ausencia de protocolos de seguridad electromagnética en los centros de rehabilitación física. Como principal contribución, se proponen recomendaciones específicas por tipo de equipo biomédico, orientadas a la prevención y mitigación de riesgos laborales, bajo los principios de higiene ocupacional. Este estudio constituye una contribución relevante al campo de la salud ocupacional en rehabilitación física y destaca la urgente necesidad de políticas regulatorias nacionales para el manejo de la exposición a CEM-RNI en entornos clínicos.

**Palabras clave:** Fisioterapia, campo electromagnético, salud, radiación no ionizante.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Non-ionizing radiation (NIR) is radiation that does not possess sufficient energy to ionize atoms or molecules, but can cause adverse health effects, they are divided into electromagnetic fields such as radiofrequencies and microwaves others are optical radiations such as visible light and ultraviolet radiation. **Objectives:** The aim of this study was to measure the levels of non-ionizing radiation generated by biomedical equipment in physical rehabilitation areas and its effects on the health of the personnel. **Methods:** A descriptive study was carried out by measuring the levels of electromagnetic fields in centers where physical therapists work in Quito. The results were analyzed through statistical tests, using quantitative variables. The results showed that the emission levels significantly exceed the occupational limits established by ICNIRP (2010), especially in shortwave equipment (100% non-compliance), magnetotherapy (93.3%), laser therapy (83.3%) and microwaves (100%). To a lesser extent, excesses were also identified in electrotherapy (40%) and ultrasound (20%), while the only infrared equipment evaluated complied with the regulatory parameters. **Conclusions:** Based on the technical and comparative analysis with previous studies, it can be determined that there is a real risk, although underestimated, of occupational overexposure in physical therapists, probably due to the lack of technical controls, poor maintenance and the absence of electromagnetic safety protocols in physical rehabilitation centers. As main contribution, specific recommendations by type of biomedical equipment are proposed, oriented to the prevention and mitigation of occupational risks, under the principles of occupational hygiene. This study constitutes a relevant contribution to the field of occupational health in physical rehabilitation and highlights the urgent need for national regulatory policies for the management of EMF-NIR exposure in clinical settings.

**Keywords:** Physiotherapy, electromagnetic field, health, non-ionizing radiation.

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Contextualización del problema

La radiación no ionizante (RNI) es una radiación cuya energía es insuficiente para ionizar átomos o moléculas, pero que puede tener efectos adversos para la salud. Se divide en campos electromagnéticos, como las radiofrecuencias y las microondas, y otras radiaciones ópticas, como la luz visible y la ultravioleta. (1)

Por otro lado, la epidemiología relacionada con la radiación ionizante cercana (RNI) en el sector de la fisioterapia refleja una creciente preocupación por los efectos a largo plazo de la exposición continua (2). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) menciona que los riesgos de la radiación incluyen la exposición a la RNI y pueden causar quemaduras, daño tisular e incluso cáncer. Por lo tanto, los trabajadores expuestos deben estar adecuadamente protegidos (3). Si bien se han documentado efectos como quemaduras oculares y problemas dermatológicos, se necesita más investigación para establecer relaciones causales definitivas y cuantificar el riesgo real en entornos clínicos (4).

#### 1.2 Identificación del problema

Como resultado, el interés global en regular y prevenir los riesgos de las RNI está creciendo, impulsado por los avances tecnológicos y el mayor uso de dispositivos médicos. (5) Sin embargo, en Ecuador, puede haber escasez de recursos y capacitación adecuada para abordar estos riesgos en el campo de la fisioterapia. La implementación efectiva de los protocolos de seguridad varía y depende del compromiso del personal y las instituciones para priorizar la salud ocupacional.

Por lo tanto, en Ecuador, la normativa sobre protección contra radiaciones no ionizantes está regulada por CONATEL, que establece los límites y métodos para evaluar la exposición a estas radiaciones. La Resolución 01-01-CONATEL-2005 estipula la realización de estudios técnicos para evaluar las emisiones antes de instalar estaciones de radio. Esta normativa busca garantizar la seguridad de los trabajadores y la población. (6)

### **1.3 Relación con la literatura y el estado del arte**

Por otro lado, los factores ambientales incluyen las condiciones de trabajo, como la distribución y ventilación de los equipos. Un diseño adecuado del espacio puede reducir la exposición a campos electromagnéticos y a la radiación infrarroja cercana. Además, debe evaluarse la presencia de dispositivos médicos emisores de radiación para determinar su impacto en la salud del personal y los pacientes. (7)

Otros estudios han reportado que el contacto con radiaciones no ionizantes por parte de profesionales de rehabilitación física ha generado cambios o alteraciones en su salud, siendo los más reportados mareos, náuseas, dolor de cuello y tendencia a la depresión y mujeres con patologías tiroideas, ya que no se realiza mantenimiento correctivo y preventivo a los equipos biomédicos. (3) Se sabe que los efectos térmicos y no térmicos son peligrosos y si no se controlan, pueden producir efectos nocivos para la salud, incluyendo quemaduras, cataratas y cambios en la presión arterial, sugiriendo el uso de equipo de protección personal para disminuir el riesgo (5).

Además, los factores sociales incluyen el nivel de concienciación y formación del personal de fisioterapia sobre los riesgos asociados a las RNI. La cultura organizacional también influye, ya que un entorno que prioriza la seguridad puede fomentar prácticas más seguras. La presión para cumplir con los estándares de productividad puede llevar a descuidar las medidas preventivas necesarias. (7)

### **1.4 Enunciado de la tesis o argumento central**

La incidencia de enfermedades profesionales en fisioterapeutas podría deberse a su exposición diaria a la radiación no ionizante. Diversos estudios demuestran una asociación aparente. Si bien no son concluyentes, estos estudios sugieren que se debe considerar este factor de riesgo e investigar su posible relación. En este contexto, el objetivo principal de esta investigación es medir los niveles de radiación no ionizante y describir los riesgos potenciales generados por su exposición en el ámbito de la fisioterapia en Ecuador. Este enfoque también propone medidas preventivas para brindar recomendaciones basadas en la evidencia y mejorar la seguridad y salud ocupacional en este campo. Este planteamiento del problema establece un marco integral para estudiar cómo prevenir los riesgos asociados a la radiación no ionizante en el contexto específico de la rehabilitación física y el uso de equipos

biomédicos que generan RNI, considerando los múltiples factores que influyen en este problema.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Medición de los niveles de radiación no ionizante generada por equipos biomédicos en áreas de rehabilitación física

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar los niveles de radiación no ionizante de los campos electromagnéticos en diferentes áreas de trabajo en centros de rehabilitación física de la ciudad de Quito.
- Describir los posibles efectos en la salud de la exposición a la radiación no ionizante en los trabajadores basándose en estudios científicos previos.
- Proponer acciones preventivas para que los fisioterapeutas reduzcan sus riesgos profesionales por exposición a radiaciones no ionizantes.

## **1.6 Justificación de la investigación**

La necesidad casi constante de utilizar equipos biomédicos que emiten estas radiaciones no ionizantes en fisioterapia y la limitada medición de sus valores dieron lugar a la propuesta de este estudio. Esta investigación se basa en la necesidad de evaluar los riesgos asociados a la exposición continua a la radiación no ionizante (RNI) del personal sanitario especializado en fisioterapia, un tema poco estudiado en el contexto ecuatoriano.

Esta investigación propone un enfoque innovador al proporcionar datos concretos sobre los niveles de RNI en centros de rehabilitación física, así como un análisis de los efectos aparentes de los fisioterapeutas en la salud, con base en artículos e investigaciones científicas. Si bien existen estudios internacionales sobre el tema, el contexto específico de nuestro país y las particularidades del entorno laboral local hacen que esta investigación sea única y necesaria debido a las limitadas medidas de seguridad y salud ocupacional derivadas de esta práctica clínica.

Cabe destacar que este estudio tuvo como objetivo ofrecer múltiples beneficios. En primer lugar, contribuyó a una mayor concienciación entre los fisioterapeutas sobre los riesgos asociados a la exposición a RNI. Además, los resultados deberían utilizarse para desarrollar

políticas públicas y protocolos destinados a proteger la salud del personal, mejorando así su bienestar y, en consecuencia, su productividad laboral.

Ante esta realidad, los fisioterapeutas del país y de Quito se beneficiarán de esta investigación y recibirán información valiosa sobre los riesgos asociados a su trabajo. Los pacientes también se beneficiarán indirectamente de un personal más sano y capacitado. Los centros de salud públicos y privados también podrán implementar medidas preventivas basadas en los resultados de esta investigación.

Es importante destacar que esta investigación promueve cambios significativos en la regulación y gestión del uso de equipos emisores de infrarrojo cercano en fisioterapia, al proporcionar evidencia de sus posibles efectos adversos. Se espera que promueva un entorno laboral más seguro y saludable, así como el desarrollo de protocolos de higiene y salud ocupacional en fisioterapia en el país.

Además, la utilidad de este estudio reside en su capacidad para fundamentar las políticas públicas y las prácticas laborales en el sector sanitario. Se sugiere que los resultados podrían conducir a regulaciones más estrictas sobre la exposición a RNI, contribuyendo así a una mejora general de las condiciones laborales.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1 Marco teórico**

##### ***Campo electromagnético***

El espectro electromagnético que se extiende al entorno se incluye en el campo electromagnético. Estas ondas se caracterizan por su alta frecuencia y baja oscilación. (16)

En 2003, un estudio reveló que los niveles de campo de radiofrecuencia de los equipos de onda corta superaban las recomendaciones y valores internacionales de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (INCIRP) (1998), lo que motivó el inicio de nuevos estudios en el campo de la fisioterapia. Así, en 2006, Aniolcysk et al. evaluaron varios dispositivos biomédicos de electrocirugía y fisioterapia y descubrieron que también superaban los niveles máximos permitidos por la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea (18).

### ***Efectos biológicos de los campos electromagnéticos***

La ICNIRP publicó su primera recomendación sobre los efectos de la exposición a los campos electromagnéticos (CEM) en la salud humana en sus directrices de 1998 (ICNIRP, 1998). El Comité Científico Independiente sobre Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados publicó el documento "Efectos Potenciales de los Campos Electromagnéticos (CEM) en la Salud Humana" en 2006. A mediados de 2013, basándose en los estudios realizados hasta la fecha, la ICNIRP presentó el documento "Efectos Potenciales de la Exposición a Campos Electromagnéticos (CEM) en la Salud Humana". En 2002, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, organismo intergubernamental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), clasificó los campos magnéticos de baja frecuencia como posiblemente cancerígenos (Grupo 2B) para los seres humanos. (13)

### **Equipos biomédicos**

El uso de equipos biomédicos en el ámbito de la salud ha tenido un impacto considerable gracias a los avances logrados. Cabe destacar las aplicaciones clínicas integradas en estos equipos, en particular las generadas en fisioterapia, que permiten el diagnóstico y el tratamiento de diversas patologías. Con base en estos elementos, la OMS ha propuesto conceptos para designar un dispositivo médico. (9)

Esta investigación toma como definición el concepto generado por la OMS en el año 2012. El concepto de dispositivo médico se define como un equipo que requiere calibración, mantenimiento, reparación, capacitación de usuarios, montaje y desmontaje, actividades que generalmente son realizadas por ingenieros clínicos. (9)

### **Diatermia de onda corta**

Este dispositivo permite medir la energía electromagnética para producir un efecto térmico en las células del cuerpo. Según su fabricación, consta de tres módulos: el generador de alta frecuencia, un amplificador de potencia y los electrodos o aplicadores. La frecuencia de operación del dispositivo es de 27,12 MHz, con una longitud de onda de 11,062 m. (10)

Los electrodos de calentamiento son capacitivos, mientras que los inductivos transmiten corriente de alta frecuencia. Se utilizan para el tratamiento de diversas patologías según protocolos clínicos preconfigurados o de forma manual. (11)

### **Radiación ultravioleta**

Este tipo de radiación penetra profundamente en los tejidos y se sabe que produce alteraciones fotoquímicas del ácido desoxirribonucleico, las proteínas y los lípidos. Estudios han demostrado que la exposición prolongada causa quemaduras e incluso cambios degenerativos en el epitelio celular. Su intensidad alcanza su límite con los rayos X. (12)

### **Radiación infrarroja**

Se trata de un tipo de radiación invisible con efecto térmico, cuya longitud de onda es de 78 nanómetros y cuya intensidad alcanza el límite de las microondas. Se trata de equipos biomédicos especiales equipados con lámparas de tungsteno únicas cuyo efecto en el cuerpo humano alcanza una penetración de tres centímetros, sin contacto con la dermis. Permite un aumento de temperatura en las zonas a tratar, lo que provoca un cambio en el trofismo celular. (14)

### **Radiación láser**

Cuando la luz se amplifica mediante la emisión de radiación estimulada, se denomina láser. Su longitud de onda oscila entre 200 y 1 nanómetro. El efecto que produce en los tejidos celulares es una variación de temperatura que, si no se controla adecuadamente, puede causar lesiones cutáneas graves. En rehabilitación física, su efecto analgésico y antiinflamatorio permite su uso en diversas patologías musculoesqueléticas. El uso de equipo de protección individual (EPI), incluidas gafas protectoras, es obligatorio para su uso. (15)

*Tabla 1 Espectro electromagnético de alta frecuencia*

<b>radiación ionizante</b>
rayos cósmicos
Radiografía
Ultravioleta
<b>radiación no ionizante</b>
Ultravioleta
Luz visible (láser)
Infrarrojo

Microonda
Ultrasonido
Onda corta
Ondas medias
Onda larga

## La radiación y sus efectos biológicos

Es bien sabido que la normativa sobre radiaciones no ionizantes es escasa, si no inexistente, a nivel mundial. Por ello, organizaciones internacionales y gobiernos han expresado su preocupación por sus efectos en la salud de los trabajadores expuestos a campos magnéticos generados por equipos biomédicos necesarios para el tratamiento de diversas patologías. Sin embargo, los estudios presentados aún no son concluyentes, pero no descartan una posible asociación con la aparición de enfermedades profesionales. Todo esto mientras el efecto térmico deseado no se centra en el paciente, sino en el operador de dichos dispositivos, lo que puede generar efectos adversos a largo plazo. (18)

Tabla 2 de límites básicos de exposición para RF-MO (IRPA/INIRC)

EXPOSICIÓN TRABAJADORES		EXPOSICIÓN PÚBLICO GENERAL	
f < 10 MHz	f > 10 MHz	f < 10 MHz	f > 10 MHz
Corresponde a los valores efectivos de E y H (unidades de una onda plana en el aire)	TAE ≤ 0,4 W/kg (tasa de absorción específica) Promediada en todo el cuerpo y durante un período de 6 minutos de la jornada laboral (8 horas de 24 horas).  TAE ≤ 4 W/kg Promedio sobre cualquier gramo de tejido y cualquier período de 6 minutos de la jornada laboral (8 h cada 24 h).	Corresponde a los valores efectivos de E y H	TAE ≤ 0,08 W/kg Promedio sobre todo el cuerpo y durante cualquier período de 6 minutos del día.  TAE ≤ 0,8 W/kg Promedio sobre cualquier gramo de tejido y cualquier período de 6 minutos del día
	La duración de la exposición laboral está limitada a un día laboral o un turno cada 24 horas durante la vida laboral de un individuo.	Estos niveles de exposición se pueden controlar las 24 horas del día a lo largo de la vida de una persona, independientemente de su edad y salud.	

Debido al conocimiento limitado sobre los efectos biológicos de la radiación RF-MO, particularmente aquellos de origen no térmico, se recomienda evitar o minimizar las exposiciones innecesarias.

## Efectos térmicos

Los dispositivos que generan estos cambios son principalmente aquellos que generan radiofrecuencias y microondas, lo que permite la transformación celular de los tejidos mediante energía térmica. La exposición prolongada puede causar graves daños a los tejidos tratados y a su entorno. De hecho, un cambio de tan solo un grado en la temperatura corporal es suficiente para causar un exceso de calor, y si la tasa de absorción supera los 4 W/kg, se manifiestan efectos adversos.

- Las tareas básicas o que requieren actividad física podrían modificarse con un aumento de un grado en la temperatura corporal.

- Un aumento insuficiente de la temperatura, entre dos y tres grados, podría provocar daños fatales, alteración de la fertilidad y daños oftalmológicos. (20)

Tabla 3 Valores límite de exposición al SAR

Rango de frecuencia	Densidad de corriente para la cabeza y el tronco (mA/m <sup>2</sup> )	SAR promedio de cuerpo entero (W/kg)	DAS localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (extremidades) (W/kg)	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Hasta 1 Hz	40	-	-	-	-
1-4 Hz	40/f	-	-	-	-
4-1000 Hz	10	-	-	-	-
1000 Hz-100 kHz	f/100	-	-	-	-
100 Hz-10 MHz	f/100	0.4	10	20	-
10 MHz-10 GHz	-	0.4	10	20	-
0 GHz-300 GHz	-	-	-	-	50

f: frecuencia; SAR: tasa de absorción específica.

Si el equipo proporciona múltiples frecuencias simultáneamente, se recomienda que se monitoreen y midan continuamente teniendo en cuenta las normas internacionales del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica y la ICNIRP. (22)

## Efectos no térmicos

Si bien es cierto que ningún estudio ha descrito que la exposición a radiaciones de baja frecuencia produzca alteraciones a nivel tisular del sistema nervioso central o incluso

produzca daño al ácido desoxirribonucleico, se sugiere mantener la vigilancia y prevenir la aparición de divisiones celulares anormales que causan cáncer. (20)

Tabla 4 Valores que dan lugar a la acción

Rango de frecuencia Megahercio	Inducción magnética micra /T)	Campo magnético	Corriente inducida en las extremidades (mA)
<b>0,1-1</b>	2/f	40	-
<b>1-10</b>	2/f *	40	-
<b>10-110</b>	0.2 *	40	100
<b>110-400</b>	0.2	-	-
<b>400-2000</b>	0,008f 1/2	-	-
<b>2 – 300 GHz</b>	0,45 *	-	-

f: frecuencia; \* Utilizado en fisioterapia

Directrices internacionales de la ICNIRP sobre exposición a campos electromagnéticos.

Las funciones de la ICNIRP son: estudiar los riesgos asociados a la exposición a las radiaciones no ionizantes (RNI), elaborar recomendaciones internacionales sobre los límites de exposición a las RNI y abordar todos los aspectos de la protección contra las RNI. (13)

## Precauciones

Al practicar fisioterapia, se recomienda tener en cuenta las contraindicaciones para evitar la exposición a campos magnéticos, especialmente durante el embarazo, postparto y lactancia.

Tabla 5 Efectos biológicos no térmicos de la exposición a la radiación no ionizante

SISTEMA ÓRGANO O TEJIDO	DAÑOS Y EFECTOS	INDESEABLE	
<b>Muy nervioso</b>	Trastornos del sistema nervioso central	Modificación del tejido nervioso	Trastornos autonómicos del sistema nervioso central y periférico
<b>Cardiovascular</b>	Cambio en la presión arterial	Trastorno del ritmo cardíaco	Cambios en el volumen sistólico
<b>Ojos</b>	Opacidades y cataratas	Lesiones corneales y retinianas	Fotoqueratitis, queratoconjuntivitis y fotofobia
<b>Orejas</b>	Trastornos de la audición vestibular		
<b>Genético</b>	aberraciones cromosómicas	mitosis anormales	Alteraciones en la respiración mitocondrial
<b>hematopoyético</b>	Cambios en los eritrocitos y leucocitos		
<b>Reproductivo</b>	Alteración de la espermatogénesis		

<b>Cabello</b>	Pigmentación alterada	Mayor riesgo de cáncer de piel	Hiperplasia epidérmica y envejecimiento celular prematuro
----------------	-----------------------	--------------------------------	---

Hospital La Inmaculada. (2018). *Manual de Buenas Prácticas Laborales. Exposición Laboral a Campos Electromagnéticos en Rehabilitación y Fisioterapia.*

- a. Gónadas. La región testicular es muy sensible a las variaciones térmicas; por lo tanto, se deben tomar precauciones para evitar efectos adversos.
- b. Implantes: Se recomienda permanecer a menos de tres metros del paciente si tiene implantes oftálmicos, cardíacos o cualquier otro dispositivo generador de energía.
- c. Implantes pasivos: material de osteosíntesis, resortes de aneurisma, endoprótesis vasculares (stents), prótesis valvulares cardíacas, anticonceptivos metálicos y carcasas de dispositivos médicos implantados activos.
- d. Neoplasias o metástasis.
- e. Enfermedad causada por el bacilo de Koch activo.
- f. Cartílago de crecimiento

Al aplicar microondas y ondas cortas se suman las siguientes contraindicaciones:

Hipoestesia o anestesia, isquemia o sangrado activo. (20)

### **2.1.1 Justificación del problema**

Debido a la gran cantidad de dispositivos biomédicos disponibles en los departamentos de rehabilitación física, es fundamental conocer las fuentes de radiación no ionizante y su ubicación dentro de las áreas de rehabilitación física. Los niveles de radiación no ionizante deben medirse en las salas de fisioterapia y, más específicamente, en la sala de electroterapia donde se ubican estos equipos biomédicos.

Uno de los principales obstáculos es la presencia de equipos biomédicos sin separación entre ellos. De hecho, no se respetan las recomendaciones de ubicar el área de electroterapia en un espacio separado de otras áreas de trabajo y lejos de zonas con calor, humedad y piezas metálicas. No mantener la distancia obligatoria de dos metros entre el equipo y el profesional promueve la acumulación de campos electromagnéticos. Los equipos no se ubican en cabinas individuales para evitar interferencias entre ellos.

Tras revisar la literatura, encontramos que existen pocos estudios en Ecuador y ninguna medición del campo electromagnético generado por los infrarrojos cercanos (IRC). Se requieren más estudios para determinar si los campos electromagnéticos generados por equipos de rehabilitación biomédica en entornos hospitalarios pueden representar un riesgo de sobreexposición.

### **2.1.2 Conceptualización del problema**

La aplicación de campos electromagnéticos con fines terapéuticos se da en dos contextos: la búsqueda de un diagnóstico y su tratamiento. El diagnóstico se refiere al proceso de evaluación deliberada que realiza un paciente para identificar la enfermedad que padece. Se sabe que el uso de diferentes frecuencias y ondas electromagnéticas puede generar efectos inesperados. Por lo tanto, los estudios priorizan su control y protocolo, dado el creciente riesgo de asociación de estos campos electromagnéticos con la aparición de enfermedades profesionales. En 2004, la ICNIRP reguló y propuso las normas y valores de referencia para el uso de equipos biomédicos que generan campos electromagnéticos y rayos infrarrojos cercanos y los CEM. (15)

### **2.1.3 Teorías que sustentan el estudio**

Acoplamiento a campos eléctricos de baja frecuencia

La variabilidad de los campos eléctricos en el cuerpo humano crea un flujo de carga eléctrica que determina la dirección de la carga (dipolo eléctrico) y el dipolo eléctrico integral, ya presente en los tejidos. La magnitud relativa de estos diferentes efectos depende de las propiedades eléctricas del cuerpo, incluyendo la conductividad eléctrica (que regula el flujo de corriente eléctrica) y la compensación (que regula la magnitud del efecto de polarización). La conductividad eléctrica y su aplicación varían según el tipo de tejido y también dependen de la frecuencia del campo aplicado. Los campos eléctricos externos al cuerpo generan una carga superficial; esto crea una corriente en el cuerpo cuya distribución depende de la exposición del cuerpo, sus condiciones de tamaño y forma, y su posición relativa al campo. (13)

## Acoplamiento a campos magnéticos de baja frecuencia

La creación de campos electromagnéticos en el cuerpo permite la variabilidad y el flujo de corrientes eléctricas. El cuerpo ya no produce electricidad homogénea; sin embargo, la densidad de corriente puede calcularse mediante modelos y métodos anatómicos y eléctricamente realistas. (13)

### 2.1.4 Investigaciones previas y su relación con el problema

Se realizaron mediciones en equipos biomédicos cerca de los cables de dos dispositivos electroquirúrgicos que operan a 0,5 MHz en la Universidad de Orebro; la validación de los datos frente a la recomendación de la ICNIRP reveló que se excedieron los valores de referencia para los campos eléctricos y magnéticos (21). Se revisaron publicaciones académicas, y los efectos terapéuticos de la luz visible e infrarroja se utilizan especialmente en fisioterapia en mediciones de radiofrecuencia Lubkowska et al., 2018, menciona a la radiación infrarroja y la luz roja visible que tienen un efecto estimulante en la capacidad del músculo para desarrollar una contracción activa. Se propone que los cambios observados estén asociados al efecto térmico de la radiación, así como a los denominados efectos extra visuales. En Europa, el consenso sugiere que puede haber un riesgo de sobreexposición para los fisioterapeutas que utilizan diatermia de onda corta como operadores directos y recomienda la evaluación y medición constantes de los niveles de EMF para proteger a los trabajadores (21). Todos estos estudios descritos advierten de la existencia de CEM potencialmente peligrosos, por lo que es necesario identificarlos e investigar si se encuentran dentro de los valores normales, todo esto dada la gran cantidad de equipos biomédicos registrados en los hospitales y centros de rehabilitación estudiados. (21)

*Tabla: 6 Trabajadores con mayor riesgo de exposición a campos electromagnéticos*

<b>Trabajadores con mayor riesgo</b>	<b>Ejemplo</b>
Trabajadores con dispositivos médicos implantados activos (AIMD)	Marcapasos, desfibriladores cardíacos, bombas de infusión implantadas, codificadores retinianos, neuroestimuladores, implantes cerebrales.
Trabajadores que llevan dispositivos médicos metálicos pasivos implantados.	Rodillas artificiales, tornillos, clips quirúrgicos, clips para aneurismas, válvulas cardíacas, implantes anticonceptivos
Trabajadores conectados a dispositivos médicos externos trabajadoras embarazadas	Bombas de infusión externas, respiradores artificiales.

## 2.2 Marco legal

- De acuerdo con el Decreto Ejecutivo N° 255 del 2 de mayo de 2024, que presenta el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ecuador, su principal objetivo es garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable para los trabajadores mediante la implementación de políticas y procedimientos adecuados. (25)

Artículo 48.- “Criterios y límites de exposición. - Los criterios y límites de exposición a agentes físicos, químicos y biológicos deberán ajustarse a lo dispuesto en la reglamentación técnica nacional vigente; en su defecto, se hará referencia a las normas internacionales reconocidas.”

Artículo 49.- “De la implementación de las medidas de prevención y protección. - En todo lugar y/o centro de trabajo, conforme a los riesgos laborales identificados y evaluados, se implementarán medidas de prevención y protección para evitar o minimizar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. La jerarquía para la implementación de las medidas de prevención y/o protección será:

1. Eliminación
2. Sustitución
3. Control técnico;
4. Control administrativo; y,
5. "Control sobre el trabajador"

- De conformidad con la Resolución 513 del Reglamento General del Seguro contra Riesgos del Trabajo, se describe lo siguiente (26)

Art. 59.- Microondas. -

1. “(Reformado por el art. 39 del DE 4217, RO 997, 10VIII1988) Exposiciones permitidas en lugares de trabajo donde se generan microondas, entendidas como relaciones de frecuencia entre 100 megahercios (MHz) y 100 gigahercios (GHz), el tiempo de exposición se regulará en función de la densidad de potencia de la radiación.”

Art. 60.- Radiaciones infrarrojas. -

1. “La exposición de los trabajadores a la radiación infrarroja deberá limitarse en función de la intensidad de la radiación y de la naturaleza de su fuente.”

2. (Reformado por el Art. 40 del D.E. 4217, R.O. 997, 10VIII1988) Apantallamiento de la fuente de radiación. En los lugares de trabajo en que exista exposición intensa a radiaciones infrarrojas, se instalarán cerca de la fuente de origen cuando sea posible pantallas absorbentes, cortinas de agua u otros dispositivos apropiados para neutralizar o disminuir el riesgo.”

3. Protección personal

“Los trabajadores expuestos en intervalos frecuentes a estas radiaciones serán provistos de equipos de protección ocular u otros necesarios.”

4. Prohibiciones de exposición

“Se prohíbe a los menores de 18 años y a mujeres en gestación de cinco meses en adelante realizar trabajos expuestos a rayos infrarrojos, así como a las personas que padezcan enfermedades cutáneas o pulmonares en procesos activos.”

Art. 61.- Radiación ultravioleta. -

1. Señalización de peligros e instrucciones a los trabajadores.

“En los lugares de trabajo donde se realizan operaciones que generan radiación ultravioleta, se debe señalar adecuadamente la existencia de este riesgo. Los trabajadores expuestos deben recibir instrucciones específicas, tanto orales como escritas, sobre el peligro y las medidas de protección.”

2. Apantallamiento de la fuente de radiación.

“En las operaciones donde se produzcan emisiones de radiación ultravioleta, se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar su difusión colocando pantallas absorbentes o reflectantes entre la fuente emisora y/o los puestos de trabajo.

“La superficie de la fuente emisora de radiación ultravioleta debe limitarse al mínimo necesario.”

3. “(Reformado por el Art. 41 del D.E. 4217, R.O. 997, 10VIII 1988) Soldadura al arco eléctrico. Se efectuará en compartimientos o cabinas individuales o en su defecto siempre que sea posible se colocarán pantallas móviles incombustibles alrededor de cada puesto de trabajo.”

4. Protección personal.

“Se dotará a los trabajadores expuestos a radiaciones ultravioletas de gafas o pantallas protectoras con cristales absorbentes de radiaciones, y de guantes y cremas aislantes para proteger las partes que quedan al descubierto.”

- En base al anexo 3 de la norma técnica en seguridad e higiene del trabajo en la que se menciona (24)

## CAPÍTULO I

### RIESGOS FÍSICOS

Art. 7. Radiaciones no ionizantes. -

“La exposición a la radiación no ionizante incluye la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos con una frecuencia de hasta 300 GHz. Para implementar medidas de prevención y protección contra esta radiación, el empleador debe implementar las siguientes medidas:”

1. Aplicación de la jerarquía de controles. -

“Los riesgos derivados de la exposición a radiaciones no ionizantes deben eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso tecnológico y la disponibilidad de medidas de control de riesgos mediante la aplicación de la jerarquía de controles:”

- a. Eliminación física del peligro.
- b. Sustitución de peligros.
- c. Control técnico: separar a los trabajadores del peligro mediante medidas técnicas.

d. Control administrativo:

i. “Informar y capacitar a los trabajadores sobre los riesgos de exposición a las radiaciones no ionizantes y sobre las medidas preventivas necesarias”.

i. “Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores si no es posible eliminar o reducir las fuentes de radiación”.

ii. “Establecer políticas y procedimientos claros para gestionar los riesgos asociados con la exposición a la radiación no ionizante, incluido el acceso restringido a zonas donde los niveles de radiación son elevados.”

iii. “Entre otras medidas”

e. “Sobre el trabajador”:

i. “El uso de equipos de protección individual (EPI) por parte de los trabajadores debe considerarse como último recurso cuando la aplicación de medidas técnicas y administrativas no sea técnicamente posible.”

ii. “Los EPP entregados deberán contar con la respectiva certificación técnica por organismos nacionales o internacionales. Se fomentará su uso y obligatoriedad, siendo responsabilidad del empleado verificar su eficacia”

2. “Metodología de medición. - Los métodos utilizados para medir la exposición a radiaciones no ionizantes deberán seguir metodologías reconocidas a nivel nacional o internacional en ausencia de las primeras.”

3. “Valores límite de exposición. - Se debe garantizar que la exposición ocupacional a radiaciones no ionizantes no supere los valores límite de exposición establecidos por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).”

4. “Instrumentos de medición. - El instrumento de medición deberá contar con un certificado de calibración periódica vigente emitido por un laboratorio nacional o internacional debidamente acreditado.”

- LEY GENERAL DE SALUD (2007)

De conformidad con el artículo 76 de la ley: “Los directores y administradores de los establecimientos de salud velarán por el estricto cumplimiento de las medidas y órdenes destinadas a prevenir la propagación de enfermedades transmisibles en el interior del establecimiento y en la comunidad”.

LIBRO II DEL DERECHO BIOLÓGICO DE LA SALUD: Salud y Seguridad Ambiental

CAPÍTULO II: “Residuos comunes, infecciosos y especiales, y radiaciones ionizantes y no ionizantes” Art. 109. “Nadie podrá ser sometido ni expuesto a radiaciones ionizantes y no ionizantes más allá de las dosis o límites permisibles, de acuerdo con la normativa vigente”. “Los equipos de diagnóstico y terapéuticos que utilicen radiaciones ionizantes y no ionizantes deberán instalarse en edificios técnicamente adecuados y cumplir con los requisitos de seguridad e higiene establecidos por la Autoridad Sanitaria Nacional y la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica; deberán someterse a un mantenimiento riguroso y periódico y contar con certificados de control de calidad”.

CAPÍTULO III: “Derechos y deberes de los individuos y del Estado en materia de salud” Art. 8.- Son deberes individuales y colectivos en materia de salud: a) “Cumplir las medidas de prevención y control que establezcan las autoridades sanitarias.

- CÓDIGO ORGÁNICO DEL TRABAJO

CAPITULO V: Salud y seguridad en el trabajo Art. 121.- “Los establecimientos públicos o privados cuyo personal esté expuesto a radiaciones ionizantes y emisiones no ionizantes, están obligados a proporcionar sistemas de atención y monitoreo radiológico y condiciones de seguridad en el trabajo que prevengan riesgos para la salud.

- CÓDIGO DE ÉTICA Y CONDUCTA PROFESIONAL EN FISIOTERAPIA  
TÍTULO PRELIMINAR

Artículo 1.- “El Código de Ética de la Profesión de Fisioterapia Comunitaria tiene como objetivo servir como norma de conducta profesional en el ejercicio de la fisioterapia en todas sus modalidades. Artículo 2.- La ética fisioterapéutica es el conjunto de principios y normas éticas que deben inspirar y guiar la conducta profesional del fisioterapeuta. El incumplimiento de cualquiera de las normas de este Código constituye una falta disciplinaria definida en los estatutos de la Orden Profesional, cuya corrección se llevará a cabo de acuerdo con el procedimiento establecido en dichos estatutos.”

## - RELACIONES CON ORGANIZACIONES PROFESIONALES

Artículo 36.- “La Orden de Fisioterapeutas debe velar por la adecuada organización del sistema de salud del país y por todos los aspectos que puedan afectar a la salud de la población.”

Artículo 38.- “La Orden de Fisioterapeutas debe garantizar la alta calidad de la formación en fisioterapia y, además, debe utilizar todos los medios disponibles para asegurar que los fisioterapeutas puedan recibir una formación continuada adecuada.”

Artículo 39.- “Todo fisioterapeuta que sepa que está enfermo, que sepa que puede transmitir una enfermedad o que tenga dificultad para ejercer plenamente su profesión tiene el deber de consultar a uno o más colegas para evaluar su capacidad profesional y seguir las instrucciones que se le den.”

Artículo 40.- «El fisioterapeuta que tenga conocimiento de que otro fisioterapeuta, debido a su estado de salud, hábitos o riesgo de contagio, pueda perjudicar a los usuarios, tiene el deber, con la debida discreción, de informarles y recomendarles que consulten a una persona que pueda asesorarles sobre la mejor manera de proceder. También tiene el deber de informar a la Orden. El bienestar del usuario debe ser siempre una prioridad».

Artículo 44.- “El fisioterapeuta debe contribuir a la defensa de los derechos y principios establecidos en este Código y en los estatutos de la Orden.”

## INTERPRETACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CÓDIGO

Artículo 63.- “La interpretación y aplicación de los principios contenidos en este Código deben evolucionar y adaptarse a la realidad en que se insertan y, en consecuencia, deben permitir su adaptación según la evolución de las ciencias de la salud y en particular de la fisioterapia.”

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, justificado por la necesidad de medir y analizar objetivamente los niveles de radiación no ionizante en centros de rehabilitación física. Esto

permite recopilar datos numéricos precisos sobre la exposición a la radiación no ionizante (RNI) y su relación con la salud del personal de fisioterapia. Además, el enfoque cuantitativo facilita la reproducibilidad del estudio en otros entornos, contribuyendo así a enriquecer el conocimiento existente en salud laboral.

### **3.2 Tipo de búsqueda**

El estudio es descriptivo y transversal, lo que permite un análisis detallado de los niveles de IRN en un momento específico en el lugar de trabajo. Su naturaleza descriptiva permite caracterizar la situación actual sin manipular variables, lo cual es esencial para sentar las bases de futuras investigaciones más exhaustivas. Además, el diseño transversal facilita la rápida recopilación de datos, lo que permite una evaluación eficaz del problema en un contexto real.

### **3.3 Diseño de la investigación**

El presente estudio se basa en un diseño de investigación cuantitativo, no experimental, transversal y descriptivo, el cual se consideró el más pertinente de acuerdo a los objetivos planteados y la naturaleza del fenómeno analizado: exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes (CEM-RNI) en centros de rehabilitación física.

### **3.4 Descripción del área de estudio**

El área de estudio se centra en los centros de rehabilitación física ubicados en la ciudad de Quito. Estos centros utilizan diversos dispositivos biomédicos que emiten radiación no ionizante (RNI), como diatermia, láser, magnetoterapia y electroterapia. Los profesionales que utilizan estos dispositivos biomédicos, compuestos por fisioterapeutas, trabajan a tiempo completo en estos centros y están expuestos a la RNI durante su jornada laboral.

#### **3.4.1 Población y muestra**

La población de esta investigación estuvo constituida por equipos biomédicos emisores de campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes (CEM-NI) utilizados en los servicios de rehabilitación física de centros de salud públicos y privados de la ciudad de Quito, donde

laboran fisioterapeutas expuestos profesionalmente a estas fuentes. Según datos obtenidos y actualizados por la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACCES), doce centros se encontraban registrados en la Coordinación Zonal 9 y en la ciudad de Quito. Cabe indicar que existe un subregistro debido a la falta de permisos de funcionamiento. Sin embargo, dentro del alcance del estudio, se pudieron visitar nueve centros y se logró la autorización para la medición de equipos biomédicos. Al no existir un registro real o actualizado de todos los equipos de este tipo a nivel distrital, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando los centros de rehabilitación física que contaban con el equipamiento adecuado y habían emitido la aprobación para el ingreso y medición de emisiones de campos electromagnéticos.

### **3.4.2 Criterios de inclusión**

- Centros de rehabilitación física que utilizan equipos emisores de RNI, como diatermia, láser, magnetoterapia, microondas y aparatos de electroterapia.

### **3.4.3 Criterios de exclusión**

- Centros que no utilizan equipos transmisores de RNI.

## **3.5 Procedimiento**

El trabajo se basará en el uso de un medidor de campo electromagnético que permite el análisis de campos magnéticos, en este caso NIR, generados por equipos biomédicos. Para lograr este objetivo, se realizó un estudio técnico de campo. Se identificaron y clasificaron los equipos biomédicos que generan campos electromagnéticos de radiación no ionizante, ubicados en las áreas de rehabilitación física de establecimientos públicos y privados. Posteriormente, se realizaron mediciones directas en las placas emisoras de cada equipo en condiciones normales de funcionamiento, utilizando un medidor de campo electromagnético (EMF Meter) validado. Las mediciones se realizaron individualmente para cada equipo, registrándose el valor en microteslas ( $\mu\text{T}$ ).

Para identificar los posibles efectos sobre la salud, se realizó una revisión bibliográfica especializada, centrada en estudios científicos, artículos indexados, documentos técnicos de organizaciones internacionales (como la ICNIRP y la OMS) y literatura académica sobre los efectos biológicos y fisiológicos de la exposición a campos electromagnéticos en entornos

laborales, en particular entre profesionales sanitarios. La información recopilada permitió identificar y categorizar los posibles efectos agudos y crónicos reportados en la literatura, así como las variables de exposición relevantes (frecuencia, intensidad, tiempo y distancia). Esta revisión respaldó la interpretación de los niveles medidos y las observaciones de campo contextualizadas con datos científicos actualizados.

Con base en el análisis de los resultados de campo y la revisión de la literatura técnica y regulatoria, se elaboró un conjunto de recomendaciones técnicas, diferenciadas por tipo de equipo biomédico. Estas acciones se basaron en los principios de higiene laboral, prevención de riesgos laborales y control de la exposición a radiaciones no ionizantes. Se consideraron medidas técnicas (blindaje, mantenimiento, señalización), medidas administrativas (protocolos de uso, delimitación de áreas) y capacitación profesional (capacitación sobre riesgos CEM-RNI). Además, se priorizó la aplicabilidad práctica en un entorno hospitalario, adaptando las propuestas a los recursos y condiciones operativas de los centros de rehabilitación visitados.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para recopilar datos sobre los niveles de radiación no ionizante, se aplicó la técnica de medición directa in situ. Esta técnica permite obtener datos cuantitativos objetivos y precisos sobre la intensidad de los campos electromagnéticos presentes en el lugar de trabajo. Se aplicó específicamente a campos electromagnéticos en condiciones normales de funcionamiento. Las mediciones se realizaron en microteslas ( $\mu\text{T}$ ), la unidad internacional para la expresión de la densidad de flujo magnético. Esta técnica permitió caracterizar la intensidad del campo en su punto máximo de emisión, proporcionando así una referencia esencial para el análisis de riesgos laborales.

El instrumento utilizado fue un medidor de campo electromagnético (CEM), un modelo previamente calibrado y validado para su uso en entornos clínicos. Este dispositivo tiene una sensibilidad adecuada para las bajas frecuencias típicas de los dispositivos terapéuticos evaluados y permite el registro instantáneo y fiable de los niveles de emisión. Los valores obtenidos se registraron manualmente en fichas técnicas, clasificadas por tipo de equipo, establecimiento y entorno (público o privado). Posteriormente, los datos se organizaron en

tablas comparativas y se compararon con los límites de exposición ocupacional establecidos por la ICNIRP (2010), lo que facilitó la identificación de equipos con niveles superiores al umbral permisible.

Para alcanzar el objetivo de estudiar los posibles efectos de la fisioterapia en la salud, se realizó una revisión bibliográfica y un análisis bibliográfico especializado, centrándose en estudios e informes científicos relacionados con los efectos reportados de la exposición a campos electromagnéticos (CEM) en el entorno laboral. Esta investigación científica se realizó utilizando fuentes primarias y secundarias de bases de datos científicas reconocidas, como Scopus, PubMed, SciELO y Google Académico.

Se utilizó un formulario estructurado de revisión bibliográfica como herramienta de recopilación de datos, lo que permitió registrar de forma organizada la información relevante de cada estudio consultado: autores, año de publicación, país, tipo de estudio, tipo de exposición, principales resultados sobre efectos en la salud y conclusiones. Esta herramienta facilitó la comparación de diversos estudios y permitió extraer modelos científicos y consensos que sustentan el análisis de los datos obtenidos en este ámbito. El análisis de esta evidencia documental proporcionó solidez teórica al enfoque de riesgos laborales, vinculando los niveles medidos con las posibles consecuencias fisiológicas reportadas en otros entornos sanitarios.

Para este último objetivo, se aplicó la técnica de análisis técnico y regulatorio comparativo. Esta consistió en estudiar las recomendaciones emitidas por organizaciones internacionales (ICNIRP, OMS, ARCOTEL), así como la normativa nacional relativa a la seguridad laboral, el uso de tecnologías biomédicas y la exposición a radiaciones no ionizantes. También se tuvieron en cuenta manuales técnicos de fabricantes de equipos de fisioterapia y guías de buenas prácticas clínicas. Esta técnica sirvió de base para desarrollar propuestas preventivas que reflejaran la realidad técnica y operativa de los centros evaluados.

Se utilizó una matriz de análisis de riesgos técnico-preventivos, comparando los RNI con la descripción de cada equipo (frecuencia, intensidad, uso clínico) y estableciendo recomendaciones de acción según el tipo de emisión. Esta matriz permitió formular recomendaciones diferenciadas por tecnología, considerando medidas de control técnico

(protección, mantenimiento), medidas administrativas (protocolos de uso, señalización) y medidas de capacitación (formación del personal). Este enfoque estructurado garantizó que las propuestas respetaran los principios de higiene laboral y fueran viables en un entorno hospitalario real.

### **3.7 Técnicas de análisis de datos**

El análisis de datos propuesto se basa en un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. Esto nos permitirá no solo medir los niveles de RNI en centros de rehabilitación física, sino también comprender el contexto de exposición y sus posibles efectos en la salud del personal.

Para analizar los datos de las mediciones de campo, se aplicó una técnica de análisis estadístico descriptivo. El objetivo fue sintetizar y organizar la información recopilada sobre los niveles de radiación no ionizante emitidos por los diferentes equipos biomédicos evaluados. Se calcularon medidas de tendencia central, como los valores de emisión mínimo, máximo y promedio (en microteslas), y se compararon directamente con los límites ocupacionales establecidos por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, 2010). Este enfoque permitió identificar claramente qué equipos excedían los valores de referencia y en qué medida, clasificándolos según su grado de riesgo potencial.

Además, se elaboraron tablas de interpretación para cada tipo de tecnología (onda corta, láser, magnetoterapia, etc.), diferenciando entre instalaciones públicas y privadas. Este análisis permitió cuantificar el porcentaje de equipos que superaban los límites autorizados, facilitando así la identificación de patrones y tendencias de incumplimiento por tipo de equipo. El procesamiento y la introducción de datos se realizaron manualmente, dado el tamaño razonable de la muestra, priorizando la claridad y el rigor técnico en la presentación de los resultados. Este análisis estructurado sirvió de base para formular conclusiones y recomendaciones específicas para la prevención de riesgos laborales.

El análisis del primer objetivo implicó la recopilación y comparación de datos medidos en las placas emisoras de 55 equipos biomédicos en funcionamiento. Los valores obtenidos se expresaron en microteslas ( $\mu\text{T}$ ) y se compararon con los límites de exposición ocupacional

establecidos por la ICNIRP (2010). Se identificaron equipos de onda corta, magnetoterapia, terapia láser y microondas con niveles superiores a los recomendados, siendo los equipos de onda corta y microondas los más críticos. El análisis permitió clasificar cada equipo según su nivel de riesgo y demostrar que, en muchos casos, el personal de fisioterapia está expuesto a emisiones no controladas. Esta información se organizó en tablas por tipo de equipo y por tipo de entidad (pública o privada), lo que permitió detectar tendencias y priorizar acciones correctivas. La sistematización de los datos proporcionó una visión general del grado de cumplimiento normativo en los centros evaluados. Por lo tanto, este objetivo ha permitido generar una base técnica para la evaluación del riesgo electromagnético en fisioterapia.

Este análisis se basa en una revisión sistemática de la literatura científica sobre los efectos de los campos electromagnéticos en el entorno laboral, en particular en el sector sanitario. La revisión bibliográfica identificó efectos adversos notificados en trabajadores expuestos a radiación no ionizante, como síntomas neurológicos, alteraciones del sueño, fatiga crónica, trastornos cardiovasculares y estrés oxidativo celular. Se estableció una correlación teórica entre los niveles medidos en campo y las consecuencias observadas en estudios previos, lo que respalda la hipótesis de un riesgo laboral para los fisioterapeutas. También se revisaron informes de la OMS y la ICNIRP que advierten de los posibles efectos de la exposición prolongada, en particular cuando se superan los límites recomendados. La información recopilada se sistematizó en una matriz resumen para identificar patrones comunes en la literatura. Este análisis proporcionó respaldo teórico al diagnóstico, fortaleciendo así la interpretación del riesgo.

El análisis correspondiente al objetivo de las acciones de prevención se centró en el desarrollo de recomendaciones técnicas, administrativas y de capacitación, diferenciadas según el tipo de equipo biomédico evaluado. Se elaboró una matriz de prevención con base en los resultados obtenidos y las mejores prácticas de la literatura técnica y la normativa internacional. Las acciones propuestas incluyeron el establecimiento de distancias de seguridad, la señalización de zonas de riesgo, el mantenimiento periódico de los equipos, la rotación del personal y la capacitación específica sobre los riesgos de las radiaciones no ionizantes. Cada recomendación se formuló considerando su viabilidad técnica en un entorno hospitalario real en Ecuador, priorizando su aplicabilidad en un entorno público. También se

incorporaron principios de higiene ocupacional para garantizar un control eficaz de la exposición. Este análisis permitió pasar de la identificación del problema a la formulación de soluciones concretas que podrían implementarse en centros de rehabilitación física.

### **3.8 Consideraciones éticas**

El estudio se llevará a cabo de acuerdo con los principios establecidos en las Directrices Éticas Internacionales para la Investigación y la Experimentación Biomédica en Seres Humanos (CIOMS) de la Organización Mundial de la Salud. La propuesta de investigación debe ser aprobada por un comité de ética reconocido por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador y la Dirección de Inteligencia Sanitaria, de acuerdo con los requisitos establecidos por estos. El equipo de investigación declara libre y voluntariamente que el proyecto descrito en este documento es un trabajo original, cuyos autores forman parte del equipo de investigación. El proyecto no infringe ninguna norma legal ni ética y cuenta con las autorizaciones necesarias para su ejecución.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

En este estudio, se midieron los niveles de exposición a campos electromagnéticos no ionizantes mediante diversos dispositivos biomédicos utilizados en centros de rehabilitación física públicos y privados. Las mediciones se realizaron con un medidor de campo electromagnético calibrado, cuyos valores se expresan en microteslas ( $\mu\text{T}$ ).

Se evaluaron 55 dispositivos biomédicos, divididos en siete categorías tecnológicas frecuentemente utilizadas en terapias de rehabilitación:

*Tabla 7 Equipos biomédicos*

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Entidad pública</b>	<b>Entidad privada</b>
<b>Onda corta</b>	10	9	1
<b>Láser</b>	18	15	3
<b>Magnetoterapia</b>	15	12	3
<b>Infrarrojo</b>	1	-	1
<b>Electroestimulador</b>	5	2	3
<b>Ultrasonido</b>	5	2	3
<b>Microonda</b>	1	1	-
<b>TOTAL</b>	55	41	14

Esta distribución muestra un predominio de equipos en establecimientos públicos (74,5%) en comparación con los privados (25,5%). Los dispositivos más comunes fueron el equipo de láser terapéutico (32,7% del total) y los dispositivos de magnetoterapia (27,2%), seguidos de la terapia de onda corta (18,1%).

Diez dispositivos de onda corta utilizados para terapias de diatermia de alta frecuencia en centros de rehabilitación física. Las mediciones se realizaron con un medidor de campo electromagnético calibrado, colocando el sensor directamente sobre las placas emisoras de campo electromagnético, es decir, en el punto de máxima emisión, para determinar los niveles máximos generados por el dispositivo durante su funcionamiento.

Los resultados obtenidos se compararon con los límites establecidos por la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, 2010) para la

exposición ocupacional, teniendo en cuenta la frecuencia típica de operación de este equipo: 27,12 MHz.

Tabla 8 Equipos biomédicos de onda corta

Equipo	Valor medido ( $\mu$ T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Respeto a los límites
1	05.66 *	0.45	Profesional	Superar
2	03.02 *	0.45	Profesional	Superar
3	05.27 *	0.45	Profesional	Superar
4	05.89*	0.45	Profesional	Superar
5	02.09 *	0.45	Profesional	Superar
6	01.32 *	0.45	Profesional	Superar
7	01.32 *	0.45	Profesional	Superar
8	01.52 *	0.45	Profesional	Superar
9	06.71 *	0.45	Profesional	Superar
10	0.81	0.45	Profesional	Obediente

\*Valor por encima del límite de exposición

Nota: Todos los valores fueron medidos directamente en las placas transmisoras del equipo de onda corta, que representa el punto de mayor intensidad del campo magnético generado por el dispositivo.

Los valores medidos en las placas del transmisor reflejan las emisiones máximas posibles de cada dispositivo. Todos los dispositivos superan significativamente el límite de exposición ocupacional recomendado por la ICNIRP (0,45  $\mu$ T), con valores más de 14 veces superiores al valor de referencia. El valor más bajo registrado (0,81  $\mu$ T) también supera el umbral de seguridad, lo que indica que incluso los dispositivos menos potentes generan niveles peligrosos en su fuente de emisión.

En el caso del equipo de onda corta, se obtuvieron diez mediciones directas en las placas transmisoras. El valor mínimo registrado fue de 0,81  $\mu$ T, mientras que el valor máximo alcanzó 6,71  $\mu$ T. El promedio Las emisiones fueron aproximadamente 3,36  $\mu$ T, lo que demuestra una variabilidad significativa entre los dispositivos probados. Todos los valores superaron el límite de exposición ocupacional de la ICNIRP (0,45  $\mu$ T), lo que indica un incumplimiento total de la normativa. Esto pone de relieve el riesgo generalizado asociado al uso de este tipo de tecnología sin controles adecuados.

Tabla 9 Equipos de terapia láser biomédico

Equipo	Valor medido ( $\mu$ /T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Cumplimiento de límites
1	00.66	0.2	Ocupacional	Cumple
2	03.02 *	0.2	Ocupacional	Supera
3	06.68 *	0.2	Ocupacional	Supera
4	01.52	0.2	Ocupacional	Cumple
5	00.01	0.2	Ocupacional	Cumple
6	00.06	0.2	Ocupacional	Cumple
7	00.00	0.2	Ocupacional	Cumple
8	02.44 *	0.2	Ocupacional	Supera
9	01.86	0.2	Ocupacional	Cumple
10	03.24 *	0.2	Ocupacional	Supera
11	01.66	0.2	Ocupacional	Cumple
12	00.00	0.2	Ocupacional	Cumple
13	02.36 *	0.2	Ocupacional	Supera
14	00.36	0.2	Ocupacional	Cumple
15	02,98 *	0.2	Ocupacional	Supera
16	00.32	0.2	Ocupacional	Cumple
17	06.39 *	0.2	Ocupacional	Supera
18	01.32 *	0.2	Ocupacional	Supera

\*Valor por encima del límite de exposición

Nota: 15 de los 18 dispositivos (83,3%) superan el límite ICNIRP, lo que demuestra un riesgo potencial de sobreexposición ocupacional.

Se evaluaron dieciocho dispositivos biomédicos de terapia láser utilizados en rehabilitación física. Las mediciones se realizaron directamente en las placas emisoras del dispositivo, es decir, en el punto de mayor intensidad del campo magnético. Las mediciones se registraron con un medidor de campo electromagnético calibrado y los resultados se compararon con el límite de exposición ocupacional establecido por la ICNIRP (2010) para campos magnéticos a frecuencias cercanas al rango operativo de estos dispositivos.

Las emisiones oscilaron entre 0,00  $\mu$ T y 6,68  $\mu$ T, siendo esta última la más alta. El valor promedio fue de 1,77  $\mu$ T, y 15 de los 18 dispositivos analizados (83,3 %) superaron el límite ocupacional de la ICNIRP (0,20  $\mu$ T).

Tabla 10 Equipos de magnetoterapia biomédica

Equipo	Valor medido ( $\mu$ /T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Cumplimiento de límites
1	05.15 *	0.2	Ocupacional	Supera
2	01.04 *	0.2	Ocupacional	Supera
3	05.36 *	0.2	Ocupacional	Supera
4	03.29 *	0.2	Ocupacional	Supera
5	05.18 *	0.2	Ocupacional	Supera
6	05.57 *	0.2	Ocupacional	Supera

7	05.65 *	0.2	Ocupacional	Supera
8	00.60	0.2	Ocupacional	Cumple
9	06.28 *	0.2	Ocupacional	Supera
10	05.14 *	0.2	Ocupacional	Supera
11	05.71 *	0.2	Ocupacional	Supera
12	02.02 *	0.2	Ocupacional	Supera
13	03,95 *	0.2	Ocupacional	Supera
14	05.36 *	0.2	Ocupacional	Supera
15	06.31 *	0.2	Ocupacional	Supera

\*Valor por encima del límite de exposición

Se midieron quince dispositivos de magnetoterapia utilizando el sensor ubicado directamente sobre las placas emisoras. Los valores registrados oscilaron entre 0,60  $\mu$ T y 6,31  $\mu$ T, con un límite de exposición ocupacional ICNIRP de 0,20  $\mu$ T. De los 15 dispositivos evaluados, 14 superaron el límite reglamentario, lo que representa un incumplimiento del 93,3%.

El valor mínimo fue de 0,60  $\mu$ T, superior al límite permitido, y el valor máximo fue de 6,31  $\mu$ T, más de 30 veces superior al límite. La emisión media fue de aproximadamente 4,15  $\mu$ T, lo que indica una alta variabilidad y un riesgo considerable para el personal expuesto.

Tabla 12. Equipos biomédicos infrarrojos

Tabla 11 Equipos biomédicos infrarrojos

Equipo	Valor medido ( $\mu$ )/T)	ICNIRP	Tipo de exposición
1	00.14	0.45	Ocupacional

Se evaluó un único dispositivo infrarrojo, que midió 0,14  $\mu$ T, frente al límite de exposición ocupacional de la ICNIRP de 0,45  $\mu$ T. Este valor se encuentra dentro del rango permisible, lo que indica un nivel de emisión seguro en la fuente medida.

Tabla 12 Equipos biomédicos de electroterapia

Equipo	Valor medido ( $\mu$ )/T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Cumplimiento de límites
1	00.10	0.2	Ocupacional	Cumple
2	00.09	0.2	Ocupacional	Cumple
3	01.63 *	0.2	Ocupacional	Supera
4	00.02	0.2	Ocupacional	Cumple
5	02.24 *	0.2	Ocupacional	Supera

\*Valor por encima del límite de exposición

En cinco dispositivos de electroterapia, las mediciones oscilaron entre 0,02  $\mu$ T y 2,24  $\mu$ T, con un límite de exposición ocupacional de 0,20  $\mu$ T. Dos de los dispositivos superaron el límite reglamentario, lo que representa una tasa de incumplimiento del 40 %.

El valor máximo registrado fue de 2,24  $\mu$ T, más de diez veces el límite, mientras que otros dispositivos mostraron emisiones muy bajas, muy por debajo del estándar. Esta variación sugiere diferencias en el diseño o el estado técnico de los dispositivos, que deben controlarse mediante calibración periódica.

Tabla 13 Equipos biomédicos de ultrasonido

Equipo	Valor medido ( $\mu$ /T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Cumplimiento de límites
1	02,99 *	0.2	Ocupacional	Supera
2	00.02	0.2	Ocupacional	Cumple
3	00.37	0.2	Ocupacional	Cumple
4	00.31	0.2	Ocupacional	Cumple
5	00.32	0.2	Ocupacional	Cumple

\*Valor por encima del límite de exposición

En el caso de los dispositivos ultrasónicos, las mediciones en las placas transmisoras oscilaron entre 0,02  $\mu$ T y 2,99  $\mu$ T, con un límite ICNIRP de 0,20  $\mu$ T. Solo uno de los cinco dispositivos analizados superó este límite, lo que representa una tasa de incumplimiento del 20 %.

El valor máximo fue de 2,99  $\mu$ T, lo que, aunque provenía de un solo dispositivo, podría indicar una posible fuente de riesgo para los operadores en contacto cercano. Los demás dispositivos mostraron emisiones dentro de los límites de seguridad.

Tabla 14 Equipos biomédicos de microondas

Equipo	Valor medido ( $\mu$ /T)	ICNIRP	Tipo de exposición	Respeto a los límites
1	05,99 *	0.45	Ocupacional	Supera

\*Valor por encima del límite de exposición

Se evaluó un dispositivo de microondas terapéutico, que midió 5,99  $\mu$ T, en comparación con el límite ICNIRP de 0,45  $\mu$ T. Este valor supera con creces el límite, lo que indica un alto riesgo de exposición a la fuente.

## **4.2 Discusión**

### **4.2.1 Discusión de resultados y análisis crítico**

Esta investigación reveló niveles significativos de exposición a RNI en los centros de rehabilitación física de Quito. Las mediciones tomadas directamente de las placas emisoras de equipos biomédicos revelaron que dispositivos como la onda corta, la magnetoterapia, la terapia láser y las microondas presentaron valores que superan los límites de exposición ocupacional establecidos por la ICNIRP (2010). En particular, el 100 % de los equipos de onda corta, el 93,3 % de los equipos de magnetoterapia, el 83,3 % de los equipos de terapia láser y el único equipo de microondas analizado superaron los valores de referencia reglamentarios. En menor medida, también se detectaron niveles elevados en algunos equipos de electroterapia y ultrasonido. Por el contrario, los equipos de rayos infrarrojos se mantuvieron dentro de los márgenes de seguridad para fisioterapeutas expuestos ocupacionalmente. Estos resultados reflejan una preocupante tendencia hacia la sobreexposición ocupacional en algunos equipos biotecnológicos de uso común en fisioterapia (26). La causa más probable de estos altos niveles podría estar relacionada con la falta de mantenimiento preventivo, la antigüedad del equipo y falta de sistemas de protección o control de emisiones. Además, se encontró que no existen protocolos homogéneos en los centros evaluados para controlar la distancia del operador durante la emisión, lo que aumenta el riesgo de exposición directa (27). Las consecuencias de estos niveles, si se mantienen en el tiempo, pueden manifestarse en síntomas neurológicos, térmicos y celulares, ya reportados por investigaciones previas, afectando la salud ocupacional del personal de rehabilitación. Al comparar estos resultados con estudios realizados en contextos similares, se observan importantes coincidencias. Por ejemplo, investigaciones realizadas en Italia (Ravera et al., 2018) y Brasil (Silva et al., 2021) han documentado emisiones excesivas en onda corta y magnetoterapia, asociadas a una falta de regulación técnica y obsolescencia. Sin embargo, en países donde los protocolos de control están más ampliamente implementados, como Alemania o Canadá, se reportan niveles significativamente más bajos debido al uso de tecnologías certificadas y prácticas de higiene electromagnética más rigurosas. Estas discrepancias pueden explicarse por diferencias en las políticas regulatorias, la disponibilidad de recursos y la conciencia profesional de los riesgos

asociados con la exposición ocupacional a CEM/RNI. Los resultados apoyan la hipótesis principal del estudio: los valores de RNI superan los niveles regulatorios en varios dispositivos biomédicos utilizados en rehabilitación física, también valida la hipótesis de que los fisioterapeutas pueden estar expuestos a riesgos laborales y de salud ocupacional importantes, si no se implementan medidas preventivas, en algunos casos, como en los equipos infrarrojos, se ha observado el cumplimiento de la norma, lo que podría explicarse por una frecuencia de funcionamiento diferente y una menor potencia. Estas discrepancias también sugieren que no todos los equipos presentan el mismo nivel de riesgo; por lo tanto, es necesario un enfoque diferenciado para la gestión de la exposición.

#### **4.2.2 Fortalezas y limitaciones**

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran el número limitado de centros evaluados, lo que genera un sesgo de selección y limita la generalización de los resultados de la exposición a campos electromagnéticos entre los fisioterapeutas de Quito, así como la falta de autorización para realizar la medición en estos centros de atención especializada. Si bien esto proporciona una representación válida de Quito, no permite la generalización de los resultados a escala nacional. Las mediciones puntuales en la fuente emisora, sin evaluar la atenuación del campo a distancia del operador, y las mediciones realizadas durante la interacción directa con los pacientes fueron parciales, lo que podría proporcionar información adicional sobre la exposición real en condiciones de uso clínico. No obstante, la elección de la medición en la fuente es válida como indicador de riesgo máximo y como referencia para la definición de medidas de control.

Desde una perspectiva teórica, los resultados de este estudio contribuyen a la comprensión del riesgo electromagnético ocupacional en fisioterapia, un tema poco explorado en Latinoamérica y Ecuador. A nivel práctico, la evidencia generada justifica la urgencia de implementar medidas técnicas y administrativas de prevención, así como procesos de educación continua para los profesionales de la rehabilitación física. También resaltan la necesidad de actualizar las regulaciones nacionales que regulan la exposición ocupacional a campos electromagnéticos generadores de RNI en el sector salud, así como la creación de protocolos de monitoreo electromagnético en entornos clínicos. Estas acciones protegerán la

salud del personal y mejorarán las condiciones laborales en un entorno donde el uso de tecnologías médicas seguirá creciendo. Una de las principales fortalezas de esta investigación radica en su enfoque aplicado y contextualizado a entornos de trabajo en tiempo real en centros de rehabilitación física en Quito. Esto permite generar evidencia concreta sobre las condiciones de exposición a campos electromagnéticos no ionizantes en estos espacios y solicitar un estudio de estas condiciones al organismo regulador nacional, la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL), en colaboración con el Ministerio de Salud Pública (MSP) a través de sus Servicios de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el fin de generar políticas públicas de control, como se hace en Europa y Estados Unidos. Además, el estudio utilizó equipos de medición validados (un medidor de CEM calibrado) y una metodología uniforme para todos los equipos evaluados, lo que garantiza la confiabilidad y la comparabilidad de los resultados. Otra fortaleza notable es la amplitud del espectro tecnológico cubierto, ya que se evaluaron seis tipos de equipos biomédicos (onda corta, terapia láser, magnetoterapia, microondas, ultrasonido, electroterapia e infrarrojo), lo que permitió observar posibles fuentes de exposición. Además, la investigación se alineó con la normativa internacional actualizada (ICNIRP 2010), lo que permitió establecer criterios objetivos para el cumplimiento o incumplimiento regulatorio. Finalmente, cabe destacar el enfoque variado del análisis que integra los principios de higiene del trabajo, física médica y salud ocupacional, e incluyendo propuestas preventivas diferenciadas según el tipo de equipo, lo que refuerza su aplicabilidad práctica en entornos clínicos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5. Conclusiones**

Con base en los objetivos propuestos, este estudio permitió, como primer paso, reportar los niveles reales de radiación no ionizante generada por campos electromagnéticos en equipos biomédicos utilizados en centros de rehabilitación física en la ciudad de Quito, a través de mediciones directas en las placas emisoras. Estos resultados revelaron que una proporción significativa de los equipos evaluados excede los límites establecidos según los organismos internacionales como ICNIRP, destacando la exposición potencialmente peligrosa para los operadores. Si bien estas mediciones se realizaron en la fuente y no a la distancia habitual del operador, constituyen un indicador crítico de la necesidad de establecer entornos seguros

y fortalecer las medidas de control técnico y administrativo. Si el personal se encuentra a distancias menores de 30-50 cm durante la aplicación del tratamiento, la exposición podría ser significativa, dependiendo de la atenuación del campo con la distancia (ley del cuadrado inverso). Esta amplia dispersión de datos sugiere inconsistencias en el diseño, mantenimiento o tecnología de los equipos, lo que podría comprometer la seguridad del operador si no se implementan medidas correctivas.

En segundo lugar, con base en la literatura científica actualizada, fue posible identificar diversos estudios que hablan de una posible asociación entre la exposición a RNI y la fatiga, cefaleas, trastornos neuromusculares y posibles efectos crónicos reportados, recomendando la realización de más estudios.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos y los criterios técnicos de higiene ocupacional, se describió un conjunto de acciones preventivas específicas para fisioterapeutas, dirigidas a mitigar los riesgos laborales asociados, incluyendo medidas técnicas, administrativas y de capacitación profesional. Este postulado sugiere la urgencia de implementar controles técnicos y administrativos para minimizar la exposición a los campos magnéticos de estos equipos, así como una gestión técnica adecuada para garantizar su correcto funcionamiento y la protección electromagnética.

## **5.1 Recomendaciones**

Esta investigación muestra que los niveles de radiación no ionizante superan los límites ocupacionales recomendados por organizaciones internacionales como la ICNIRP en una proporción significativa de los equipos biomédicos evaluados, incluyendo los utilizados para magnetoterapia, terapia de microondas, terapia láser y terapia de onda corta. Esta situación plantea un escenario de exposición ocupacional no controlada. Para los fisioterapeutas que utilizan estos dispositivos en centros de rehabilitación física, esto aumenta el riesgo de efectos adversos a corto y largo plazo. Por lo tanto, de acuerdo con los principios de seguridad y salud ocupacional y los hallazgos de esta investigación, se presentan a continuación algunas recomendaciones técnicas específicas para cada tipo de equipo, con el fin de reducir la exposición innecesaria, mejorar las condiciones de trabajo y proteger la salud del personal de fisioterapia, se recomienda establecer:

- Zonas de exclusión alrededor del transmisor, especialmente durante tratamientos prolongados.
- Formación técnica del personal de fisioterapia y rehabilitación sobre riesgos electromagnéticos.
- Monitoreo periódico de las emisiones en condiciones reales de trabajo (no sólo en fuente).
- Establecer protocolos para garantizar que los operadores mantengan una distancia segura durante el uso, especialmente con equipos que emiten niveles altos.
- Incorporar barreras físicas, pantallas o rediseñar el entorno de trabajo para reducir la exposición.
- Evaluar la posible sustitución o actualización tecnológica de equipos obsoletos o defectuosos.
- Delimitar claramente el área de emisión láser activa, estableciendo una distancia mínima segura de trabajo.
- Integrar protecciones técnicas o blindajes, especialmente en equipos más antiguos o sin control electrónico de emisiones.
- Proponer aumentar la frecuencia de calibración y mantenimiento preventivo y/o correctivo, priorizando los equipos de alta emisión.
- Capacitar al personal para identificar los peligros específicos relacionados con los campos electromagnéticos y la radiación radiactiva y utilizar prácticas de trabajo seguras.

### **Medidas preventivas**

Dados los avances tecnológicos y el acceso a protocolos que abordan la exposición a EMF-RNI, los fisioterapeutas deberían poder minimizar un evento tan probable.

- Espacio de trabajo

Dentro del área de electroterapia se debe designar un área dedicada a ondas cortas, magnetoterapia, microondas y rayos láser, con protectores de vidrio metalizado y/o jaulas de Faraday para mitigar los niveles de densidad de potencia y crear una distancia segura donde el fisioterapeuta no esté expuesto a la radiación durante su jornada laboral.

El suelo debe ser conductor, antiestático o cubierto con esteras conductoras para evitar la electricidad estática.

- Área de electroterapia

Distancias específicas: Los equipos biomédicos que generan campos electromagnéticos pueden producir interferencias con otros equipos ubicados a menos de tres metros debido a la inestabilidad eléctrica, por lo que se recomienda mantenerlos a mayor distancia.

No se deben colocar dos unidades de diatermia de onda corta en la misma habitación.

Dirección de la radiación: Las pantallas de emisión del dispositivo no deben estar enfrentadas para evitar la radiación. La pantalla de control debe ubicarse cerca de la entrada de la habitación para que el profesional pueda abandonar el área una vez que el dispositivo esté en funcionamiento. El dispositivo debe estar orientado hacia la zona desocupada de la habitación, de modo que la radiación se dirija hacia las paredes y no hacia la zona por donde transitan el profesional u otros pacientes.

Material de madera: Para equipos generadores de microondas y ondas cortas que producen campos electromagnéticos que pueden calentar objetos metálicos, se recomienda que el material utilizado en el área sea de un material con baja conductividad térmica, como la madera.

- Los metales en el campo de la electroterapia

Los objetos metálicos pueden afectar el campo de alta frecuencia. La conexión a tierra es esencial para garantizar la absorción de la energía transportada por la radiación. Los pacientes no deben tocar objetos metálicos durante el tratamiento, ni usar objetos metálicos como joyas, relojes, ropa que contenga metal o piercings. Deben retirarse los audífonos, teléfonos celulares y tarjetas de crédito, ya que pueden causar daños e interferencias.

- Señalización

El área de electroterapia debe estar claramente señalizada. Estas señales deben advertir sobre la presencia de campos electromagnéticos para informar a las personas sobre la presencia de radiación no ionizante en la sala. Algunas personas pueden desconocer su existencia y los

peligros que representan en ciertas situaciones, como las personas con marcapasos, prótesis metálicas, implantes auditivos o DIU.

*Ilustración 1 Señales de advertencia en la habitación*



Hospital La Inmaculada. (2018). Manual de Buenas Prácticas Laborales. Exposición Laboral a Campos Electromagnéticos en Rehabilitación y Fisioterapia.

### **Medidas preventivas para los equipos**

1. El dispositivo no debe utilizarse en habitaciones húmedas ni en salas de hidroterapia. Debe colocarse alejado de fuentes de calor, como radiadores. Debe evitarse la exposición directa a la luz solar. Debe protegerse del polvo, las vibraciones y los golpes fuertes.
2. El dispositivo solo debe usarse durante el tratamiento. Al finalizar la transmisión, debe desconectarse y no dejarse en espera.
3. Se recomienda elegir los protocolos ya establecidos en el equipo.
4. Se debe mantener un inventario de los equipos de electroterapia, que incluya la siguiente información: nombre y tipo de equipo; marca, modelo, número de serie y número de inventario; año de fabricación y adquisición; declaración de la Comunidad Europea y/o FDA.

5. Se deberá llevar un registro de mantenimiento de todos los equipos de electroterapia, el cual será estrictamente controlado por la unidad de mantenimiento del hospital o la empresa fabricante.

7. En situaciones especiales o en casos de vulnerabilidad de los fisioterapeutas, se deberán tener en cuenta los posibles efectos indirectos vinculados a la emisión de radiaciones, como la alteración de los productos sanitarios o los efectos nocivos sobre el tiempo de permanencia en zonas de electroterapia.

8. Los fisioterapeutas que realizan intervenciones terapéuticas deben rotar para reducir el tiempo de exposición a los CEM.

### **Embarazo**

Los coordinadores o jefes de departamento deben organizar a los fisioterapeutas aplicando buenas prácticas laborales y respetando el estado de embarazo de las profesionales embarazadas o en período de lactancia. Estos trabajadores deben ser monitoreados para asegurar que pasen el menor tiempo posible cerca de dispositivos que emiten radiación RNI. A pesar de numerosas publicaciones, los efectos y cambios tisulares que los CEM pueden tener en la reproducción siguen siendo controvertidos, ya que no son radiaciones de alta energía. La epidemiología que vincula la RNI con el embarazo no presenta evidencia científica que demuestre que pueda influir en el desarrollo fetal, ni excluye que el RNI pueda aumentar el riesgo para el feto. No se ha demostrado que los efectos de los campos electromagnéticos en las mujeres embarazadas difieran de los esperados para los trabajadores convencionales. El aumento de temperatura durante el embarazo afecta la termorregulación, lo que puede empeorar las consecuencias de los embarazos de alto riesgo. Un aumento de la temperatura interna de la madre por encima de 39 °C durante períodos prolongados durante el primer trimestre del embarazo puede provocar malformaciones fetales.

Medidas preventivas durante el embarazo:

a. Reducir el tiempo de exposición innecesario: Se debe proteger a la madre durante el tratamiento con microondas (1,4 GHz) en la región abdominal y minimizar la exposición a RNI reduciendo el uso de diatermia (27,12 MHz).

b. Redistribución de tareas: Se redistribuirán las tareas, especialmente aquellas que impliquen el uso de equipos de onda corta.

c. Respetar la distancia: Según los catálogos de los fabricantes de dispositivos de diatermia, a una distancia de dos metros, la intensidad de la radiación disminuye lo suficiente como para que una fisioterapeuta embarazada pueda permanecer en la zona.

### Evaluación de riesgos

La Unidad de Seguridad y Salud Laboral debe realizar periódicamente una evaluación de riesgos del personal y comunicarla a todos los trabajadores en riesgo. Esta evaluación debe ser individual y tener en cuenta el estado de embarazo de cada empleada. La siguiente tabla presenta una evaluación de riesgos para cada trabajadora.

*Tabla 15 de evaluación de riesgos*

<b>INFORMACIÓN NECESARIA PARA RECOGER</b>	<b>HERRAMIENTAS PARA LOGRARLO</b>
Lista de trabajos y tareas	Evaluación de riesgos: inicial y periódica
Las personas que se les asignan y sus características	Registro de personal (edad, género, horas de trabajo, responsabilidades familiares, bajas por enfermedad, etc.)
Equipos, materiales y procedimientos utilizados	Información técnica sobre equipos, materiales y agentes utilizados en la empresa.
Tareas realizadas, frecuencia y duración.	Procedimientos de trabajo.
Factores de riesgo conocidos o detectados previamente	Resultados de evaluaciones de riesgos anteriores.
Posibles efectos de una misma cosa.	Registro de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
Medidas de protección utilizadas.	
Accidentes, incidentes, enfermedades o condiciones notados.	Resultados del seguimiento de la salud.
Normativa aplicable en materia de prevención de riesgos laborales	Comentarios, reuniones con trabajadores

Cuando una mujer en una posición de alto riesgo, como una fisioterapeuta que utiliza equipos que emiten radiación electromagnética no ionizante, informa de su embarazo a la unidad correspondiente, se recomienda una evaluación de riesgos adicional debido a la situación específica. La siguiente tabla describe el procedimiento de evaluación de riesgos adicional en casos de embarazo, parto reciente o lactancia.

Tabla 16 de evaluación de riesgos adicionales

<b>INFORMACIÓN NECESARIA PARA RECOGER</b>	<b>HERRAMIENTAS PARA LOGRARLO</b>
Clasificación de puestos de trabajo en función del riesgo reproductivo.	Listado de trabajos exentos de riesgo.
Factores de riesgo identificados durante la evaluación de riesgo inicial y el período de riesgo crítico.	Entrevista individual.
Nivel de exposición e historial de exposiciones previas	Observación del desempeño laboral
Tareas que realiza: cómo, con qué frecuencia y durante cuánto tiempo.	Resultados de evaluaciones de riesgos anteriores.
Equipos, materiales y procedimientos utilizados	Resultados del seguimiento médico periódico.
Características individuales y estado de salud de las mujeres	Cuestionario de percepción de riesgos
Medidas de protección utilizadas.	
•Dureza o percepción del riesgo por parte del trabajador y sus expectativas	Cuestionario sobre dificultades.

La evaluación de riesgos adicional establecerá el perfil de riesgo individual del fisioterapeuta en función de sus condiciones físicas, mentales y sociales, la naturaleza, grado y duración de la exposición, la existencia de exposiciones combinadas y los procedimientos de trabajo.

## REFERENCIAS

### Referencias bibliográficas

1. Staiano MÁ, Brisson P, Aguirre N, Castro N, Cordero MC. Impacto social de la radiación no ionizante y políticas públicas. 2017 [consultado el 18 de septiembre de 2024]; Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106424>
2. Shah SGS, Farrow A. Evaluación de fisioterapeutas ocupacionales exposición a radiofrecuencia electromagnético campos de ondas cortas y microondas diatermia dispositivos : una literatura reseña . J Occup Ambiente Hyg [Internet]. 2013;10(6):312–27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2013.782203>
3. Riesgos físicos [Internet]. Internacional del Trabajo Organización . 2024 [consultado el 18 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.ilo.org/es/temas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/riesgos-fisicos>
4. Armida Bretones RM, Barbero del Palacio P, Uribe Llopis P, Valle Roble MA, Mínguez Martínez MA, D, Caso Pita C. Normas básicas de seguridad para el manejo de equipos de radiaciones no ionizantes. Med Secur Trab ( Madr ) [Internet]. 2012;58(226):67–78. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/s0465-546x2012000100008>
5. Karpowicz J, Gryz K. Un evaluación de peligros causado por electromagnético interacción en humanos presente fisioterapia de onda corta cercana dispositivos de varios tipos incluido peligros para usuarios de Dispositivos médicos electrónicos implantables activos (AIMD). Biomed Res Int [Internet]. 2013;2013:150143 . Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/150143>
6. Gobierno del Ecuador [citado el 18 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/INFORME-EFECTOS-RADIACIONES-NO-IONIZANTES-EN-ECUADOR.pdf>
7. Álvarez García P, Martínez Toledo B. Prevención de riesgos de la radiación no ionizante en fisioterapia. Fisioter ( Madrid , Ed. Impresa) [Internet]. 2009;31(4):143–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2008.11.002>
8. Nivel de conocimientos sobre radiaciones no ionizantes y uso de teléfonos celulares en estudiantes universitarios Zamora Romero P, Rodríguez Vega JL, Calderón Mundaca WL Revista de Investigación y Cultura - Universidad César Vallejo, 2020

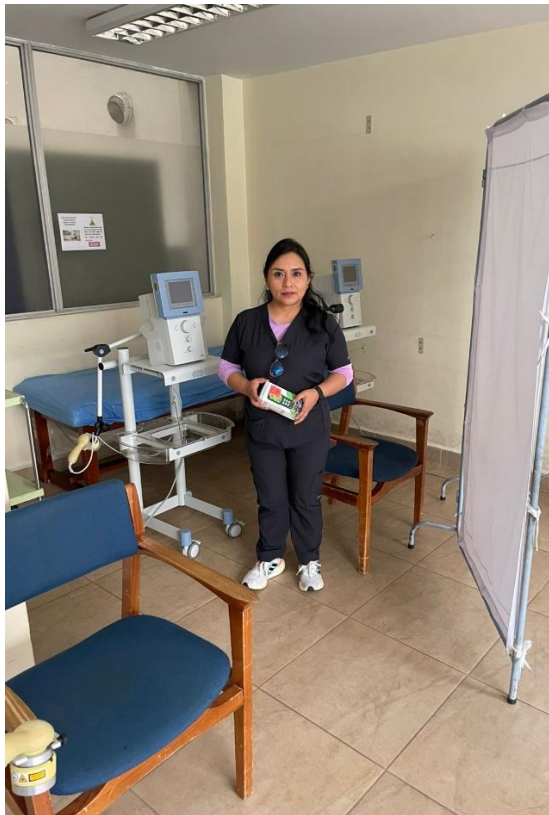
9. Jaramillo L, Junior AL. Propuesta de un programa de radioprotección para prevenir el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en el Hospital Agustín Arbulu Neyra de Ferreñafe. Universidad Tecnológica del Perú; 2022.
10. Genuis SJ. Desarrollando una idea actual : explorando el público salud impacto de electromagnético radiación . Público Salud [Internet]. 2008;122(2):113–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2007.04.008>
11. Levitt BB, Lai H. Corrigendum : Biológico efectos de exposición a electromagnético radiación emitido por célula Estaciones base de torre y otras antena matrices . Entorno Rev [Internet]. 2011;19(NA):495–495. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1139/a10-903>
12. Pinar MR. Caracterización de la radiación no ionizante en el Campus de Terrassa de la UPC [Internet]. Upc.edu. [citado el 29 de septiembre de 2024]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/88871/marta.riquelme\\_113974.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/88871/marta.riquelme_113974.pdf)
13. campos eléctricos, RPL y magnéticos , Y. (s.f.). COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES e.V. Icnirp.org. Consultado el 9 de diciembre de 2024 en <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>
14. Balladares Dkh . Desarrollo de una guía para la prevención de la contaminación electromagnética no ionizante en centros de educación infantil de Riobamba. 2017.
15. Hansson Mild , K., Lundström , R. y Wilén , J. (2019). No ionizante Radiación en sueco Atención de la salud : Aspectos de exposición y seguridad . *Revista internacional de Ambiental Investigación y público Salud* , 16 (7), 1186. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071186>
16. Skvarca J, Aguirre A. Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia en Latinoamérica: guía de límites de exposición y protocolos de medición. Rev. Panam Public Health [Internet]. 2006;20(2–3):205–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s1020-49892006000800017>
17. Medición de la exposición personal a campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Vázquez RR. Universidad de Castilla-La Mancha, 2021.
18. Havas, M. (2017). ¿Puede la radiación no ionizante causar cáncer? Archivos de Investigación en Física , 8, 1–2.

19. Baselet , B., Rombouts , C., Benotmane , A., Baatout , S. y Aerts , A. (2016). Enfermedades cardiovasculares relacionado a ionizante radiación : La riesgo de dosis baja Exposición ( Revisión ). Revista Internacional de Medicina Molecular, 38, 1623-1641. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2016.2777> .
20. Hospital La Inmaculada. (2018). Manual de buenas prácticas laborales. Exposición ocupacional a campos electromagnéticos en rehabilitación y fisioterapia.
21. Liljestrand , B., Sandström , M. y Hansson Mild , K. (2003). Exposición a radiofrecuencias Durante el uso de Electroquirúrgico Unidades electromagnéticas Biología y Medicina, 22(2–3), 127–132. <https://doi.org/10.1081/JBC-120024622>
22. Álvarez García, P., y Martínez Toledo, B. (2009). Prevención de riesgos de la radiación no ionizante en fisioterapia. Fisioterapia (Madrid. Edición impresa), 31(4), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2008.11.002>
23. (S/f). Ilo.org. Recuperado el 20 de julio de 2025, de [https://natlex.ilo.org/dyn/natlex2/r/natlex/fe/details?p3\\_isn=106072](https://natlex.ilo.org/dyn/natlex2/r/natlex/fe/details?p3_isn=106072)
24. (S/f-b). Gob.ec. Recuperado el 20 de julio de 2025, de [https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3\\_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf](https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf)
25. (S/f-c). Gob.ec. Recuperado el 20 de julio de 2025, de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/DECRETO-EJECUTIVO-255-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf>
26. Oliveira Souza, AIS, Do Valle Sales, LR, Freire da Luz, TC, Paiva, M. das G., Netto Maia, J., Rocha de Siqueira, G., Guimarães de Alencar, G., & Nepomuceno Montenegro, EJ (2020). [ID 48798] ANÁLISE DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO INFRAVERMELHA LOCAL EM VOLUNTÁRIOS HÍGIDOS SUBMETIDOS A DESCONFORTO ÁLGICO AGUDO INDUZIDO POR HIPOTERMIA. Revista Brasileira de Ciências da Saúde , 24 (2). <https://doi.org/10.22478/ufpb.2317-6032.2020v24n2.4879>
27. Rageh, MRM, Yamany, AA, Hamada, HA y Mohamed, RR (2021). Efecto de diferentes intervalos de tiempo de aplicación de terapia de diodos emisores de luz sobre la fatiga muscular. SPORT TK - Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte , 10 (2), 214–233. <https://doi.org/10.6018/sportk.489141>

## Anexos

### ANEXO 1. Imágenes de mediciones en centros de rehabilitación física en Quito





## ANEXO 2 Fichas técnicas de equipamiento biomédico

### 1. LÁSER

 REPUBLICA DEL ECUADOR Ministerio de Salud Pública		<b>DIRECCIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO</b>	
<b>EQUIPO MEDICO (BIOMEDICO)</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>CÓDIGO DNE# N°:</b>		EQU-28-R11	
<b>REVISIÓN:</b>		DÉCIMA PRIMERA	
<b>NOMBRE GENÉRICO:</b>		EQUIPO DE LÁSER TERAPIA	
<b>FECHA DE VERSIÓN INICIAL:</b>		2022	
<b>FECHA DE ÚLTIMA MODIFICACIÓN:</b>		1/1/2026	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ATRIBUTO</b>	<b>VALOR</b>	
<b>Control / Visualización / Material</b>			
1	Canal / puerto de entrada	Mayor o igual que 1 (uno)	
2	Tiempo de trabajo	Regulable	
3	Pantalla	LCD o LED	
4	Modo de operación mínimo	Continuo y pulsátil	
5	Frecuencias	Regulables	
6	Módulo de acupuntura o puntos gatillo	Requerido	
7	Adaptable a varios aplicadores	Requerido	
<b>Accesorios</b>			
8	Transductor láser	Dos (2) de acuerdo a la necesidad del Establecimiento de Salud	
<b>Consumibles</b>			
9	Gafas de protección	Dos (2)	
<b>CERTIFICACIONES</b>			
10	Autorización de comercialización	Documento de autorización de comercialización, en al menos una de las siguientes autoridades reguladoras: Therapeutic Goods Administration (TGA), Australia; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), Brasil; Health Canada, Canadá; Autoridades reguladoras de países miembros de la Unión Europea; Health Sciences Authority (HSA), Singapur; US Food and Drug Administration (FDA), EE.UU., Registro Sanitario Ecuatoriano.	
11	Normas para el fabricante	Certificado de sistema de gestión de la calidad para dispositivos médicos (ISO 13485) VIGENTE	
12	Normas específicas para el producto de fabricación nacional o internacional	IEC 60601-2-22:2019 RLV Requisitos particulares para la seguridad básica y el funcionamiento esencial de los equipos láser quirúrgicos, cosméticos, terapéuticos y de diagnóstico	
<b>OTRAS ESPECIFICACIONES</b>			
13	Energía / Alimentación	Voltaje de Alimentación: 110 - 127 VAC (Voltios Corriente Alterna) Frecuencia: 60 Hz (Hertz)	
14	Garantía	Dos (2) años a partir de la recepción definitiva del bien	
<b>CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO</b>			

## 2. Magnetoterapia

 <b>REPÚBLICA DEL ECUADOR</b> Ministerio de Salud Pública		<b>DIRECCIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO</b>	
<b>EQUIPO MEDICO (BIOMEDICO)</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>CÓDIGO DNE S N°:</b>		EQU-29-R12	
<b>REVISIÓN:</b>		DÉCIMA SEGUNDA	
<b>NOMBRE GENÉRICO:</b>		EQUIPO DE MAGNETOTERAPIA	
<b>FECHA DE VERSIÓN INICIAL:</b>		2022	
<b>FECHA DE ÚLTIMA MODIFICACIÓN:</b>		1/1/2025	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ATRIBUTO</b>	<b>VALOR</b>	
<b>Control / Visualización / Material</b>			
1	Pantalla	LCD o LED	
2	Frecuencia	Menor o igual que 10 Hz a mayor o igual que 100 Hz	
3	Inducción máxima	Mayor o igual que 100 Gauss	
4	Protocolos	Mínimo 5 programables	
5	Temporizador de tratamiento	Mayor o igual que 30 min	
6	Canales de salida	Mayor o igual que dos (2)	
<b>Accesorios</b>			
7	Solenoides tipo disco plano	Dos (2) - Diámetro a elección del Establecimiento de Salud	
8	Anillo de comprobación	Uno (1)	
9	Cable de conexión	Uno (1)	
10	Camilla para terapia de magnetoterapia	Una (1) de la misma marca de equipo ofertado	
<b>CERTIFICACIONES</b>			
11	Autorización de comercialización	Documento de autorización de comercialización, en al menos una de las siguientes autoridades reguladoras: Therapeutic Goods Administration (TGA), Australia; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), Brasil; Health Canada, Canadá; Autoridades reguladoras de países miembros de la Unión Europea; Health Sciences Authority (HSA), Singapur; US Food and Drug Administration (FDA), EE.UU., Registro Sanitario Ecuatoriano.	
12	Normas para el fabricante	Certificado de sistema de gestión de la calidad para dispositivos médicos (ISO 13485) VIGENTE	
13	Normas específicas para el producto de fabricación nacional o internacional	IEC 60601-1 Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial.	
<b>OTRAS ESPECIFICACIONES</b>			
15	Energía / Alimentación	Voltaje de Alimentación: 110 - 127 VAC (Voltios Corriente Alterna) Frecuencia: 60 Hz (Hertz)	
16	Garantía	Dos (2) años a partir de la recepción definitiva del bien	
<b>CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO</b>			

### 3. Diatermia por Onda Corta

 REPUBLICA DEL ECUADOR Ministerio de Salud Pública		<b>DIRECCIÓN NACIONAL DE EQUIPAMIENTO SANITARIO</b>	
<b>EQUIPO MEDICO (BIOMEDICO)</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>CÓDIGO DNE# N°:</b>		EQU-37-R10	
<b>REVISIÓN:</b>		DÉCIMA	
<b>NOMBRE GENÉRICO:</b>		EQUIPO DE ONDA CORTA	
<b>FECHA DE VERSIÓN INICIAL:</b>		2022	
<b>FECHA DE ÚLTIMA MODIFICACIÓN:</b>		1/1/2026	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ATRIBUTO</b>	<b>VALOR</b>	
<b>Control / Visualización / Material</b>			
1	Rangos de potencia [W]	En modo pulsado: Mayor o igual que 1000, o su equivalencia En modo continuo: Mayor o igual que 400, o su equivalencia	
2	Potencia variable	Para modo pulsado y continuo	
3	Tiempo de tratamiento	Regulable	
4	Dipólodo	Para tratamientos inductivos	
5	Duración del pulso [µs]	Mayor o igual que 200	
6	Frecuencia del pulso	Regulable	
7	Pantalla	LCD o LED	
8	Brazos articulados	Para electrodos de onda corta	
9	Movilidad	Ruedas con freno	
<b>Accesorios</b>			
10	Cables de conexión de electrodos	Dos (2)	
11	Electrodos capacitivos / condensador	Dos (2)	
<b>CERTIFICACIONES</b>			
12	Autorización de comercialización	Documento de autorización de comercialización, en al menos una de las siguientes autoridades reguladoras: Therapeutic Goods Administration (TGA), Australia; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), Brasil; Health Canada, Canadá; Autoridades reguladoras de países miembros de la Unión Europea; Health Sciences Authority (HSA), Singapur; US Food and Drug Administration (FDA), EE.UU., Registro Sanitario Ecuatoriano.	
13	Normas para el fabricante	Certificado de sistema de gestión de la calidad para dispositivos médicos (ISO 13485) VIGENTE	
14	Normas específicas para el producto de fabricación nacional o internacional	IEC 60601-2-3 Requisitos particulares para la seguridad básica y el rendimiento esencial de los equipos de terapia de onda corta	
<b>OTRAS ESPECIFICACIONES</b>			
15	Energía / Alimentación	Voltaje de Alimentación: 110 - 127 VAC (Volts Corriente Alterna) Frecuencia: 60 Hz (Hertz)	
16	Garantía	Dos (2) años a partir de la recepción definitiva del bien	







