

**Medición y evaluación de campos electromagnéticos de radiofrecuencia:
condiciones de exposición ocupacional de un personal que trabaja en la sala
de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en Bogotá (Colombia)**

Elaborado por

JULIAN MARTÍNEZ MANCIPE & FICHERSON GÓMEZ CORTES

Asesores

Tutora:

SILDREY UPEQUI RINCÓN

Ing. Industrial. Esp. Salud Ocupacional. Msc. Salud Ocupacional y Ambiental.

Co-tutor:

FRANCISCO PALENCIA SÁNCHEZ

Médico Esp. en Salud Ocupacional. Msc. Epidemiología. Msc. Medicina
Biológica. PhD. Salud Pública.

Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Enfermería – Facultad de Medicina – Facultad de Ingeniería – Instituto
de Salud Pública
Maestría Seguridad y Salud en el Trabajo

Mayo 2021

Nota de Advertencia

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de grado. Solo velará porque no se publique nada contrario el dogma y la moral católica y porque los trabajos de grado no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellos el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de Julio de 1946

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios, por las bendiciones recibidas. A mi familia, amigos, compañeros y docentes, por su orientación y respaldo incondicional. A la Pontificia Universidad Javeriana, la Policía Nacional de Colombia, a la empresa Tes América y en especial, a la ingeniera Sildrey Upegui, al doctor Francisco Palencia y al ingeniero Duván Mejía, quienes fueron determinantes para el desarrollo del presente trabajo.

Julián Martínez

Quiero agradecer a mi familia en especial a mi madre y mi hija, quienes son mi más grande motivo para vivir. Agradezco a mis colegas y profesores, quienes me orientaron en cada paso de mi formación profesional; asimismo, a mi Policía Nacional y a la Pontificia Universidad Javeriana por permitirme fortalecer mi perfil profesional. Gracias Colombia por ser mi patria.

Ficherson Gómez

Resumen

El trabajo buscó determinar la exposición a campos de radiofrecuencia de un personal que trabaja en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia). Para ello, se realizaron mediciones de exposición a radiofrecuencias y de la percepción de salud de los 41 trabajadores, quienes, en su mayoría, son ubicados para cumplir funciones administrativas debido a disminución de la capacidad laboral por accidentes acaecidos en otras actividades desarrolladas por la organización.

En este sentido, con el fin de describir las condiciones de salud de los trabajadores de la sala de monitoreo de la empresa de seguridad, se utilizó el cuestionario SF-36 V2. De otro lado, se efectuó una medición de la exposición a campos de radiofrecuencia. Allí se identificó que los mayores valores registrados representaron un 3.79% de exposición, con relación al campo eléctrico (2.231 V/m) frente al límite ocupacional (61.00 V/m) y del 18.72% en campo magnético (0.0299 A/m), cuyo límite ocupacional es 0.16 A/m.

De igual manera, se realizó una dosimetría personal de exposición ocupacional a radiofrecuencias. En esta oportunidad se realizaron catorce (14) mediciones, tomadas en condiciones reales de operación de la sala de monitoreo, por lo cual la duración y horario en la cual se realizó presentaron variaciones. La jornada con mayor exposición alcanzó un 1.54% frente al límite ocupacional para campo eléctrico y un 2.64% frente al límite de campo magnético, valores inferiores al 50%, siendo este el nivel de decisión establecido.

Es así que se logró concluir que los trabajadores se encuentran en condiciones de exposición ocupacional baja a campos de radio frecuencia y sus condiciones generales de salud son normales, tanto en el ámbito físico como psicológico; sin embargo, se proponen acciones de carácter preventivo, sin afectar la prestación del servicio que es de vital importancia para el cumplimiento de la misión de la organización.

Palabras clave: radiofrecuencia, Onda electromagnética, Exposición Profesional, radiación electromagnética, Dosimetría (DeCS).

Abstract

The work sought to determine the exposure to radiofrequency fields of a staff working in the monitoring room of a security company located in the city of Bogotá (Colombia). To do this, measurements were made of exposure to radio frequencies and the perception of health of the 41 workers, who, for the most part, are placed to fulfill administrative functions due to a decrease in work capacity due to accidents that occurred in other activities developed by the organization.

In this sense, in order to describe the health conditions of the workers in the monitoring room of the security company, the SF-36 V2 questionnaire was used. On the other hand, a measurement of the exposure to radio frequency fields was carried out. There it was identified that the highest recorded values represented 3.79% of exposure, in relation to the electric field (2,231 V / m) compared to the occupational limit (61.00 V / m) and 18.72% in the magnetic field (0.0299 A / m), whose occupational limit is 0.16 A / m.

Similarly, a personal dosimetry of occupational exposure to radio frequencies was performed. On this occasion, fourteen (14) measurements were made, taken in real operating conditions of the radio room, for which the duration and time in which it was carried out presented variations. The day with the highest exposure reached 1.54% compared to the occupational limit for electric field and 2.64% compared to the magnetic field limit, values lower than 50%, this being the established decision level.

Thus, it was concluded that the workers are in conditions of low exposure to radio frequency fields and their general health conditions are normal, both physically and psychologically; However, preventive actions are proposed, without affecting the provision of the service that is of vital importance for the fulfillment of the organization's mission.

Key words: Radio Waves, Electromagnetic waves, Electromagnetic Radiation, Occupational Exposure, Dosimetry (DeCS).

Tabla de Contenidos

Capítulo 1	1
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	3
Pregunta de investigación	6
Justificación	6
Capítulo 2	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Capítulo 3	14
Marco de referencia.....	14
Marco Metodológico	22
Diseño de la investigación.....	22
Definición de las variables	23
Población y muestra.....	24
Instrumentos	24
Procedimientos	25
Análisis de datos	25
Capítulo 4	27
Caracterización de la empresa objeto de estudio	27
Perspectiva general del estado de salud de los trabajadores mediante el uso de un cuestionario de salud.	29
Medición y evaluación de los niveles de exposición a radio frecuencias, específicamente en la gama de frecuencias de 10 a 400 MHz.....	32
Medición de niveles de exposición a campos electromagnéticos (área de trabajo)	36
Medición de niveles de exposición a campos electromagnéticos (dosimetría personal)	41
Medidas de prevención frente a la exposición ocupacional a campos electromagnéticos del personal que labora en la sala de monitoreo	49
Otros aspectos de interés.....	51
Capítulo 5	53
Resultados y discusión.....	53
Conclusiones	59

Limitaciones	61
Fortalezas del estudio	62
Términos y definiciones	63
Bibliografía	64
Anexo 1: Equipos utilizados para la medición de la exposición a radiofrecuencias	72
Anexo 2. Exposición en animales, humanos y pruebas en laboratorio.	73
Anexo 3: Informe agregado resultados aplicación cuestionario SF-36 V2.....	81
Anexo 4. Puntos de medición dosimetrías personales de exposición a radio frecuencias	83
Anexo 5: Graficas y tablas del comportamiento de las variables magnéticas y eléctricas en las dosimetrías personales.....	84
Anexo 6: especificaciones técnicas y certificados de calibración SMP2.....	104
Anexo 7: especificaciones técnicas EMF personal monitor Wavemon	110
Anexo 8: Licencia No. QM053144 – OPTUM (SF-36 Versión 2)	112

Listado de tablas

Tabla 1 Ecuación de búsqueda inicial en bases de datos.	14
Tabla 2. Ecuación segunda búsqueda en base de datos.....	14
Tabla 3. Posibles afectaciones a la salud de acuerdo en los artículos de la revisión inicial.	16
Tabla 4 Posibles afectaciones a la salud de acuerdo en los artículos de la búsqueda libre.	18
Tabla 5. Descripción de las variables cualitativas y cuantitativas (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011)	23
Tabla 6 Métodos de análisis de información según los objetivos establecidos	25
Tabla 7 Resumen equipos de comunicación empleados en la sala de monitoreo	29
Tabla 8. Límites máximos de exposición anexo técnico de la Resolución No. 000774 de 2018..	33
Tabla 9. Escala combinada de rangos de exposición (AIHA 2006, Rock J 1995) relacionados en la Guía Técnica GTC colombiana 45. (ICONTEC INTERNACIONAL, 2012).....	33
Tabla 10. Rangos de frecuencia del EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.(Warning et al., 2013).....	36
Tabla 11. Valores máximos de intensidad de campo magnético y eléctrico registrados en la medición al área de trabajo de exposición a radio frecuencias.....	38
Tabla 12. Porcentajes promedio de exposición al campo magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites ICNIRP registrados en las jornadas evaluadas.	42
Tabla 13. Porcentaje puntual máximo registrado de campos magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites ICNIRP.....	44
Tabla 14. Porcentaje puntual máximo registrado de campos magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites de TLVs®.....	44
Tabla 15 Resultados obtenidos del procesamiento de los datos de las dosimetrías en el SPSS	45
Tabla 16 Resultados de la comprobación de normalidad de los datos de campo eléctrico y magnético de las dosimetrías	49
Tabla 17 Medidas recomendadas frente a la exposición a radio frecuencias	50
Tabla 18 Posibles problemas a la salud en animales y pruebas en laboratorio enunciados en los artículos de la búsqueda inicial de literatura frente a la exposición a radio frecuencias	73
Tabla 19 Posibles efectos en la salud humana enunciados en los artículos de la búsqueda inicial de literatura frente a la exposición a radio frecuencias	76
Tabla 20. Abreviaturas variables del cuestionario SF-36 versión 2	81
Tabla 21 Puestos de trabajo objeto de medición con dosímetro personal.....	83
Tabla 22. Valores obtenidos dosimetría personal No. 1 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	84

Tabla 23. Valores obtenidos dosimetría personal No. 2 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	86
Tabla 24 Valores obtenidos dosimetría personal No. 3 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	88
Tabla 25 Valores obtenidos dosimetría personal No. 4 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	89
Tabla 26. Valores obtenidos dosimetría personal No. 5 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	91
Tabla 27. Valores obtenidos dosimetría personal No. 6 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	93
Tabla 28. Valores obtenidos dosimetría personal No. 7 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	94
Tabla 29. Valores obtenidos dosimetría personal No. 8 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	95
Tabla 30. Valores obtenidos dosimetría personal No. 9 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	96
Tabla 31. Valores obtenidos dosimetría personal No. 10 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	98
Tabla 32. Valores obtenidos dosimetría personal No. 11 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	99
Tabla 33. Valores obtenidos dosimetría personal No. 12 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	100
Tabla 34. Valores obtenidos dosimetría personal No. 13 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.	101
Tabla 35. Valores obtenidos dosimetría personal No. 14 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol	103

Lista de Figuras

Figura 1. espectro electromagnético	4
Figura 2. diagrama de Prisma búsqueda de literatura.	15
Figura 3 Criterios para el análisis de los datos	26
Figura 4 puntajes obtenidos en la aplicación del cuestionario de salud SF-36 versión 2 en todos los aspectos evaluados.....	31
Figura 5 distribución porcentual de los resultados en los componentes físico y mental de la aplicación del cuestionario de salud SF-36 Versión 2	31
Figura 6 Bosquejo general de las instalaciones de la sala de monitoreo de la empresa de seguridad.....	34
Figura 7 Distribución puntos para medición en el área de trabajo frente a campos de radio frecuencia	37
Figura 8 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo eléctrico frente a los límites ocupacionales establecidos.	37
Figura 9 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo magnético frente a los límites ocupacionales establecidos.	38
Figura 10 Mapa de intensidad de campo eléctrico.....	39
Figura 11 Mapa de intensidad de campo magnético.....	39
Figura 12 Zona del lugar de trabajo de mayor afectación frente a campos eléctricos y magnéticos de acuerdo con la medición al área de trabajo	40
Figura 13 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo eléctrico frente a los límites poblacionales establecidos.....	40
Figura 14 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo magnético frente a los límites poblacionales	41
Figura 15 Puntos donde se realizó la medición con dosímetro personal	42
Figura 16 Valores porcentuales máximos registrados en las 14 dosimetrías personales	43
Figura 17 Distribución de los datos de las dosimetrías personales.....	45
Figura 18 Porcentaje promedio de campo eléctrico del procesamiento de los datos de las 14 dosimetrías.....	46
Figura 19 Diagrama de caja y bigotes porcentaje promedio campo eléctrico	47
Figura 20 Porcentaje promedio de campo magnético del procesamiento de los datos de las 14 dosimetrías.....	48
Figura 21 Diagrama de caja y bigotes porcentaje promedio campo magnético	48

Figura 22 puntuaciones de la escala de resumen de componente físico de la aplicación del cuestionario SF-36 Versión 2	81
Figura 23 puntuaciones de la escala de componente mental de la aplicación del cuestionario SF-36 Versión 2.....	82
Figura 24 Grafica dosimetría personal 1 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	84
Figura 25 Grafica dosimetría personal 2 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	86
Figura 26 Grafica dosimetría personal 3 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	87
Figura 27 Grafica dosimetría personal 4 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	89
Figura 28 Grafica dosimetría personal 5 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	90
Figura 29 Grafica dosimetría personal 6 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	92
Figura 30 Grafica dosimetría personal 7 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	94
Figura 31 Grafica dosimetría personal 8 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	95
Figura 32 Grafica dosimetría personal 9 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	96
Figura 33 Grafica dosimetría personal 10 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	97
Figura 34 Grafica dosimetría personal 11 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	99
Figura 35 Grafica dosimetría personal 12 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	100
Figura 36 Grafica dosimetría personal 13 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	101
Figura 37 Grafica dosimetría personal 14 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.....	102

Capítulo 1

Introducción

La tecnología se ha convertido en el principal apoyo del ser humano y de las organizaciones, las cuales, desde la segunda parte del siglo XVIII, la han usado para optimizar sus procesos de producción, como se pudo ver más acentuadamente a mediados de 1870 donde sirvió para generar la producción en serie, la división del trabajo y el empleo de fuentes de energía diferentes a las entonces conocidas. Esto para cumplir con los objetivos organizacionales en materia productiva y financiera; situación en la cual, varios pensadores sentaron las bases de la gestión y administración empresarial que hoy conocemos.

De esta manera, frente al uso de energías y del entorno en el cual vivimos, se han gestado innumerables avances en materia tecnológica. El ser humano ha logrado usar todos los recursos a su alcance, hasta el punto de emplear el espectro radioeléctrico, con el cual se han producido importantes avances en materia de transmisión y recepción de información, comunicaciones radiales y televisivas, adecuación de aparatos para soluciones para el transporte, el hogar, la seguridad, la medicina, entre otros. Estos avances han orientado el cambio generacional promoviendo la globalización y cambios en el relacionamiento social, situación recientemente visibilizada por la necesidad de generar un distanciamiento físico obligatorio con miras a prevenir el contagio de la COVID 19. La pandemia hizo que los seres humanos se vieran abocados al uso obligatorio de la tecnología, especialmente aquella utilizada para las comunicaciones, ya fuera para desempeñar su función básica como individuos, o como herramienta para garantizar la continuidad del ejercicio organizacional, y, así, evitar el declive inminente debido a las diferentes restricciones ordenadas por los gobiernos locales.

De este modo, con el avance de la tecnología, se han impuesto nuevas necesidades, especialmente en materia de comunicación y transmisión de información en tiempo real. Es así como en el 2018 cerca del 66% de la población mundial (5.1 mil millones) tendría un dispositivo

celular, cifra que ha venido en avance exponencial, toda vez que para el 2023 se proyecta que 5.7 mil millones de personas (71% de la población) cuenten con un Smartphone (Ayuso-Mateos et al., 2020).

De aquí que cada día por el continuo avance tecnológico se da un uso más frecuente al espectro radioeléctrico “medio por el cual se transmiten las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas que permiten las telecomunicaciones (radio, televisión, Internet, telefonía móvil, televisión digital terrestre, etc.). Estas son administradas y reguladas por los gobiernos de cada país”(Planeación, 2021), razón que ha llevado al establecimiento de límites tanto en el ámbito poblacional como ocupacional, debido a un incremento de las preocupaciones frente a sus efectos en la salud humana, las cuales pueden ser infundadas o reales. Ello requiere mediciones tanto para determinar la exposición real de los individuos como de los efectos de este agente de riesgo “A partir de 1996 con el inicio de los trabajos realizados principalmente en Europa, se describe la existencia de síntomas específicos entre trabajadores y personal militar expuestos crónicamente a las radiaciones electromagnéticas de hiperfrecuencias y se describe por primera vez el denominado "enfermedad de las radiofrecuencias", como una realidad médica asociada a la exposición caracterizada por: el Síndrome asténico: que presenta fatiga, irritabilidad, cefalea, náuseas y anorexia. Además del síndrome distónico que presenta cardiovascular: modificaciones de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial y el síndrome diencefálico: somnolencia, insomnio, alteraciones sensoriales” (Vallejo-López et al., 2017).

Planteamiento del problema

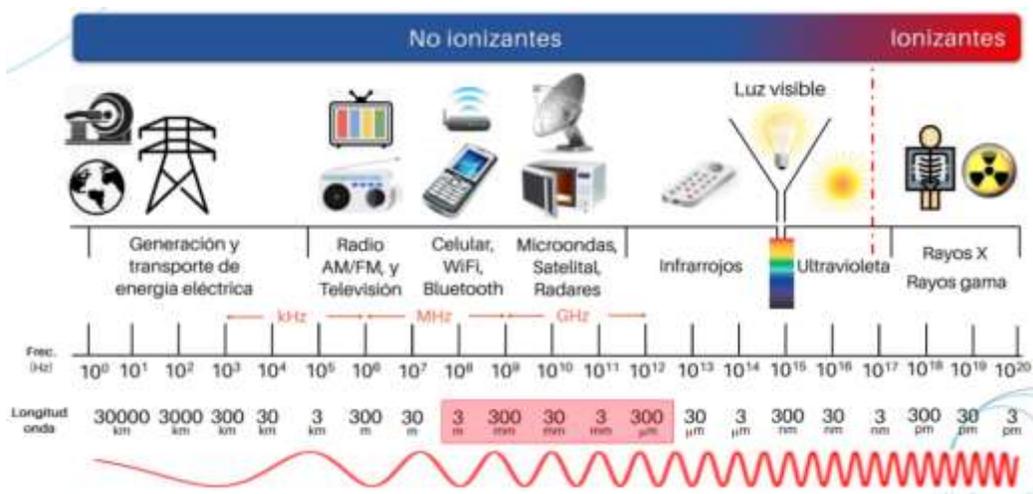
Todos los seres vivos estamos expuestos a campos electromagnéticos (CEM) de diferentes frecuencias obtenidas del medio ambiente. Estos son originados por el campo magnético estático de la tierra, los causados por las cargas eléctricas de las nubes, los producidos por nuestro sol, sumado a los cuales están los generados por equipos que han sido desarrollados por los seres humanos para moldear su entorno, entre los cuales están aquellos para producir luz y calor, transportar energía, mejorar la comunicación o la transmisión de información como los televisores, radios, teléfonos, celulares, entre otros. Dichos equipos y sistemas, que si bien han mejorado muchos aspectos de la vida humana y sin los cuales no se podría concebir nuestro mundo como lo conocemos, generan una exposición continua especialmente a ondas de radio frecuencia, por ser aquellas utilizadas para las comunicaciones. Esta situación ha sido considerada por muchos expertos a través de los años, quienes aún en la época actual desconocen el impacto de este agente invasivo silencioso e invisible que será cada vez mayor en la medida que la tecnología continúe avanzando.

La Organización Mundial de la Salud indica que “el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano...” (2021). Indican que estos son necesarios para actividades como la orientación de las agujas en dirección norte – sur, así como para la orientación de los peces y los pájaros, situación que nos obliga a preguntarnos qué pasaría si alteramos estos campos o si los sobrecargamos, aún más, ¿cuál es la exposición actual y cuáles pudieran llegar a ser los efectos en los seres vivos, en los humanos? Más todavía, urge pensar en la población trabajadora, quienes son los que con mayor frecuencia usan equipos adecuados para radiocomunicaciones.

El espectro electromagnético, como lo mencionan en el trabajo de Bengt Knave (1996), se divide dependiendo de su longitud y frecuencia de onda, así como de su capacidad para transportar energía, lo cual se traduce según lo ha demostrado la ciencia, a través del paso del tiempo, en la capacidad que tiene esa energía para transformar la materia. Las que tienen la capacidad inmediata de alterar la materia se conocen como Radiaciones Ionizantes y las que no corresponden a las Radiaciones no ionizantes (RNI), que incluyen desde la luz ultravioleta,

pasando por la luz visible, los infrarrojos hasta la microonda y la onda corta.

Figura 1. espectro electromagnético



Fuente: material de estudio Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Dentro de las RNI existe la denominación de radiaciones ópticas para el infrarrojo, luz visible y ultravioleta, que abarcan el intervalo de longitudes de onda entre 100 nm y 1 mm. Las radiaciones que no siguen el comportamiento de la óptica clásica se conocen como radiaciones electromagnéticas y se identifican en el espectro a partir de la microonda (Álvarez García & Martínez Toledo, 2009).

El término Radiofrecuencia o RF se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena (info-radiofrecuencias.es, 2020). La Radiofrecuencia se localiza en el espectro de la radiación electromagnética menos energética, entre 1 GHz y los 30 KHz y su longitud de onda está entre 1 m. y 10 km. de amplitud. Como su nombre indica, la radiación electromagnética consta de carga eléctrica y magnética. Existe un enorme rango de ondas electromagnéticas y se diferencian por su frecuencia. Las comunicaciones inalámbricas se realizan en la banda de ondas de radio (3 Hz a 300 GHz) del espectro electromagnético.

En el estudio "Evaluation of exposure to electromagnetic radiofrequency radiation in the indoor workplace accessible to the public by the use of frequency-selective exposimeters" cuyo

objetivo fue identificar y evaluar la exposición a la radiación de radiofrecuencia electromagnética (EMRR) en un lugar de trabajo ubicado en un entorno de acceso público y representado por oficinas, Gryz et. al. (2014), concluyeron que la exposición a EMRR de los trabajadores o del público en general en lugares comparables a las oficinas está muy por debajo de los límites internacionales. Sin embargo, en un estudio titulado “Assessment of occupational exposure to radiofrequency fields and radiation”, (Cooper et al., 2004) en el cual evaluaron la exposición a campos electromagnéticos de radio frecuencia de trabajadores en diferentes entornos ocupacionales, encontraron diferencias significativas en las exposiciones de los trabajadores en varios entornos de RF. Determinaron, así, que “las exposiciones instantáneas más altas generalmente ocurrían cuando el sujeto estaba cerca de antenas VHF de alta potencia o cuando se utilizó un receptor / transmisor (RT) portátil o walkie-talkie para comunicarse con otros trabajadores en otros lugares de la estructura o en el suelo”.

La exposición es producida por las aplicaciones de comunicaciones o dispositivos personales de comunicaciones que se encuentra en el rango de frecuencias de 30 kHz a 300 GHz. En tal sentido, las condiciones de exposición no están asociadas a un ámbito geográfico específico y debido al avance tecnológico las situaciones de exposición serán cada vez más crecientes. Son de especial atención aquellas actividades donde se da uso permanente o prolongado a equipos que transmiten y reciben de manera continua campos de radio frecuencia (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). Esto nos lleva a plantear la siguiente pregunta que orienta esta investigación.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la exposición a campos electromagnéticos de radio frecuencia del personal que trabaja en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad y qué medidas preventivas se pueden emplear?

Justificación

En la actualidad la sociedad se ve enfrentada a serios dilemas de crecimiento tecnológico o de protección de la salud humana, esto se debe principalmente a la creciente preocupación sobre la posible relación entre algunas enfermedades y exposiciones a ondas electromagnéticas, las cuales, se presume que pueden generar afecciones en tejidos blandos, cambios internos en el comportamiento, entre otros; en este sentido, Pérez y Miranda, (2010), señalan que resulta importante estudiar el comportamiento de las ondas electromagnéticas en el cuerpo humano y en el medio ambiente, con la finalidad de tomar medidas preventivas y correctivas en diferentes escenarios de los cuales se resaltan médicos, ocupacionales y de construcción de las torres y equipos de comunicación, que sean tendientes a maximizar la protección de la persona y minimizar efectos colaterales a futuro, asimismo, contar con la tecnología suficiente para el crecimiento de la humanidad sin que existan efectos secundarios en las personas.

Las empresas de todos los sectores económicos no pueden ser ajenas al avance tecnológico, el cual contribuye a un manejo oportuno y en tiempo real de la información. Así mismo, facilitan los procesos, los procedimientos, e impactan directamente en la satisfacción del cliente, para lo cual las organizaciones e instituciones relacionadas con la seguridad han fortalecido sus capacidades para la atención de eventos que atenten contra la integridad, vida, honra y bienes de las personas, así como para salvaguardar los bienes e infraestructura de sus contratantes. Igual es en el caso de aquellas que están vinculadas con el Gobierno Nacional para salvaguardar los bienes del Estado.

A esta razón se suma el mejoramiento de las capacidades tecnológicas, por equipos que cuentan con alcance suficiente para transmitir mensajes en los ámbitos urbanos y rurales, radios con bandas de frecuencia VHF, UHF, 800 MHz, celulares, computadores y comúnmente un enrutador o modem para garantizar la continua conectividad a internet, donde se recopila la información generada desde los diferentes ámbitos del servicio, por las aplicaciones móviles con que cuentan los ciudadanos y la recopilada por las aplicaciones y dispositivos: todo esto hace parte de una sala de monitoreo de seguridad.

Esto implica la exposición del personal a los equipos enunciados (quienes trabajan en las centrales de radio, como elementos esenciales para el servicio) y custodiando las antenas repetidoras que permiten el funcionamiento del sistema de comunicación, en efecto, resulta pertinente realizar un análisis sobre la real influencia de las ondas electromagnéticas sobre la salud humana. Barrera y Mosquera, (2018), concluyen que si bien es pertinente el crecimiento de las telecomunicaciones se debe ser responsable en la gestión de las ondas que emiten las antenas receptoras, para ello, se deben promover mediciones en los lugares de trabajo y zonas donde se han instalado las antenas que permitan obtener los niveles de emisiones de estas ondas y con ello comparar los resultados con lo estipulado por la norma colombiana. Esto con la finalidad de generar escenarios seguros y que estén bajo el cumplimiento normativo que conduzcan a mejorar la seguridad y salud de la comunidad con base a los lineamientos técnicos y de seguridad necesarios.

De igual manera, debido a la cada vez más acentuada vigilancia constante, la cual se realiza por cámaras de video instaladas en puntos críticos, se realiza un seguimiento en tiempo real de los hechos que aquejan a la comunidad. Esto implica, además, la gestión de líneas de atención al cliente o de emergencias y el redireccionamiento de sus capacidades para la atención de eventos adversos frente a la seguridad.

Aspectos como los ya enunciados contribuyen a que estos funcionarios “Radio Operadores”, personal de vigilancia de torres eléctricas o de telecomunicaciones; el personal de seguridad que usa diariamente el radio para la atención de eventos asociados con la misionalidad de su labor; los funcionarios vinculados a los circuitos cerrados de televisión; grupos

especializados de vigilancia y control de medios tecnológicos, entre otros, estén continuamente expuestos y por periodos prolongados (debido a la particularidad de sus turnos laborales) a los campos electromagnéticos generados por los diferentes equipos empleados para el servicio o por cercanía con su fuente.

De igual manera, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (s.f.) establece que la principal incidencia de las RF en el cuerpo humano tras una exposición continua es el sobre calentamiento de tejidos internos lo cual es difícil de percibir por parte de los individuos toda vez que los receptores de temperatura del cuerpo humano se encuentran principalmente en la piel. Dado esto, se relaciona la exposición a estas frecuencias con posibles afectaciones en órganos y por lo tanto en el funcionamiento general del cuerpo. Por lo anterior, se hace necesario realizar análisis desde el componente de cuidado para la salud, gestar mecanismos de intervención en los lugares de trabajo y especialmente en la fuente de la emisión de ondas, sugiriendo acciones tendientes a garantizar el cuidado de la salud de la población civil y laboral.

Situaciones como las expuestas, merecen un estudio sobre las condiciones reales de exposición de los trabajadores, con miras a establecer la necesidad de medidas tendientes a mitigar su exposición como factor preventivo, frente a los posibles efectos encontrados en las investigaciones, a saber:

Barthélémy A, et al., (2016) en su investigación titulada “Glial markers and emotional memory in rats following acute cerebral radiofrequency exposures”, en la cual pretendían evaluar si la lesión neuronal y las deficiencias funcionales estaban relacionadas con la astrogliosis inducida por un SAR elevado, concluyeron que se puede llegar a presentar una “Astrogliosis inducida por un SAR elevado”, la cual está relacionada con enfermedades como la Enfermedad de Alzheimer, la ALS, la enfermedad de Parkinson y de Huntington. De igual manera, Liu K, et al., (2014), en su trabajo de nombre “Association between mobile phone use and semen quality: a systemic review and meta-analysis”, por medio de la realización de estudios in vitro, determinaron que el meta análisis indicó que “la radiación de radiofrecuencia tuvo un efecto perjudicial sobre la movilidad y viabilidad de los espermatozoides in vitro”.

Moradi M, et al., (2016) en la investigación “Effects of the Effect of Ultra High Frequency Mobile Phone Radiation on Human Health”, mencionan que los resultados del estudio y los informes de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), mostraron que las personas que pasan más de 50 minutos al día usando un teléfono celular podrían tener demencia temprana u otros daños térmicos debido a la quema de glucosa en el cerebro.

Ahora bien, resulta importante restablecer un acercamiento de los antecedentes de la investigación en el tema de campos electromagnéticos de radiofrecuencia, en este sentido, se resaltan los estudios adelantados en el contexto internacional se inicia con la revisión de la investigación adelantada por Tutivén (2014), bajo el título de los efectos de las radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia en la salud humana, el cual persigue el objetivo de ayudar a la identificación de las ventajas del uso de las tecnologías que generan campos electromagnéticos frente a la posibilidad de que se descubra riesgos para la salud. Como principales resultados se tiene que la exposición a campos electromagnéticos en tiempos prolongados puede generar calentamientos en los órganos internos de las personas, lo que sugiere posibles enfermedades a largo plazo. Sin embargo, no son contundentes en evidenciar alguna enfermedad puntual que afecte la salud de la persona en gran medida, pero se deben tener en cuenta cambios en factores biológicos de los cuales se resaltan dolores de cabeza, ansiedad, fatigas prolongadas, depresión, náuseas e incluso suicidios, en estos casos desde la empresa se deben promover mecanismos de seguimiento a los cambios en el comportamiento de la persona y con ello determinar la linealidad entre los campos electromagnéticos y los cambios en el comportamiento del empleado.

En Chile se adelanta una investigación relacionada con los efectos de la radiación electromagnética no ionizante sobre la salud, enfatizando en los equipos de comunicación, en este sentido, el investigador señala que los equipos de comunicación son causales de la emisión de ondas que resultan ser malignas para la primera infancia resaltando que en los menores se han evidenciado asociaciones importantes entre tumores como leucemia, tumores en el sistema nervioso central o linfomas malignos, asimismo, se ha demostrado la existencia entre las enfermedades mencionadas previamente y los tendidos eléctricos de alta tensión, es decir, que

posiblemente existen enfermedades arraigadas a las ondas electromagnéticas que son causales de daños congénitos a las personas desde los primeros años de vida y, que seguramente se irán presentando en mayor medida a razón del crecimiento de la persona y el aumento a la exposición a estos campos (Tchernitchin et al., 2011).

En Ecuador se adelantó una investigación por Moreano, (2003), titulada la influencia de las radiaciones electromagnéticas en los seres humanos, efectos, consecuencias y recomendaciones, en este contexto el investigador señala que existen diferentes efectos los cuales dependen de la naturaleza de las radiofrecuencias, resaltando que las radiaciones ultravioletas pueden producir afecciones en la piel y conjuntivitis, la radiación infrarroja puede causar daños severos a la retina o producir opacidad del cristalino del ojo y daños permanentes en la piel por cesión de calor, mientras que las microondas pueden causar daños internos debido por el calentamiento de los órganos de la persona, lo cual puede incidir en el largo plazo sobre las moléculas y con ello afectar de diversas maneras a los tejidos blandos. Como principales conclusiones se resalta que las ondas electromagnéticas pueden generar daños potenciales a largo plazo en la salud humana, sin embargo, para que existan cambios en la salud la exposición debe superar los niveles permitidos y que el empleado se exponga en tiempos prolongados lo que podría generar daños en tejidos blandos y afecciones de las moléculas del cuerpo humano.

En el contexto nacional se resalta la investigación realizada por Mosquera, que tiene como objetivo general analizar la radiación electromagnética no ionizante y las afectaciones en la salud en las comunidades que conviven con antenas de telefonía móvil en la ciudad de Neiva, como principales hallazgos de la investigación se tiene que los campos electromagnéticos penetran el cuerpo humano lo que genera un calentamiento en diferentes partes de la humanidad resaltando los órganos internos, lo cual genera molestias y sensaciones de mareo en los habitantes, resaltando que, estas afectaciones van ligadas a la intensidad del campo, condiciones ambientales y la sensibilidad individual, en el proceso de análisis de las posibles enfermedades a corto y largo plazo que pueden ser atribuidas a los campos electromagnéticos se resalta que el cáncer se perfila como la principal enfermedad arraigada a estas ondas a largo plazo, debido a que en la actualidad no hay resultados contundentes sobre la linealidad entre el cáncer y las ondas electromagnéticas (Mosquera, 2020).

Otro factor de riesgo que puede presentarse en las personas que se exponen a estas ondas tiene que ver con las afectaciones en la reproducción, debido a que se han iniciado investigaciones relacionadas con la tasa de abortos en población que está expuesta a este tipo de ondas, pero los resultados hasta el día de hoy no son suficientes para afirmar estas suposiciones, finalmente, pueden existir problemas cardiovasculares, esto se debe al calentamiento interno de los órganos que conllevan a que exista un fallo latente en los mismos, siendo el corazón y los pulmones los principales órganos en fallar a largo plazo derivadas de las afecciones producidas por la exposición a las ondas electromagnéticas (Mosquera, 2020).

En la ciudad de Manizales los investigadores Gallego, Torres y Agudelo, (2014), realizan una investigación con el objetivo de realizar un análisis del marco normativo colombiano en materia de gestión de protección a las personas en temas de radiaciones electromagnéticas, concluyendo que el país no cuenta con preceptos legales que avalen, controlen y garanticen la seguridad de la población ante los posibles efectos de las radiaciones no-ionizantes emitidas por las torres de comunicación y demás equipos relacionados, asimismo, se concluye que Colombia no genera las garantías suficientes para la seguridad de los ciudadanos en lo referente a radio protección, lo cual puede ser el causal del aumento en enfermedades cancerígenas y cardiovasculares debido a la real influencia de estas ondas en la salud de la población.

De igual manera, Gallego, Torres y Agudelo, (2014), señalan que, es importante contar con mecanismos legales que propendan por la protección de las personas a las ondas electromagnéticas, motivado principalmente por las enfermedades que son causadas por la constante exposición a las ondas no-ionizantes de las cuales se resaltan las afecciones del sistema circulatorio, trastornos del sueño. Irritabilidad, visión alterada, náuseas, pérdida del apetito, malestar, vértigos, alteraciones dérmicas, entre otras. Esto sugiere que efectivamente existe una relación directamente proporcional entre las enfermedades y la exposición a las ondas, lo que sugiere que se cuenten con mecanismos de protección a la ciudadanía en temas legales para atribuir responsabilidades legales a quien corresponda en caso de la presencia de esta enfermedad en las personas.

Finalmente, el tema de investigación aporta al conocimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo, dado que, en el campo laboral los profesionales se enfrentan a múltiples escenarios y riesgos laborales, por tanto, analizar las ondas de radiofrecuencia que es un factor de riesgo que está en constante crecimiento debido al auge de las telecomunicaciones en las empresas y en la vida cotidiana, llama a los futuros profesionales y a las universidades a generar procesos de actualización y sentar estudios que sirvan como base para el desarrollo de otros estudios a futuro, propendiendo con ello enriquecer el proceso de formación.

Capítulo 2

Objetivo general

Determinar el nivel de exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia del personal que trabaja en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá, con el fin de proponer estrategias orientadas al control de la exposición.

Objetivos específicos

- **Caracterizar la exposición ocupacional** a campos de radiofrecuencia del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá.
- **Describir las condiciones de salud** de los trabajadores de la sala de monitoreo de la empresa de seguridad mediante el uso de un cuestionario de salud.

- **Medir en condiciones reales de operación, los niveles de exposición a radiofrecuencias**, del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad, aplicando los límites de exposición ocupacional legalmente establecidos en Colombia.
- **Proponer medidas de control** frente a la exposición ocupacional a campos electromagnéticos del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad, de acuerdo al **resultado de las mediciones y a la información obtenida en la revisión de literatura.**

Capítulo 3

Marco de referencia

Se realizó una búsqueda de literatura existente en las bases de datos Embase, PubMed y Sage, para lo cual, se aplicó la estrategia adelante relacionada, la cual, debido a la baja cantidad de resultados, fue modificada con miras a ampliar la cantidad de documentos para leer, como se evidencia en las tablas 1 y 2, así:

Tabla 1 Ecuación de búsqueda inicial en bases de datos.

TEMA	PALABRAS CLAVE	AGRUPAMIENTO
Exposición ocupacional	Occupational exposure; occupational diseases; Exposure	("Occupational exposure" OR "occupational diseases" OR Exposure)
AND	AND	AND
radiofrecuencia	Effects of radiation; Radiofrequency; Electromagnetic radiation	("Effects of radiation" OR Radiofrequency OR "Electromagnetic radiation")
AND	AND	AND
Trabajadores; seguridad	Worker*; security worker*	(Worker* OR "security worker*")
AND	AND	AND
sala de monitoreo	Monitor* room	"Monitor* room"
AND	AND	AND
Bogotá		Bogotá

Fuente: elaboración autores.

Ecuación inicial: (("Occupational exposure" OR "occupational diseases" OR Exposure) AND ("Effects of radiation" OR Radiofrequency OR "Electromagnetic radiation")) AND (Worker* OR "security worker*") AND "Monitor* room" AND Bogota)

Tabla 2. Ecuación segunda búsqueda en base de datos.

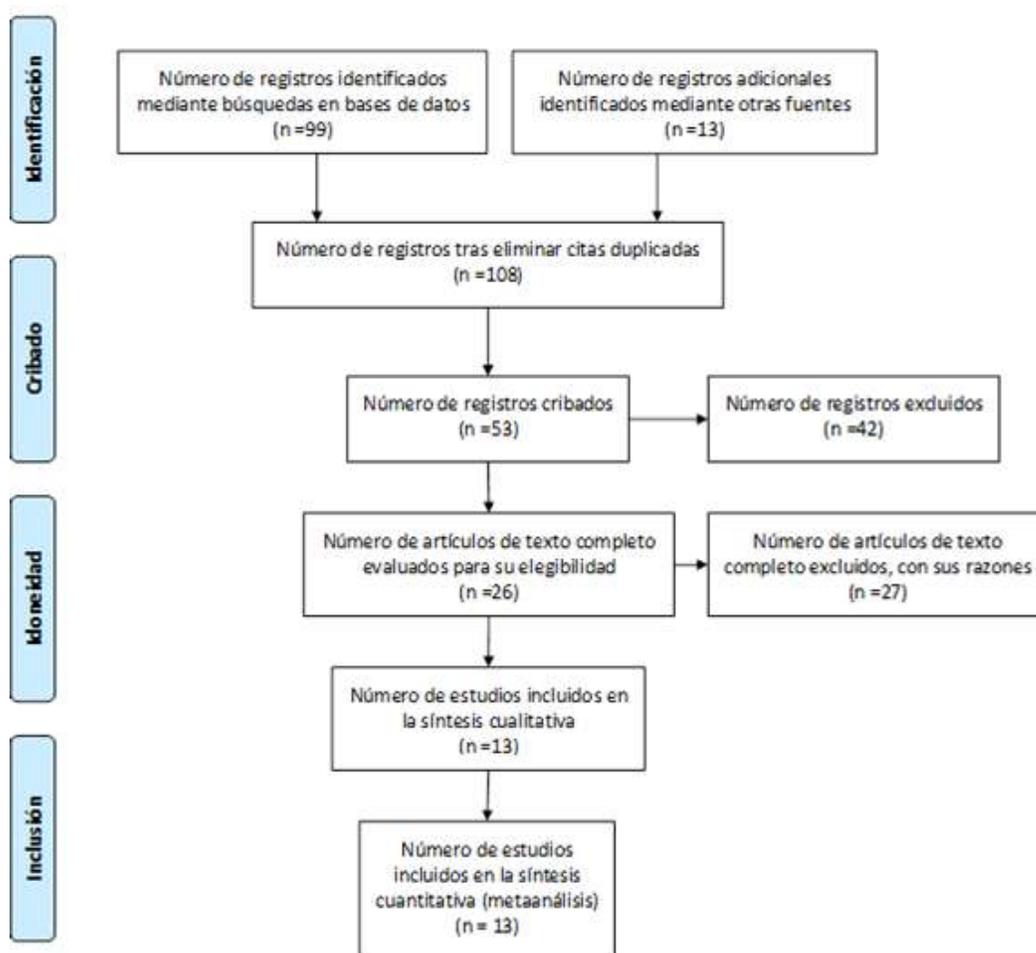
TEMA	PALABRAS CLAVE	AGRUPAMIENTO
Radiofrecuencia	Radiofrequency; RF	(Radiofrequency OR RF)
AND	AND	AND
Campos electromagnéticos	electromagnetic fields; EMF;	(electromagnetic fields OR EMF)
AND	AND	AND
Seguridad	Security; Police; US ARMY; Military	(Police OR US ARMY OR military OR security)

Fuente: elaboración autores.

Ecuación dos: (Radiofrequency OR RF) AND (Electromagnetic fields OR EMF) AND (Police OR US ARMY OR military OR security).

A continuación, en la ilustración 2, se relacionan los resultados obtenidos, en la búsqueda de literatura, resaltando que se consideraron como relevantes 13 trabajos, los cuales sirven como insumo para determinar las posibles afectaciones a la salud y para verificar los métodos y resultados obtenidos en estudios similares.

Figura 2. diagrama de Prisma búsqueda de literatura.



Fuente: elaboración autores con material de estudio Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Los principales resultados obtenidos en la búsqueda de literatura relacionados con los efectos de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia indica posibles

afectaciones a la salud tanto en animales y seres humanos. De igual manera, se han realizado estudios en laboratorios, como se muestra en la tabla 3, así como en el Anexo 2 del presente documento. Se resalta que 17 de estas posibles afectaciones están asociadas con cabeza y sistema nervioso y 15 frente al sistema reproductivo. Estas recopilan el 84% del total de las posibles afectaciones identificadas en los artículos verificados.

Tabla 3. Posibles afectaciones a la salud de acuerdo en los artículos de la revisión inicial.

Blanco de afectación de la salud	Evidenciado en			Total
	Humanos	Laboratorio	Animales (Ratón)	
ADN		2		2
Daño del ADN		1		1
Daño oxidativo		1		1
Célula		1	1	2
Apoptosis		1		1
Función metabólica de los osteoblastos			1	1
Cabeza y sistema nervioso	9	3	5	17
Alteración del metabolismo de la glucosa en el cerebro	1			1
Astrogliosis	1			1
Autismo	1			1
Cambios en el ritmo cardíaco	1			1
Catecolaminas	1			1
Comportamiento similar a la hiperactividad			1	1
Crecimiento neurítico		1		1
Daño del ADN		1		1
Daño fisiopatológico			1	1
Daño neuroquímico			1	1
Daño oxidativo		1		1
Demencia temprana	1			1
Disminución neuronas sanas en la amígdala baso lateral y la amígdala cortical			1	1
Memoria			1	1
Quema de glucosa en el cerebro	1			1
Reacciones de la pupila	1			1
Tumores cerebrales	1			1
Corazón	2			2
Frecuencia cardíaca	1			1
Presión arterial	1			1
Osteoblastos			1	1

Función metabólica de los osteoblastos			1	1
Sistema reproductivo	7	2	6	15
Peso de las crías			1	1
Proporción de sexos de la descendencia	1			1
Autofagia			1	1
Calidad del esperma			1	1
Daño del ADN			2	2
Infertilidad	2			2
Lesión testicular			1	1
Mortalidad perinatal	1			1
Motilidad de los espermatozoides	1			1
Movilidad de los espermatozoides		1		1
Preclamsia	1			1
Velocidad de los espermatozoides	1			1
Viabilidad de los espermatozoides		1		1
Total	18	8	12	38

Fuente: elaboración autores.

De aquí que en el documento titulado “El veneno del silgo XXI”, de la Escuela Latinoamericana de Medicina (2014), donde realizaron una revisión de los posibles efectos de las emisiones electromagnéticas no ionizantes sobre la salud, indican que estos pueden ser de tres tipos:

- Efectos térmicos: “cuando la energía electromagnética causa un aumento mensurable de la temperatura del objeto o persona (0,1-2° C)”. Los órganos más afectados son los de poca irrigación sanguínea “como el cristalino y el humor vítreo del ojo, los órganos parenquimatosos y otros como el hígado, el páncreas, los ganglios linfáticos, las gónadas y los órganos huecos como el estómago, la vejiga y la vesícula biliar” (Tabares, 2014).
- Efectos no térmicos: “se producen cuando la energía de la onda es insuficiente para elevar la temperatura por encima de las fluctuaciones de las temperaturas normales del sistema biológico estudiado” (Tabares, 2014).
- Efectos atérmicos: “se producen cuando hay energía suficiente para causar un aumento de la temperatura corporal, sin que se observen cambios en la temperatura debido al enfriamiento ambiental” (Tabares, 2014).

En este mismo sentido en la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (Ue et al., 2013), se describe que existen unos «efectos biofísicos directos»: que son los causados en el cuerpo humano por su presencia en un campo electromagnético, los cuales se dividen en:

- i. Efectos térmicos, como el calentamiento de los tejidos por la absorción en los mismos de energía.
- ii. Efectos no térmicos, como la estimulación de los músculos, de los nervios o de los órganos sensoriales.
- iii. Corrientes en las extremidades

En enunciada Directiva, no se abordan “posibles efectos a largo plazo de la exposición a campos electromagnéticos”, toda vez que “actualmente no existen datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal” (Ue et al., 2013).

De otro lado, a continuación, se relacionan algunos efectos identificados en la revisión de documentos disponibles en internet, siendo preciso resaltar que al igual que los resultados de la búsqueda de literatura inicial, se evidenciaron posibles problemáticas asociadas con la cabeza, el sistema nervioso central y el sistema reproductor masculino, así como en los cambios de comportamiento. De igual manera, en la tabla 4, se enumeran los trabajos en los cuales se establecieron medidas de asociación frente a los presuntos efectos en la salud.

Tabla 4 Posibles afectaciones a la salud de acuerdo en los artículos de la búsqueda libre.

Posible afectación	Específica	Medidas de asociación epidemiológica
Aumentos de temperatura que pueden generar posibles afectaciones en el funcionamiento de algunos órganos – al sistema nervioso central – entre otros tales tipos de cáncer. NO COMPROBADO	Neuroblastoma	Exposición materna: (Odds ratio = 2.8; intervalo de confianza del 95% = 0.9-8.7) Exposición paterna: (Odds ratio = 1.6; Intervalo de confianza del 95% = 0.8-3.2). Equipos que emiten radiación de radiofrecuencia (Odds ratios \cong 2.0) (De Roos et al., 2001).
	Cáncer de tiroides	En 2005 - 2013 aumento estadísticamente significativo en la incidencia APC +7.56% (IC 95% +3.34, +11.96%). (Carlberg et al., 2016)

Problemas de comportamiento a los 7 años.	Comportamiento	OR más alto para problemas de conducta con exposición prenatal y postnatal a teléfonos celulares. La estimación del efecto ajustado fue de 1,5 (IC del 95%: 1,4 a 1,7). (Divan et al., 2012)
Metabolismo de la glucosa cerebral	Aumento del metabolismo de la glucosa cerebral	Los aumentos se correlacionaron significativamente con las amplitudes estimadas del campo electromagnético tanto para el metabolismo absoluto (R = 0,95, P <0,001) como para el metabolismo normalizado (R = 0,89; P <0,001). (Volkow et al., 2011)

Fuente: elaboración autores.

Según De la Rosa R. (2014) dependiendo la intensidad de las RF sobre el cuerpo humano y el tiempo de exposición, se pueden generar alteraciones cardiacas, neurológicas, reproductivas. Y aunque esto no se ha podido determinar a plenitud, puede aumentarse el riesgo de desarrollo de leucemia y casos de cáncer, especialmente en el cerebro dado al uso común de elementos de comunicación como lo son radios y teléfonos celulares. De igual forma el autor determina mayor afectación a personas que se encuentren cerca de antenas de radio transmisión.

Como describió Court et al., (1977) en el artículo titulado “Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)”, ha habido un informe sobre el riesgo creciente de cáncer entre personal militar; sin embargo, hacen claridad de que se presentan dificultades en la interpretación debido a debilidades en la identificación de la población y los niveles de exposición. De igual manera, en este documento relacionan el trabajo realizado por Szmigielski en 1996, quien mencionó encontrar “un incremento en los índices de leucemia y de linfoma en el personal militar expuesto a los campos de CEM”. Señaló además que “en algunos estudios recientes de poblaciones que vivían cerca de transmisores de CEM han sugerido un aumento de incidencia local de leucemia (Hocking y col. 1996, Dolk et en 1997a, 1997b)”.

En el en el documento de prevención de los efectos de la radiación no ionizante de la Secretaría de Medio Ambiente de Cataluña, indican que “Los efectos producidos en los seres vivos que se exponen a campos electromagnéticos de RF-MO son diversos y se clasifican, según su origen, en efectos térmicos y efectos no térmicos”. Con relación a los primeros enunciados, se dan por la absorción de la energía electromagnética por medio de tejidos y su conversión en calor produce incrementos de temperatura en el interior del cuerpo, en su mayoría, en los tejidos

profundos. Esto puede producir hipertermia y estrés térmico en caso de presentarse deficiencias en la compensación con los mecanismos de termorregulación corporales (Secretaría de Medio Ambiente y Salud Laboral. Catalunya, 2010).

De otro lado, en el año 2013 la OMS por medio de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) publicó el documento titulado “Monografías sobre la evaluación de los riesgos carcinogénicos para humanos”. Allí se categorizan los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como grupo 2B, correspondiente a “Posiblemente carcinógeno para el ser humano” (IARC, 2018). Es preciso indicar que en un trabajo posterior titulado “Cancer epidemiology update, following the 2011 IARC evaluation of radiofrequency electromagnetic fields (Monograph 102)” concluyen que existe una correcta clasificación de este agente de riesgo; también indican, además, que deberían considerarse datos sobre animales reportados recientemente, recogidos en el Instituto Ramazzini y el Programa Nacional de Toxicología de EE. UU. Desde su punto de vista, existe evidencia suficiente para actualizar la clasificación IARC de RFR al Grupo 1, carcinógeno para los humanos (Miller et al., 2018).

De igual manera, De la Rosa R. (2014) en el documento “La enfermedad silenciada” menciona que se logró determinar que la exposición continua y aguda a ondas de radio generaban alteraciones de sueño, insomnio y disminución de melatonina. Adicional a ello, se identificó que la exposición intensa a RF genera alteraciones en los niveles de triglicéridos, pudiéndose relacionar con modificaciones en el estrés y aumento en el riesgo de presentar afecciones coronarias o apoplejía.

La Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (1996) en su capítulo 49 indica que la principal incidencia de las RF en el cuerpo humano tras una exposición continua es el calentamiento de tejidos internos. Esto es difícil de percibir por parte de los individuos dado que los receptores de temperatura del cuerpo humano se encuentran principalmente en la piel. Dado esto, se relaciona la exposición a estas frecuencias con afectaciones en órganos y por lo tanto en el funcionamiento general del cuerpo.

Por su parte, la Unión General de Trabajadores de Cataluña – UGT en su “Cuaderno preventivo: Radiaciones no ionizantes” determina que al afectar térmicamente el organismo se pueden generar implicaciones en los tejidos, lo cual puede ocasionar hipertermia, estrés térmico, quemaduras (caso de altas concentraciones), cataratas y esterilidad. En caso de que la intensidad no fuese lo suficientemente alta para aumentar la temperatura del organismo, se pueden generar los siguientes efectos:

“Alteraciones celulares, cromosómicas y genéticas, alteraciones del ritmo cardíaco y de la tensión arterial, alteraciones del encefalograma, efectos endocrinos y neuroendocrinos, efectos en la sangre, efectos sobre la audición, efectos sobre la reproducción y el desarrollo, aumento del flujo de calcio, cambios de comportamiento en los individuos” (Secretaría de Medio Ambiente y Salud Laboral. Catalunya, 2010).

De acuerdo a la revisión efectuada, se encontró además un artículo titulado Efectos de la radiación electromagnética en la piel, en el cual se cita “Al parecer, estudios in vitro corroboran que el daño genotóxico potencial de la radiación electromagnética no se genera por efectos de calor, sino por la exposición intermitente de campos electromagnéticos de baja frecuencia y con una relación tiempo-dependiente; esto se debe a que las exposiciones constantes y repetidas generan una ruptura uni o bicatenaria del ADN, que cada vez es más difícil reparar” (Cardona-Hernández et al., 2017).

Considerando esta información y los potenciales efectos sobre la salud humana, se genera una necesidad y responsabilidad hacia vigilar y controlar las condiciones de salud de los trabajadores expuestos a radiofrecuencia en el ámbito laboral, especialmente en empresas que usan continuamente aparatos que utilizan el espectro electromagnético. Se considera que dentro del entorno cotidiano las personas ya se encuentran expuestas a este agente de riesgo dadas las múltiples torres de radio existentes, así como señales móviles, sumado al notorio incremento en el uso de equipos receptores de RF como televisores y celulares. Razón por la cual se debe vigilar que las condiciones de salud no se vean realmente afectadas por consideraciones laborales a las cuales se suman las ya influencias del entorno cotidiano.

Ya habiendo considerado los efectos sobre la salud humana por la exposición a emisiones de radio frecuencia, se respaldará la necesidad de cuantificar la exposición a ondas electromagnéticas de baja frecuencia, con miras al establecimiento de acciones para orientadas al mantenimiento de las condiciones de salud de los miembros de la empresa de seguridad objeto de estudio.

Marco Metodológico

Diseño de la investigación

Se desarrolló un estudio de corte transversal descriptivo cuantitativo que implicó el uso de equipos especializados para la medición de la exposición a campos de radiofrecuencia y el uso de un formulario para determinar las condiciones de salud de los trabajadores, cuyos resultados se procesaron utilizando el software Optum® PRO CoRE.

El estudio pretende valorar la exposición ocupacional del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá, para lo cual se realizarán mediciones al área de trabajo en **condiciones reales de operación**, en las diferentes zonas de exposición de la sala de monitoreo y dosimetrías. Estas serán realizadas con el apoyo de la empresa TES América, multinacional experta en espectro radioeléctrico, que cuenta con los equipos necesarios y el personal idóneo para realizar estas evaluaciones.

El cumplimiento de los límites de exposición ocupacional a Campos Electromagnéticos (CEM), se establecerá de acuerdo a la Resolución No. 774 de 2018 e la Agencia Nacional del Espectro (ANE) (Espectro, 2018). Dicha resolución acoge las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), con relación a los límites recomendados en las directrices sobre Campos Electromagnéticos-CEM de la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP en español Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante), los cuales comprenden el intervalo completo de frecuencias de 9 kHz a 300 GHz (Ue et al., 2013).

Definición de las variables

En la tabla 5 se relacionan las variables que se tendrán en cuenta, tanto para la descripción de salud de los trabajadores, como para la medición de las condiciones de exposición a campos de radio frecuencia en la evaluación al área de trabajo y las dosimetrías personales.

Tabla 5. Descripción de las variables cualitativas y cuantitativas (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011)

Variables cualitativas	Variables cuantitativas
<p>Serán las utilizadas en el cuestionario de salud, que se agrupan en las siguientes categorías (ocho escalas del cuestionario de salud Sf-36 V2):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Función Física (PF): Grado en que la salud limita las actividades físicas tales como el autocuidado, caminar, subir escaleras, inclinarse, coger o llevar pesos, y los esfuerzos moderados e intensos ▪ Rol Físico (RP): Grado en que la salud física interfiere en el trabajo y en otras actividades diarias, lo que incluye el rendimiento menor que el deseado, la limitación en el tipo de actividades realizadas o la dificultad en la realización de actividades. ▪ Dolor Corporal (BP): La intensidad del dolor y su efecto en el trabajo habitual, tanto fuera de casa como en el hogar. ▪ Salud General (GH): Valoración personal de la salud que incluye la salud actual, las perspectivas de salud en el futuro y la resistencia a enfermar. ▪ Vitalidad (VT): Sentimiento de energía y vitalidad, frente al sentimiento de cansancio y agotamiento. ▪ Función Social (SF): Grado en el que los problemas de salud física o emocional interfieren en la vida social habitual. ▪ Rol Emocional (RE): Grado en el que los problemas emocionales interfieren en el trabajo u otras actividades diarias, lo que incluye la reducción en el tiempo dedicado a esas actividades, el rendimiento menor que el deseado y una disminución del cuidado al trabajar. ▪ Salud Mental (MH): Salud mental general, lo que incluye la depresión, la ansiedad, el control de la conducta y el control emocional y el efecto positivo en general. 	<p>Son las variables que se emplean para determinar la exposición a campos de radiofrecuencia, las cuales están dadas por las variables eléctricas y magnéticas, como son:</p> <p>V/m: que indica la intensidad de campo eléctrico.</p> <p>A/m: que representa la intensidad del campo magnético.</p>

Fuente: elaboración autores.

Población y muestra

- **Población del estudio:** la población de la investigación serán los 41 integrantes de la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá.

- **Selección de la muestra:**
 - **Frente a la medición al área de trabajo de la exposición a radio frecuencias** este estudio no requiere la selección de una muestra de trabajadores, toda vez que la medición se realiza al lugar de trabajo.

 - **Frente a la Dosimetría de exposición personal a radio frecuencias**, teniendo en cuenta que el estudio se desarrolló en condiciones reales de operación, se aplicará un muestreo por conveniencia, sujeto a la disponibilidad operativa de los cargos a evaluar.

 - **Las mediciones se llevarán a cabo durante 7 días**, priorizando los cargos que mayor cantidad de trabajadores tienen, evaluando por lo menos 12 turnos (57% del total) distribuidos en los diferentes horarios y días de la semana

 - **Frente a la evaluación descripción de las condiciones de salud** se aplicará el formulario a todo el personal de la sala de monitoreo.

Instrumentos

- Cuestionario de Salud SF-36 versión 2.

- Software Optum® PRO CoRE para el análisis de los datos recopilados de la aplicación del Cuestionario de Salud SF-36 versión 2.

- Equipos para la medición de la exposición al área de trabajo y dosimetría personal a radiofrecuencias, relacionados en el Anexo 1.
- Paquete estadístico SPSS ®.

Procedimientos

- **Criterios de inclusión y exclusión:**
 - **Para la aplicación del cuestionario de condiciones de salud** y la medición de exposición a radiofrecuencias con **dosímetro personal** se aplicará como criterio de inclusión trabajar en la sala de monitoreo de la empresa de seguridad.
 - **Frente a la evaluación de la exposición a campos electromagnéticos** este estudio no aplica criterios de inclusión o exclusión.

Primero se recolectarán los datos del formulario SF-36 versión 2, los cuales serán auto diligenciados por el personal y se ingresarán en el Software Optum® PRO CoRE para la obtención del reporte. Posteriormente se procederá a realizar la medición al área de trabajo de exposición a campos de radio frecuencia, con el fin de determinar los lugares de mayor afectación frente al agente de riesgo, para luego priorizar y establecer los puestos de trabajo donde se realizarán las mediciones con el dosímetro personal.

Análisis de datos

Con el fin de realizar un adecuado uso de los datos, en la tabla 6 se relacionan los objetivos del presente estudio y las estrategias de análisis a emplear en cada uno de los casos.

Tabla 6 Métodos de análisis de información según los objetivos establecidos

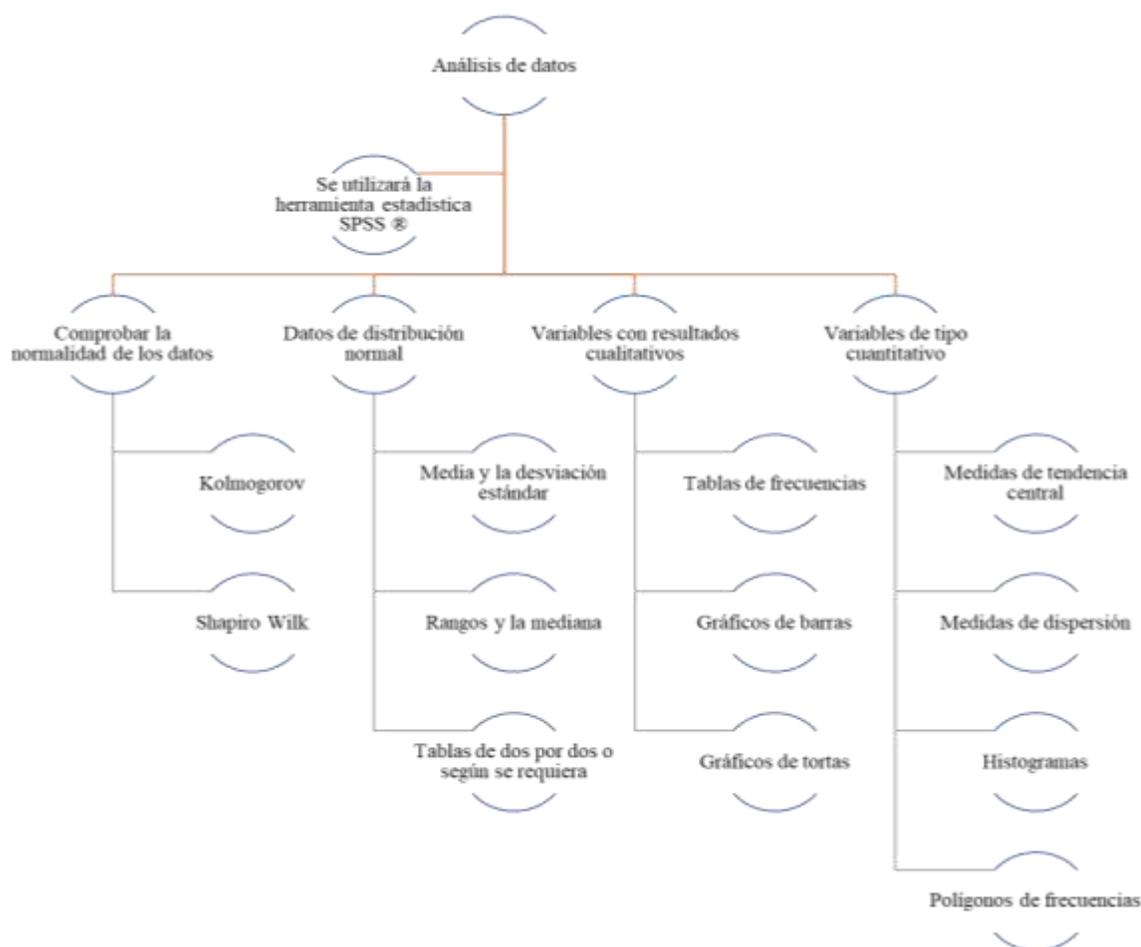
Objetivo	Metodología de Análisis
Caracterizar la exposición en campos de radiofrecuencia del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad ubicada en la ciudad de Bogotá.	Para las variables recopiladas con resultados cualitativos se presentará en tablas de frecuencias, de ser necesario se utilizarán gráficos de barras o tortas.
Describir las condiciones de salud de los trabajadores de la sala de monitoreo de la empresa de seguridad mediante el uso de un cuestionario de salud.	Se empleará el formulario SF 36 Versión 2 y se analizarán los datos de acuerdo a los resultados del software Optum® PRO CoRE y se

	presentarán en tablas de frecuencias, gráficos de barras o tortas
Medir los niveles de exposición a radiofrecuencias del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad, realizando una comparación con los niveles de exposición legalmente permitidos.	Se tendrán en cuenta las medidas de tendencia central y dispersión, presentándolas en histogramas o polígonos de frecuencias.
Proponer medidas frente a la exposición ocupacional a campos electromagnéticos del personal que labora en la sala de monitoreo de una empresa de seguridad de acuerdo a los resultados de la medición realizada y la información obtenida en la revisión de literatura	No requiere el análisis de datos por tratarse de recomendaciones, sin embargo, de presentar el caso se emplearán en tablas de frecuencias, gráficos de barras o tortas

Fuente: elaboración autores.

Aunado a lo anterior, en general para la estructura del trabajo y de acuerdo a los requerimientos se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

Figura 3 Criterios para el análisis de los datos



Fuente: elaboración autores.

Capítulo 4

Caracterización de la empresa objeto de estudio

Empresa del sector seguridad, que cuenta con una sala de monitoreo ubicada en la ciudad de Bogotá, donde cumplen las siguientes funciones:

- Recepción de llamadas de emergencia sobre novedades registradas en el departamento de Cundinamarca.
- Registro de la información recibida en los sistemas de información con que cuenta la empresa, donde se enuncian aspectos básicos como son: nombre del ciudadano, tipo de novedad (accidentes, caídas de objetos sobre las vías, hurtos, secuestros, riñas, entre otros), gravedad del mismo (lesiones, muerte), medio de movilización (a pie, vehículo, motocicleta, bicicleta, equinos), lugar y hora de la novedad, relación de heridos o muertos, demás aspectos de interés.
- Análisis de información recibida, tramite a la unidad responsable de la jurisdicción e informe a las instituciones o entidades corresponsables (Fuerzas armadas, bomberos, defensa civil, hospitales cercanos, entre otros).
- Seguimiento a la novedad registrada a través del funcionario de seguridad ubicado en la jurisdicción del evento (se verifica la oportunidad en la atención de la novedad y se realizan llamadas continuas constando la veracidad de la información, acciones adelantadas e indagando sobre situaciones adicionales que requieran apoyo o atención inmediata).
- Cierre del caso y diligenciamiento de las matrices y sistemas de información para garantizar la actualización de datos oportunamente.

No se manejarán criterios de exclusión; sin embargo, se hará especial énfasis en el personal que ocupa el cargo de “operador de turno” por ser el cargo con mayor cantidad de integrantes tiene. Es él quien realiza el control y la gestión de los diferentes servicios dispuestos para el cumplimiento de la misión organizacional relacionada con la prestación del servicio de seguridad.

El ejercicio se enfocará en el personal que se encuentra especialmente expuesto a campos de radiofrecuencia, quienes son los operarios de las salas de radio, para lo cual se pretende determinar tiempos de exposición y niveles de exposición ocupacional.

Turnos de trabajo:

- **Primer turno:** inicia a 21:00 o 22:00 horas hasta las 07:00 horas.
Después de primer turno los funcionarios descansan 31 horas, regresando a recibir tercer turno.
- **Segundo turno:** inicia a las 07:00 horas hasta las 14:00 horas.
- **Tercer turno:** inicia a 14:00 horas hasta las 21:00 o 22:00 horas, dependiendo de las instrucciones del comandante directo y el volumen de trabajo acumulado.

Perfil demográfico:

- **Población:** 41 personas (la totalidad de los funcionarios que integran la sala de monitoreo de la empresa de seguridad).
- **Género:** 36 hombres (88%) y 5 mujeres (12%).
 - Por razones asociadas con la emergencia sanitaria, las mujeres que se encuentran trabajando en la sala de monitoreo por tener niños y adultos mayores a su cargo, fueron destinadas a labores administrativas realizadas desde casa.
- **Edad media:** 35 años.
- **Rango de edad:** 23 – 49 años.
- **Aspectos de interés:** el jefe de la sala de monitoreo manifestó que la mayoría de los trabajadores fueron reubicados laboralmente en este lugar por presentar problemas asociados con la salud física o mental que impiden el desempeño en otras áreas con mayor demanda de esfuerzo físico o de responsabilidad.

Equipos empleados para el servicio

En la tabla 7 se relacionan los principales equipos de comunicación utilizados por los trabajadores, con miras a dar cumplimiento a las funciones asignadas en la sala de monitoreo.

Tabla 7 Resumen equipos de comunicación empleados en la sala de monitoreo

Turno \ Equipo	Radio base	Radio consola	Radio portátil	Celulares
1	2	2	5	8
2	0	1	2	2
13	0	1	1	2
18	2	0	2	4
2	2	3	6	10
2	0	2	4	3
3	0	0	1	2
6	0	1	0	2
15	1	0	0	1
19	1	0	1	2
3	3	1	4	7
2	0	1	2	2
14	1	0	1	2
15	1	0	0	1
20	1	0	1	2
Total, equipos	7	6	15	25

Fuente: elaboración autores.

Verificados los equipos utilizados, se evidenció que los celulares son los de mayor uso, estando presentes en la totalidad de los turnos y puestos de trabajo, como se ilustra en la tabla anterior y en el anexo 5. Subsiguientemente, el radio portátil y los radios consola son los equipos con mayor frecuencia de uso por los trabajadores.

Perspectiva general del estado de salud de los trabajadores mediante el uso de un cuestionario de salud.

A partir de las búsquedas realizadas en las bases de datos y en internet, se seleccionó el cuestionario SF-36 Versión 2, de Calidad de Vida Relacionada con la Salud (CVRS), el cual es uno de los más utilizado; fue desarrollado por QualityMetric y está disponible en su página web. El cuestionario se encuentra compuesto por 36 preguntas para medir la salud funcional y el bienestar desde el punto de vista del paciente. Es, así mismo, una medida práctica, confiable y válida de la salud física y mental que se puede completar en un lapso de cinco a diez minutos. El cuestionario SF-36 Versión 2 proporciona además puntajes para cada uno de los ocho dominios de salud, puntajes de resumen del componente físico y resumen del componente mental, permitiendo una mejor representación de cada dominio de salud (Ware, 2007).

Teniendo en cuenta la facilidad de aplicación y proximidad al objeto de estudio, se solicitó autorización para el uso del instrumento con fines académicos. La licencia No. QM053144, con vigencia desde el 20/06/20 al 20/06/21, como se puede verificar en el anexo No. 8 del presente trabajo, fue la otorgada.

De igual manera, bajo el mismo número de licencia fue entregado el software Optum® PRO CoRE, en el cual se deben insertar los datos obtenidos, para obtener las gráficas de los resultados generales de condición física y mental, así como por cada uno de los ocho ítems evaluados.

Aplicación de la encuesta

Fecha de aplicación: 23/06/2020

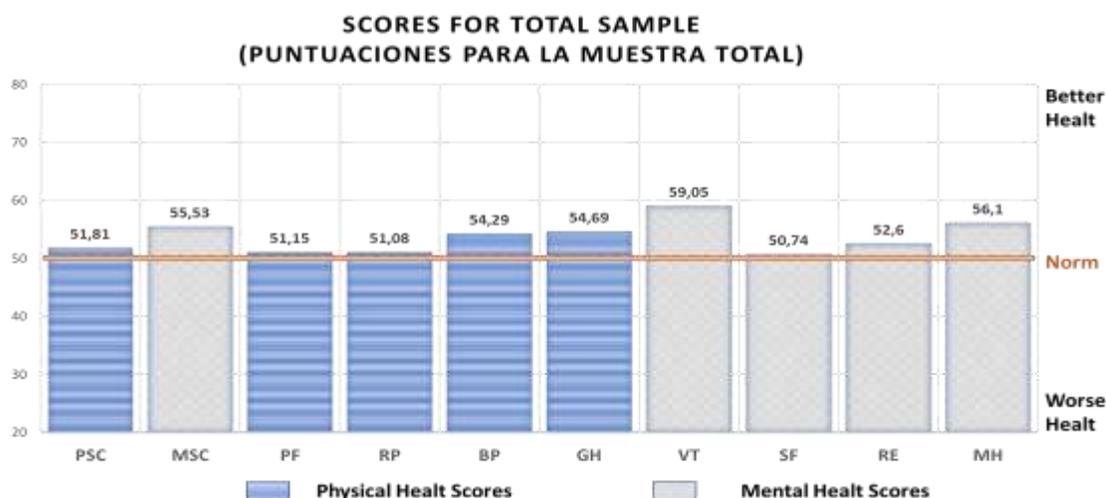
Método de aplicación: auto diligenciamiento – formulario enviado por medio de vínculo al correo electrónico de cada participante.

A continuación, en la tabla 8, se relacionan los significados de las abreviaturas con las cuales se analizan los resultados de los componentes del cuestionario SF-36 Versión 2.

Resultados de la medición:

Una vez aplicado el cuestionario de salud, se procedió a ingresar los datos obtenidos en el software Optum® PRO CoRE, el cual, suministró un reporte automático, relacionado en el anexo No. 3, del cual se extrajeron las ilustraciones 4 y 5, por ser las que ofrecen una visión general de los resultados obtenidos.

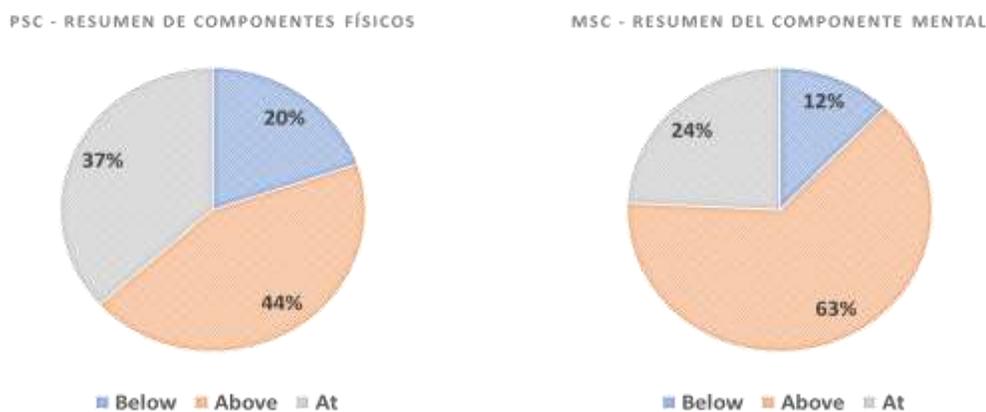
Figura 4 puntajes obtenidos en la aplicación del cuestionario de salud SF-36 versión 2 en todos los aspectos evaluados



Fuente: elaboración propia con resultados del reporte automático del software Optum® PRO CoRE.

Porcentaje de muestra cuyas puntuaciones están por encima, en o por debajo de la norma de la población general.

Figura 5 distribución porcentual de los resultados en los componentes físico y mental de la aplicación del



cuestionario de salud SF-36 Versión 2

Fuente: elaboración propia con los resultados del reporte automático del software Optum® PRO CoRE.

Análisis de la información obtenida:

Respecto a las puntuaciones obtenidas para la muestra total, se observa que la población objeto de estudio mantiene resultados por encima del rango de normalidad frente a los aspectos mental y físico, siendo el primero enunciado el de mejor desempeño.

Frente a los componentes físicos, el 44% de los encuestados está con una puntuación superior al promedio de normalidad. El 37% se encuentra dentro de los rangos normales y tan solo el 20% considera que sus condiciones físicas son deficientes o están por debajo de la norma de la población general.

En lo relacionado con los aspectos mentales, el 63% se encuentra por encima del rango normal de la población, el 24% se encuentra en igualdad de condiciones y el 12% considera que su salud mental está debajo de la norma de la población general.

De otro lado, se observa que los ocho aspectos evaluados se encuentran por encima del rango de normalidad, lo cual indica que la mayoría de los trabajadores perciben su salud física y mental como óptima o buena. Los rangos más bajos fueron reportados en el funcionamiento físico, rol físico y en la parte mental en lo relacionado a la función social.

Medición y evaluación de los niveles de exposición a radio frecuencias, específicamente en la gama de frecuencias de 10 a 400 MHz

Las mediciones se realizaron con base en lo establecido en la Resolución No. 774 de 2018 de la Agencia Nacional del Espectro (ANE), que acoge los lineamientos de la OMS, frente a los límites de ICNIRP. Estos límites están demarcados en el intervalo completo de frecuencias de 9 kHz a 300 GHz, las cuales, según las condiciones de exposición y el criterio de experto técnico de los ingenieros que apoyaron la realización de la medición al área de trabajo, se relacionan con la gama de frecuencias de 10 - 400 MHz, de acuerdo a lo descrito en el anexo técnico de la resolución mencionada, como es:

Tabla 8. Límites máximos de exposición anexo técnico de la Resolución No. 000774 de 2018

Tipo de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E (V/m)	Intensidad de campo magnético H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente S (W/m²)
Ocupacional	10 - 400 MHz	61	0.16	10
Poblacional	10 – 400 MHz	28	0,073	2

Fuente: información recuperada de la Resolución No. 000774 de 2018

Aquí, es importante resaltar que las mediciones se realizaron en banda ancha, para lo cual los equipos empleados son capaces abarcar estos rangos de frecuencia, como se puede evidenciar en las especificaciones técnicas de los mismos relacionadas en el anexo 6 del presente documento.

De igual manera, para la definición cualitativa de la exposición al agente de riesgo, se realizará una escala. De acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica GTC colombiana 45 (ICONTEC INTERNACIONAL, 2012) “Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional”, la escala combinada de rangos de exposición de la American Industrial Hygiene Association (AIHA), es presentada en la siguiente tabla:

Tabla 9. Escala combinada de rangos de exposición (AIHA 2006, Rock J 1995) relacionados en la Guía Técnica GTC colombiana 45. (ICONTEC INTERNACIONAL, 2012).

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Concentración
Exposición muy alta	10	> límite de exposición ocupacional

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Concentración
Exposición alta	6	50% - 100% del límite de exposición ocupacional
Exposición media	2	10% - 50% del límite de exposición ocupacional
Exposición baja	No se asigna valor	< 10% del límite de exposición ocupacional

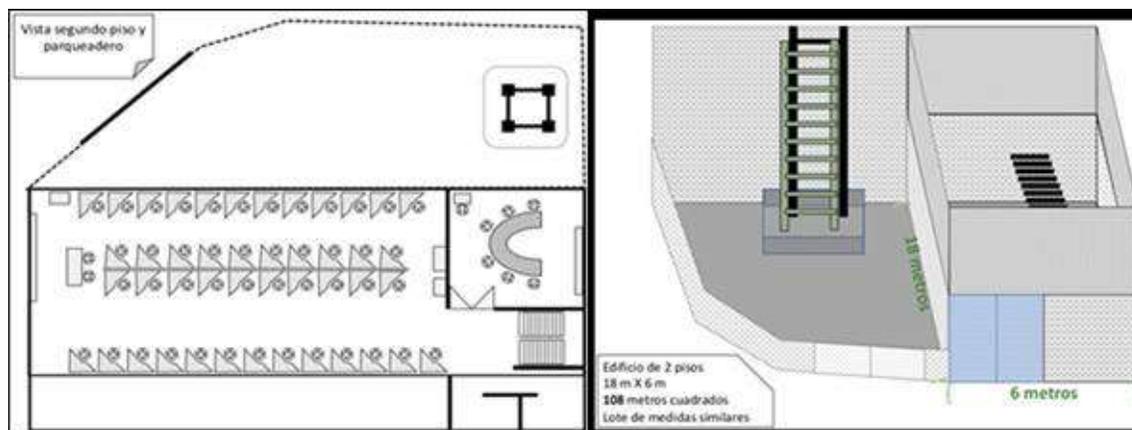
Fuente: información recuperada de la Guía técnica GTC 45.

Localización y descripción del área de medición

El lugar objeto de desarrollo de este estudio está ubicado en la avenida Las Américas entre carreras 58 y 60 Puente Aranda (Bogotá). Está compuesto por un edificio de dos plantas.

El lugar de trabajo es un espacio ubicado en un segundo piso, con 6 metros de ancho por 18 de profundo y un lote de similares características, donde está ubicada una torre de comunicaciones.

Figura 6 Bosquejo general de las instalaciones de la sala de monitoreo de la empresa de seguridad



Fuente: elaboración autores.

Posibles fuentes de campos electromagnéticos:

- 15 equipos 'Push to talk – trunking' o sistemas convencionales de voz y datos: 821 – 869 MHz.
- Uso del celular: 850 – 1900 – 2500 MHz.

- Internet: bandas de frecuencia 2.4 GHz y 5 GHz
- Banda de radio FM (emisoras): desde 88 a 108 MHz
- 20 equipos para la recepción de llamadas (teléfonos fijos).
- 15 computadores ubicados en la zona de trabajo.

Observación: según las condiciones de exposición y el criterio profesional de los ingenieros que realizan la medición al área de trabajo, se relaciona la gama de frecuencias de 10 - 400 MHz.

Aspectos de interés:

- Usan celulares institucionales para la solicitud y trámite de información.
- No hay transformadores cerca de las instalaciones. Únicamente hay una torre de telecomunicaciones aproximadamente a seis metros del edificio (dentro del parqueadero).
- No se evidencian líneas de transporte de energía eléctrica además de las habituales o de uso cotidiano).
- En la oficina de servidores hay 2 enrutadores que se encuentran en el primer piso y distribuyen los dos accesos wifis.

Procedimiento: la medición de la exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radiofrecuencia es realizada por la multinacional Tes América, expertos en espectro radioeléctrico, con experiencia asesorando a entes gubernamentales y diversos operadores de la región, con más de diecinueve años de trayectoria en el mercado (Tes America, 2021).

Recolección de datos

Fecha de la medición:

Medición al área de trabajo: 10 de octubre de 2020

Dosimetrías personales: 12 al 18 de noviembre de 2020

Personal que realiza la medición: Ingenieros de la empresa TES AMERICA, acompañados por los estudiantes investigadores:

- Nombre: Ficherson Gómez Cortes
Trabajador Social
- Nombre: Julián Albeiro Martínez Mancipe
Profesional en Administración

Equipos utilizados:

- Equipo de medición al área de trabajo:
Medidor de campo electromagnético
 - Sonda isotrópica de campo eléctrico
 - Sonda isotrópica campo magnético
 SMP2. Sistema de Medición Portátil de Campo Electromagnético

- **Dosímetro:**
EMF Personal Monitor - Dosímetro personal de campos electromagnéticos, el cual trabaja en los rangos de frecuencia descritos en ficha técnica del anexo 7 y la tabla 11.

Tabla 10. Rangos de frecuencia del EMF Personal Monitor marca Wavecontrol. (Warning et al., 2013).

	Standard (occupational)	E-field	H-field
Frequency range	ICNIRP 1998 EMF Directive 2013/35/EU	1 MHz-8 GHz	25 MHz - 1 GHz
	FCC (Federal Communications Commission)	3 MHz-8 GHz	3 MHz - 1 GHz
	Safety Code 6	10 MHz - 8 GHz	25 MHz – 1 GHz
Dynamic range		5 - 300 %	15 - 300 %

Fuente: recuperado de las especificaciones técnicas del EMF Personal Monitor marca WaveMon.

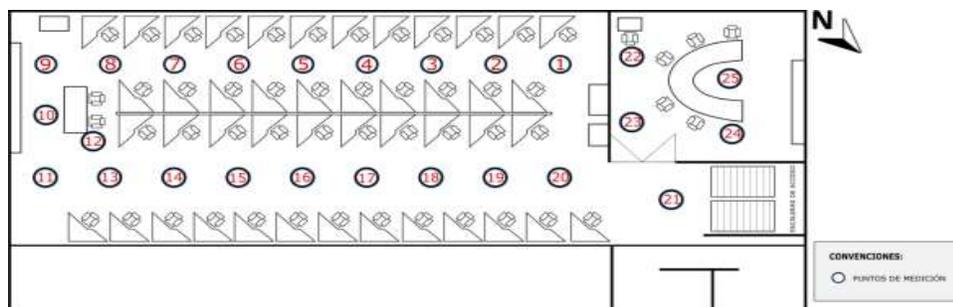
Medición de niveles de exposición a campos electromagnéticos (área de trabajo)

Tipo de medición: ocupacional

- Para la medición se tomó como límite el rango de exposición ocupacional, con miras a establecer el estado real frente a la labor realizada.

La medición de campos electromagnéticos se realizó el 10 de noviembre de 2020 en la sala de monitoreo de la empresa de seguridad ubicada entre la ciudad de Bogotá entre las carreras 58 y 60 en la avenida de Las Américas, para lo cual se distribuyó el área de trabajo en 25 puntos, como son:

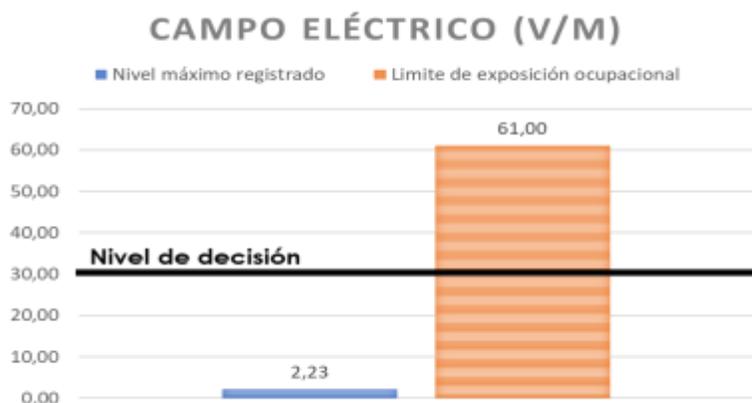
Figura 7 Distribución puntos para medición en el área de trabajo frente a campos de radio frecuencia



Fuente: elaboración autores.

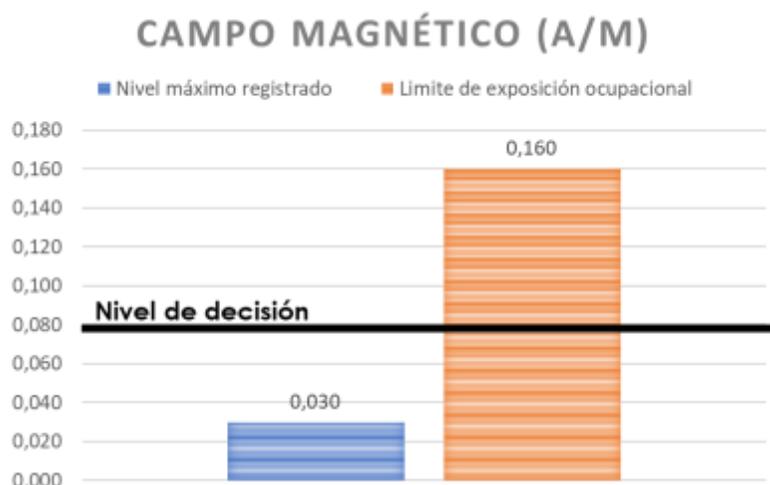
Para efectos de comparación, fueron tenidos en cuenta los valores límites de exposición relacionados en la tabla 9, de lo cual se obtuvo que el mayor porcentaje de exposición ascendió a un 3.79% en campo eléctrico y un 18.72% en campo magnético. Esto se observa en la tabla 12 y las ilustraciones 8 y 9, estando ambos por debajo del nivel de decisión que es del 50% frente al límite ocupacional establecido.

Figura 8 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo eléctrico frente a los límites ocupacionales establecidos.



Fuente: elaboración autores.

Figura 9 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo magnético frente a los límites ocupacionales establecidos.



Fuente: elaboración autores.

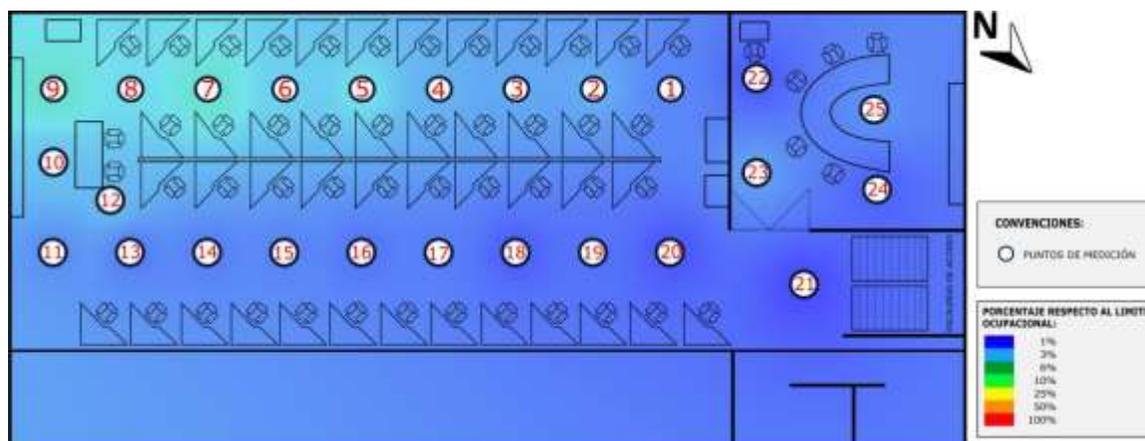
Tabla 11. Valores máximos de intensidad de campo magnético y eléctrico registrados en la medición al área de trabajo de exposición a radio frecuencias.

Sitio	Tipo de medición	Nivel máximo registrado	Límite de exposición ocupacional	% del limite
Sala de monitoreo empresa de seguridad	Eléctrico	2.231 V/m	61.00 V/m	3.79%
	Magnético	0.0299 A/m	0.1600 A/m	18.72%

Fuente: elaboración autores.

Frente a lo anterior, a continuación, se presentan los mapas de intensidad de campo eléctrico y magnético, en los cuales se puede visualizar las áreas del lugar de trabajo objeto de medición que presentan mayor intensidad frente a cada uno de los campos enunciados.

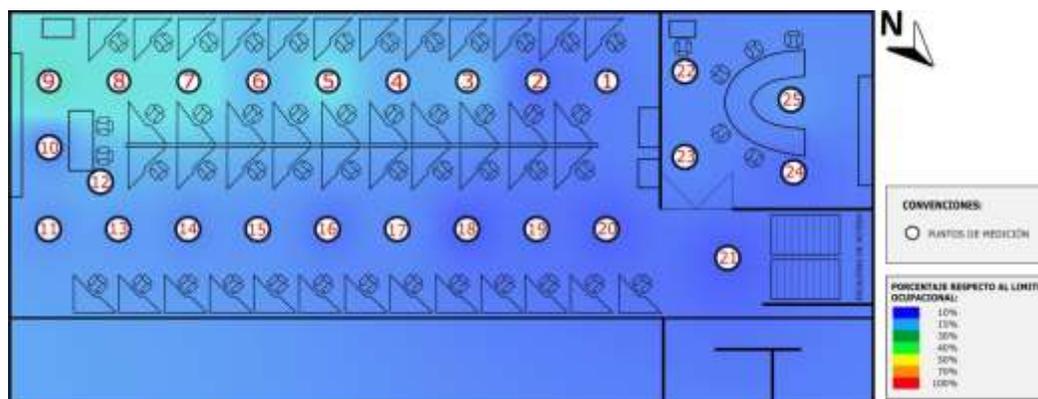
Figura 10 Mapa de intensidad de campo eléctrico



Fuente: Recuperada del informe de medición presentado por TES AMÉRICA S.A.S.

Frente a esta medición es preciso indicar que los puestos de trabajo ubicados entre los puntos 9 al 1 y 11 al 17 podrían llegar a registrar mayor intensidad en relación al campo eléctrico, en un rango igual o inferior al 10% respecto al límite ocupacional, mientras que los ubicados en los demás puntos del lugar de trabajo no registran mayor influencia.

Figura 11 Mapa de intensidad de campo magnético

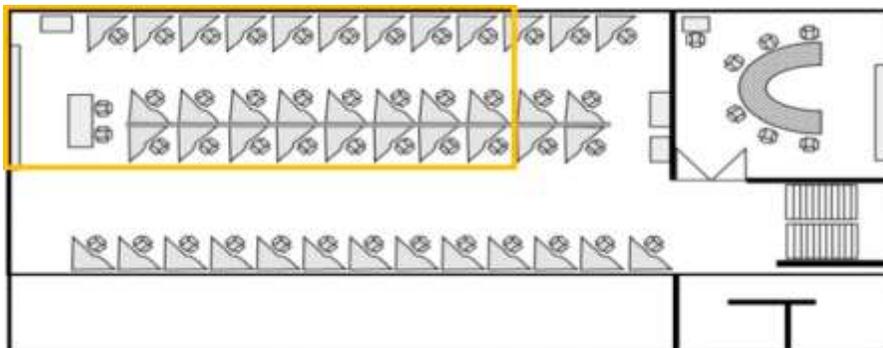


Fuente: Recuperada del informe de medición presentado por TES AMÉRICA S.A.S.

De igual manera, los puestos de trabajo ubicados entre los puntos 9 al 3 y 11 al 17 podrían llegar a registrar mayor intensidad en relación con el campo magnético, registrando valores inferiores al 30% respecto al límite ocupacional, mientras que los ubicados en los demás puntos del lugar de trabajo no registran mayor influencia.

De lo anterior, es preciso indicar que se tomó como referencia para focalizar la realización de mediciones dosimetría personal en las áreas de mayor injerencia como se evidencia en la ilustración 12, sin dejar de lado la medición de puntos adyacentes, como se muestra en la ilustración 15.

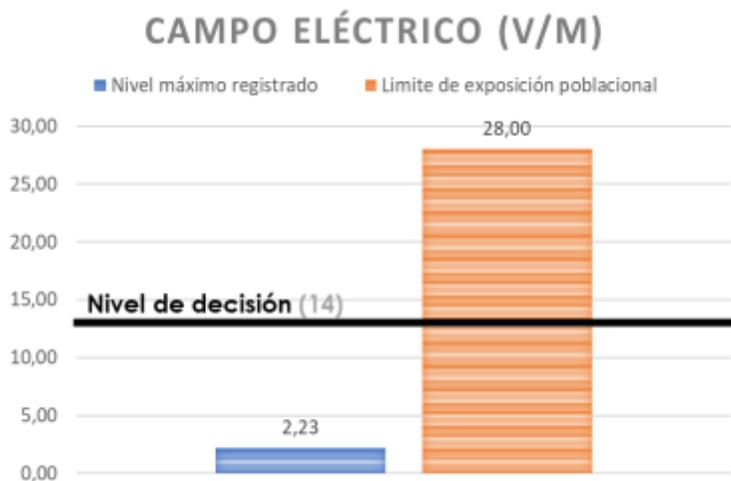
Figura 12 Zona del lugar de trabajo de mayor afectación frente a campos eléctricos y magnéticos de acuerdo con la medición al área de trabajo



Fuente: elaboración autores.

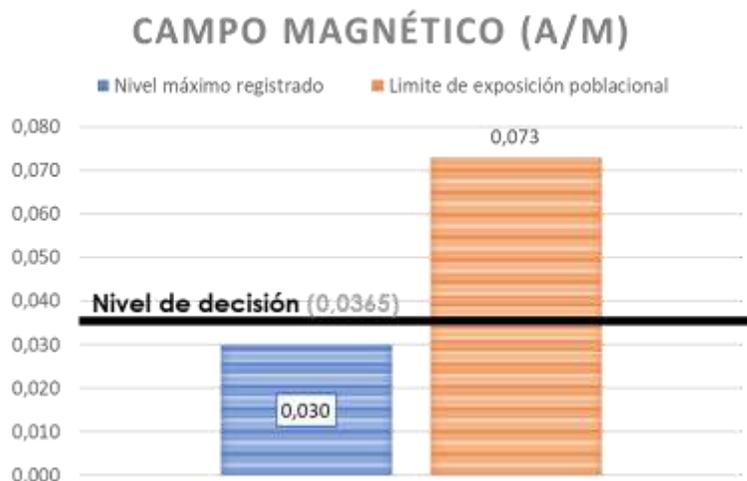
Como aspecto adicional, en las ilustraciones 13 y 14, se contrastan los resultados obtenidos en la medición frente a cada uno de los campos contra los límites poblacionales establecidos, a saber:

Figura 13 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo eléctrico frente a los límites poblacionales establecidos



Fuente: elaboración autores.

Figura 14 Nivel máximo registrado de la medición al área de trabajo en campo magnético frente a los límites poblacionales



Fuente: elaboración autores.

En la comparación realizada, se pudo evidenciar que el mayor porcentaje de exposición ascendió a un 7,96% en campo eléctrico y un 41,09% en campo magnético, donde, ambos resultados obtenidos, están por debajo de los niveles de decisión: 50% frente al límite de exposición poblacional y ocupacional establecido.

Medición de niveles de exposición a campos electromagnéticos (dosimetría personal)

Las dosimetrías se evalúan de acuerdo con los criterios establecidos por la ICNIRP, donde según las condiciones de exposición y el criterio profesional de los ingenieros que orientaron la medición del área de trabajo, se relaciona la gama de frecuencias de 10 - 400 MHz.

La medición se realizó durante catorce turnos de trabajo en los puestos de trabajo relacionados en la ilustración 15, que nos da un total de nueve puntos de medición. Es necesario tener en cuenta que estos presentaron variaciones en la cantidad de horas de trabajo en atención a que el ejercicio se realizó en condiciones reales de operación y estas variaron dependiendo de las horas efectivamente laboradas por los funcionarios. En el desarrollo de la actividad se tomó

como prioridad el sector con mayores valores registrados en la medición del área de trabajo, sin dejar de lado aquellos lugares con menor exposición, así:

Figura 15 Puntos donde se realizó la medición con dosímetro personal



Fuente: elaboración autores.

De los resultados en las mediciones de dosimetrías personales, se obtuvieron del dosímetro personal 954 mediciones de seis minutos, siendo este el estándar establecido para determinar la exposición ocupacional, las cuales corresponden a las 14 jornadas laborales evaluadas. De aquí, se evidenció que la jornada más corta contó con 41 mediciones de seis minutos y la más larga con 97 mediciones de seis minutos.

Con relación a lo anterior, se obtuvo que el porcentaje máximo promedio de la jornada se registró en la medición número 2 con un 1.54% frente al campo eléctrico y del 2.64% con relación al campo magnético, sin presentar mayores variaciones como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 12. Porcentajes promedio de exposición al campo magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites ICNIRP registrados en las jornadas evaluadas.

Medición	% Campo Eléctrico Promedio	% Campo Magnético Promedio
1	0,03	1,97
2	1,54	2,64
3	0,04	1,79
4	0,04	2,24
5	0,04	2,09
6	0,05	1,84
7	0,03	2,01
8	0,04	2,03

9	0,13	2,16
10	0,09	1,90
Medición	% Campo Eléctrico Promedio	% Campo Magnético Promedio
11	0,05	1,91
12	0,05	2,16
13	0,04	2,47
14	0,21	2,19

Fuente: elaboración autores.

En este sentido, en la ilustración 16 se hace una comparación de los límites ocupacionales establecidos, el nivel de decisión y los resultados de las jornadas, expresados en valores porcentuales.

Figura 16 Valores porcentuales máximos registrados en las 14 dosimetrías personales



Fuente: elaboración autores.

De lo anterior, se puede evidenciar que, si bien los niveles registrados se encuentran por debajo de los límites establecidos por la ICNIRP, según la escala combinada de rangos de la AIHA, los trabajadores estarían frente a una exposición baja por encontrarse en el rango entre el 0 y el 10% del TLV en el promedio de la jornada laboral.

Haciendo una revisión adicional, se pudo evidenciar que existió un pico, cuyo porcentaje se presenta en la siguiente tabla. Sin embargo, este correspondió a la medición No. 2, la cual, en

el promedio de la jornada, alcanzó un 1.54% frente al límite ocupacional para campo eléctrico y un 2.64% frente al límite de campo magnético.

Tabla 13. Porcentaje puntual máximo registrado de campos magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites ICNIRP.

Límites ICNIPR	Límite exposición ocupacional	Nivel de decisión	Porcentaje puntual máximo registrado
Eléctrico	61,00 (V/m)	50%	35,6%
Magnético	0,16 (A/m)		26,5%

Fuente: elaboración autores.

De igual manera, contrastando la información registrada en el documento titulado TLVs® and BEIs® de la ACGIH del año 2020, que también establece límites de exposición frente a los diferentes agentes de riesgo para la salud de los trabajadores, se obtuvo:

Tabla 14. Porcentaje puntual máximo registrado de campos magnético y eléctrico con dosímetro personal frente a límites de TLVs®.

Límites TLV ®	Límite exposición ocupacional	Nivel de decisión	Porcentaje puntual máximo registrado
Eléctrico	61,40 (V/m)	50%	35,3%
Magnético	0,163 (A/m)		26,0%

Fuente: elaboración autores.

Aspectos de interés frente a las dosimetrías:

De los resultados obtenidos, la mayor exposición registrada frente a campos magnéticos fue el 12/11/2020 entre las 08:00 p.m. y las 08:01 p.m., momento en el cual el operador de despacho indicó haber recibido varios reportes por radio portátil, celular y los demás medios de comunicación dispuestos para el servicio.

Se encontró igualmente que 3 de los 5 valores menores registrados fueron en horario nocturno, lo cual se debe al menor flujo de trabajo en esta jornada laboral.

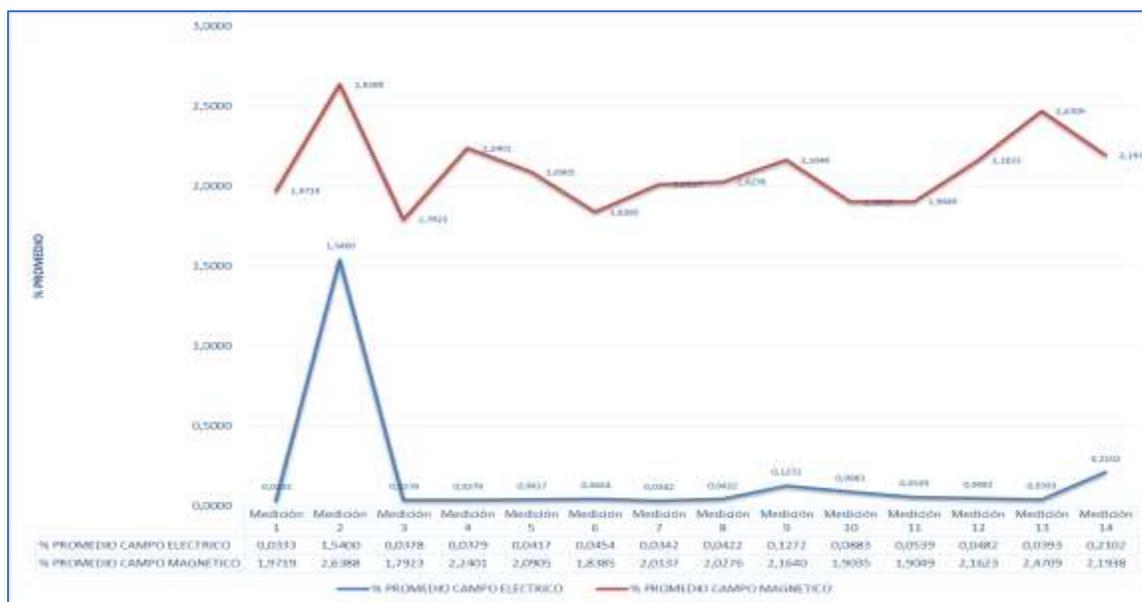
Verificados los resultados de las dosimetrías realizadas, donde se registraron 954 agrupaciones de seis minutos, distribuidas en catorce jornadas laborales, se encontró que el 99,3% de los datos en campo eléctrico y el 99,2% en campo magnético, se encuentran por debajo del 5% frente a los límites establecidos por la ICNIRP.

Asimismo, el 99,6% de los registros en campo eléctrico se encuentran por debajo del 10% de exposición, al igual que el 99,7% de los datos frente a campo magnético, lo cual indica un nivel de exposición baja frente a los valores establecidos en la escala combinada de rangos de exposición de la AIHA, descritos en la Guía Técnica GTC colombiana 45. Los porcentajes restantes (0,04% en campo eléctrico y 0,03% en campo magnético), se encuentran en una escala de exposición media por encontrarse en el rango del 10 al 50%, en donde los valores máximos registrados fueron 28,13% en campo magnético y 21,56% en campo eléctrico.

Procesamiento de datos de las dosimetrías en el paquete estadístico SPSS ®

Se procesaron los datos en el paquete estadístico SPSS ®, de lo cual, en la ilustración 17 y la tabla 16 se muestran los datos obtenidos, así:

Figura 17 Distribución de los datos de las dosimetrías personales



Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

Tabla 15 Resultados obtenidos del procesamiento de los datos de las dosimetrías en el SPSS

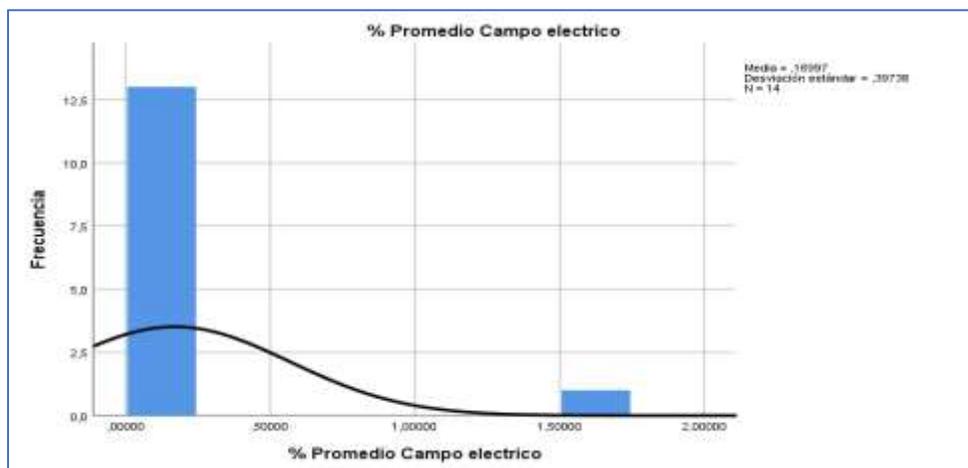
Estadística descriptiva	Estadísticos	
	% Promedio Campo eléctrico	% Promedio Campo magnético
N	Válido	14

Estadística descriptiva		Estadísticos	
		% Promedio Campo eléctrico	% Promedio Campo magnético
Media		,1699714	2,1009143
Mediana		,0438000	2,0590500
Desviación Estándar		,39737546	,23748545
Asimetría		3,646	,967
Error estándar de asimetría		,597	,597
Curtosis		13,464	,780
Error estándar de Curtosis		1,154	1,154
Mínimo		,03330	1,79230
Máximo		1,54000	2,63880
Percentiles	10	,0337500	1,8154000
	20	,0378000	1,9035000
	25	,0378750	1,9045500
	30	,0386000	1,9384000
	40	,0417000	2,0137000
	50	,0438000	2,0590500
	60	,0482000	2,1623000
	70	,0711000	2,1789000
	75	,0980250	2,2053750
	80	,1272000	2,2401000
	90	,8751000	2,5548500

Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

Asimismo, en las ilustraciones 18 y 19 se relacionan los resultados obtenidos del procesamiento de los datos de las 14 dosimetrías personales, con relación al porcentaje promedio del campo eléctrico.

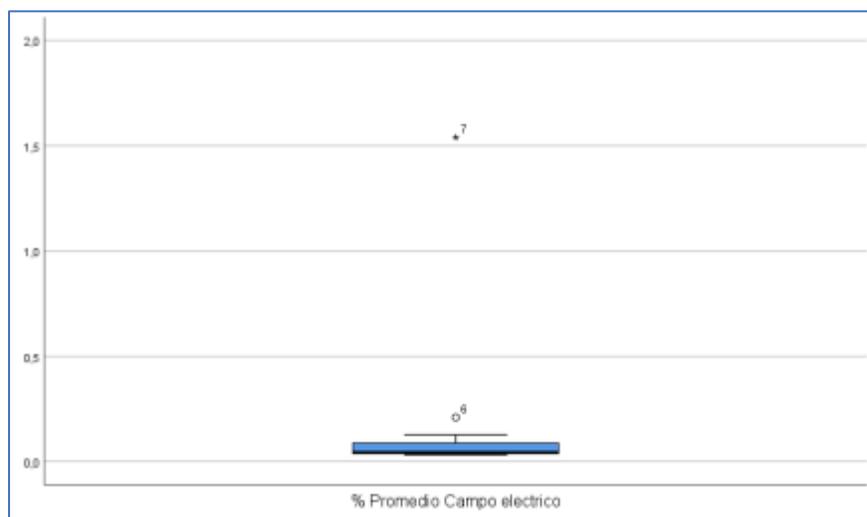
Figura 18 Porcentaje promedio de campo eléctrico del procesamiento de los datos de las 14 dosimetrías



Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

En la ilustración 18 se puede observar que tanto se ajustan los datos de campo eléctrico a la distribución normal.

Figura 19 Diagrama de caja y bigotes porcentaje promedio campo eléctrico

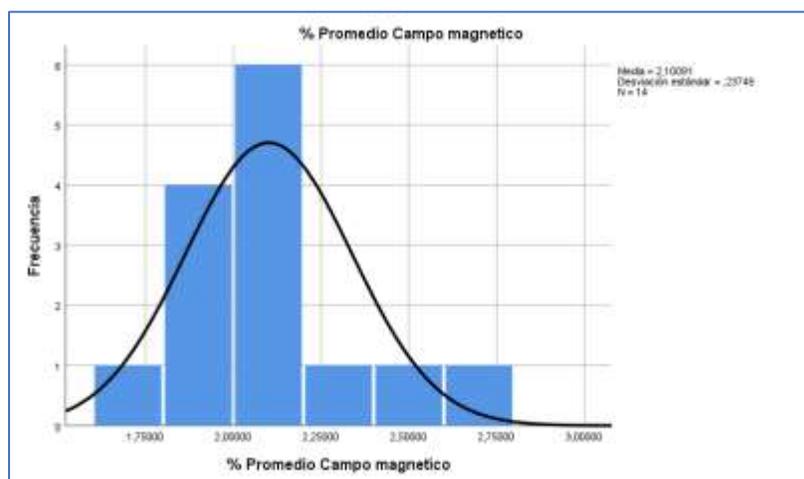


Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

Para las mediciones de campo eléctrico, los resultados indican que el promedio de estos porcentajes es de 0,1699 con una desviación estándar de 0,39973. En el histograma y el diagrama de caja y bigotes, se puede observar que la distribución de estos datos es asimétrica. Se presentó un valor extremo o atípico en la Medición 2.

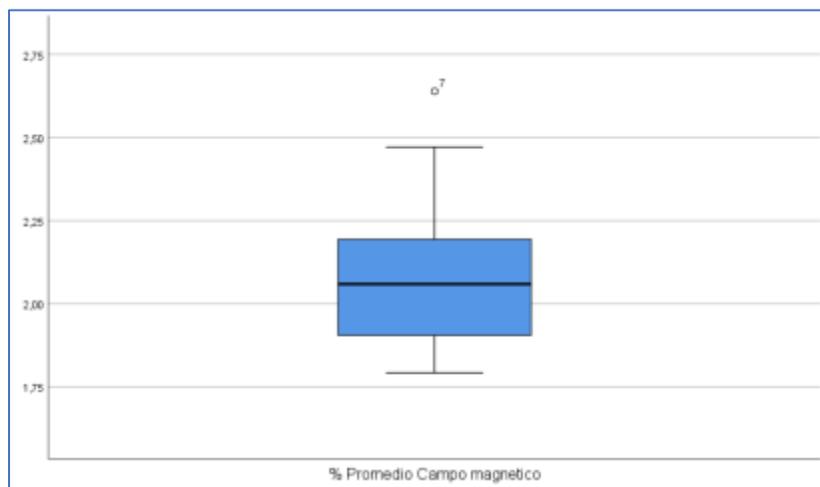
De otro lado, en las ilustraciones 20 y 21 se puede observar los resultados obtenidos del procesamiento de los datos de las dosimetrías, con relación al porcentaje promedio de exposición a campo magnético. En el histograma se puede observar que tanto se ajustan los datos a la distribución normal.

Figura 20 Porcentaje promedio de campo magnético del procesamiento de los datos de las 14 dosimetrías



Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

Figura 21 Diagrama de caja y bigotes porcentaje promedio campo magnético



Fuente: resultados obtenidos del paquete estadístico SPSS.

Para las mediciones de campo magnético, los resultados indican que el promedio de estos porcentajes es de 2,10 con una desviación estándar de 0,2374. En el histograma y el diagrama de caja y bigotes, se puede observar que la distribución de estos datos es asimétrica, con una menor dispersión que en las mediciones de campo eléctrico. No hubo valores atípicos en estas mediciones.

Pruebas de normalidad

Para comprobar si hay normalidad en los datos obtenidos de las mediciones se realiza la prueba de Kolmogorov y la prueba de Shapiro Wilk, cuyos resultados se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 16 Resultados de la comprobación de normalidad de los datos de campo eléctrico y magnético de las dosimetrías

Datos a evaluar	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% Promedio Campo eléctrico	0,400	14	0,000	0,380	14	0,000
% Promedio Campo magnético	0,136	14	0,200	0,929	14	0,296

Fuente: elaboración autores.

La prueba se realiza con un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). Este nivel de significancia de 0.05 indica una probabilidad del 5% de rechazar la hipótesis de que los datos no siguen una distribución normal, cuando los datos sí siguen una distribución normal. El nivel de significación se compara con el valor p, si este valor es menor o igual a 0.05 la distribución no es normal, si es mayor que 0.05 la distribución es normal.

En los resultados obtenidos de puede evidenciar que, para el porcentaje promedio de las mediciones de campo eléctrico, los datos no siguen una distribución normal. Por el contrario, para el porcentaje promedio de las mediciones de campo magnético, se puede concluir que los datos siguen una distribución normal.

Medidas de prevención frente a la exposición ocupacional a campos electromagnéticos del personal que labora en la sala de monitoreo

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la búsqueda inicial de literatura y los artículos encontrados en las búsquedas adicionales, en la tabla No. 17 se relacionan las medidas

recomendadas en la fuente, el medio y el trabajador, con miras a controlar la exposición, partiendo del hecho que los trabajadores de la sala de monitoreo objeto de estudio se encuentran en situaciones donde los niveles registrados de exposición están dentro de los límites establecidos por la ICNIRP.

Tabla 17 Medidas recomendadas frente a la exposición a radio frecuencias

Nivel de aplicación del Control	Medidas recomendadas
Fuente	<p>Utilizar el principio de precaución y el principio ALARA, propendiendo que las exposiciones sean “mantenidas a niveles tan bajos como sea razonablemente posible”, como lo indica el consejo de Seguridad Nuclear de España y como lo recomiendan en el documento titulado Los impactos ambientales de las líneas e infraestructuras eléctricas, “en relación tanto con los efectos térmicos como con los efectos atérmicos o biológicos de las emisiones o radiación electromagnética” (Eco2site, 2003).</p> <p>Dar mayor uso a los radios base y radios consola, los cuales, al contrario de los portátiles, tienen la antena en un lugar retirado del trabajador.</p> <p>Evitar el uso de celulares o equiparlos con dispositivos de manos libres alámbricos, contribuyendo a la separación del trabajador con la fuente.</p>
Medio	<p>Incorporar la exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radiofrecuencia como un aspecto para tener en cuenta dentro del sistema de seguridad y salud en el trabajo.</p> <p>Realizar mediciones periódicas de la exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radio frecuencia.</p> <p>De darse la posibilidad de trasladar el lugar de trabajo o iniciar la construcción de nuevas instalaciones, disponer de espacios libres de exposición, de tal manera que queden incluidos desde el diseño, lo cual reducirá costos y niveles de exposición, además de mejorar la capacidad de actuación frente al agente de riesgo.</p> <p>Instalar avisos visibles atendiendo las descripciones del numeral 5 del anexo técnico de la resolución No. 774 de 2018 de la Agencia Nacional del Espectro, aun cuando los resultados obtenidos estén dentro de los límites ocupacionales, lo cual, permite al trabajador identificar como un lugar seguro su área de trabajo.</p>
Trabajador	<p>Diseñar un programa de prevención y de formación en este factor de riesgo, que contemple las medidas preventivas establecidas en la Directiva 35 de 2013 de la Unión Europea (Ue et al., 2013), con relación a instruir e informar a los trabajadores expuestos a radiofrecuencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Los valores y conceptos de los valores límite de exposición y los niveles de actuación, los posibles riesgos asociados y las medidas preventivas adoptadas. ○ Los posibles efectos directos e indirectos de la exposición. ○ Los resultados de la evaluación, la medición o los cálculos de los niveles de exposición a campos electromagnéticos y las normas que reglamentan la actividad. <p>Capacitar al personal y dar a conocer las posibles consecuencias derivadas de la radiofrecuencia, así como modelos de prevención para reducir la exposición tanto</p>

	<p>dentro como fuera del lugar de trabajo.</p> <p>Definir acciones focalizadas para promover estilos de vida saludables, las cuales pueden incorporar alimentación saludable, consumo de agua, acondicionamiento físico, entre otros.</p> <p>Implementar un programa de pausas activas, en el cual se busque que el personal cambie de lugar a donde tenga una menor exposición, tomar como insumo los mapas de calor anexos del presente trabajo.</p> <p>Elaborar protocolos sobre el correcto uso de los radios de comunicación, celulares (Tchernitchin et al., 2011) y demás herramientas tecnológicas.</p> <p>Realizar exámenes médicos pre ocupacionales y manera periódica, incluyendo de ser posible valoraciones psicológicas (Divan et al., 2012) (Narayanan et al., 2018) y optométricas (Tabares, 2014) (Abreu & Alejo, 2006).</p> <p>Se considera pertinente realizar exámenes pre ocupacionales pruebas de la hematología con relación a los posibles efectos sobre la sangre y de los desórdenes de la misma (Secretaría de Medio Ambiente y Salud Laboral. Catalunya, 2010) (De la Rosa, 2014) (Duan et al., 2015) (Hedendahl et al., 2015) (Singh & Kapoor, 2015) (Szmigielski et al., 1998), con el fin de determinar las posibles afectaciones a la salud de los trabajadores, en contraste con lo evidenciado en los estudios realizados.</p> <p>Verificar la viabilidad de realizar espermogramas (Montoya et al., 2000), como examen pre ocupacional, con el cual se pueden evaluar aspectos físicos del semen, como el volumen, pH, mucólisis, viscosidad, color y olor y los aspectos celulares que estudia el espermatozoide en relación con el número, movilidad, morfología y vitalidad (Fernando & Echeverri, 2007) (Secretaría de Medio Ambiente y Salud Laboral. Catalunya, 2010) (Li et al., 2018) (Yu et al., 2020) (C. Liu et al., 2013) (Baste et al., 2008) (Møllerløkken & Moen, 2008) (Baste et al., 2012) (Kamali et al., 2017).</p>
--	--

Fuente: elaboración autores.

Otros aspectos de interés

En la revisión efectuada en internet, se pudo evidenciar que existen algunos métodos que indican ser efectivos para controlar o disminuir la exposición a radiofrecuencias, entre los cuales se puede mencionar:

- Ropa blindada de radiofrecuencia: se refiere en general a la ropa protectora y, en particular, a la ropa que presenta un blindaje (material conductor de electricidad) para proteger al usuario contra la energía de radiofrecuencia, cuando este lleva consigo teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales y otros dispositivos electrónicos (<https://patents.google.com/patent/US9362618B2/en>).

- Otros dispositivos: sistema de carcasa StingRay Shields y la antena Shield, los cuales, según enuncian en su página, fueron diseñados para reducir la radiación absorbida emitida por un dispositivo inalámbrico. Esta tecnología está patentada y abarca tres piezas funcionales, según el principio de atenuación dirigida que “Combina la física de la atenuación que causa la pérdida gradual de ondas de radio al pasarlas a través de un medio (al igual que la luz del sol es atenuada por lentes oscuros) con el proceso de redireccionar estas ondas a una ubicación más segura” (<https://www.stingrayshields.com/pages/about-us#howWorks>):
 - Antena de redirección
 - Caja interior que absorbe los golpes
 - Carcasa exterior estructural sólida

Estos, entre otros métodos que comercialmente ofrecen, como telas para la reducción de la exposición por usar el principio de la jaula de Faraday, no tienen comprobación científica, ante esta condición y teniendo en cuenta los bajos niveles de riesgo identificados en las mediciones para el personal objeto de este estudio, solo se consideran en la estrategia de control propuesta, las recomendaciones asociadas a la modificación o control en fuente, medio y aspectos administrativos en el individuo que se señalan en la tabla 38.

Capítulo 5

Resultados y discusión

El principal resultado obtenido en el presente estudio, indica los valores de exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radiofrecuencia son mucho menores a los límites establecidos. Asimismo, se logró identificar que los trabajadores de la sala de monitoreo no tienen altas preocupaciones frente a la afectación de su salud en el mediano y largo plazo, de acuerdo a lo evidenciado en la aplicación del cuestionario de salud.

En el documento titulado “*Instruments to assess and measure personal and environmental radiofrequency-electromagnetic field exposures*” (Bhatt et al., 2016), indican que una evaluación objetiva de las exposiciones a campos electromagnéticos de radiofrecuencias debe realizarse empleando herramientas de evaluación cuantitativa sólidas. La interpretación puede mejorarse mediante el uso de estas herramientas en comparación con las medidas indirectas de exposición (por ejemplo, cuestionarios y registros de facturación) (Bhatt et al., 2016), por lo cual, se realizó la evaluación de la exposición a campos de radiofrecuencia usando un exposímetro personal. Con él se determinaron los niveles tanto en el campo eléctrico como en el magnético que están recibiendo los trabajadores, aunado al uso del cuestionario de salud SF-36 Versión 2, orientado a determinar la percepción de las condiciones de salud actual y las expectativas frente a las mismas. Así, se logró establecer que los niveles de exposición de los trabajadores al agente de riesgo son inferiores a los límites establecidos por la ICNIRP, la Directiva 35 del Parlamento Europeo (2013) y las entidades reguladoras locales.

En este sentido, con relación a la aplicación del cuestionario de salud SF-36 Versión 2, se pueden relacionar los siguientes aspectos frente a las puntuaciones obtenidas de la escala de resumen de componente físico, el cual, es tomado como referencia frente a la percepción de los trabajadores de sus condiciones de salud:

- En relación con el Funcionamiento físico, el 78% de la población considera que su salud no limita en absoluto sus actividades físicas; el 51% asegura estar óptimas condiciones; el

27%, en buenas condiciones; sin embargo, el 22% considera que su salud actual representa algún tipo de limitación para realizar actividades físicas “como el autocuidado, caminar, subir escaleras, inclinarse, coger o levantar pesos y los esfuerzos moderados o intensos” (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011).

- Asimismo, en cuanto al Rol Físico, el 74% de la población encuestada manifiesta que no se presenta afectación en el trabajo o actividades de la vida diaria; el 27% considera que puede presentar algún tipo de limitación que influye en un “rendimiento menor del deseado, la limitación en el tipo de actividades realizadas o la dificultad en la realización de actividades” (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011).
- El 15% de los encuestados considera que el Dolor Corporal presenta cierta intensidad y tiene efectos en el “trabajo habitual, tanto fuera de casa como en el hogar” (Ayuso-Mateos et al., 1999) (Vilagut et al., 2005) (Iurov et al., 2011); mientras que el 85% considera que este aspecto no le afecta en mayor medida.
- Frente al ítem asociado a la Salud General tan solo el 12% considera estar por debajo de los rangos de normalidad; por su parte, el 39% está dentro de los rangos de la población general; el 49% está por encima de los dos anteriores, y corresponde al grupo que tiene buenas expectativas frente a su “salud actual, su salud futura y resistencia a enfermar” (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011).
- En lo relacionado con los aspectos de la escala de resumen del componente mental, se puede indicar que el de mayor afectación, según la población encuestada, es la Función Social: el 17% de la puntuación está por debajo de la normalidad, el 29% está dentro de los rangos y el restante 54% de la población está por encima de la población general. Ello indica que este ítem se relaciona con el “grado en que los problemas de salud física y emocional interfieren en la vida social habitual” (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011).

- Frente a los demás aspectos del componente mental, se puede indicar que presentan resultados inferiores a la normalidad del 5% en Vitalidad y del 10% frente al Rol emocional y Salud Mental; estos valores son inferiores a los mostrados en los aspectos físicos enunciados anteriormente, por lo cual se puede afirmar que la población objeto de estudio presenta una mayor afectación negativa en la escala física.
- Es preciso indicar que, según el reporte arrojado por el sistema, la población objeto de estudio registra un riesgo del 4% frente a la detección de depresión positiva en la primera etapa. Situación frente a la cual declaramos impedimento de pronunciamiento. Esto en la medida que no se tienen las competencias necesarias para afirmar, negar o realizar algún tipo de comprobación de resultados.

Situaciones anteriores que evidencian que la percepción y las expectativas de las condiciones de salud de los trabajadores, se encuentran dentro de los valores normales de la población en general, aun cuando estos corresponden a personal reubicado laboralmente por la disminución en su capacidad laboral.

De otro lado, en la medición del área de trabajo de exposición a radio frecuencias, es importante resaltar que no requirió muestra de trabajadores. Contrario a esto, para la realización de la dosimetría, este se realizó durante 7 días, donde se priorizaron los cargos de mayor cantidad de trabajadores, teniendo en cuenta los lugares con mayores valores registrados en la dosimetría del área de trabajo. De otro lado, frente a la evaluación descripción de las condiciones de salud se aplicó el formulario a todo el personal de la sala de monitoreo.

Con relación a la exposición frente a radiofrecuencias, en un trabajo realizado por Kane RC. A (2007), se efectuó monitorización puntual de los campos electromagnéticos generados por los teléfonos móviles o por las estaciones base de radio SRB (transmisores), instaladas en Taranto y en todo el municipio. Para ello realizó la medición con dispositivos Wandel & Goltermann EMR-300, en el intervalo de frecuencias entre 100 KHz y 3GHz, con la cual obtuvo

medidas con un intervalo de tiempo de seis minutos, concluyendo que las exposiciones en general se encontraron dentro de los límites establecidos, sin registrar valores superiores a 6 V / m. Esta medida es inferior a los 28 V/m establecidos por la ICNIRP frente a la exposición poblacional; de igual manera, en el presente trabajo, se realizaron dos mediciones frente a la exposición a radiofrecuencias, las cuales se promediaron a intervalos de seis minutos (Ue et al., 2013), y la medición del área de trabajo arrojó como resultado una exposición 2.231 V/m y de las 14 dosimetrías personales el mayor promedio se registró en la jornada número 2 con un resultado de 1,54 V/m.

Haciendo un paralelo con estudios similares en las bases de datos, se encontró un trabajo realizado por Massardier-Pilonchery, et al. (2019). Este está enfocado en la evaluación de la exposición ocupacional personal a campos electromagnéticos de radiofrecuencia en bibliotecas y bibliotecas de medios, utilizando exposímetros en el cuerpo calibrados. De allí se concluyó que el campo total medio era de 0,071 V/m y para Wifi el campo medio era de 0,005 V/m, donde la mediana de la exposición individual a las ondas de frecuencia Wifi osciló entre 0,005 y 0,040 V/m. Dichos niveles son cercanos a la exposición en la población general, donde los picos se debieron al uso de ‘*walkie-talkies*’ por parte del personal de seguridad (Massardier-Pilonchery et al., 2019), situación que indica una posible mayor exposición debido al uso de otro tipo de aparatos para la transmisión y recepción de información. En el presente trabajo se corroboró que los niveles de exposición registrados fueron superiores con un resultado de 2.231 V/m en la evaluación del área de trabajo.

Asimismo, Gryz K, et al., (2015) en la investigación titulada “*Radiofrequency electromagnetic radiation exposure inside the metro tube infrastructure in Warszawa*”, buscaron registrar la exposición de los trabajadores del metro a RF-EMR con el uso de exposímetros de bolsillo. Allí se concluyó que el nivel de exposición a RF-EMR es significativamente más bajo que el límite de exposición del público en general, proporcionado por las pautas internacionales y la legislación establecida en varios países (4-61 V / m). Se demostró además que los dispositivos de los sistemas de telefonía móvil son las fuentes dominantes de exposición temporal a RF-EMR dentro de los vagones de metro. En este sentido, es necesario indicar que

además del uso de radios, los trabajadores emplean celulares para la transmisión y recepción de información

En la revisión efectuada se evidenció que uno de los principales efectos es la afectación en la calidad del semen, tanto en seres humanos, roedores como en pruebas in vitro. Es necesario tener en cuenta que otros estudios relacionan resultados similares, como el de Sengupta, P. et al., (2017), en el cual analiza informes publicados entre 1980 y 2015. Allí identificó una disminución del 57% en la concentración media de espermatozoides durante los últimos 35 años ($r = -.313$, $p = .0002$), que, cuando se analiza para cada región geográfica, relaciona una disminución significativa en América del Norte, Europa, Asia y África. Si bien esta situación no la asocian al incremento significativo del uso del espectro electromagnético, desde el punto de vista de los investigadores esto requiere una revisión.

En este mismo sentido, Lic. Jacqueline Guerrero Abreu y My. José Luis Pérez Alejo, (2006), en el trabajo titulado “Las radiaciones no ionizantes y su efecto sobre la salud humana”, plantean una relación de posibles efectos sobre la salud humana, los cuales están orientados al aparato reproductor, cáncer, la esfera neuropsíquica, los sistema inmunológico y hematopoyético, el aparato cardiovascular, así como posibles efectos genéticos. Situaciones que se alinean a lo evidenciado en la búsqueda inicial de literatura del presente documento como se relaciona en la tabla 3 y el anexo 2.

Andrei N. Tchernitchin, et al. (2011), en el documento titulado “Efectos de la radiación electromagnética no ionizante sobre la salud y el caso específico de los efectos en la salud humana de la telefonía celular”, luego de una revisión de la literatura existente, concluyeron que la exposición a ELF (domiciliaria, tendidos de alta tensión), RF o microondas pueden constituir un factor de riesgo con relación al cáncer, indicando además que “La evidencia científica sugiere con alta probabilidad que los efectos adversos para la salud también se producen por las antenas transmisoras de telefonía celular y por los mismos teléfonos celulares”.

De otro lado, frente a los resultados de la medición de los campos magnéticos, se logró evidenciar que el mayor pico registrado fue el 12/11/2020 08:00 p.m. Este fue el momento en

que el operador de despacho realizó varios reportes por medio de Avantel, radio y celular a todos sus superiores. Esto arrojó unos valores puntuales de 21.56% frente al límite establecido para campo magnético y del 28.13% frente al campo eléctrico, situándose en un nivel de riesgo medio. Por lo anterior, se consultó con el jefe del turno, quien manifestó que el trabajador acercó el radio portátil al dosímetro, ante lo cual los valores resultantes de exposición son más elevados que los de los demás funcionarios; sin embargo, es necesario indicar que los valores promedio de la jornada se situaron en 1.54% frente al límite establecido para campo magnético y del 2.64% frente a campo eléctrico.

Esta situación indica, que si bien el trabajador pudo haber realizado esta actividad de forma intencional, también existen comportamientos observados en algunos trabajadores que ubican los radios portátiles cerca del cuerpo y, en especial, algunos de ellos que utilizan los radios en los hombros, muy cerca de la cabeza, con el fin de escuchar los diferentes comunicados y transmisiones radiales. Esto en efecto podría llegar a incrementar la exposición de los mismos, situación que requiere la estandarización de protocolos o manuales que indiquen el correcto uso de esta clase de aparatos, con miras a minimizar la exposición de los trabajadores y salvaguardar la salud de los mismos en el largo plazo.

Frente a las condiciones de exposición, no se evidencian diferencias significativas frente a la cantidad de equipos de comunicación utilizados para la prestación del servicio. Sin embargo, se resalta que la mayor exposición puntual registrada, se debió al uso del radio portátil de comunicaciones muy cerca del dosímetro personal, lo cual implica que se podría llegar a presentar una situación de exposición si el trabajador opera este dispositivo cerca del cuerpo. Es preciso aclarar que la exposición tiene efectos térmicos sobre el cuerpo: los órganos con menor irrigación sanguínea son los que presentarían mayores probabilidades de incrementar su temperatura habitual. Situación que es corroborada con el análisis de la normalidad de los datos de las dosimetrías, donde, se evidenció que, para el porcentaje promedio de las mediciones de campo eléctrico, los datos no siguen una distribución normal y en la jornada número dos se registraron valores superiores a las demás evaluadas, contrario al comportamiento de las mediciones de campo magnético, las cuales registraron un comportamiento normal.

Conclusiones

En la evaluación del área de trabajo y las dosimetrías realizadas frente a la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia del personal que trabaja en la sala de monitoreo de la empresa objeto de estudio, se evidenció frente a los TLVs establecidos, que en ambos casos los valores promedio máximos registrados estuvieron por debajo del 4% en campo eléctrico (3.79% en la medición del área de trabajo y 1.54% en las dosimetrías) y del 19% en campo magnético (18.72% en la medición del área y 2.64% en las dosimetrías). Ambos por debajo de los niveles de decisión que son del 50% frente al límite ocupacional establecido por la ICNIRP.

Como resultado de la aplicación del cuestionario SF-36 Versión 2, se logró evidenciar que aun cuando los trabajadores de la sala de monitoreo en su mayoría son reubicados laboralmente, según manifestó el jefe del centro de trabajo, en general, se obtuvieron resultados por encima del rango de normalidad frente a los aspectos mental y físico. En lo relacionado con el aspecto "Salud General" el 12% de los trabajadores considera estar por debajo de los rangos de normalidad, mientras que el 39% está dentro de los rangos de la población general y el 49% está por encima de estos. Esto muestra que los trabajadores perciben buenas expectativas frente a su "salud actual, su salud futura y resistencia a enfermar" (Ayuso-Mateos et al., 1999)(Vilagut et al., 2005)(Iurov et al., 2011).

De cara a lo anterior, se puede inferir que la condición de exposición ocupacional a campos electromagnéticos de radiofrecuencia genera un bajo nivel de riesgo para la salud de los trabajadores objeto de estudio, quienes adicionalmente manifiestan altas expectativas de sus condiciones de salud en el mediano y largo plazo, de acuerdo a lo evidenciado en la aplicación del cuestionario de salud SF-36 Versión 2.

En la actualidad, no hay métodos comprobados o avalados por la comunidad científica que indiquen una disminución o mitigación de la exposición a campos de radiofrecuencia,

tampoco se tiene suficiente evidencia científica sobre los efectos de salud no térmicos de este agente de riesgo sobre la salud humana. Por esta razón, bajo el principio de precaución, es necesario establecer medidas de control encaminadas a la disminución de los tiempos de exposición y la separación del trabajador con la fuente de riesgo.

Se considera importante continuar la construcción del estado del arte, realizando más estudios de esta condición de riesgo, orientados principalmente a determinar niveles de exposición en condiciones reales de operación en diferentes sectores productivos, métodos de control para la exposición a radiofrecuencias y su efectividad, así como posibles efectos en la salud del personal expuesto, en el mediano y largo plazo.

Limitaciones

Si bien se realizó una medición del área de trabajo y se efectuaron dosimetrías personales en las zonas de mayor afectación, sin evidenciar en los resultados mayores variaciones en los promedios de exposición a campos magnéticos y eléctricos en las jornadas laborales, se considera necesario extender las jornadas de medición, con miras a garantizar una mayor representatividad de los datos, toda vez, que por tratarse de una medición en condiciones reales de operación, se presentaron diferencias en los tiempos de medición debido a las situaciones administrativas y operativas de la población objeto de estudio.

Se considera pertinente realizar estudios de casos y controles, frente a las situaciones de exposición, con miras a determinar la real afectación de los trabajadores y los posibles efectos sobre la salud de los mismos. Asimismo, en futuros estudios se sugiere realizar mediciones de las posibles exposiciones extra laborales de los trabajadores, toda vez, que estos pueden jugar un papel determinante en los tiempos de real exposición.

Es importante resaltar que, frente a las dosimetrías personales, no se pudo realizar una medición de la totalidad de los turnos de trabajo, debido a que el equipo empleado, debía ser recargado con regularidad, por lo cual, únicamente fue posible medir catorce (14) de los veintiún (21) turnos realizados por los trabajadores en los siete (7) días de medición.

Otro limitante se presentó al no poder acceder a las historias clínicas o antecedentes médicos de los trabajadores, con lo cual, únicamente se hace mención a que algunos de ellos son reubicados laboralmente en la sala de monitoreo por presentar disminuciones en la capacidad laboral por accidentes acaecidos en otras áreas de la organización. Sin embargo, es importante resaltar que esta información no resultó determinante al momento del análisis de los datos obtenidos ni del desarrollo de los objetivos del presente estudio.

Fortalezas del estudio

Una de las principales fortalezas del presente trabajo es que involucra la medición del área de trabajo frente a la exposición a campos de radio frecuencia en condiciones reales de operación. Con lo cual se logró obtener información cuantitativa respecto a los niveles de exposición ocupacional del personal objeto de estudio.

Como fortaleza adicional, se logró identificar, por medio del análisis de la normalidad de cada una de las variables y el proceso de observación del comportamiento de los trabajadores durante la medición, especialmente en la segunda jornada, que el campo eléctrico es el que mayor variabilidad presenta frente al uso de los equipos de comunicación.

De igual manera, se identificó como un aspecto de especial importancia el uso de herramientas cualitativas sólidas (Bhatt et al., 2016), como lo es el formulario SF-36 Versión 2, que permitió realizar una evaluación objetiva de las condiciones de salud del personal expuesto a campos electromagnéticos de radiofrecuencias de la población objeto de estudio, evidenciando que los trabajadores tienen altas expectativas de sus condiciones de salud en el mediano y largo plazo.

Términos y definiciones

A/m: Amperios por metro.

Avantel: equipos de comunicación Push To Talk (PTT) de tecnología inalámbrica desarrollada por Motorola, que opera en redes iDEN 800/900 MHz.

Campos electromagnéticos (CEM): es el campo de fuerza creado en torno a una corriente eléctrica; está compuesto por un campo eléctrico y un campo magnético.

Espectro electromagnético: abarca tanto fuentes de campos electromagnéticos naturales como fuentes generadas por el hombre.

Exposición: situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros (ICONTEC INTERNACIONAL, 2012).

ICNIRP: Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante.

IARC: Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer.

Nivel de decisión: nivel de protección adicional frente a la exposición del trabajador a determinado agente de riesgo, el cual corresponde al 50% del TLV o valor límite de exposición.

Radio base: equipos ‘Push to talk – trunking’ o sistemas convencionales de voz y datos, que operan en las frecuencias 821 – 869 MHz, los cuales se encuentran conectados a una antena externa. Marca Motorola, referencia XTL 2500.

Radio consola: sistema que, por medio de una CPU, se conecta por internet a determinados canales de comunicación.

Radio portátil: equipo ‘Push to talk – trunking’ o convencional de voz y datos, que para este caso son de marca Motorola, referencia XTS 2250.

SAR: Tasa de absorción específica o Specific Absortion Rate, es la tasa de energía que es absorbida por unidad de masa de tejido corporal.

Sistema de medición de banda ancha: conjunto de elementos para medir campos electromagnéticos, el cual ofrece una lectura de la variable electromagnética considerando el efecto combinado de todas las componentes frecuenciales que se encuentran dentro de su ancho de banda especificado. (Espectro, 2018)

Valores límite de exposición: los valores que se han establecido a partir de consideraciones biofísicas y biológicas, en particular sobre la base de efectos directos agudos y a corto plazo comprobados científicamente, por ejemplo los efectos térmicos y la estimulación eléctrica de los tejidos (Ue et al., 2013).

V/m: Voltios por metro.

Bibliografía

- Abreu, J. G., & Alejo, J. L. P. (2006). Las radiaciones no ionizantes y su efecto sobre la salud humana. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 35(3), 1–7.
- Alejo, J. L. P., & Leyva, R. M. (2010). Radiaciones electromagnéticas y salud en la investigación médica. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 39(1), 35–43.
- Álvarez García, P., & Martínez Toledo, B. (2009). Prevención de riesgos frente a radiaciones no ionizantes en fisioterapia. *Fisioterapia*, 31(4), 143–150.
<https://doi.org/10.1016/j.ft.2008.11.002>
- Ayuso-Mateos, J. L., Lasa, L., & Vázquez-Barquero, J. L. (1999). Validez interna y externa de la versión española del SF-36. *Medicina Clínica*, 113(1), 37.
- Ayuso-Mateos, J. L., Lasa, L., Vázquez-Barquero, J. L., Vilagut, G., Ferrer, M., Rajmil, L., Rebollo, P., Permanyer-Miralda, G., Quintana, J. M., Santed, R., Valderas, J. M., Ribera, A., Domingo-Salvany, A., Alonso, J., Iurov, I. I. B., Vorsanova, S. G., Solov'ev, I. V., Iurov, I. I. B., Cisco, T., & Internet, A. (2020). Cisco: 2020 CISO Benchmark Report. *Medicina Clínica*, 2020(3), 90–94. [https://doi.org/10.1016/s1361-3723\(20\)30026-9](https://doi.org/10.1016/s1361-3723(20)30026-9)
- Barrera Monsalve, Ó. G., & Mosquera Téllez, J. (2018). Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre. *Revista Mutis*, 8(2), 57–72. <https://doi.org/10.21789/22561498.1404>
- Barthélémy, A., Mouchard, A., Bouji, M., Blazy, K., Puigsegur, R., & Villégier, A. S. (2016). Glial markers and emotional memory in rats following acute cerebral radiofrequency exposures. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24), 25343–25355.
<https://doi.org/10.1007/s11356-016-7758-y>
- Baste, V., Moen, B. E., Oftedal, G., Strand, L. Å., Bjørge, L., & Mild, K. H. (2012). Pregnancy outcomes after paternal radiofrequency field exposure aboard fast patrol boats. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 54(4), 431–438.
<https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3182445003>
- Baste, V., Riise, T., & Moen, B. E. (2008). Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring. *European Journal of Epidemiology*, 23(5), 369–377.
<https://doi.org/10.1007/s10654-008-9236-4>
- Bengt, K. (1996). Radiaciones no ionizantes. *Enciclopedia de Salud y Seguridad En El Trabajo*,

36.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>

- Bhatt, C. R., Redmayne, M., Abramson, M. J., & Benke, G. (2016). Instruments to assess and measure personal and environmental radiofrequency-electromagnetic field exposures. *Australasian Physical and Engineering Sciences in Medicine*, *39*(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s13246-015-0412-z>
- Breckenkamp, J., Berg, G., & Blettner, M. (2003). Biological effects on human health due to radiofrequency/microwave exposure: A synopsis of cohort studies. *Radiation and Environmental Biophysics*, *42*(3), 141–154. <https://doi.org/10.1007/s00411-003-0203-x>
- Candura, S. M., Verni, P., Minelli, C. M., Rosso, G. L., Cappelli, M. I., Strambi, S., & Martellosio, V. (2006). [Occupational risks among public safety and security forces]. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, *28*(1), 53–62.
- Caputo, F., Sciannamblo, G., Minunni, V., Lorusso, A., Bruno, S., Cianciaruso, G., Martucci, V., & L'Abbate, N. (2007). [Assessment of radiofrequency electromagnetic fields levels in the Taranto area]. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, *29*(3 Suppl), 773–774.
- Cardona-Hernández, M. Á., Fierro-Arias, L., Cabrera-Pérez, A. L., & Vidal-Flores, A. A. (2017). Efectos de la radiación electromagnética en la piel. *Dermatologia Revista Mexicana*, *61*(4), 292–302.
- Carlberg, M., Hedendahl, L., Ahonen, M., Koppel, T., & Hardell, L. (2016). Increasing incidence of thyroid cancer in the Nordic countries with main focus on Swedish data. *BMC Cancer*, *16*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12885-016-2429-4>
- Chen, C., Ma, Q., Liu, C., Deng, P., Zhu, G., Zhang, L., He, M., Lu, Y., Duan, W., Pei, L., Li, M., Yu, Z., & Zhou, Z. (2014). Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation impairs neurite outgrowth of embryonic neural stem cells. *Scientific Reports*, *4*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep05103>
- Cooper, T. G., Allen, S. G., Blackwell, R. P., Litchfield, I., Mann, S. M., Pope, J. M., & van Tongeren, M. J. A. (2004). Assessment of occupational exposure to radiofrequency fields and radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, *111*(2), 191–203. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch334>

- Court, L. a, Grandolfo, M., Repacholli, M. H., & Swicort, M. L. (1977). *NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e . V .*
- De la Rosa, R. (2014). La enfermedad silenciada. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- De Roos, A. J., Teschke, K., Savitz, D. A., Poole, C., Grufferman, S., Pollock, B. H., & Olshan, A. F. (2001). Parental occupational exposures to electromagnetic fields and radiation and the incidence of neuroblastoma in offspring. *Epidemiology*, *12*(5), 508–517.
<https://doi.org/10.1097/00001648-200109000-00008>
- Divan, H. A., Kheifets, L., Obel, C., & Olsen, J. (2012). Cell phone use and behavioural problems in young children. *Journal of Epidemiology and Community Health*, *66*(6), 524–529. <https://doi.org/10.1136/jech.2010.115402>
- Duan, W., Liu, C., Zhang, L., He, M., Xu, S., Chen, C., Pi, H., Gao, P., Zhang, Y., Zhong, M., Yu, Z., & Zhou, Z. (2015). Comparison of the genotoxic effects induced by 50 Hz extremely low-frequency electromagnetic fields and 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields in GC-2 cells. *Radiation Research*, *183*(3), 305–314.
<https://doi.org/10.1667/RR13851.1>
- Eco2site. (2003). *Los impactos ambientales de las energías renovables*. *36*(2), 67–76.
- Eggert, T., Dorn, H., Sauter, C., Marasanov, A., Hansen, M. L., Peter, A., Schmid, G., Bolz, T., & Danker-Hopfe, H. (2015). Terrestrial Trunked Radio (TETRA) exposure and its impact on slow cortical potentials. *Environmental Research*, *143*, 112–122.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.022>
- Elliott, P., Aresu, M., Gao, H., Vergnaud, A. C., Heard, A., McRobie, D., Spear, J., Singh, D., Kongsgård, H. W., Mbema, C., & Muller, D. C. (2019). Use of TETRA personal radios and sickness absence in the Airwave Health Monitoring Study of the British police forces. *Environmental Research*, *175*(February), 148–155.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.012>
- Espectro, A. N. del. (2018). *Resolucion 774 de 2018 - Limites de Exposicion*.
- Fernando, V. R., & Echeverri, D. V. (2007). Espermograma y su utilidad clínica. *Salud Uninorte*, *23*(2), 220–230.
- Gao, H., Aresu, M., Vergnaud, A. C., McRobie, D., Spear, J., Heard, A., Kongsgård, H. W., Singh, D., Muller, D. C., & Elliott, P. (2019). Personal radio use and cancer risks among

- 48,518 British police officers and staff from the Airwave Health Monitoring Study. *British Journal of Cancer*, 120(3), 375–378. <https://doi.org/10.1038/s41416-018-0365-6>
- Gonzalo X. Moreano Calero. (2003). *La influencia de las radiaciones electromagnéticas en los seres humanos, sus efectos, consecuencias y recomendaciones*. 135. <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=2a5fa80d-f8a0-4499-3fa9-2308fc87d5ca&documentId=d3699b49-f8c3-3040-8f07-4fa0540c1e78>
- Grayson, J. K. (1996). Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: A nested case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 143(5), 480–486. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008768>
- Gryz, K., & Karpowicz, J. (2015). Radiofrequency electromagnetic radiation exposure inside the metro tube infrastructure in Warszawa. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34(3), 265–273. <https://doi.org/10.3109/15368378.2015.1076447>
- Gryz, K., Karpowicz, J., Leszko, W., & Zradziński, P. (2014). Evaluation of exposure to electromagnetic radiofrequency radiation in the indoor workplace accessible to the public by the use of frequency-selective exposimeters. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(6), 1043–1054. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0334-0>
- Guo, L., Zhang, J. P., Zhang, K. Y., Wang, H. B., Wang, H., An, G. Z., Zhou, Y., Meng, G. L., & Ding, G. R. (2018). Effects of 1.8 GHz radiofrequency field on microstructure and bone metabolism of femur in mice. *Bioelectromagnetics*, 39(5), 386–393. <https://doi.org/10.1002/bem.22125>
- Hedendahl, L., Carlberg, M., & Hardell, L. (2015). Electromagnetic hypersensitivity-an increasing challenge to the medical profession. *Reviews on Environmental Health*, 30(4), 209–215. <https://doi.org/10.1515/reveh-2015-0012>
- IARC. (2018). *Part 2 : Radiofrequency Electromagnetic Fields*. 102.
- ICONTEC INTERNACIONAL. (2012). Guía Técnica Colombiana GTC 45. 20/06/2012, 2, 40. info-radiofrecuencias.es. (2020). *info-radiofrecuencias*. Propiedades de La Radiofrecuencia. <http://info-radiofrecuencia.es/propiedades-de-la-radiofrecuencia>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (n.d.). *Radiaciones no ionizantes: Campos de radiofrecuencia y microondas*. Radiaciones No Ionizantes: Campos de Radiofrecuencia y Microondas.

- <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+49.+Radiaciones+no+ionizantes>
- Iurov, I. I., Vorsanova, S. G., Solov'ev, I. V., & Iurov, I. B. (2011). [Original molecular cytogenetic approach to determining spontaneous chromosomal mutations in the interphase cells to evaluate the mutagenic activity of environmental factors]. *Gigiena i Sanitariia*, 5, 90–94.
- Jarideh, S., Taeb, S., Pishva, S. M., Haghani, M., Sina, S., Mortazavi, S. A. R., Hosseini, M. A., Nematollahi, S., Shokrpour, N., Shahi, M. H., & Mortazavi, S. M. (2015). Does occupational exposure of shahid dastghieb international airport workers to radiofrequency radiation affect their short term memory and reaction time? *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 5(3), 143–150.
- Kamali, K., Atarod, M., Sarhadi, S., Nikbakht, J., Emami, M., Maghsoudi, R., Salimi, H., Fallahpour, B., Kamali, N., Momtazan, A., & Ameli, M. (2017). Effects of electromagnetic waves emitted from 3G+wi-fi modems on human semen analysis. *Urologia*, 84(4), 209–214. <https://doi.org/10.5301/uj.5000269>
- Kane, R. C. (2004). A possible association between fetal/neonatal exposure to radiofrequency electromagnetic radiation and the increased incidence of Autism Spectrum Disorders (ASD). *Medical Hypotheses*, 62(2), 195–197. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0306-9877\(03\)00309-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0306-9877(03)00309-8)
- Li, R., Ma, M., Li, L., Zhao, L., Zhang, T., Gao, X., Zhang, D., Zhu, Y., Peng, Q., Luo, X., & Wang, M. (2018). The Protective Effect of Autophagy on DNA Damage in Mouse Spermatoocyte-Derived Cells Exposed to 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Fields. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 48(1), 29–41. <https://doi.org/10.1159/000491660>
- Liu, C., Duan, W., Xu, S., Chen, C., He, M., Zhang, L., Yu, Z., & Zhou, Z. (2013). Exposure to 1800MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatoocyte-derived cell line. *Toxicology Letters*, 218(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.01.003>
- Liu, K., Li, Y., Zhang, G., Liu, J., Cao, J., Ao, L., & Zhang, S. (2014). Association between mobile phone use and semen quality: A systemic review and meta-analysis. *Andrology*, 2(4), 491–501. <https://doi.org/10.1111/j.2047-2927.2014.00205.x>
- María, L., Serna, G., Ignacio, J., Osorio, T., Elena, L., & Sánchez, A. (2014). Análisis integral

- del marco normativo colombiano en materia de exposición pública a radiaciones electromagnéticas emitidas por estaciones base de telefonía móvil. *Opinión Jurídica*, 13(25), 17–33.
- Massardier-Pilonchery, A., Nerrière, E., Croidieu, S., Ndagijimana, F., Gaudaire, F., Martinsons, C., Noé, N., & Hours, M. (2019). Assessment of personal occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields in libraries and media libraries, using calibrated on-body exposimeters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph16122087>
- Miller, A. B., Morgan, L. L., Udasin, I., & Davis, D. L. (2018). Cancer epidemiology update, following the 2011 IARC evaluation of radiofrequency electromagnetic fields (Monograph 102). *Environmental Research*, 167(September), 673–683. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.043>
- Ministerio de Salud y Protección Social, C. (2016). *Convenio 519 de 2015. Guía para la gestión de las DTS en la promoción de la salud relacionada con la exposición a los campos electromagnéticos generados por la telefonía móvil*. 1–118.
- Møllerløgken, O. J., & Moen, B. E. (2008). Is fertility reduced among men exposed to radiofrequency fields in the Norwegian Navy? *Bioelectromagnetics*, 29(5), 345–352. <https://doi.org/10.1002/bem.20400>
- Montoya, M., Ingeniero, G., En, E., Radiológica, P., Gomez, M., Enfermera, P., Salud, E., Social, O. S., Del, M., Re, R., Posada, S., Salud, E. E., Simesa, O., Piedad, M., & Galeano, M. (2000). *Sistema de vigilancia epidemiológica para el factor de riesgo radiaciones ionizantes*. 6.
- Moradi, M., Naghdi, N., Hemmati, H., Asadi-Samani, M., & Bahmani, M. (2016). Effects of the Effect of Ultra High Frequency Mobile Phone Radiation on Human Health. *Electronic Physician*, 8(5), 2452–2457. <https://doi.org/10.19082/2542>
- Mosquera, A. D. (2020). La radiación electromagnética NO-ionizante en la ciudad de Neiva. *Universidad Cooperativa de Colombia*.
- Narayanan, S. N., Mohapatra, N., John, P., Nalini, K., Kumar, R. S., Nayak, S. B., & Bhat, P. G. (2018). Radiofrequency electromagnetic radiation exposure effects on amygdala morphology, place preference behavior and brain caspase-3 activity in rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 58(November 2017), 220–229.

- <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.01.009>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. ¿Qué Son Los Campos Electromagnéticos? <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/#:~:text=En el medio en que,por efecto de las tormentas.>
- Planeación, S. D. de. (2021). *Secretaría Distrital de Planeación*. Antenas Para El Desarrollo. <http://www.sdp.gov.co/micrositios/antenas-estaciones-radioelectricas/salud.html#:~:text=El espectro radioelctrico es el,los gobiernos de cada país.>
- Satta, G., Ursi, M., Pili, C., Campagna, M., & Cocco, P. (2018). Studio sulla comparsa di malformazioni congenite nella progenie del personale del poligono interforze del Salto di Quirra (Sardegna). *Medicina Del Lavoro*, *109*(1), 48–56. <https://doi.org/10.23749/mdl.v109i1.6617>
- Secretaria de Medio Ambiente y Salud Laboral. Catalunya. (2010). *Amb Tu + prevenció*.
- Sengupta, P., Dutta, S., & Krajewska-Kulak, E. (2017). The Disappearing Sperms: Analysis of Reports Published Between 1980 and 2015. *American Journal of Men's Health*, *11*(4), 1279–1304. <https://doi.org/10.1177/1557988316643383>
- Sharma, A., Shrivastava, S., & Shukla, S. (2020). Exposure of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Biochemical and Pathological Alterations. *Neurology India*, *68*(5), 1092–1100. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.294554>
- Singh, S., & Kapoor, N. (2015). Occupational EMF exposure from radar at X and Ku frequency band and plasma catecholamine levels. *Bioelectromagnetics*, *36*(6), 444–450. <https://doi.org/10.1002/bem.21925>
- Szmigielski, S., Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Zmyslony, M., & Kubacki, R. (1998). Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields. *Blood Pressure Monitoring*, *3*(6), 323–330.
- Tabares, V. Z. (2014). Panorama Cuba y Salud Panorama Cuba y Salud. *Panorama Cuba y Salud*, *9*(3), 42–47.
- Tchernitchin, A., Gaete, L., Romero, V., & Pinilla, M. (2011). Efectos de la radiación electromagnética no ionizante sobre la salud y el caso específico de los efectos en la salud humana de la telefonía celular. *Cuad. Méd.-Soc. (Santiago de Chile)*, *51*(4), 187–217.
- Tes America. (2021). *Tes America*. <https://tesamerica.com/quienes-somos/>
- Ue, D., Parlamento, D. E. L., & Del, E. Y. (2013). *29.6.2013*. *2013*, 1–21.

- Vallejo-López, A., Perdomo, T., & Peñafiel-Pazmiño, M. (2017). Exposición de ondas de radiofrecuencia en relación con alteraciones en la salud. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 26(1), 61–66.
- Vilagut, G., Ferrer, M., Rajmil, L., Rebollo, P., Permanyer-Miralda, G., Quintana, J. M., Santed, R., Valderas, J. M., Ribera, A., Domingo-Salvany, A., & Alonso, J. (2005). The Spanish version of the Short Form 36 Health Survey: a decade of experience and new developments. *Gaceta Sanitaria / S.E.S.P.A.S*, 19(2), 135–150. <https://doi.org/10.1157/13074369>
- Volkow, N. D., Tomasi, D., Wang, G. J., Vaska, P., Fowler, J. S., Telang, F., Alexoff, D., Logan, J., & Wong, C. (2011). Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 305(8), 808–813. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.186>
- Ware, J. E. (2007). Deciding Which Short Form Survey to Use Features of the Short Form Surveys An excerpt from the User ' s Manual for the SF-36v2 Health Survey , Second Edition , An excerpt from the User ' s Manual for the SF-36v2 Health Survey , Second Edition ,. *User ' s Manual for the SF-36v2 Health Survey , Second Edition*, 29–37.
- Warning, E. E., Logging, D., Or, B., Holder, A. R. M., & Fields, H. (2013). *Wave Mon*.
- Xu, S., Zhou, Z., Zhang, L., Yu, Z., Zhang, W., Wang, Y., Wang, X., Li, M., Chen, Y., Chen, C., He, M., Zhang, G., & Zhong, M. (2010). Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons. *Brain Research*, 1311, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.10.062>
- Yu, G., Tang, Z., Chen, H., Chen, Z., Wang, L., Cao, H., Wang, G., Xing, J., Shen, H., Cheng, Q., Li, D., Wang, G., Xiang, Y., Guan, Y., Zhu, Y., Liu, Z., & Bai, Z. (2020). Long-term exposure to 4G smartphone radiofrequency electromagnetic radiation diminished male reproductive potential by directly disrupting Spock3–MMP2–BTB axis in the testes of adult rats. *Science of the Total Environment*, 698, 133860. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133860>
- Zhang, K. Y., Hui-Xu, Du, L., Xing, J. L., Zhang, B., Bai, Q. S., Xu, Y. Q., Zhou, Y. C., Zhang, J. P., Zhou, Y., & Ding, G. R. (2017). Enhancement of X-ray induced apoptosis by mobile phone-like radio-frequency electromagnetic fields in mouse spermatocyte-derived cells. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060616>

Anexo 1: Equipos utilizados para la medición de la exposición a radiofrecuencias

Propietario: TES AMÉRICA ANDINA S.A.S

- **Equipo de medición al área de trabajo:**

Medidor de campo electromagnético (sonda isotrópica de campo eléctrico)

Fecha ultima calibración: 24/07/2019 – certificado No. 19/04522

Modelo: medidor SMP2 – sonda WPF8

Marca: Wavecontrol

Identificación Medidor 15SN0072 – sonda 17WP040693

Medidor de campo electromagnético (sonda isotrópica campo magnético)

Fecha ultima calibración: 30/07/2019 – certificado No. 19/00515

Modelo: medidor SMP2 – sonda WPH60

Marca: Wavecontrol

Identificación Medidor 15SN0072 – sonda 17WP110012

SMP2. Sistema de Medición Portátil de Campo Electromagnético

Banda ancha: 1 Hz-40 GHz (en función de la sonda) Análisis espectral: 1 Hz–400 kHz (FFT)

Método de ponderación de picos: 1 Hz–400 kHz (MPP en tiempo real para comparar con límites).

- **Dosímetro:**

EMF Personal Monitor - Dosímetro personal de campos electromagnéticos

Marca: Wavecontrol

Standard (occupational): ICNIRP 1998 / EMF Directive 2013/35/EU

Límite: ICNIRP_1998_OCCUPATIONAL

Sensor type: Isotropic, RMS diode technology

Anexo 2. Exposición en animales, humanos y pruebas en laboratorio.

Tabla 18 Posibles problemas a la salud en animales y pruebas en laboratorio enunciados en los artículos de la búsqueda inicial de literatura frente a la exposición a radio frecuencias

Título de la investigación	Objetivo del estudio	Posibles problemas a la salud	Observaciones
<p><i>The Protective Effect of Autophagy on DNA Damage in Mouse Spermatoocyte-Derived Cells Exposed to 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Fields</i> (Li et al., 2018)</p>	<p>Determinar el mecanismo y el papel de la autofagia inducida por RF-EMF en los espermatozoides.</p>	<p>Sistema reproductivo masculino (autofagia) prevenir el daño del ADN</p>	<p>Los resultados mostraron que los RF-EMF indujeron la autofagia y el daño del ADN en las células GC-2 mediante la generación de ROS, y la vía de señalización de la autofagia AMPK / mTOR se activó mediante la generación de ROS.</p>
<p><i>Glial markers and emotional memory in rats following acute cerebral radiofrequency exposures</i> (Barthélémy et al., 2016)</p>	<p>Evaluar si la lesión neuronal y las deficiencias funcionales estaban relacionadas con la astrogliosis inducida por un SAR elevado.</p>	<p>Astrogliosis inducida por un SAR elevado (enfermedades como la Enfermedad de Alzheimer, la ALS, la enfermedad de Parkinson y de Huntington)</p>	<p>El estudio sugiere que la astrogliosis inducida por RF EMF tuvo consecuencias funcionales en la memoria, pero no demostró que fuera secundaria al daño neuronal.</p>
<p><i>Effects of 1.8 GHz radiofrequency field on microstructure and bone metabolism of femur in mice</i> (Guo et al., 2018)</p>	<p>Investigar los efectos del campo de radiofrecuencia (RF) de 1,8 GHz sobre la microestructura ósea y el metabolismo del fémur en ratones</p>	<p>Podría promover la función metabólica de los osteoblastos en ratones</p>	<p>Concluyen que bajo las condiciones experimentales no encontramos apoyo para un efecto del campo de RF de 1.8 GHz en la microestructura ósea; sin embargo, indican que podría promover la función metabólica de los osteoblastos en ratones.</p>
<p><i>Enhancement of X-ray Induced Apoptosis by Mobile Phone-Like Radio-Frequency Electromagnetic Fields in Mouse Spermatoocyte-Derived Cells</i> (Zhang et al., 2017)</p>	<p>Los hallazgos sugirieron que la exposición a RF a un SAR de 3 W / kg no afectó la apoptosis y la proliferación en las células GC-1 por sí misma, pero sí mejoró los efectos de la inhibición y la apoptosis de la proliferación inducida por rayos X, en</p>	<p>N/A.</p>	<p>Explorar los efectos combinados del campo de radiofrecuencia (RF) ambiental y los rayos X, se expusieron células derivadas de espermatoцитos de ratón (GC-1) a un campo de RF de 1950 MHz a una tasa de absorción específica (SAR) de 3</p>

	la cual el linfoma de células B -2 (Bcl-2) y la proteína X asociada a Bcl-2 (Bax) podrían estar involucradas.		W / kg durante 24 h combinado con o sin irradiación de rayos X a 6 Gy.
<i>Exposure of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Biochemical and Pathological Alterations</i> (Sharma et al., 2020)	Verificar la evaluación de riesgos de la radiación de microondas (MWR) a una frecuencia de 1800 MHz y una tasa de absorción específica de 0,433 (W / kg) en ratas Wistar macho.	Daño neuroquímico y fisiopatológico derivado de un proceso inflamatorio	El estudio concluye que MWR puede causar daño neuroquímico y fisiopatológico al iniciar el proceso inflamatorio en varias regiones del cerebro, especialmente en el hipocampo y la corteza cerebral.
<i>Long-term exposure to 4G smartphone radiofrequency electromagnetic radiation diminished male reproductive potential by directly disrupting Spock3–MMP2–BTB axis in the testes of adult rats</i> (Yu et al., 2020)	Evaluar los efectos de la exposición a largo plazo a la radiación electromagnética de radiofrecuencia de teléfonos inteligentes 4G	Calidad del esperma y el peso de las crías. Lesión testicular	La exposición a SRF-EMR durante 150 días disminuyó la calidad del esperma y el peso de las crías, acompañada de lesión testicular. Sin embargo, estos efectos adversos no fueron evidentes en ratas expuestas a SRF-EMR durante 50 días o 100 días.
<i>Radiofrequency electromagnetic radiation exposure effects on amygdala morphology, place preference behavior and brain caspase-3 activity in rats</i> (Narayanan et al., 2018)	Evaluar los efectos de la exposición a la radiación electromagnética de radiofrecuencia en ratas	Perturbación de la arquitectura celular normal de la amígdala y cambios en el comportamiento	El número de neuronas sanas disminuyó en la amígdala basolateral y la amígdala cortical, pero no en la amígdala central después de la exposición a RF-EMR. También indujo apoptosis en la amígdala. La exposición a RF-EMR alteró el patrón de arborización dendrítica en la amígdala basolateral pero no en la amígdala central. La preferencia de lugar alterada y el comportamiento similar a la hiperactividad fueron evidentes después de la exposición a RF-EMR, pero la actividad de la caspasa-3 del cerebro

			no cambió.
<i>Exposure to 1800MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatocyte-derived cell line</i> (C. Liu et al., 2013)	Evaluar los efectos de la exposición a radiación electromagnética de radiofrecuencia de 1800 MHz	Daño oxidativo de la base del ADN en células germinales masculinas	Indican que los hallazgos pueden implicar la posibilidad de que RF-EMR con energía insuficiente para la inducción directa de roturas de cadenas de ADN pueda producir genotoxicidad a través del daño oxidativo de la base del ADN en células germinales masculinas.
<i>Association between mobile phone use and semen quality: a systemic review and meta-analysis</i> (K. Liu et al., 2014)	Efectuar una revisión sistémica y metaanálisis	En los estudios in vitro, el metaanálisis indicó que la radiación de radiofrecuencia tuvo un efecto perjudicial sobre la movilidad y viabilidad de los espermatozoides in vitro. En cuanto a los estudios en animales, la exposición a la radiofrecuencia tuvo efectos nocivos sobre la concentración y la motilidad de los espermatozoides	En la revisión incluyeron 18 estudios con 3947 hombres y 186 ratas, de los cuales 12 estudios (cuatro estudios en humanos, cuatro estudios in vitro y cuatro estudios en animales) con 1533 hombres y 97 ratas se utilizaron en los metaanálisis.
<i>Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons</i> (Xu et al., 2010)	Exponer neuronas corticales cultivadas primarias a campos electromagnéticos de RF pulsados a una frecuencia de 1800 MHz modulada por 217 Hz a una tasa de absorción especial (SAR) promedio de 2 W / kg.	Daño oxidativo al mtDNA en neuronas de cultivo primario	24 h después de la exposición, encontramos que la radiación de RF indujo un aumento significativo en los niveles de 8-hidroxiguanina (8-OHdG), un biomarcador común de daño oxidativo del ADN, en las mitocondrias de las neuronas. Estos resultados sugirieron que la

			<p>radiación de RF de 1800 MHz podría causar daño oxidativo al mtDNA en neuronas de cultivo primario.</p> <p>El daño oxidativo del mtDNA puede explicar la neurotoxicidad de la radiación de RF en el cerebro.</p>
<p><i>Comparison of the genotoxic effects induced by 50 Hz extremely low-frequency electromagnetic fields and 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields in GC-2 cells</i> (Duan et al., 2015)</p>	<p>Comparar los efectos genotóxicos inducidos por campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente y de radiofrecuencia</p>	<p>Daño oxidativo en la base del ADN</p>	<p>Utilizando un ensayo cometa alcalino modificado con formamidopirimidina ADN glicosilasa (FPG), observaron que la exposición a RF-EMF indujo significativamente daño oxidativo en la base del ADN a un valor de SAR de 4 W / kg</p>
<p><i>Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation impairs neurite outgrowth of embryonic neural stem cells</i> (Chen et al., 2014)</p>	<p>Detectar los efectos de RF-EMF en eNSCs para explorar los efectos de RF-EMF en el desarrollo del cerebro.</p>	<p>Crecimiento neurítico de las eNSC - células madre neurales embrionarias</p>	<p>Expusieron eNSC a 1800 MHz RF-EMF a valores de tasa de absorción específica (SAR) de 1, 2 y 4 W / kg durante 1, 2 y 3 días.</p> <p>La exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia de 1800 MHz altera el crecimiento neurítico de las eNSC - células madre neurales embrionarias</p>

Fuente: elaboración autores.

Tabla 19 Posibles efectos en la salud humana enunciados en los artículos de la búsqueda inicial de literatura frente a la exposición a radiofrecuencias

Título de la investigación	Objetivo del estudio	Posibles efectos sobre la salud	Observaciones
<p><i>Electromagnetic hypersensitivity--an increasing challenge to the medical profession</i> (Hedendahl et al., 2015)</p>	<p>Revisar la literatura sobre diferentes aspectos de EHS y los posibles efectos adversos para la salud de RF-EMF.</p>	<p>Reacciones de la pupila; cambios en el ritmo cardíaco; daño a los eritrocitos y alteración del metabolismo</p>	<p>Los estudios arrojan resultados diferentes, que van desde donde las personas con EHS no pueden discriminar entre una señal de RF activa y placebo, hasta cambios observados objetivamente después de la exposición</p>

		de la glucosa en el cerebro.	
<i>Personal radio use and cancer risks among 48,518 British police officers and staff from the Airwave Health Monitoring Study</i> (Gao et al., 2019)	Investigar la asociación del uso mensual de radio personal y el riesgo de cáncer mediante la regresión de riesgos proporcionales de Cox entre 48.518 agentes de policía y el personal del Airwave Health Monitoring Study en Gran Bretaña.	No encontraron evidencia de asociación del uso personal de radio con el riesgo de cáncer.	Indican que se justifica el seguimiento continuo de la cohorte.
<i>Assessment of Personal Occupational Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in Libraries and Media Libraries, Using Calibrated On-Body Exposimeters</i> (Massardier-Pilonchery et al., 2019)	Evaluar la exposición electromagnética de los empleados en las bibliotecas, en particular, a Wifi.	N/A.	En promedio, la exposición ocupacional en esta rama es cercana a la de la población en general. Los picos se debieron al uso de walkie-talkies por parte del personal de seguridad. La exposición de los empleados estuvo muy por debajo de las normas ocupacionales, especialmente en lo que respecta a Wifi.
<i>Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring</i> (Baste et al., 2008)	Realizar un estudio transversal entre militares empleados en la Marina Real de Noruega, que incluyó información sobre el trabajo cerca de equipos que emiten campos electromagnéticos de radiofrecuencia.	Infertilidad de un año, hijos y sexo de la descendencia	La infertilidad aumentó significativamente junto con el aumento de la exposición auto informada a campos electromagnéticos de radiofrecuencia. La proporción de sexos de la descendencia mostró una tendencia lineal significativa con una proporción menor de niños a niñas al nacer cuando el padre informó un mayor grado de exposición a antenas de alta frecuencia y equipos de comunicación.
<i>Use of TETRA personal radios and sickness absence in the Airwave Health Monitoring Study of the British police forces</i> (Elliott et al., 2019)	Investigar la asociación del uso personal de la radio y la ausencia por enfermedad entre los oficiales de policía y el personal del Estudio de Monitoreo de Salud de Airwave.	N/A.	No hubo asociación entre el uso de la radio y la ausencia por enfermedad en los análisis secundarios.
<i>Is fertility reduced among men exposed to radiofrequency fields in the Norwegian Navy?</i> (Møllerløykken & Moen,	Examinar la relación entre los trabajadores expuestos a campos electromagnéticos y su salud reproductiva.	Fertilidad	Este estudio infiere una posible relación entre la exposición a campos de radiofrecuencia durante el trabajo con equipos de

2008)			radiofrecuencia y radar y la reducción de la fertilidad. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela.
<i>Study of congenital malformations among the progeny of the personnel of an interforce military shooting range in Sardinia, Italy</i> (Satta et al., 2018)	Verificar informes denuncias de un exceso de malformaciones congénitas en un pueblo cercano al campo de tiro militar de Salto di Quirra (PISQ), Cerdeña, con un estudio retrospectivo de la historia reproductiva del personal del PISQ.	N/A.	Ninguna de las exposiciones que evaluaron se asoció con un aumento en la tasa de malformaciones congénitas.
<i>Does Occupational Exposure of Shahid Dastghieb International Airport Workers to Radiofrequency Radiation Affect Their Short-Term Memory and Reaction Time?</i> (Jarideh et al., 2015)	Investigar si la exposición ocupacional de los trabajadores del aeropuerto internacional Shahid Dastghieb a la radiación de radiofrecuencia afecta su memoria a corto plazo y su tiempo de reacción.	N/A.	La exposición ocupacional a la radiación de RF no registró ningún efecto perjudicial significativo en su tiempo de reacción ni en su memoria a corto plazo.
<i>Biological effects on human health due to radiofrequency/microwave exposure: a synopsis of cohort studies</i> (Breckenkamp et al., 2003)	Evaluar los métodos y resultados de nueve estudios de cohortes que tratan sobre los efectos biológicos en la salud humana de la exposición a radiofrecuencias / microondas, publicados entre 1980 y 2002.	N/A.	En la mayoría de los estudios, se encontró un mayor riesgo de varios tipos de cáncer en los participantes expuestos del estudio, aunque en diferentes órganos. Sin embargo, los resultados generales fueron contradictorios. Se presentaron limitaciones importantes como detalles desconocidos sobre la exposición real, datos posiblemente sesgados, falta de ajuste para posibles factores de confusión, entre otras. Debido a esto y las inconsistencias de los resultados, se concluyó que los estudios no dan evidencia de que las emisiones de alta frecuencia causen cáncer.
<i>Occupational EMF exposure from radar at X and Ku frequency band and plasma catecholamine levels</i> (Singh & Kapoor, 2015)	Encontrar el efecto de la exposición crónica a campos electromagnéticos (CEM) del radar sobre las catecolaminas plasmáticas en la fuerza laboral militar.	Cambio en los valores de catecolaminas	El cambio de los valores iniciales de catecolaminas debido al estrés tiene una importancia inmensa para la salud y el bienestar. Su continua alteración puede resultar perjudicial a su debido tiempo. Se necesitan estudios de seguimiento adecuados para fortalecer aún más estas observaciones preliminares.
<i>Effects of the Effect of Ultra High Frequency</i>	Describir el riesgo de mutación y trauma	Demencia	Los resultados de este estudio y los informes de la Comisión

<i>Mobile Phone Radiation on Human Health</i> (Moradi et al., 2016)	sexual e infertilidad en células sexuales masculinas por radiaciones de teléfonos móviles.	temprana u otros daños térmicos	Internacional de Protección contra la Radiación No Ionización (ICNIRP) mostraron que las personas que pasan más de 50 minutos al día usando un teléfono celular podrían tener demencia temprana u otros daños térmicos debido a la quema de glucosa en el cerebro.
<i>Terrestrial Trunked Radio (TETRA) exposure and its impact on slow cortical potentials</i> (Eggert et al., 2015)	Analizar el impacto de las señales simuladas de terminales TETRA a 385 MHz sobre potenciales corticales lentos (SCPs).	N/A.	Los resultados no revelan evidencia de modificaciones de la actividad cerebral dependientes de la exposición a RF-EMF investigadas a nivel conductual y fisiológico.
<i>Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: a nested case-control study</i> (Grayson, 1996)	Investigar la relación entre una variedad de exposiciones a campos electromagnéticos y el riesgo de tumores cerebrales en la Fuerza Aérea de EE. UU	Tumores cerebrales	Los hombres que estuvieron expuestos a campos electromagnéticos no ionizantes tenían un pequeño exceso de riesgo de desarrollar tumores cerebrales, con la frecuencia extremadamente baja y la radiofrecuencia / microondas, las razones de probabilidad de 1,28 (intervalo de confianza del 95% (CI) 0,95- 1,74) y 1,39 (95% CI 1,01-1,90), respectivamente. Estos resultados apoyan una pequeña asociación entre la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia / microondas de frecuencia extremadamente baja y ninguna asociación entre la exposición a radiación ionizante y los tumores cerebrales en la población de la Fuerza Aérea de los EE
<i>Pregnancy outcomes after paternal radiofrequency field exposure aboard fast patrol boats</i> (Baste et al., 2012)	Investigar los resultados reproductivos adversos entre los empleados varones de la Royal Norwegian Navy expuestos a campos electromagnéticos de radiofrecuencia a bordo de lanchas patrulleras rápidas.	Resultados reproductivos adversos	El trabajo paterno a bordo de lanchas patrulleras rápidas durante un período agudo se asoció con mortalidad perinatal y preeclampsia, pero la causa no está clara.
<i>Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields</i>	Determinar el curso de los ritmos diurnos de la presión arterial y la frecuencia cardíaca en un grupo de trabajadores	Cambios en los ritmos diurnos de la presión arterial y la	La exposición ocupacional a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia puede provocar cambios en los ritmos diurnos de la presión

(Szmigielski et al., 1998)	expuestos a diversas intensidades de campos electromagnéticos de radiofrecuencia.	frecuencia cardíaca	arterial y la frecuencia cardíaca con disminución de sus amplitudes y un cambio de la acrofase.
<i>Occupational risks among public safety and security forces</i> (Candura et al., 2006)	Identificar los factores de riesgo laboral (físico, químico, biológico, psicológico), variable en función de puestos y tareas, a los que están expuestos los heterogéneos trabajadores de seguridad pública.	N/A.	Hay exposiciones a diversos agentes de riesgo, dentro de los cuales se pueden enunciar el riesgo de lesión eléctrica, radiaciones ionizantes (rayos X y gamma) y no ionizantes (rayos ultravioletas, microondas y radiofrecuencias, campos electromagnéticos)
<i>Effects of Electromagnetic Waves Emitted from 3G+Wi-Fi Modems on Human Semen Analysis</i> (Kamali et al., 2017)	Evaluar los efectos de los módems wifi 3G + en la calidad del esperma humano.	Disminución significativa en la calidad del semen humano	Se recogieron un total de 40 muestras de semen entre marzo y septiembre de 2015, de hombres adultos sanos. Disminución en la motilidad y velocidad de los espermatozoides, especialmente en los espermatozoides móviles no progresivos.
<i>A possible association between fetal/neonatal exposure to radiofrequency electromagnetic radiation and the increased incidence of Autism Spectrum Disorders (ASD)</i> (Kane, 2004)	Verificar la posible asociación entre la exposición fetal / neonatal a la radiación electromagnética de radiofrecuencia y la mayor incidencia de trastornos del espectro autista (TEA)	Trastornos del espectro autista (TEA)	Sugieren que las exposiciones fetales o neonatales a la radiación de RF pueden estar asociadas con una mayor incidencia de autismo.

Fuente: elaboración autores.

Anexo 3: Informe agregado resultados aplicación cuestionario SF-36 V2

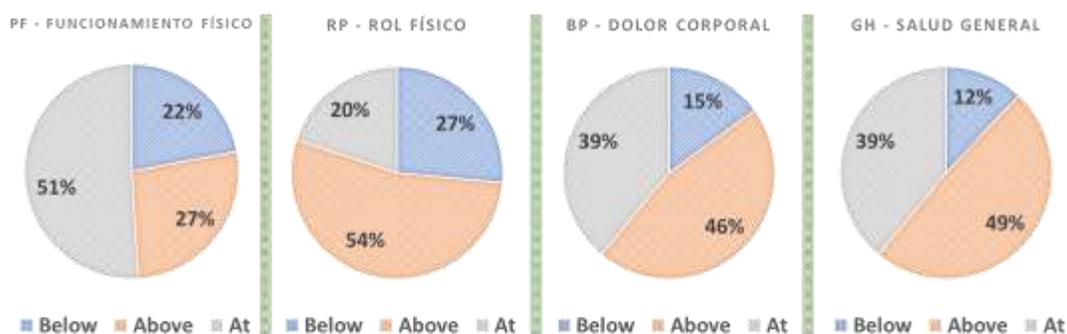
Tabla 20. Abreviaturas variables del cuestionario SF-36 versión 2

Abbreviation	Abreviatura
PCS = Physical Component Summary	PCS = Resumen de componentes físicos
MCS = Mental Component Summary	MCS = Resumen del componente mental
GH = General Health	GH = Salud general
PF = Physical Functioning	PF = Funcionamiento físico
RP = Role Physical	RP = rol físico
BP = Body Pain	BP = dolor corporal
VT = Vitality	VT = vitalidad
SF = Social Functioning	SF = Funcionamiento social
Abbreviation	Abreviatura
RE = Role Emotional	RE = Rol emocional
MH = Mental Health	MH = Salud mental

Fuente: elaboración autores.

Puntuaciones de escala de resumen de componente físico

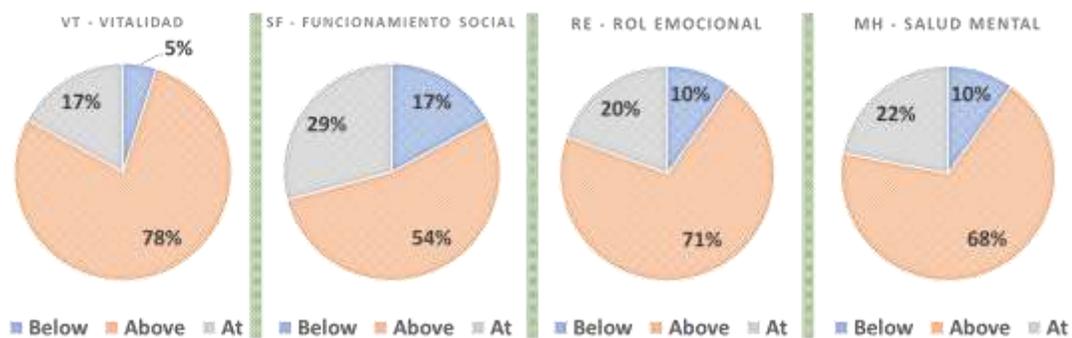
Figura 22 puntuaciones de la escala de resumen de componente físico de la aplicación del cuestionario SF-36 Versión 2



Fuente: elaborado por los autores con base en los resultados del programa software Optum® PRO CoRE.

Puntuaciones de la escala de resumen del componente mental

Figura 23 puntuaciones de la escala de componente mental de la aplicación del cuestionario SF-36 Versión 2



Fuente: elaborado por los autores con base en los resultados del programa software Optum® PRO CoRE.

Anexo 4. Puntos de medición dosimetrías personales de exposición a radio frecuencias

Tabla 21 Puestos de trabajo objeto de medición con dosímetro personal

Punto	Cargo	Mediciones	Fechas y horas
2	Operador de despacho	4	12/11 de 09 pm al 13/11 a 07:00 am 14/11 de 02 a 09:00 pm 18/11 de 02 a 09:00 pm 18/11 de 09 pm al 19/11 a 07:00 am
3	Jefe de turno	1	12/11/20 de 07 am a 02:00 pm.
6	Operador de despacho	1	17/11/20 de 07 am a 02:00 pm.
13	Operador de despacho	1	14/11 de 09 pm al 15/11 a 07:00 am
14	Operador de despacho	1	12/11/20 de 02 a 09:00 pm.
15	Operador de despacho	2	14/11/20 de 02 a 09:00 pm. 15/11/20 de 07 am a 02:00 pm.
18	Operador de despacho	2	13/11 de 09 pm al 14/11 a 07:00 am 16/11 de 09 pm al 17/11 a 07:00 am
19	Operador de despacho	1	16/11/20 de 07 am a 02:00 pm.
20	Operador de despacho	1	16/11/20 de 02 a 09:00 pm.

Fuente: elaboración autores.

Anexo 5: Graficas y tablas del comportamiento de las variables magnéticas y eléctricas en las dosimetrías personales

Medición 1: realizada el 12/11/2020 desde las 7:22:01 a. m. hasta las 01:52 p. m.

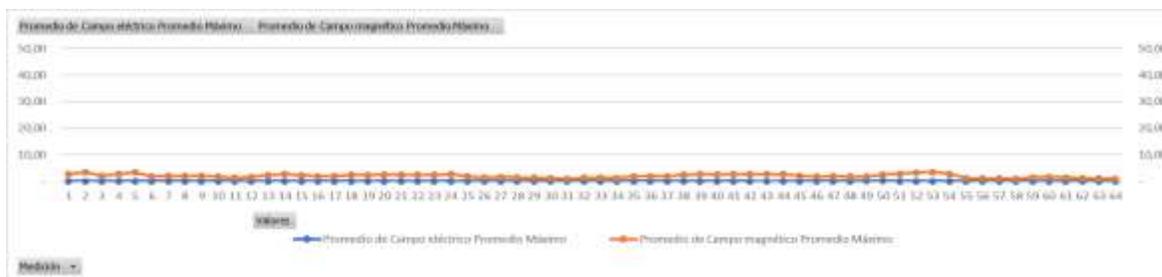
(64 mediciones de 6 minutos)

Cargo: jefe de turno – ubicado en el punto No. 3 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio portátil
- 1 teléfono fijo
- 2 monitores de computador
- 1 CPU
- Medio de comunicación más utilizado: radio portátil
- Canales para supervisión y control: Socha 1, Ubaté, Medina, Cáqueza, Chía y San Juan.
- El trabajador mencionó que el flujo de trabajo fue normal a todos los días.
- Manifestó realizar desplazamientos al interior del lugar de trabajo de forma esporádica.

Figura 24 Grafica dosimetría personal 1 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 22. Valores obtenidos dosimetría personal No. 1 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 1	Porcentaje Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Porcentaje Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,03	1,97
Valores máximos	0,07	3,43
Valores mínimos	0,02	0,87

Fuente: elaboración autores.

Aspectos de interés:

- No tiene unidades de seguridad asignados de forma fija, supervisa el canal general, atiende y reporta novedades relevantes.
- El funcionario se desplaza continuamente por todos los puestos de trabajo verificando las novedades y asesorando al personal cuando estos así lo requieran o cuando evidencia la necesidad.

Medición 2: realizada el 12/11/2020 desde las 1:57:12 p. m. hasta las 08:55 p. m.
(68 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 14 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: radio portátil y consola.
- Canales para supervisión y control: Socha 1, Ubaté, Medina, Cáqueza, Chía y San Juan.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue elevado debido al reporte continuo de casos.
- Realizó programa (vía radio portátil).
- Manifestó realizar únicamente 2 desplazamientos para ir al baño.
- El funcionario uso muy cerca el radio portátil al cuerpo y al dosímetro, según informó el jefe.

Figura 25 Gráfica dosimetría personal 2 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.



Fuente: elaboración autores.

Tabla 23. Valores obtenidos dosimetría personal No. 2 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 2	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	1,54	2,64
Valores máximos	28,13	21,56
Valores mínimos	0,03	1,13

Fuente: elaboración autores.

Aspectos de interés:

- El funcionario tiene contacto casi de manera permanente con las pantallas de computador.
- Manifestó que, durante el turno de servicio únicamente se levantó de su puesto de trabajo en dos ocasiones para desplazarse hasta el baño.
- De igual manera, informa que en el espacio comprendido entre las 08:00 p.m. a las 08:05 p.m., que en la ilustración 25, se relaciona con la medición 61 realizó programa utilizando esporádicamente el radio portátil, transmitiendo instrucciones al personal de acuerdo con las indicaciones del superior directo.

- Asimismo, informa que en el espacio entre las 05:17 p.m., a las 05:23 p.m., que en la ilustración 25 se ubica en el punto No. 29, realizó un reporte por medio del radio portátil relacionado con una novedad en una de las jurisdicciones asignadas.
- Frente a las dos observaciones anteriores, se consultó al jefe del turno, quien manifestó que el funcionario utilizó el radio portátil muy cerca del cuerpo y del dosímetro personal.

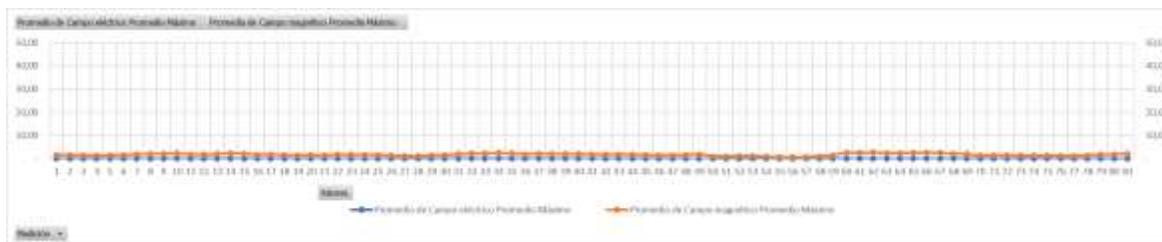
Medición 3: realizada el 12/11/2020 desde las 8:57:40 p. m. hasta el 13/11/2020 a las 5:11 a.m. (81 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 2 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 2 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 3 parlantes
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: radio consola y portátil
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Fusagasugá, Girardot, Chocontá, Gacheta y La Mesa.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Realizó programa (radio con consola y micrófono).
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno.

Figura 26 Grafica dosimetría personal 3 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 24 Valores obtenidos dosimetría personal No. 3 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 3	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,04	1,79
Valores máximos	0,06	2,72
Valores mínimos	0,02	0,73

Fuente: elaboración autores.

Aspectos de interés:

- El funcionario tiene contacto casi de manera permanente con las pantallas de computador.
- El funcionario manifestó que se desplazó varias ocasiones alrededor del lugar de trabajo y hacia el baño, permaneciendo la mayor parte del tiempo sentado en su puesto de trabajo.
- Utilizó de manera permanente la consola de radio a la cual tiene acceso por un micrófono y de forma esporádica utilizó el radio portátil, solo cuando el otro se encontraba ocupado.

Medición 4: realizada el 13/11/2020 desde las 10:58:43 p. m. hasta el 14/11/2020 a las 8:58 a. m.
(98 mediciones de 6 minutos)

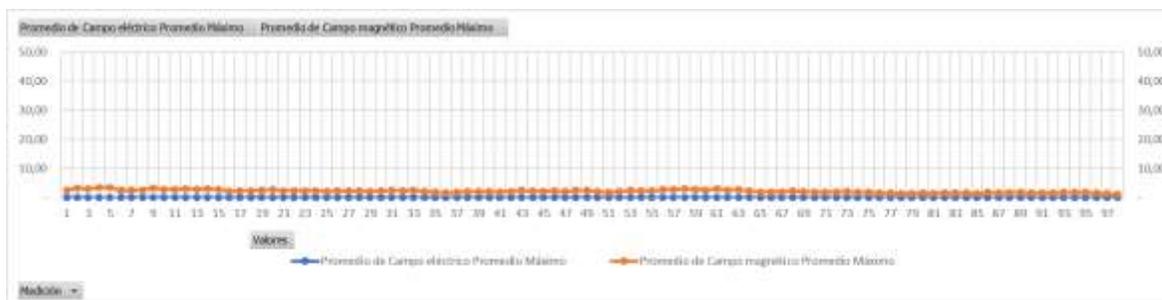
Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 18 del plano general

Equipos:

- 2 celulares

- 2 radio portátil
- 1 radio base
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 2 monitores de computador
- 1 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas) y radio base
- La lámpara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Soacha 2.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 27 Gráfica dosimetría personal 4 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 25 Valores obtenidos dosimetría personal No. 4 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 4	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,04	2,24
Valores máximos	0,07	3,60
Valores mínimos	0,02	1,17

Fuente: elaboración autores.

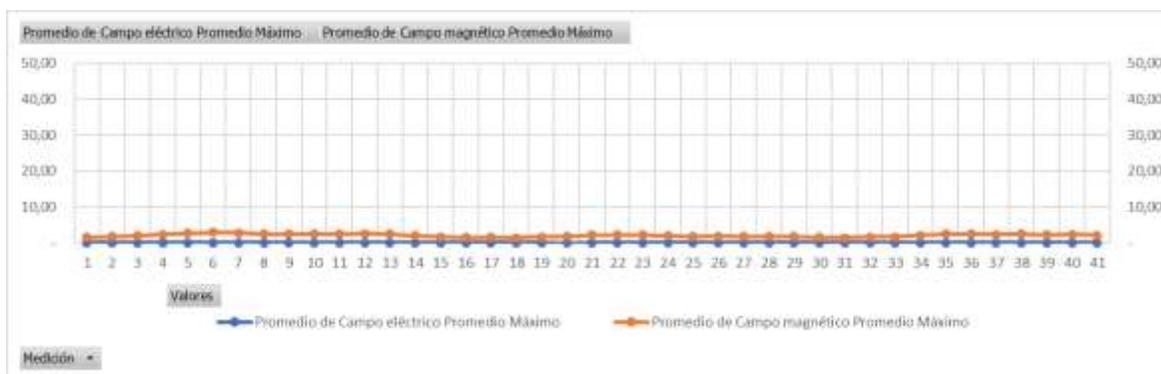
Medición 5: realizada el 14/11/2020 desde las 8:58:44 a. m. hasta las 1:15 p. m.
(41 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 2 del plano general

Equipos:

- 1 celular
- 2 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 3 parlantes
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas) y radio portátil
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Fusagasugá, Girardot, Chocontá, Gacheta y La Mesa.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 28 Grafica dosimetría personal 5 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.



Fuente: elaboración autores.

Tabla 26. Valores obtenidos dosimetría personal No. 5 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 5	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,04	2,09
Valores máximos	0,09	2,92
Valores mínimos	0,02	1,40

Fuente: elaboración autores.

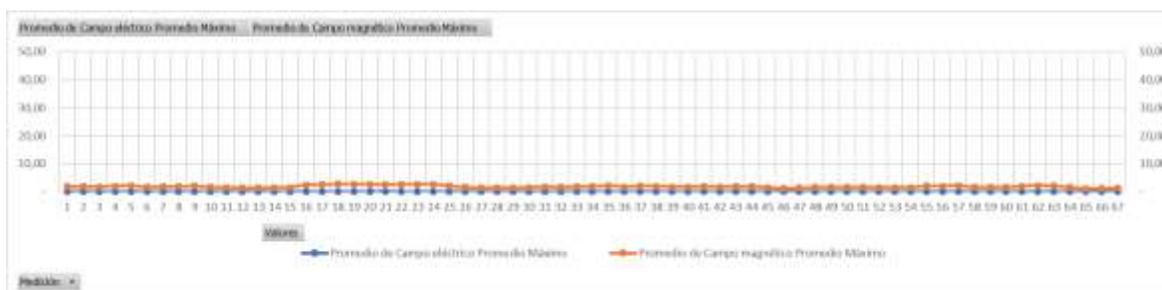
Medición 6: realizada el 14/11/2020 desde las 2:03:50 p. m. hasta las 8:58 p. m.
(67 mediciones de 6 minutos).

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 15 del plano general

Equipos:

- 1 celular
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 2 monitores de computador
- 1 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas) y radio base
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Soacha 2.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 29 Grafica dosimetría personal 6 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 27. Valores obtenidos dosimetría personal No. 6 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 6	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,05	1,84
Valores máximos	0,14	2,75
Valores mínimos	0,02	1,04

Fuente: elaboración autores.

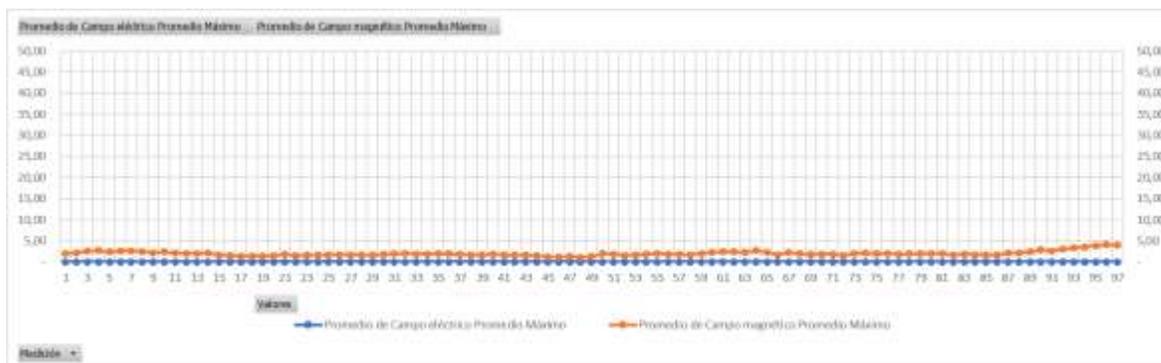
Medición 7: realizada el 14/11/2020 desde las 9:00:14 p. m. hasta el 15/11/2020 a las 7:00 a. m. (97 mediciones de 6 minutos).

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 13 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas), radio base y radio portátil.
- Canales para supervisión y control: Socha 1, Ubaté, Medina, Cáqueza, Chía y San Juan.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue elevado, en especial al terminar el turno.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 30 Grafica dosimetría personal 7 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 28. Valores obtenidos dosimetría personal No. 7 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 7	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,03	2,01
Valores máximos	0,05	4,12
Valores mínimos	0,02	1,12

Fuente: elaboración autores.

Medición 8: realizada el 15/11/2020 desde las 7:03:28 a. m. hasta las 12:47 p. m.

(55 mediciones de 6 minutos).

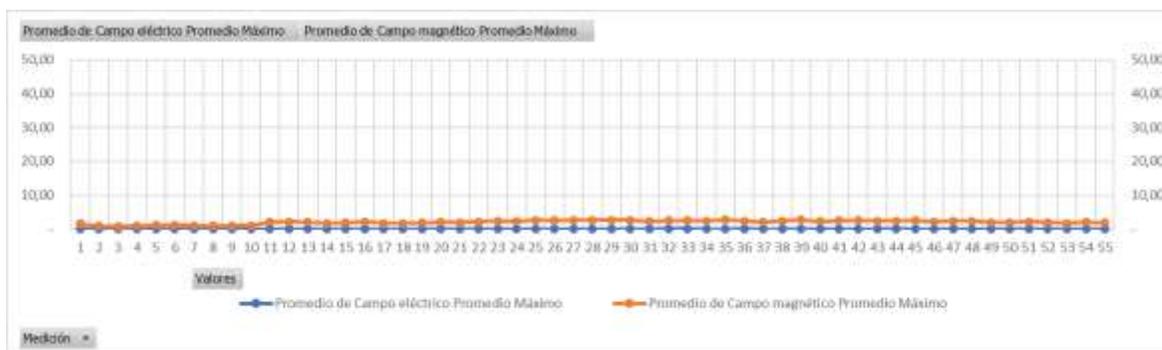
Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 15 del plano general

Equipos:

- 1 celular
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 2 monitores de computador
- 1 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas) y radio base

- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Soacha 2.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue normal.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 31 Grafica dosimetría personal 8 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 29. Valores obtenidos dosimetría personal No. 8 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 8	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,04	2,03
Valores máximos	0,09	2,70
Valores mínimos	0,02	0,78

Fuente: elaboración autores.

Medición 9: realizada el 16/11/2020 desde las 7:55:38 a. m. hasta la 1:47 p. m.

(57 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 19 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio con consola
- 1 radio base

- 1 micrófono para operar el radio base
- 1 teléfono fijo
- 1 equipo avantel
- 1 parlante
- 4 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas), celulares y radio con consola.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,00 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: plan retorno - tránsito.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue elevado.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 32 Grafica dosimetría personal 9 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 30. Valores obtenidos dosimetría personal No. 9 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 9	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,13	2,16
Valores máximos	0,73	3,07
Valores mínimos	0,02	1,00

Fuente: elaboración autores.

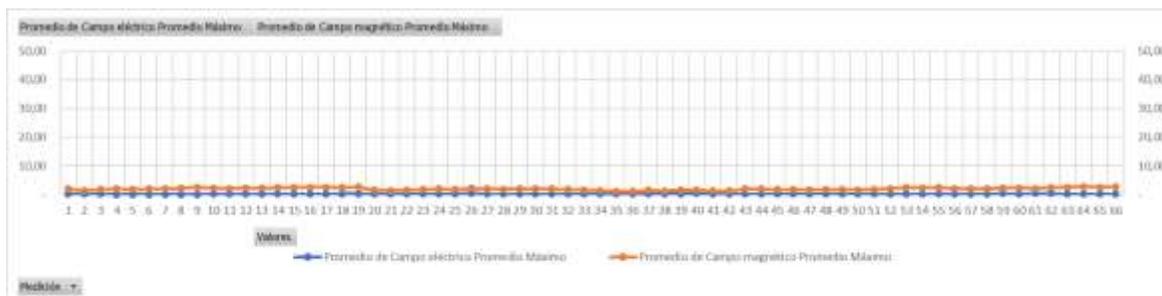
Medición 10: realizada el 16/11/2020 desde las 2:04:37 p. m. hasta las 8:46 p. m.
(66 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 20 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio portátil
- 1 radio base
- 1 micrófono para operar el radio base
- 1 teléfono fijo
- 1 equipo avantel
- 1 parlante
- 4 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas), celulares y radio con consola.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,00 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: plan retorno - tránsito.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue normal.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 33 Grafica dosimetría personal 10 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 31. Valores obtenidos dosimetría personal No. 10 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 10	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,09	1,90
Valores máximos	0,42	2,69
Valores mínimos	0,02	0,96

Fuente: elaboración autores.

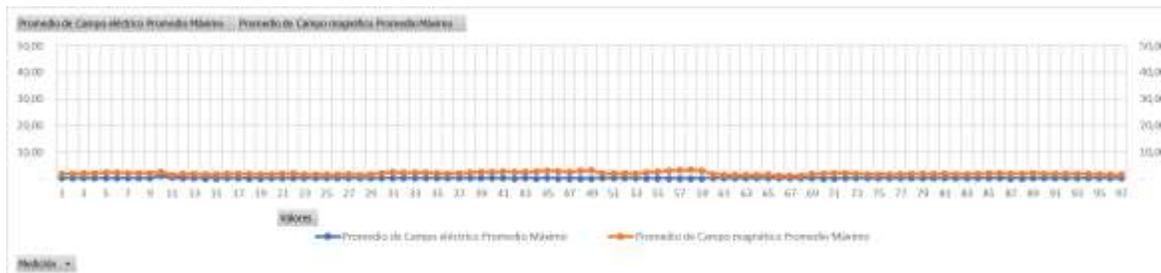
Medición 11: realizada el 16/11/2020 desde las 9:00:35 p. m. hasta el 17/11/2020 a las 7:00 a. m. (97 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 18 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio portátil
- 1 radio base
- 1 micrófono para operar el radio base
- 1 teléfono fijo
- 1 parlante
- 2 monitores de computador
- 1 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas), radio con consola y radio portátil.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Soacha 2.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue normal.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 34 Grafica dosimetría personal 11 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 32. Valores obtenidos dosimetría personal No. 11 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 11	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,05	1,91
Valores máximos	1,11	3,33
Valores mínimos	0,01	1,01

Fuente: elaboración autores.

Medición 12: realizada el 17/11/2020 desde las 7:28:26 a. m. hasta la 1:53 p. m.

(62 mediciones de 6 minutos)

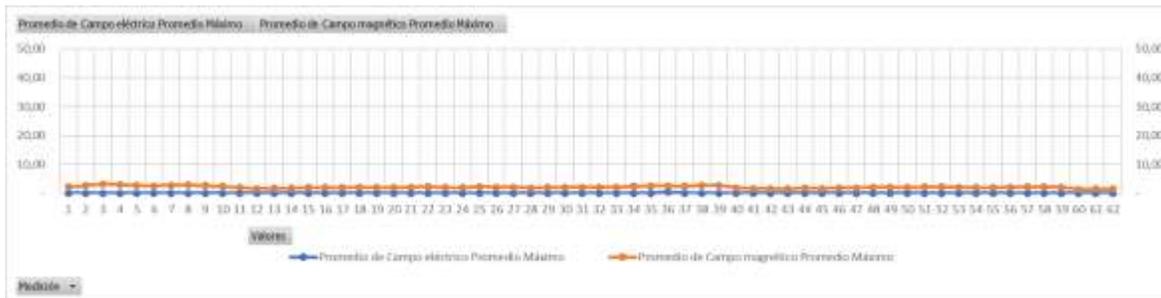
Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 6 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 1 radio consola
- 1 micrófono para operar el radio consola
- 1 parlante
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: radio con consola y celulares.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.

- Canales para supervisión y control: Facatativá, Zipaquirá, Villeta, Pacho y Salgar.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 35 Grafica dosimetría personal 12 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 33. Valores obtenidos dosimetría personal No. 12 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 12	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,05	2,16
Valores máximos	0,49	3,22
Valores mínimos	0,02	1,49

Fuente: elaboración autores.

Medición 13: realizada el 18/11/2020 desde las 7:22:58 a. m. hasta la 1:00 p. m.

(54 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 2 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 2 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola

- 1 teléfono fijo
- 3 parlantes
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: aplicativo web (pantallas), radio con consola y radio portátil.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Fusagasugá, Girardot, Chocontá, Gacheta y La Mesa.
- Mencionó que el flujo de trabajo fue mediano.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 36 Grafica dosimetría personal 13 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 34. Valores obtenidos dosimetría personal No. 13 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol.

Medición 13	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,04	2,47
Valores máximos	0,05	3,90
Valores mínimos	0,02	1,21

Fuente: elaboración autores.

Medición 14: realizada el 18/11/2020 desde las 2:04:44 p. m. hasta la 6:55 p. m.

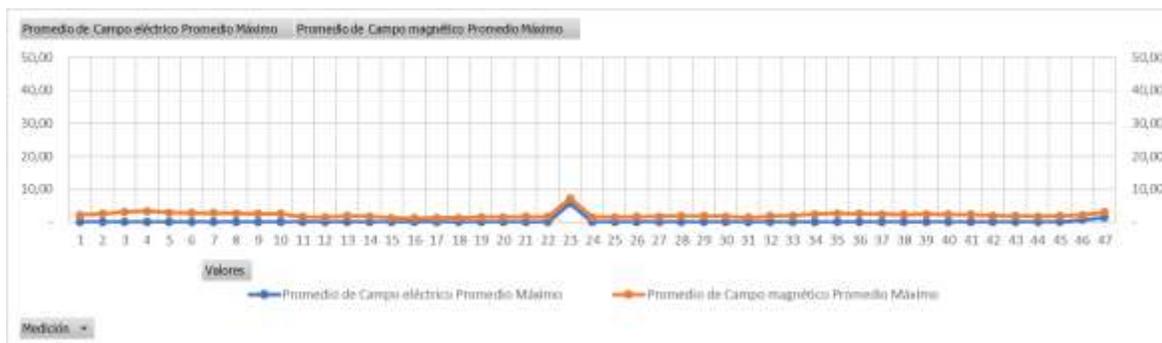
(47 mediciones de 6 minutos)

Cargo: operador de despacho – ubicado en el punto No. 2 del plano general

Equipos:

- 2 celulares
- 2 radio portátil
- 1 radio con consola
- 1 micrófono para operar el radio con consola
- 1 teléfono fijo
- 3 parlantes
- 3 monitores de computador
- 2 CPU
- Medios de comunicación más utilizado: radio portátil, aplicativo web (pantallas) y radio con consola.
- La lampara de iluminación del lugar de trabajo está ubicada a 1,05 metros (a la cabeza del funcionario) en el puesto de trabajo.
- Canales para supervisión y control: Fusagasugá, Girardot, Chocontá, Gacheta y La Mesa
- Mencionó que el flujo de trabajo fue muy elevado.
- Realizó programa con el radio portátil.
- Manifestó realizar varios desplazamientos durante el turno, dentro del lugar de trabajo.

Figura 37 Grafica dosimetría personal 14 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol



Fuente: elaboración autores.

Tabla 35. Valores obtenidos dosimetría personal No. 14 realizada con el EMF Personal Monitor marca Wavecontrol

Medición 14	Promedio de Campo eléctrico Promedio Máximo	Promedio de Campo magnético Promedio Máximo
Promedio	0,21	2,19
Valores máximos	5,81	7,28
Valores mínimos	0,01	1,20

Fuente: elaboración autores.

Anexo 6: especificaciones técnicas y certificados de calibración SMP2

SMP2

**Sistema de Medición
Portátil de Campo
Electromagnético**

ZKI 2 INSTRUMENTOS EN 1:
Análisis espectral &
Banda Ancha

ANÁLISIS ESPECTRAL
FFT en tiempo real

EU SEGURIDAD LABORAL
Directiva 2013/35/UE

MEDICIONES DE BANDA ANCHA
(1 Hz - 40 GHz)

Sondas de campo de 1 Hz a 40 GHz

Análisis espectral [FFT] (1 Hz - 40 GHz)

Mediciones de banda ancha (1 Hz - 40 GHz)

Valores de campo X, Y, Z y Total

Visualización gráfica en tiempo real

Menú dinámico

Método de ponderación de picos (MPP). Comparación en tiempo real con límites

• 1 millón de registros
Base de datos SD

Función Captura de pantalla

Fibra óptica (opcional)

USB

Sondas disponibles

E

100 MHz - 40 GHz

WPF3
WPF6/8
WPF18
WPF40

EH

1 Hz - 400 MHz

WP400
WP400-3
WP50

H

300 MHz - 1 GHz

WPH60
WPH1000

E

Picoval multibanda

WPT

Safety. Quality. Service.

+34 93 320 80 55
www.wavecontrol.com
info@wavecontrol.com

Aplicaciones SMP2. Medición de fuentes de CEM en:



Industria



Telecomunicaciones



Energía



Ferrovial



Medicina



Laboratorios



Aeronáutica



Seguridad laboral



Defensa



Accesorios incluidos en el SMP2:

- Software "SMP2 Reader" para PC: compatible con Windows 7 o versiones superiores.
- Maleta SMP2 para 2 sondas.
- Cable USB.
- Cargador DC.

Accesorios opcionales del SMP2:

- Trípode de madera no reflectante (funda de transporte incluida).
- GPS integrado.
- Interfaz de fibra óptica.
- Cargador de vehículo DC.
- Maleta SMP2 para 3 sondas.
- Funda protectora para SMP2.



Especificaciones técnicas

Versiones	Banda ancha, Selectivo y Dual
Sondas	Detección y reconocimiento automáticos
Banda ancha	1 Hz - 40 GHz (en función de la sonda)
Análisis espectral	1 Hz - 400 MHz (FFT)
Método de ponderación de picos	1 Hz - 400 MHz (MPP en tiempo real para comparar con límites)
Valores de lectura	Campo total (instantáneo, máx., mín. y medio) Componentes de campo (X, Y, Z)
Unidades de campo E	V/m, kV/m, $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, mW/cm^2 , W/m^2 , %
Unidades de campo H	nT, μT , mT, T, A/m, %, mG
Tiempo de registro	Configurable (de 0,5 s a 6 min)
Tipos de media	Ventana deslizante, media aritmética y media normativa conforme a normas internacionales
Intervalos de media	10 s, 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 5 min, 6 min, 10 min, 15 min, 30 min
Programación diferida	Personalizable (hasta 24 horas)
Capacidad de memoria	Más de 1 millón de registros
Descarga de datos	Mini-USB y Fibra Óptica
Actualización Firmware	Mini-USB
Alarma	Señal sonora a 2400 Hz (límite ajustable)
Pantalla	TFT Color transmissivo (480 x 272 píxeles)
GPS (opcional)	Integrado u-blox 7 (56 canales independientes)
Batería	Interna recargable Li-ion
Autonomía	~ 14 horas (con sondas de banda ancha) > 6 horas (con sondas selectivas)
Temperatura	de - 10 °C a + 50 °C
Tamaño	100 x 215 x 40 mm
Peso	575 g

Especificaciones y descripciones sujetas a cambio sin previo aviso.

SMP2 ES 1703-41.2

WAVECONTROL
safety, quality, service

+34 93 320 80 55
www.wavecontrol.com
info@wavecontrol.com



1. Certificado de calibración del equipo de medición en banda ancha campo eléctrico



Los puntos marcados con (\$) no están amparados por la acreditación de ENAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número **19/04522**

Number

Página 1 de 8 páginas

Page 1 of 8 pages

LabCal - Wavecontrol
Laboratorio de calibraciones radioeléctricas
C/ Pallars 65-71
08018 Barcelona

WAVECONTROL

OBJETO <i>Item</i>	Medidor de campo electromagnético + Sonda isotrópica de campo eléctrico
MARCA <i>Mark</i>	Wavecontrol
MODELO <i>Model</i>	Medidor: SMP2 Sonda: WPF8
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	Medidor: 15SN0072 Sonda: 17WP040693
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	TES AMERICA ANDINA S.A.S Cra 20 #140-33 110111 BOGOTÁ D.C. (Colombia)
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of calibration</i>	24/07/2019

Signatario/s autorizado/s
Authorized Signatory/s

Fecha de emisión: 24/07/2019
Date of issue

Alvaro Granero
Laboratory Technician



Laboratory Director

Este certificado se emite de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, según norma ISO 17025, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales e internacionales. ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC). Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Wavecontrol.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC, according to standard ISO 17025, which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards. ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC). This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.



WAVECONTROL

Certificado de Calibración

Página 2 de 8

Número: 19/04522

Método de calibración:

La calibración de sondas de campo se realiza mediante la generación de un valor de campo conocido con polarización lineal. La sonda a calibrar se sitúa en dicho campo, obteniéndose la diferencia entre el valor de campo generado y el campo medido por la sonda a calibrar.

En el margen de frecuencias de 0.1 – 800 MHz se emplea una celda TEM con absorbentes para generar el campo. La sonda a calibrar se coloca paralela al campo eléctrico y perpendicular a la dirección de propagación.

En el margen de frecuencias de 800 MHz – 8 GHz la sonda a calibrar se coloca en una cámara anecoica, utilizando un soporte de baja reflectividad. La sonda se sitúa en la dirección de máxima radiación de una antena de bocina polarizada linealmente, paralela al campo eléctrico y perpendicular a la dirección de propagación.

Los parámetros de calibración obtenidos son los siguientes:

1- Factor de corrección (FC)

El factor de corrección se ha obtenido utilizando la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{\text{Campo Aplicado}}{\text{Campo Medido por la Sonda}} \quad FC^2 = \frac{\text{Densidad de potencia Aplicada}}{\text{Densidad de Potencia Medida por la sonda}}$$

Multiplicando el valor medido con la sonda calibrada por el factor de corrección correspondiente se obtiene el valor de campo real.

2- Linealidad

Es la variación del Factor de Corrección en función del nivel de campo aplicado para una misma frecuencia.

3- Respuesta en frecuencia

Es la variación del Factor de Corrección en función de la frecuencia para un mismo nivel de campo aplicado.

Trazabilidad:

DARE Calibrations
NPL (National Physical Laboratory)
Applus Metrologia

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Wavecontrol.



2. Certificado de calibración del equipo de medición en banda ancha campo magnético

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration

Número **NE19/00515**
Number

Página 1 de 5 páginas
Page 1 of 5 pages

LabCal - Wavecontrol
Laboratorio de calibraciones radioeléctricas
C/ Pallars 65-71
08018 Barcelona

WAVECONTROL

OBJETO <i>Item</i>	Medidor de campo electromagnético + Sonda isotrópica de campo magnético
MARCA <i>Mark</i>	Wavecontrol
MODELO <i>Model</i>	Medidor: SMP2 Sonda: WPH60
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	Medidor: 15SN0072 Sonda: 17WP110012
SOLICITANTE <i>Applicant</i>	TES AMERICA ANDINA S.A.S Cra 20 #140-33 110111 BOGOTÁ D.C (Colombia)
FECHA/S DE CALIBRACIÓN <i>Date/s of calibration</i>	30/07/2019

Signatario/s autorizado/s
Authorized Signatory/ies

Fecha de emisión: 30/07/2019
Date of issue

Álvaro Granero
Laboratory Technician



Laboratory Director

This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.



WAVECONTROL

Certificado de Calibración

Página 2 de 5

Número: **NE19/00515**

Método de calibración:

La calibración de sondas de campo se realiza mediante la generación de un valor de campo conocido con polarización lineal. La sonda a calibrar se sitúa en dicho campo, obteniéndose la diferencia entre el valor de campo generado y el campo medido por la sonda a calibrar.

Se emplea una celda TEM para generar el campo. La sonda a calibrar se coloca paralela al campo magnético y perpendicular a la dirección de propagación.

Los parámetros de calibración obtenidos son los siguientes:

1- Factor de corrección (FC)

El factor de corrección se ha obtenido utilizando la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{\text{Campo Aplicado}}{\text{Campo Medido por la sonda}} \quad FC^2 = \frac{\text{Densidad de potencia Aplicada}}{\text{Densidad de Potencia Medida por la sonda}}$$

Multiplicando el valor medido con la sonda calibrada por el factor de corrección correspondiente se obtiene el valor de campo real.

2- Linealidad

Es la variación del Factor de Corrección en función del nivel de campo aplicado para una misma frecuencia.

3- Respuesta en frecuencia

Es la variación del Factor de Corrección en función de la frecuencia para un mismo nivel de campo aplicado.

Trazabilidad:

DARE Calibrations
NPL (National Physical Laboratory)
Applus Metrologia

Normas de referencia:

IEEE Std 1309-2013 "Standard for Calibration of Electromagnetic Field Sensors and Probes, Excluding Antennas, from 9 kHz to 40 GHz"

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Wavecontrol.

Anexo 7: especificaciones técnicas EMF personal monitor Wavemon

WaveMon



EMF Personal Monitor



EXCESSIVE EXPOSURE WARNING
Audible, visual and vibration alarm



DATA LOGGING
USB downloading and configuration



ICNIRP, 2013/35/EU, FCC, SCS
Weighted response to the standards



HARNES, BELT OR ARM HOLDER
Professional and convenient



Harness, belt or arm holder

Datalogger

Rechargeable and replaceable batteries for 200 h autonomy

Isotropic sensors with RMS response E & H Fields

EMF exposure in % of the standard

ON/OFF status button

High intensity audible and vibration alarms

USB and tripod connectors



WAVECONTROL
Safety. Quality. Service.

+34 93 320 80 55
www.wavecontrol.com
info@wavecontrol.com

WaveMon Applications.



Industry



Telecommunications



Powerline



Railway



Medical



Labs



Aeronautical



Worker's safety



Defense



Technical Specifications

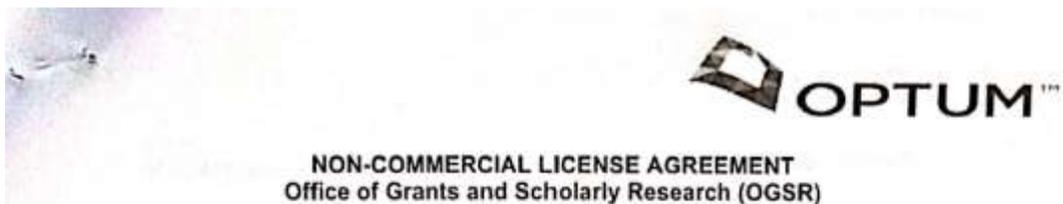
Sensor type	Isotropic, RMS diode technology
Response	Shaped (ICNIRP 1998, Directive 2013/35/EU, FCC and Safety Code 6)
Interface	1 button on/off, status and low battery LED
Indicators	6 LEDs + Audio + Vibration
Alarm threshold	2 limits adjustable by user
Connectivity	Waterproof USB
Falling detection	Yes
Temperature sensor	Yes
Autonomy	>1 month (at 8 h/day, 5 days/week)
Data logger	>1 000 000 events
Logging interval	1 sec to 6 min (adjustable by user)
Battery Type	2 x AA NiMH battery rechargeable by USB
Protection	IP 54
Temperature range	-20 / +50 °C (-4 / +122 °F)
Size	174 x 42.5 x 33 mm (6.8 x 1.7 x 1.3")
Weight	190 g (6.7 oz.)

	Standard (occupational)	E-field	H-field
Frequency range	ICNIRP 1998	1 MHz-8 GHz	25 MHz - 1 GHz
	EMF Directive 2013/35/EU	3 MHz-8 GHz	3 MHz - 1 GHz
	FCC (Federal Communications Commission)	10 MHz - 8 GHz	25 MHz - 1 GHz
Dynamic range	Safety Code 6	5-300 %	15-300 %

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice

WaveMon EN 1802 v1.0

Anexo 8: Licencia No. QM053144 – OPTUM (SF-36 Versión 2)



License Number: QM053144

Licensee Name: Julian Martinez Mancipe c/o Pontificia Universidad Javeriana

Licensee Address: Luis Alejandro Garcia MD, Calle 85 #7-24 (502), Bogota CO

Approved Purpose: Measurement and evaluation of the conditions of occupational exposure to radio frequency electromagnetic fields of personnel working in an XYZ security company located in Bogotá (Colombia)

Study Name: Student Thesis/ Dissertation

Study Type: Non-commercial academic research and/or thesis – Unfunded Student

Data Collection Method: Handheld

Therapeutic Area: Wellness & Lifestyle

Royalty Fee: None, because this License is granted in support of the non-commercial Approved Purpose

A. Effective Date: This Non-Commercial License Agreement (the "Agreement") from the Office of Grants and Scholarly Research (OGSR) is made by and between OptumInsight Life Sciences, Inc. (f/k/a QualityMetric Incorporated) ("Optum"), 1301 Atwood Ave, Suite 311N, Johnston, RI 02919 and Licensee. This Agreement is entered into as of the date of last signature below and is effective for the Study Term set forth on Appendix B.

B. Appendices: Capitalized terms used in this Agreement shall have the meanings assigned to them in Appendix A, Appendix B and Appendix D. Licensee agrees the study information completed on Appendix D – Project details form (Questionnaire) is for non-commercial use. The appendices attached hereto are incorporated into and made a part of this Agreement for all purposes.

C. Grant of License: Subject to the terms of this Agreement, Optum grants to Licensee a non-exclusive, non-transferable, non-sublicensable worldwide license to use, solely for the Approved Purpose and during the Study Term, the Licensed Surveys, Software, SMS Scoring Solution, and all intellectual property rights related thereto ("Survey Materials"), in the authorized Data Collection Method, Modes of Administration, and Approved Languages indicated on Appendix B; and to administer the Licensed Surveys only up to the total number of Administrations (and to make up to such number of exact reproductions of the Licensed Surveys necessary to support such Administrations) in any combination of the specific Licensed Surveys and Approved Languages, Data Collection Method, and Modes of Administration.

EXECUTED by the duly authorized representatives as set forth below.

OptumInsight Life Sciences, Inc.

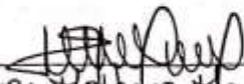
Julian Martinez Mancipe c/o Pontificia Universidad Javeriana

Signature: _____

Name: _____

Title: _____

Date: _____

Signature: 

Name: Julian Martinez Mancipe

Title: Student

Date: 18 de junio de 2020

APPENDIX B



LICENSE AGREEMENT - DETAILS

Licensee: Pontificia Universidad Javeriana
Julian Martinez Mancipe
Carrera 45 No. 22 a - 60 Bogotá

License Number: QM053144

Amendment to: N/A

Study Term: 06/20/20 to 06/20/21

Master License
Term: N/A

Approved Purpose
Measurement and evaluation of the conditions of
occupational exposure to radio frequency
electromagnetic fields of personnel working in an X

Study Name: Student Thesis/ Dissertation
Protocol:
Govt. ID:
Study Type:
Clients Reference:

Licensed Surveys (Modes) and Services:

Item	Description	Mode of Admin	Quantity
SS505	PRO CoRE Annual Licensing Fee Individual and Aggregate Level Reports with Below Benchmarks turned on:		1
ES0220	SF-36v2, Self-Reported, 4-Week Recall	Paper	1
Approved Languages:			
Spain (Spanish)			
IS0220	SF-36v2 Interviewer Script	Interview Script	1
Approved Languages:			
Spain (Spanish)			
ADM012	Patient Enrolled Annually		45
ADMINS	Administrations (45 x 2)round to nearest 100		100
SS520	Keys to score the SF-36v2		100
SS819	Keys to Recover Missing Scores		100
SS820	Data Quality Evaluation Report		100
SS822	Keys to Check for Response Consistency		100
IT0105	Timepoints		2