

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION - REY BALDUINO DE BÉLGICA

“EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIONES NO
IONIZANTES EN EL GRAN CONCEPCIÓN”

Trabajo de Titulación para optar
al Título de Técnico
Universitario en
TELECOMUNICACIONES Y
REDES.

Alumno:
Deisy Reyes

Profesor Guía:
Milton Marín

RESUMEN

La ciudad de Concepción, ubicada en la octava región del país, es la segunda ciudad de Chile en concentrar la mayor cantidad de antenas, esto conlleva a que la densidad de potencia a la que la gente se encuentra expuesta sea mayor. La Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) es un organismo del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, su función es coordinar, promover, fomentar y desarrollar las telecomunicaciones en Chile, controlando el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas pertinentes. Una de ellas es la ley de antena 20.599, que procura que la densidad de potencia no exceda un valor en ciertas áreas, denominadas zonas sensibles, que hace referencia a los asilos de ancianos, hospitales, jardines infantiles, salas cuna y establecimientos educacionales. La fiscalización de este tipo de normas es casi nula, por lo cual se realizó una evaluación teórica y experimental de la exposición de la población a la radiación electromagnética provocado por estaciones base de telefonía móvil, en la ciudad indicada anteriormente, este proceso se efectuó con un analizador de espectro, en lugares que tienen características esenciales para este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema.....	2
Solución.....	2
Objetivos.....	2
CAPÍTULO 1: TELEFONÍA MÓVIL.....	3
1.1 Celular.....	4
1.2 Red móvil.....	5
1.3 Tecnologías.....	6
1.4 Bandas de frecuencias en Chile.....	6
1.5 Analizador de espectro.....	8
CAPÍTULO 2: LEY 20.599.....	10
2.1 Ley de antena.....	11
2.2 Riesgos.....	12
2.3 Densidad de potencia.....	13
CAPÍTULO 3: TRABAJO PRACTICO.....	14
3.1 Metodología.....	15
3.2 Resultados.....	17
CONCLUSIÓN.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1-1: Distribución de celdas	5
Figura 1-2: Analizador de espectros	8
Figura 3-1: Aaronia ag Spectran hf-6065	14
Figura 3-2: Antena HyperLOG7060	14
Figura 3-3: Captura del software Spectrum Analyzer Software MCS	14
Figura 3-4: Mapa de medición 1	16
Figura 3-5: Mapa de medición 2	20
Figura 3-6: Mapa de medición 3	23
Figura 3-7: Mapa de medición 4	27
Figura 3-8: Mapa de medición 5	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil CLARO	7
Tabla 1-2: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil MOVISTAR	7
Tabla 1-3 Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil ENTEL	7
Tabla 1-4: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil WOM	8
Tabla 2-1: cuadro comparativo de regulación de emisiones que en Chile.	12
Tabla 3-1: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.	16
Tabla 3-2 Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz.	17
Tabla 3-3: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz	17
Tabla 3-4: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz	18
Tabla 3-5: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.	20
Tabla 3-6: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz	21
Tabla 3-7: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz	21
Tabla 3-8: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz	22
Tabla 3-9: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz	24

Tabla 3-10: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz	24
Tabla 3-11: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz	25
Tabla 3-12: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz	26
Tabla 3-13: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz	27
Tabla 3-14: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz	28
Tabla 3-15: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz	29
Tabla 3-16: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz	29
Tabla 3-17: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz	31
Tabla 3-18: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz	32
Tabla 3-19: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz	32
Tabla 3-20: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Espectro en banda 700 MHz	16
Gráfico 3-2: Espectro en banda 900 MHz	17
Gráfico 3-3: Espectro en banda 1900 MHz	18
Gráfico 3-4: Espectro en banda 2600 MHz	18
Gráfico 3-5: Análisis comparativo medición 1	19
Gráfico 3-6: Espectro en banda 700 MHz	20
Gráfico 3-7: Espectro en banda 900 MHz	21
Gráfico 3-8: Espectro en banda 1900 MHz	22
Gráfico 3-9: Espectro en banda 2600 MHz	22
Gráfico 3-10: Análisis comparativo medición 2	23
Gráfico 3-11: Espectro en banda 700 MHz	24
Gráfico 3-12: Espectro en banda 900 MHz	25
Gráfico 3-13: Espectro en banda 1900 MHz	25

Gráfico 3-14: Espectro en banda 2600 MHz	26
Gráfico 3-15: Análisis comparativo medición 3	26
Gráfico 3-16: Espectro en banda 700 MHz	28
Gráfico 3-17: Espectro en banda 900 MHz.	28
Gráfico 3-18: Espectro en banda 1900 MHz.	29
Gráfico 3-19: Espectro en banda 2600 MHz	30
Gráfico 3-20: Análisis comparativo medición 4	30
Gráfico 3-21: Espectro en banda 700 MHz	31
Gráfico 3-22: Espectro en banda 900 MHz	32
Gráfico 3-23: Espectro en banda 1900 MHz	33
Gráfico 3-24: Espectro en banda 2600 MHz	33
Gráfico 3-25: Análisis comparativo medición 5	34

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuaciones 2-1: Densidad de potencia.	12
---------------------------------------	----

SIGLA

OMS: Organización Mundial de la Salud

ICNRIP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection/ Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante

BTS: Base Transceiver Station / Estaciones bases

DHR: Global Human Resources

SÍMBOLOGIA

Gbps: Gigabit por segundo

Mbps: Megabit por segundo

kpbs.: Kilobits por segundo

Ghz: Gigahertz

Mhz: Mega Hertz

$\mu\text{W}/\text{cm}^2$: Microwatts -centímetros cuadrado

rf: Radiofrecuencia

J / s: joule -segundos

H: campo magnético

S: densidad de potencia

SAR: tasa específica de absorción

dB: decibeles

Watts: potencia

m: Metro

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología va en aumento día a día, produciendo un gran proceso de evolución desde el siglo XIX a la actualidad. Centrándonos en el crecimiento de la telefonía, destacamos dos áreas, siendo estas la telefonía fija y móvil. En Chile, el uso de celulares registrados por IMEI tiene un número aproximado de 27 millones en 2019 [1], teniendo en cuenta que la población actual en Chile es de 18 millones de habitantes [2].

El funcionamiento principal del teléfono móvil se realiza a través de la red, que nos permite conectarnos a internet o realizar llamadas. La red móvil (basadas en frecuencias) es transmitida por una estación base sirviendo como una red de comunicación fija para que dos terminales se conecten. Las estaciones base, emiten Radiación de Radio Frecuencia (RRF) que son ondas electromagnéticas de energía generadas por sus transmisores, emiten partículas de energía que son capaces de viajar a través del espacio, tienen una baja frecuencia de onda (3Hz a 30 GHz) y son radiaciones no ionizantes, esto significa que no desplazan electrones de átomos o moléculas. Las antenas en cuestión generan campos electromagnéticos que van decreciendo en su poder a medida que nos alejamos de ellas.

Los humanos y el resto de las formas de vida del planeta hemos podido prosperar a través del tiempo sobre una superficie terrestre sometida a radiación electromagnética (incluso ionizante), en ese camino desarrollamos mecanismos de protección y de reparación molecular y tisular del daño generado por esta radiación, mecanismos adquiridos para que esta exposición no genere problemas en los individuos y por ende no ocasione riesgos a la supervivencia de la especie.

La exposición está cambiando a la gran demanda del uso de estos dispositivos electrónicos y con el fin de garantizar un mayor acceso a las telecomunicaciones, mejorar la calidad en el servicio de los usuarios, la incorporación de las estaciones bases en el país irán en aumento junto a ellas, lo que puede traer consigo una preocupación de la ciudadanía, siendo una de ellas la cercanía a sus hogares o la exposición humana a los campos electromagnéticos producidos por estos equipos de telecomunicaciones.

Para las personas que viven cerca de estaciones base de telefonía móvil, se han observado efectos en neurotransmisores, linfocitos de sangre periférica con daño en el ADN, niveles de antioxidantes más bajos, disminución de la secreción salival, síntomas neuro-conductuales adversos y una mayor incidencia de cáncer. Los niños probablemente son más sensibles a la RRF debido a sus cuerpos en crecimiento, células más inmaduras y desarrollo de sus capacidades aun incompletas [3].

PROBLEMA GENERAL

El gran uso de telefonía móvil en el país implica instalaciones de las Estaciones Base (BTS) en distintas partes de las ciudades. Por ello aumentan la exposición de las personas a la radiación electromagnética.

Problema específico

No existe fiscalización alguna de los niveles de radiaciones en la ciudad de acuerdo con la ley de antena.

SOLUCIÓN:

Medir la densidad de potencia irradiada por las antenas celulares en zonas sensibles con un analizador de espectro, para verificar el cumplimiento de la Ley N°20.599.

OBJETIVOS:

- Realizar una búsqueda de las normas vigentes en Chile con respecto a la radiación que emiten las antenas.
- Realizar medición de densidad en potencia en zonas sensibles en el área de concepción.
- Analizar los datos medidos para una clasificación de valores más altos y evaluar.

CAPÍTULO 1: TELEFONÍA MÓVIL

1.1 CELULAR

Un teléfono (del griego tele, “distancia, lejos”, y phonos, “sonido”) es un aparato de telecomunicación que permite codificar, decodificar y transmitir sonidos a distancia mediante el uso de señales eléctricas.

Con la definición descrita anteriormente derivamos que el teléfono móvil es un dispositivo inalámbrico electrónico compuesto por un receptor y transmisor de señal. La telefonía móvil básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones que está compuesta de antenas repartidas por la superficie terrestre, y de los terminales, que permiten el acceso a dicha red (serie de centrales telefónicas de conmutación de 1.º y 5.º nivel).

Una comunicación a través de teléfonos móviles es aquella en la que los teléfonos no están conectados físicamente mediante cables. El medio de transmisión es el aire y el mensaje se envía por medio de ondas electromagnéticas.

El objeto de la telefonía móvil es el celular, llamado así por las antenas repetidoras que conforman la red, normalmente hexagonales, como en un juego de tablero, creando una inmensa red de hexágonos cada una de las cuales es una célula.

Según las bandas o frecuencias en las que opera el móvil, podrá funcionar en una parte u otra del mundo. Necesitan menos energía para transmitir y alcanzar cualquier estación base que cubre un área más pequeña. Reduciendo la energía necesaria para la transmisión, se reduce el tamaño de la batería y consecuentemente el peso.

Al realizar una llamada el teléfono localiza la estación base con la señal más fuerte y solicita un canal. La estación base permite el acceso al canal y la llamada es entonces aceptada. La llamada es entonces enviada a la red del teléfono local, si es que la llamada es para un teléfono común, de lo contrario será transmitida por la red móvil.

La primera vez que se describió un sistema celular para la comunicación fue en un trabajo de D.HR, de los Laboratorios Bell en 1947. Sin embargo, tuvo que pasar más de dos décadas para que esa idea se pudiera plasmar en un equipo móvil.[4]

La primera llamada móvil la hizo Martín Cooper directivo de Motorola el 3 de abril de 1973. En los años 80 salió al mercado el primer teléfono móvil. Martin Cooper, ingeniero de Motorola, fue quien realizó la primera llamada.[5].

En la década de los 90 el mercado estaba plagado de marcas y de mejoras tecnológicas. Comenzaron a comercializarse modelos algo más compactos para mayor comodidad y algunos de ellos incorporaron la tapa, protegiéndolos más de los golpes.

1.2 RED MÓVIL

Las redes móviles son pensadas para que el teléfono o equipo del usuario pueda moverse con libertad en la zona cubierta por dicha red incluso mientras mantiene una conversación o una conexión de datos.

Una red móvil generalmente se diseña en base a una “cuadrícula celular” que cubre un área geográfica. Las estaciones base se colocan ya sea en el centro de cada celda o en el vértice de un grupo de celdas. La cantidad de estaciones base requeridas para un área dada dependerá del terreno y la cantidad de personas que utilicen teléfonos móviles.

Las redes móviles tienen una capacidad finita para atender llamadas telefónicas simultáneas. Cuantas más personas utilizan los teléfonos móviles, más capacidad se necesita y es necesario instalar más estaciones base más cercanas entre sí. Las redes móviles deben ser diseñadas de acuerdo con la población local y la cantidad de personas que usan la red.

En áreas rurales, donde el uso de teléfonos móviles no es tan alto, las estaciones base en general están ubicadas sobre montes o estructuras altas para maximizar el área de cobertura. Las llamadas pueden transferirse de una estación base a otra.

Si el usuario sale de la celda, el teléfono automáticamente buscará la señal de una estación bases siguiente. En general, hay una transición o “pasaje” sin problemas de una celda a otra. Durante una llamada, el teléfono puede haber pasado por varias estaciones base. Si no hay una estación base adyacente, como en los límites de la red de telefonía móvil, la llamada se interrumpirá.

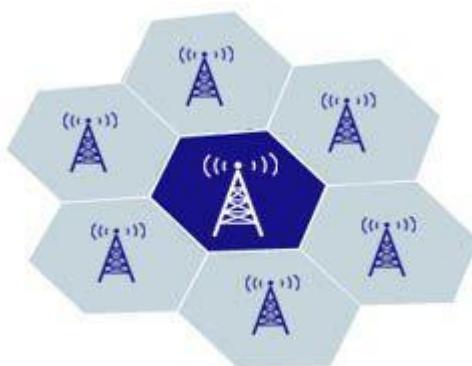


Figura 1-1: Se observa una distribución de celdas.

1.3 TECNOLOGÍAS

En la actualidad, los teléfonos móviles utilizan principalmente tecnologías basadas en redes celulares de estaciones bases, estas se dividen en cuatro generaciones.

1G: Es la abreviación para la telefonía móvil de primera generación. Estos teléfonos fueron lanzados en los años 80 y utilizan tecnología analógica, ofreciendo velocidades de 14.4 kbps.

2G: Fue lanzada en los años 90 y contenían nuevas tecnologías las cuales permitían la introducción de la telefonía rápida y avanzada a las redes. La introducción de esta generación trajo la desaparición de los "ladrillos", dando paso a pequeños aparatos, además, de mejoras en la duración de la batería, tecnologías de bajo consumo energético.

3G: Es la abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante el servicio universal de telecomunicaciones móviles. Los servicios asociados este sistema proporcionan la posibilidad realizar videollamadas, descarga programas, intercambiar correos electrónicos, y mensajería instantánea.

4G: Esta basada en el protocolo IP. El principal uso que se le dará a esta tecnología de redes es mejorar la comunicación entre los teléfonos celulares de todo el mundo, mejorando considerablemente la recepción y manteniendo una velocidad de transmisión de datos alta (100Mbps) 1 Gbps en reposo.

Otro uso que se le dará con mucha frecuencia a las redes 4G, es la ejecución de aplicaciones multimedia, ya que ofrece un mejor soporte multimedia, conexiones Wi-Fi e inalámbricas entre ordenadores.

1.4 BANDAS DE FRECUENCIA EN CHILE

Las comunicaciones inalámbricas se realizan a través del aire usando el espectro radioeléctrico. Por allí se cursan las comunicaciones de radiodifusión, televisión, radioaficionados, móviles y otras.

Una banda de frecuencia es una porción del espectro radioeléctrico, que utilizan las empresas móviles para sus comunicaciones en cada tecnología.

A la fecha, las tecnologías 2G, 3G y 4G están implementadas oficialmente, siguiendo los estándares internacionales en nuestro país, en las siguientes bandas:

2G – 850 MHz / 900 MHz / 1900 MHz

3G – 850 MHz / 900 MHz / 1900 MHz / AWS (1700-2100 MHz)

4G – 700 MHz / 2600 MHz / AWS (1700-2100 MHz)

OPERADOR	BANDA OPERACIÓN (MHz)	TECNOLOGÍA
CLARO	835,0 a 845,0	2G
	880,0 a 890,0	
	891,5 a 894,0	3G
	846,5 a 849,0	
	1870-1885	2G
	1950-1965	3G
	2505-2525	
	2625-2645	4G
	793-803	
	738-748	4G

Tabla 1-1: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil CLARO

OPERADOR	BANDA OPERACIÓN (MHz)	TECNOLOGÍA
MOVISTAR	824,0 a 835,0	3G
	845,0 a 846,5	
	869,0 a 880,0	
	890,0 a 891,5	2G
	1865-1870	
	1945-1950	
	1885-1890	3G
	1965-1970	
	1890-1895	
	1970-1975	
	2545-2565	4G
	2665-2685	
	768-778	4G
	713-723	

Tabla 1-2: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil MOVISTAR

OPERADOR	BANDA OPERACIÓN (MHz)	TECNOLOGÍA
ENTEL	1895-1910	2G
	1975-1990	
	1850-1865	3G
	1930-1945	
	2525-2545	4G
	2645-2665	
	778-793	4G
	723-738	

Tabla 1-3: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil ENTEL

OPERADOR	BANDA OPERACIÓN (MHz)	TECNOLOGÍA
WOM	2140-2155	2G
	1740-1755	3G
	2125-2140	2G
	1725-1740	3G

Tabla 1-4: Bandas de frecuencias celulares en Chile Compañía móvil WOM

1.3 ANALIZADOR DE ESPECTRO

Los analizadores de espectro sirven tanto al profesional como al investigador para análisis de laboratorio o de investigación. Estos se encuentran con rangos de 60, 100, 150 y 250 MHz, así también analógicos y digitales, en tiempo real y / o con memoria. Además, están equipados con dos o cuatro canales, con pantalla monocromática o en color. Para algunos modelos existe un software opcional para imprimir los datos de la pantalla o para transmitir los datos de medición a un PC.

Los analizadores de espectros sirven para estudiar la frecuencia de las señales acústicas, ópticas o eléctricas El analizador de potencia se utiliza para medir el flujo de potencia (W) en un sistema eléctrico. Esto se refiere a la tasa de transferencia eléctrica entre una fuente de energía y su consumo. Por ese motivo, se ocupa la expresión alternativa de potencia como energía por segundo (J / s).



Figura 1-2: Analizador de espectros.

Medir el flujo de potencia se puede llevar a cabo con facilidad utilizando un analizador de potencia estándar. Los sistemas más avanzados adquieren señales eléctricas y realizan cálculos integrados para análisis mucho más complejos. Estos aparatos muestran, mediante gráficas, los componentes espectrales de una señal.

CAPÍTULO 2: “LEY 20.599”

2.1 LEY DE ANTENA

La preocupación de la ciudadanía ha ido en aumento, especialmente en aquellas zonas residenciales donde las torres de antenas sobrepasan con creces el tamaño de las viviendas, frente a los posibles efectos nocivos que la radiación de estas antenas puede provocar en la salud de la población.

Por lo que en junio de 2012 se publicó en el Diario Oficial la Ley N°20.599 que regula la instalación de antenas emisoras y transmisoras de servicios de telecomunicaciones, normando el proceso de autorización para la instalación de torres y resguardando áreas de protección especial, en los casos de áreas sensibles como establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales.

Inició su tramitación el 18 de abril de 2007, por medio de Mensaje del presidente de la República, y luego de una extensa discusión, fue publicada el 11 de junio de 2012

Su relevancia exige estar preocupados de la eficiencia de las telecomunicaciones, que exista una adecuada conectividad, pero también, que su desarrollo no ponga en riesgo otros ámbitos de vital importancia como son la salud y la tranquilidad de la ciudadanía. La primera región más saturada de antenas es Metropolitana siendo la segunda BIO BIO donde se encuentra Concepción.

En Chile el límite de densidad de potencia es de 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ para las antenas instaladas en zonas urbanas, correspondientes a las estaciones base del servicio público de telefonía móvil, transmisión de datos y servicios públicos del mismo tipo que operen en la banda de 700 - 2.600 MHz.

En el caso de cercanía con establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales de enseñanza básica, la densidad de potencia no deberá exceder los 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. [6]

Frecuencia	OMS-ICNIRP	Declaración Científica de Seletun, Noruega (1)	Salzburg, Austria(2)	Chile, antes de 2009 (3)	Chile desde dic. 2009 (4)					
					Todo el País	Todo el País	Todo el País	Zona urbana		Zona Rural
								Nor mal	Sensible	
MHz	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$			
900-1800	450-900	0.017	0.0001	435	100	10	450-900			
1800-2000	900-1000	0.017	0.0001	435	100	10	900-1000			
2000-2200	1000	0.017	0.0001	1000	100	10	1000-1100			
2201-2700	1000	0.017	0.0001	1000	1000	1000	1000			
2701-6000	1000	0.017	0.0001	1000	1000	1000	1000			
6001-30000	1000	0.017	0.0001	1000	1000	1000	1000			

Tabla 2-1: Podemos observar mediante el cuadro comparativo de regulación de emisiones que en Chile la norma es bastante estricta en comparación con lo que exige la OMS.

2.2 RIESGO

a) Estado del debate científico [7]

La evidencia disponible descarta riesgo a la salud, sin embargo, es necesario seguir investigando. Si bien cada Estado posee sus propias normas y estándares respecto de la exposición a campos electromagnéticos, estos estándares se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) (OMS, 2005:51) organización no gubernamental compuesta por expertos científicos independientes.

b) Riesgo asociado a utilización elevada y prolongada de teléfonos móviles.

De acuerdo con estudios recientes, se ha llegado a establecer con algún grado de certeza que la fuente de exposición a campos electromagnéticos tiene diferentes efectos en las personas. De esta manera, el uso prolongado de aparatos de telefonía móvil y redes inalámbricas instaladas al interior de los hogares, presentarían un riesgo para la salud mayor que la generada por las estaciones base. En este sentido, la exposición a radiofrecuencias resultaría más alta para los usuarios de los aparatos que para los que viven cerca de las estaciones.

2.3 ASPECTOS TEÓRICOS DE LA DENSIDAD DE POTENCIA

La densidad de potencia radiada por una antena es una magnitud vectorial que indica la tasa de flujo de energía electromagnética por unidad de área a una distancia de la antena transmisora y se puede calcular dividiendo la potencia de la radiación total por el área de una esfera de radio R, se asume como una radiación de una antena isotrópica (ideal), como se indica en la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P_t}{4\pi R^2} 10^{\frac{G}{10}}$$

Ecuaciones 2-1: Densidad de potencia. Se explica como S es densidad de potencia (en W/m² o mW/cm²), P_t es la potencia total de los canales por sector irradiado por la antena (en W o mW), G es la ganancia de la antena (en dB) y R es la distancia a la antena (en m o cm).

CAPÍTULO 3: TRABAJO PRACTICO

3.1 METODOLOGÍA

Para realizar las mediciones de densidad utilizaremos el analizador de espectro Aaronia ag Spectran hf-6065. Puede detectar las fuentes de potencia, averiguar las causas, determinar la frecuencia y la intensidad de señal de las fuentes, medir las funciones de límite y aumento, tienen una interfaz USB con control remoto de tiempo real para ser conectados con el PC. Su rango de frecuencia de RF es 10 MHz a 6 GHz, usaremos la antena HyperLOG7060 con mango tipo pistola, que es direccional que concentra la mayor parte de la energía radiada de manera localizada, aumentando así la potencia recibida por el receptor.



Figura 3-1: Aaronia ag Spectran hf-6065” Figura 3-2: Antena HyperLOG7060

Compuesto los instrumentos los conectamos a un notebook a través de la entrada USB, haciendo uso del software como características: potencia de canal, espectro, calibración, cascada, histograma, registro diario, límites, resultados, demodulador.

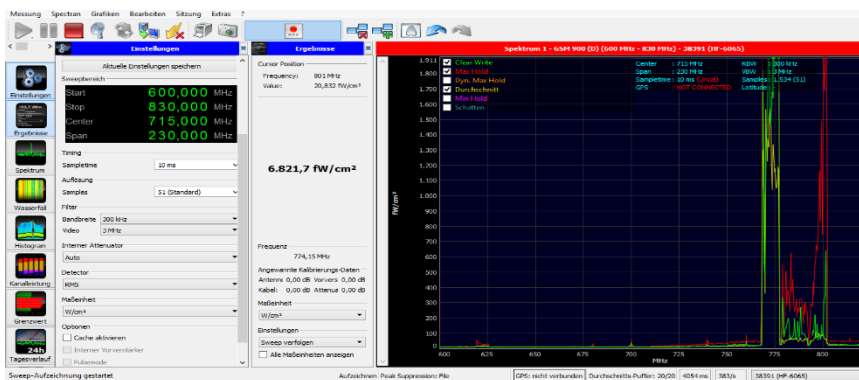


Figura 3-3: Captura del software Spectrum Analyzer Software MCS

Las frecuencias en las que se realizaran las mediciones se dividen en 4 rangos espectrales:

- a) 600-800 MHz
- b) 800-1000 MHz
- c) 1800-2000 MHz
- d) 2500-2700 MHz

La razón es para poder encontrar una amplitud en la mitad de esas frecuencias y como afecta al alejarse de los rangos.

Debemos medirlo en w/cm^2 , que es la opción que nos da el programa. La medición se realizará en el campo lejano, debe tener un tiempo de muestreo mínimo de 3 minutos.

Identificando los puntos áreas sensibles, preferiblemente donde se encuentre rodeado entre antenas. Se hace un barrido en el sitio de medición, para detectar el punto o puntos de mayor intensidad de radiación electromagnética, con el analizador de espectro.

Se deben tomar las coordenadas del punto o puntos de medición. Al terminar el tiempo de medición, se detiene el equipo y se procede a cambiar de banda de frecuencia. Se tienen que almacenar los registros de cada medición en un computador portátil para realizar el análisis pertinente más adelante, el programa nos da la opción de grabar la información y guardarlo en Excel en formato CSV(delimitado por comas).

Finalmente, al validar los datos obtenidos en las mediciones, el documento es muy extenso, por ello se filtra de 200 en 200 MF, se busca el valor de potencia más alto en ese rango se transforma en microwatts y así sucesivamente, tomando los datos los convertimos en un gráfico.

3.3 RESULTADOS

Lugares de medición

1) Sala cuna y jardín infantil / Castellón 1159, Concepción, Región del Bío Bío



Figura 3-4: "Mapa de medición 1"

Frecuencias	Densidad de potencia
600 MHz	0,572 pW/cm ²
620 MHz	0,003 pW/cm ²
640 MHz	0,005 pW/cm ²
660 MHz	0,001 pW/cm ²
680 MHz	0,005 pW/cm ²
700 MHz	4,997 pW/cm ²
720 MHz	0,213 pW/cm ²
740 MHz	4,997 pW/cm ²
760 MHz	14,248 pW/cm ²
780 MHz	0,769 pW/cm ²
800 MHz	--

Tabla 3-1: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.

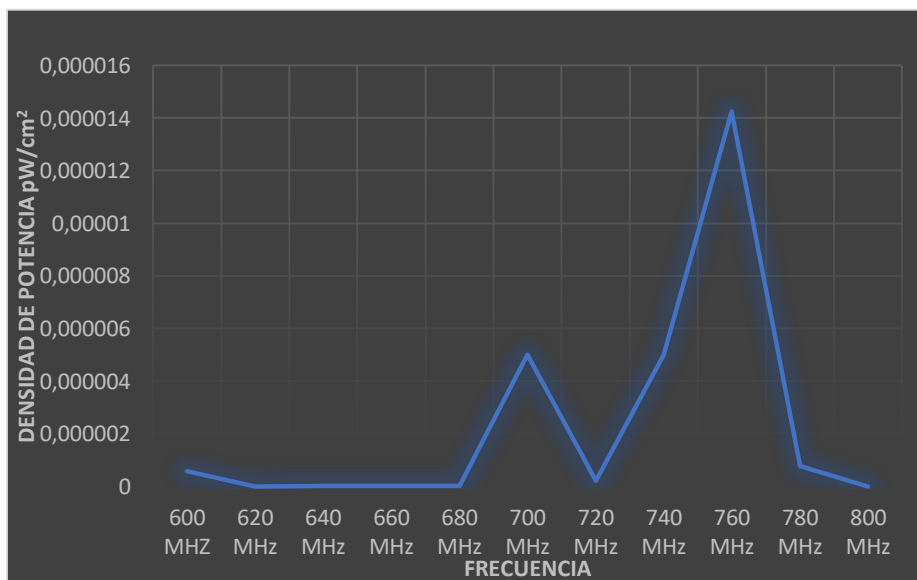


Gráfico 3-1: Espectro en banda 700 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
800 MHz	19,6 pW/cm ²
820 MHz	0,146 pW/cm ²
840 MHz	2,485 pW/cm ²
860 MHz	5,522 pW/cm ²
880 MHz	181,928 pW/cm ²
900 MHz	0,369 pW/cm ²
920 MHz	0,552 pW/cm ²
940 MHz	1,546 pW/cm ²
960 MHz	1,817 pW/cm ²
980 MHz	1,389 pW/cm ²
1000 MHz	--

Tabla 3-2: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz.

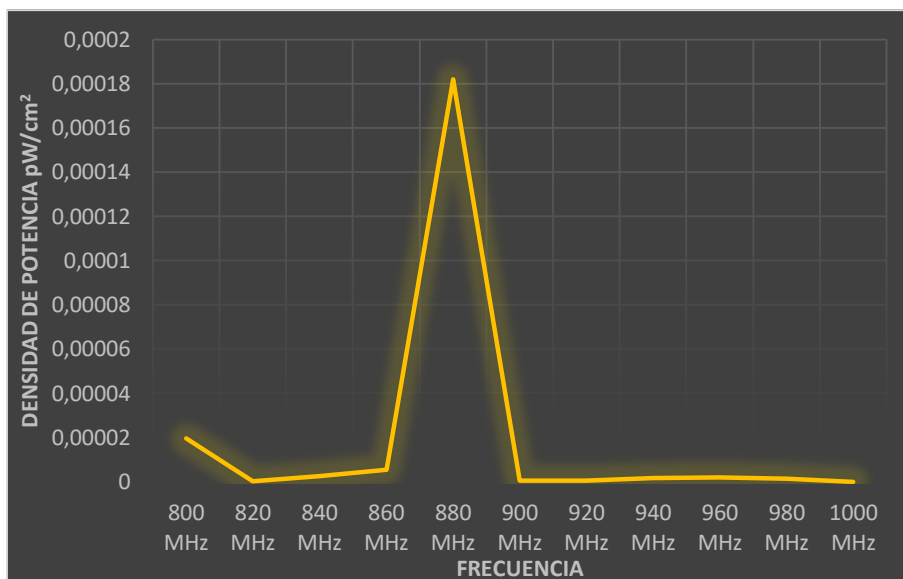


Gráfico 3-2: Espectro en banda 900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
1800 MHz	1,127 pW/cm ²
1820 MHz	0,046 pW/cm ²
1840 MHz	0,413 pW/cm ²
1860 MHz	0,109 pW/cm ²
1880 MHz	0,127 pW/cm ²
1900 MHz	0,857 pW/cm ²
1920 MHz	0,875 pW/cm ²
1940 MHz	28,144 pW/cm ²
1960 MHz	7,651 pW/cm ²
1980 MHz	12,685 pW/cm ²
2000MHz	--

Tabla 3-3: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz.

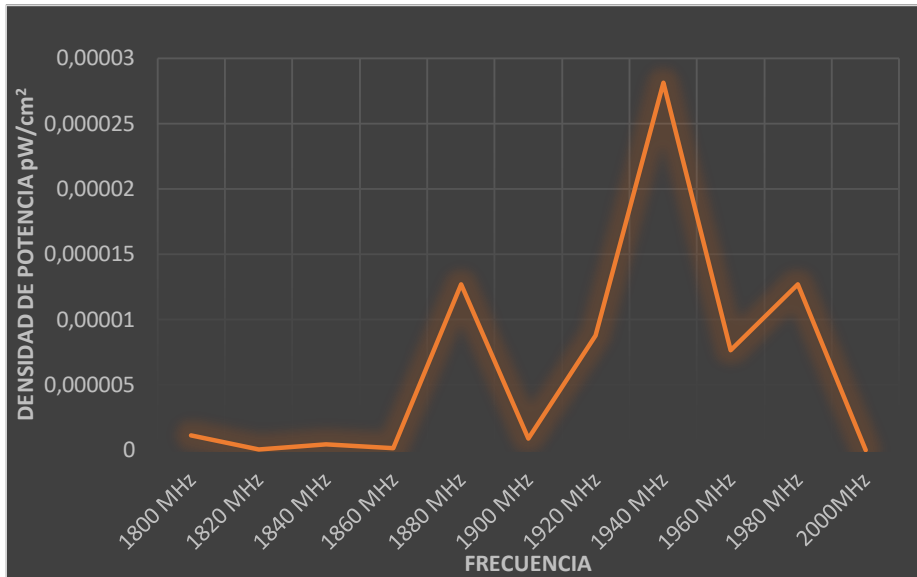


Gráfico 3-3: Espectro en banda 1900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
2500 MHz	0,934 pW/cm ²
2520 MHz	0,470 pW/cm ²
2540 MHz	9,329 pW/cm ²
2560 MHz	10,664 pW/cm ²
2580 MHz	6,112 pW/cm ²
2600 MHz	12,189 pW/cm ²
2620 MHz	26,023 pW/cm ²
2640 MHz	26,281 pW/cm ²
2660 MHz	66,112 pW/cm ²
2680 MHz	52,492 pW/cm ²
2700 MHz	--

Tabla 3-4: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz.

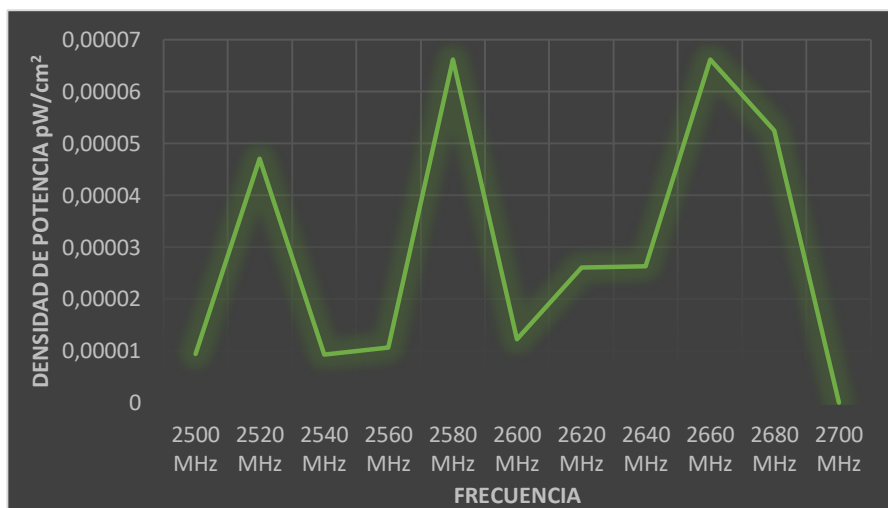


Gráfico 3-4: Espectro en banda 2600 MHz.

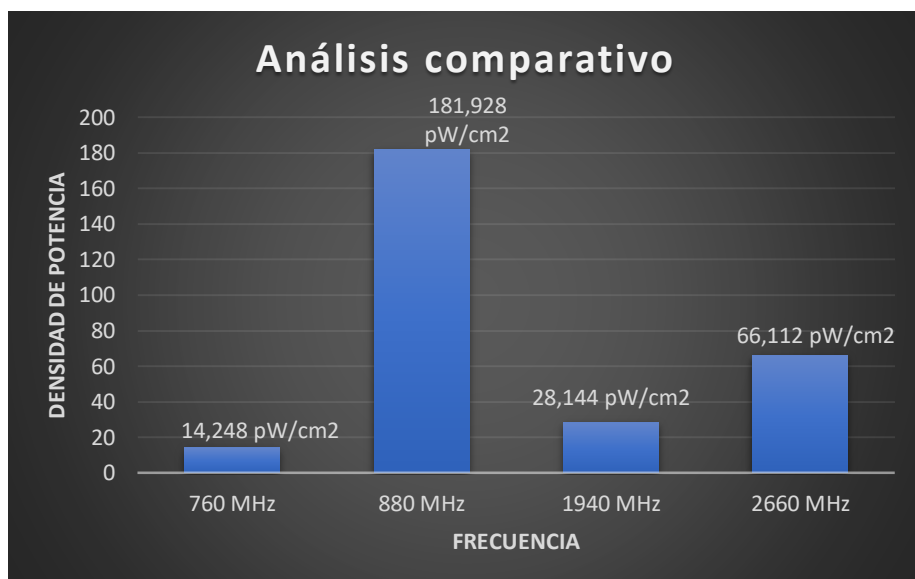


Grafico 3-5 “Análisis comparativo medición 1”

Observaciones: Analizando la ubicación de la sala cuna [anexo 1], está rodeada por dos antenas y según la información de la página web de movistar [8], se está emitiendo una densidad de potencia de $0,0033\text{W}/\text{cm}^2$ y $0,04335\text{ W}/\text{cm}^2$. En la banda de espectro de 700 MHz, encontramos un peak de densidad de potencia entre los 760 y 780 MHz (4G). Entre los 860 y 900 MHz (3G) visualizamos una banda un poco más ancha y que finalmente disminuye hasta llegar a valores casi nulos. En el espectro correspondiente de 1800 y 1900 MHz, se visualiza 3 peaks, dos medianas y una que se destaca en el rango de 1950 MHz, en esta banda de frecuencia encontramos todas las tecnologías 2g, 3g y 4g. Finalmente en el espectro de 2600 MHz donde solo se emite velocidad 4g, observamos cambios de niveles, recordando que en esta frecuencia el límite de densidad de potencia es de $100\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, por la razón que la tecnología ocupada es para navegación de internet. Mediante el gráfico de análisis comparativo podemos ver que la banda de frecuencia 880 MHz es la mas alta medida en este lugar, pero con respecto a todos los lugares medidos la densidad de potencia es la más baja.

2) Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente/ San Martín 1436, Concepción, Región del Bío Bío



Figura 3-5: “Mapa de medición 2”

Frecuencias	Densidad de potencia
600 MHz	0,336 pW/cm ²
620 MHz	0,230 pW/cm ²
640 MHz	0,221 pW/cm ²
660 MHz	0,137 pW/cm ²
680 MHz	0,875 pW/cm ²
700 MHz	0,323 pW/cm ²
720 MHz	0,107 pW/cm ²
740 MHz	0,249 pW/cm ²
760 MHz	506,616 pW/cm ²
780 MHz	10,709624 nW/cm ²
800 MHz	--

Tabla 3-5: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.

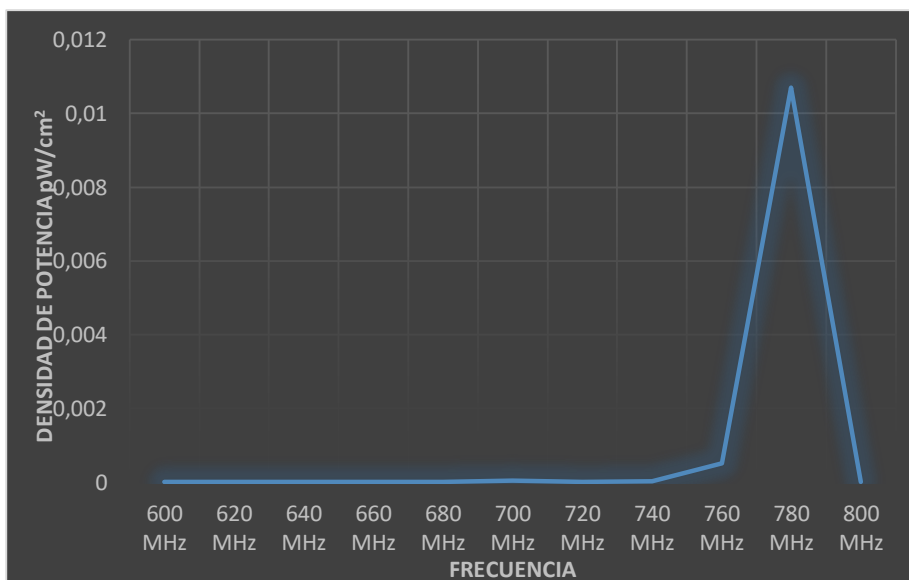


Gráfico 3-6: Espectro en banda 700 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
800 MHz	0,552 pW/cm ²
820 MHz	0,516 pW/cm ²
840 MHz	89,667 pW/cm ²
860 MHz	79,667 pW/cm ²
880 MHz	16,373954 nW/cm ²
900 MHz	48,097 pW/cm ²
920 MHz	10,4091 pW/cm ²
940 MHz	2,897335 nW/cm ²
960 MHz	47,424 pW/cm ²
980 MHz	52,759 pW/cm ²
1000 MHz	--

Tabla 3-6: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz.

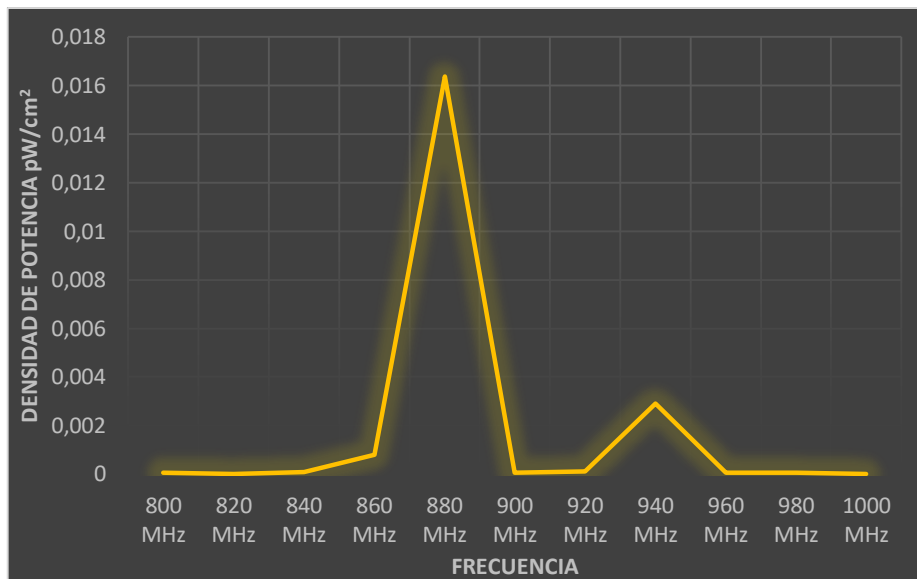


Gráfico 3-7: Espectro en banda 900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
1800 MHz	1,459 pW/cm ²
1820 MHz	0,491 pW/cm ²
1840 MHz	0,741 pW/cm ²
1860 MHz	0,019 pW/cm ²
1880 MHz	0,403 pW/cm ²
1900 MHz	0,948 pW/cm ²
1920 MHz	43,826771 nW/cm ²
1940 MHz	21,567433 nW/cm ²
1960 MHz	68,630145 nW/cm ²
1980 MHz	47,973518 nW/cm ²
2000MHz	--

Tabla 3-7: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz.

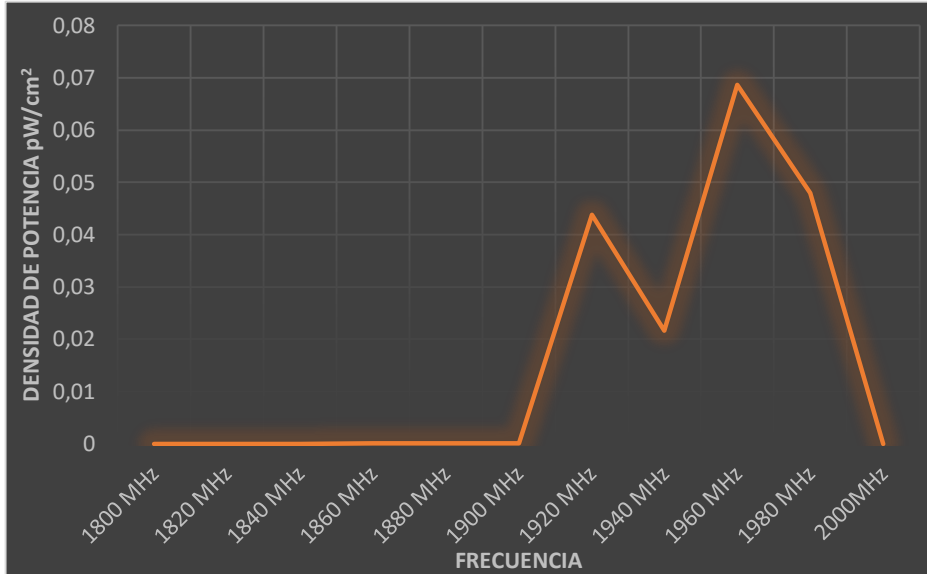


Gráfico 3-8: Espectro en banda 1900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
2500 MHz	0,291 pW/cm ²
2520 MHz	0,124 pW/cm ²
2540 MHz	14,494 pW/cm ²
2560 MHz	832,502 pW/cm ²
2580 MHz	525,478 pW/cm ²
2600 MHz	28,986 pW/cm ²
2620 MHz	225,436 pW/cm ²
2640 MHz	940,577 pW/cm ²
2660 MHz	964,513 pW/cm ²
2680 MHz	243,006 pW/cm ²
2700 MHz	--

Tabla 3-8: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz.

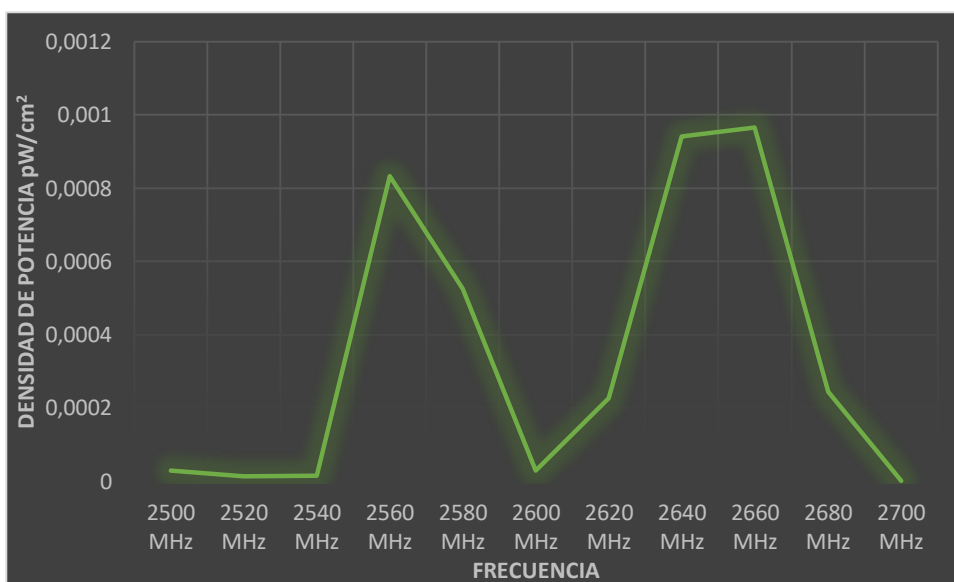


Gráfico 3-9: Espectro en banda 2600 MHz.

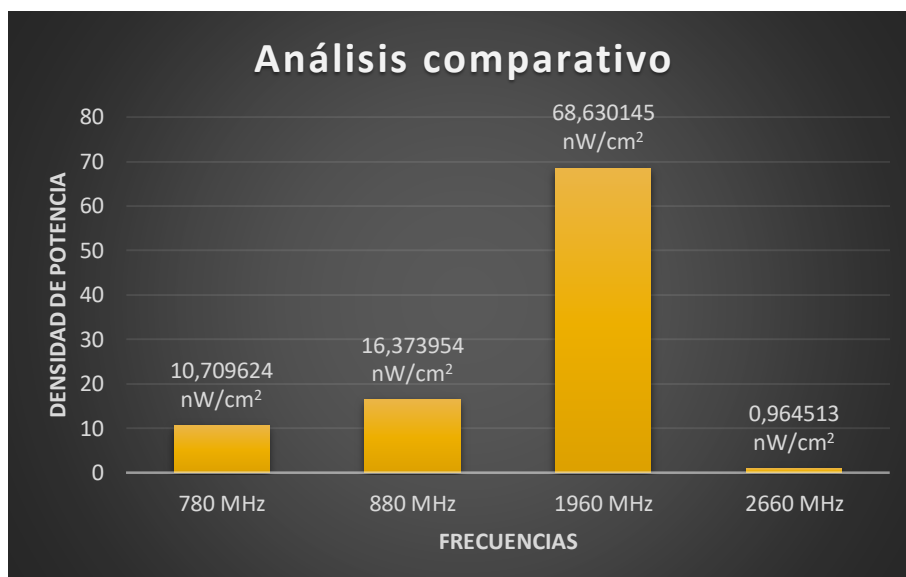


Gráfico 3-10 “Análisis comparativo medición 2”

Observaciones: En la siguiente ubicación medida, la rodea una antena que su potencia es de 0,044767 W/cm² según la página web movistar[anexo1]. El espectro de la banda de 700 MHz es muy parecido con la gráfica de la sala cuna, no encontrando mayores cambios. En el siguiente espectro tenemos unas dos peaks, como corresponde la de 880 MHz donde se encuentran las compañías móviles entregando el servicio de 2g y 3g, su valor sigue bajo de lo que dice la norma. Normalmente la banda de frecuencia de 2600 MHz tendrá valores más altos que los otros rangos, y en este caso, el lugar medido está protegido por la norma como corresponde. En el último espectro se analiza los rangos con máximo valor en las categorías, apreciando la banda de frecuencia de 1960 MHz la más alta, notando gran diferencia de densidad de potencia, ya que aproximadamente en esa frecuencia operan todas las tecnologías. En comparación a todos los lugares medidos, esta se posiciona en el segundo lugar de los valores más altos alcanzados, además es el sector más transitado, destacando niños y adulto mayores.

3) Hogar Hermanitas de los Pobres /Angol 1348, Concepción, Región del Bío Bío



Figura 3-6: “Mapa de medición 3”

Frecuencias	Densidad de potencia
600 MHz	0,311 pW/cm ²
620 MHz	0,284 pW/cm ²
640 MHz	0,474 pW/cm ²
660 MHz	0,924 pW/cm ²
680 MHz	0,140 pW/cm ²
700 MHz	0,917 pW/cm ²
720 MHz	0,700 pW/cm ²
740 MHz	0,143 pW/cm ²
760 MHz	3,016 pW/cm ²
780 MHz	6,618 pW/cm ²
800 MHz	-

Tabla 3-9: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.

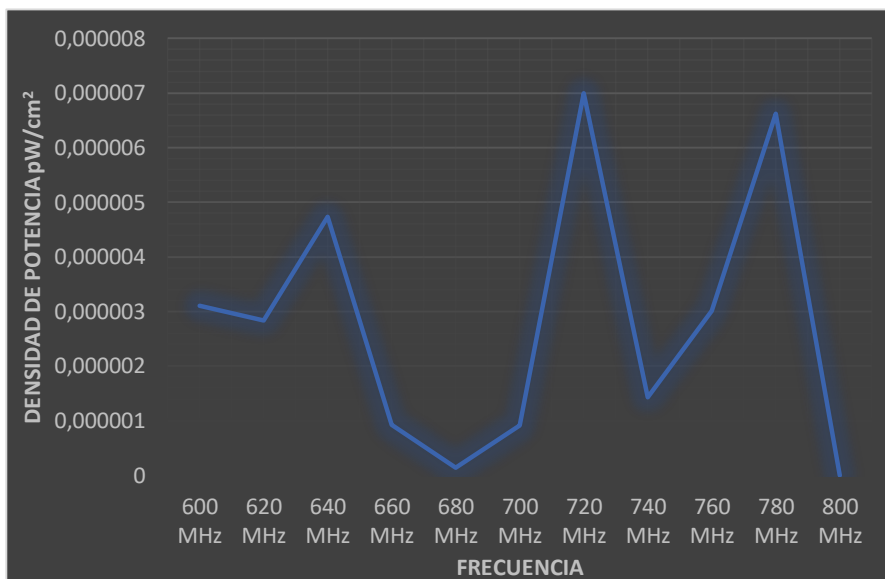


Gráfico 3-11: Espectro en banda 700 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
800 MHz	0,327 pW/cm ²
820 MHz	0,334 pW/cm ²
840 MHz	2,465 pW/cm ²
860 MHz	72,246 pW/cm ²
880 MHz	20,468 pW/cm ²
900 MHz	154,128 pW/cm ²
920 MHz	119,927 pW/cm ²
940 MHz	1,358 pW/cm ²
960 MHz	4,994 pW/cm ²
980 MHz	6,864 pW/cm ²
1000 MHz	--

Tabla 3-10: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900 MHz.

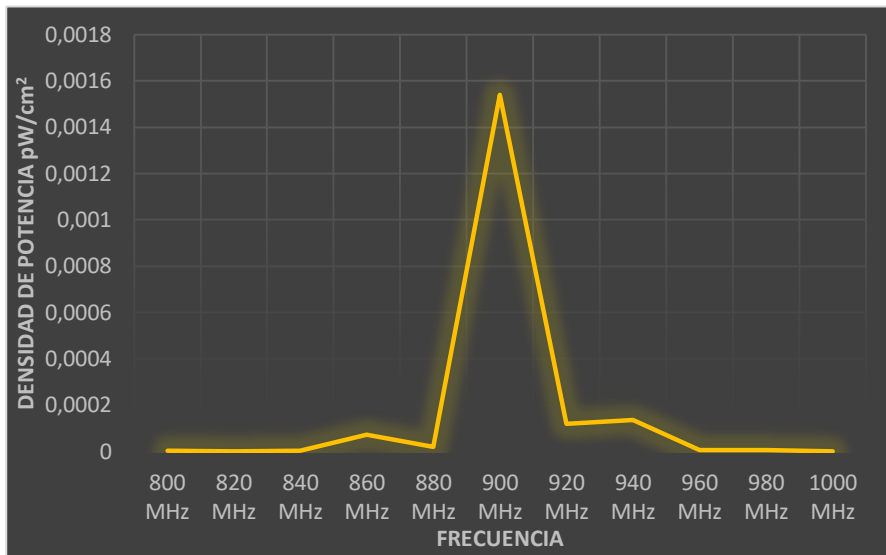


Gráfico 3-12: Espectro en banda 900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
1800 MHz	1,299 pW/cm ²
1820 MHz	0,188 pW/cm ²
1840 MHz	0,176 pW/cm ²
1860 MHz	0,405 pW/cm ²
1880 MHz	0,457 pW/cm ²
1900 MHz	0,218 pW/cm ²
1920 MHz	36,334 pW/cm ²
1940 MHz	83,941 pW/cm ²
1960 MHz	88,961 pW/cm ²
1980 MHz	17,774 pW/cm ²
2000MHz	--

Tabla 3-11: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900 MHz.

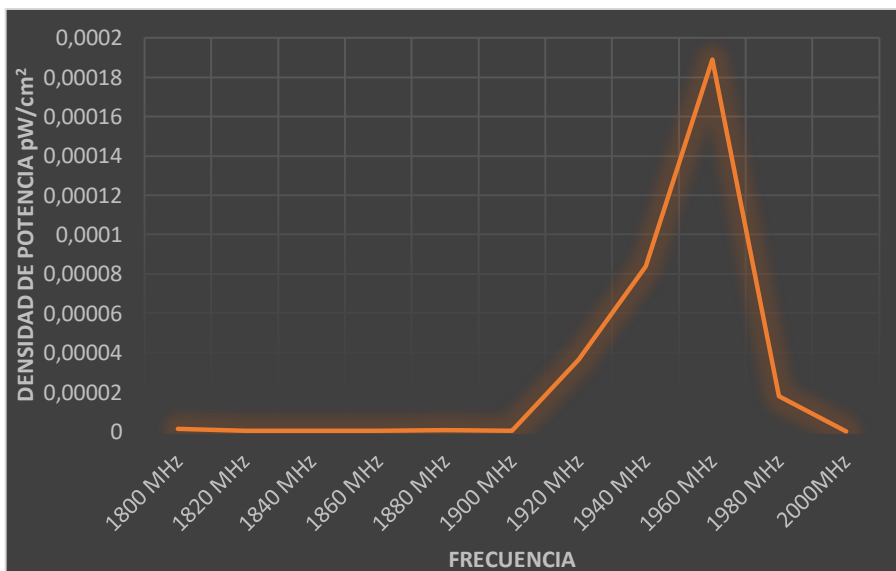


Gráfico 3-13: Espectro en banda 1900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
2500 MHz	0,461 pW/cm ²
2520 MHz	0,413 pW/cm ²
2540 MHz	4,895 pW/cm ²
2560 MHz	29,614 pW/cm ²
2580 MHz	27,299 pW/cm ²
2600 MHz	12,824 pW/cm ²
2620 MHz	29,647 pW/cm ²
2640 MHz	58,298 pW/cm ²
2660 MHz	47,117 pW/cm ²
2680 MHz	37,162 pW/cm ²
2700 MHz	--

Tabla 3-12: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600 MHz.

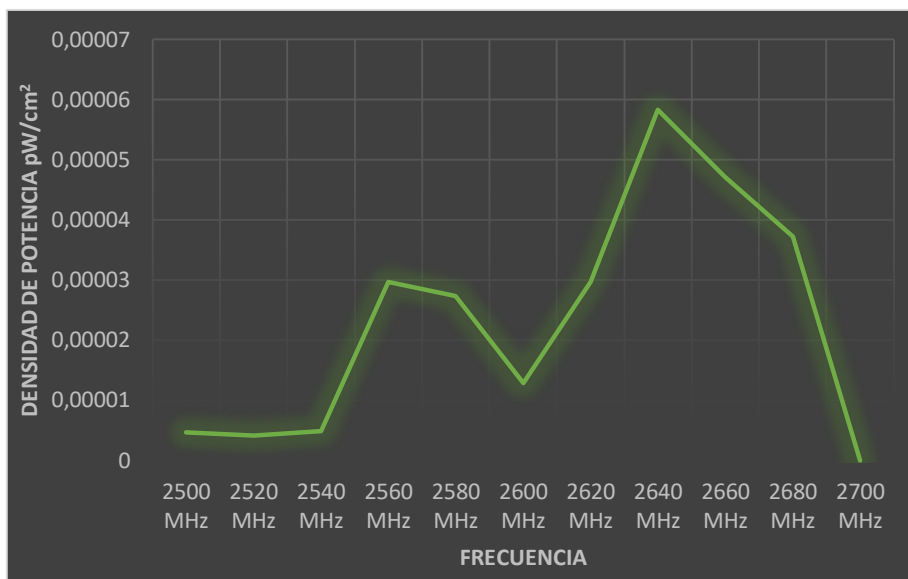


Gráfico 3-14: Espectro en banda 2600 MHz.

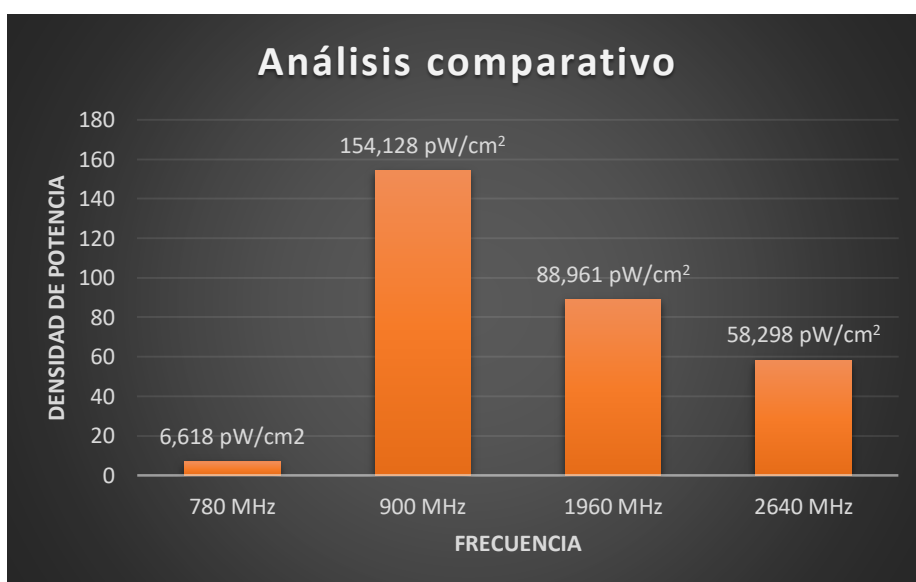


Gráfico 3-15 "Análisis comparativo medición 3"

Observaciones: En esta ubicación, no existen antenas que estén alrededor. Encontramos una diferencia, ya que en los rangos medidos la densidad de potencia más resaltada es en las bandas de 700 MHz, 880 MHz, 1960 MHz y 2640 MHz, pero en esta ubicación la banda de 900 MHz sobrepasa a la de 880 MHz. La radiación en este sector no es alta, debido a la falta de antenas, se analiza por la disminución de densidad de potencia en las bandas correspondientes.

4) Integra Médica El Trébol/Mallplaza El Trébol, Av. Pdte. Jorge Alessandri Rodríguez 3177



Figura 3-7: “Mapa de medición 4”

Frecuencias	Densidad de potencia
600 MHz	0,158 pW/cm ²
620 MHz	0,164 pW/cm ²
640 MHz	0,140 pW/cm ²
660 MHz	0,536 pW/cm ²
680 MHz	0,264 pW/cm ²
700 MHz	0,137 pW/cm ²
720 MHz	0,627 pW/cm ²
740 MHz	0,173 pW/cm ²
760 MHz	4,187414 nW/cm ²
780 MHz	52,33077 nW/cm ²
800 MHz	--

Tabla 3-13: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.

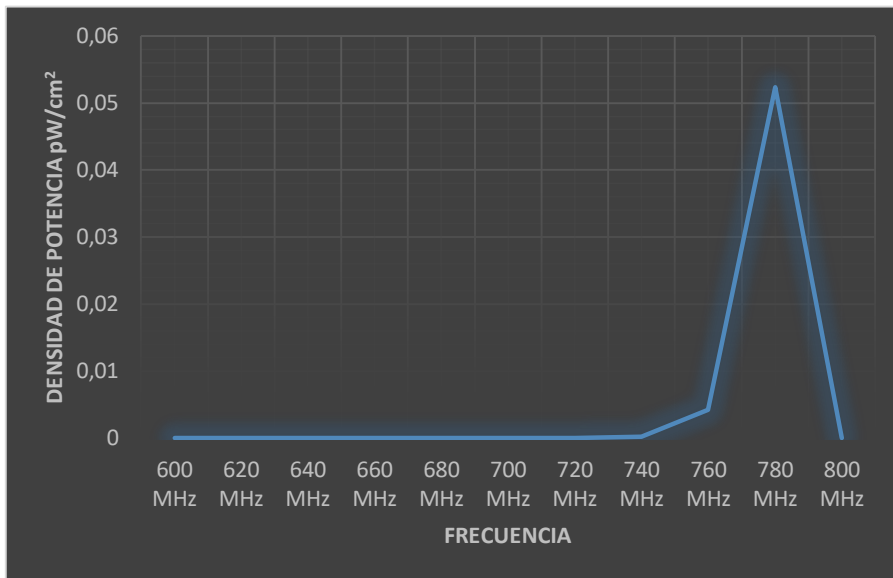


Gráfico 3-16: Espectro en banda 700 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
800 MHz	0,863 pW/cm ²
820 MHz	0,663 pW/cm ²
840 MHz	58,324 pW/cm ²
860 MHz	54,788 pW/cm ²
880 MHz	11,167526 nW/cm ²
900 MHz	154,457 pW/cm ²
920 MHz	213,395 pW/cm ²
940 MHz	95,55796 nW/cm ²
960 MHz	235,033 pW/cm ²
980 MHz	351,813 pW/cm ²
1000 MHz	--

Tabla 3-14: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900MHz.

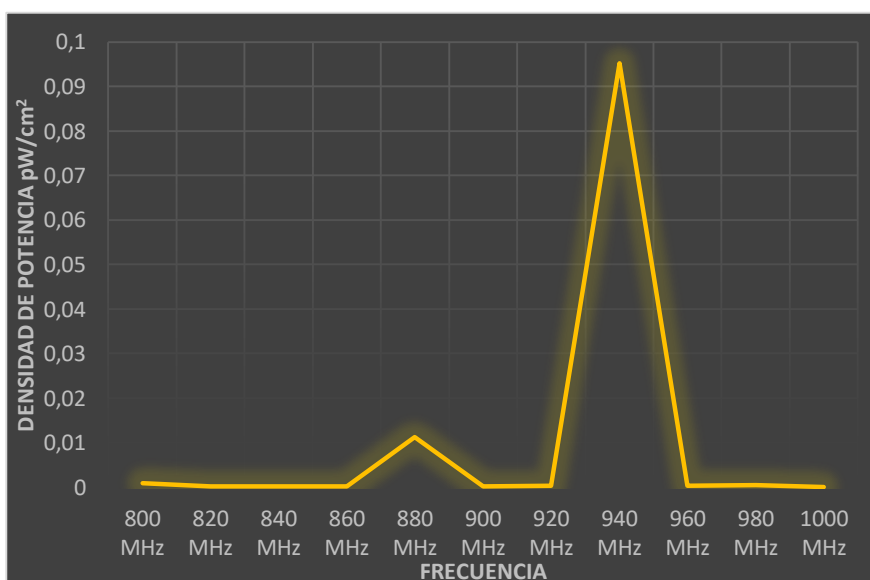


Gráfico 3-17: Espectro en banda 900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
1800 MHz	3,375 pW/cm ²
1820 MHz	0,469 pW/cm ²
1840 MHz	0,873 pW/cm ²
1860 MHz	0,214 pW/cm ²
1880 MHz	0,793 pW/cm ²
1900 MHz	0,121 pW/cm ²
1920 MHz	146,387 pW/cm ²
1940 MHz	2,748 pW/cm ²
1960 MHz	10,539035 nW/cm ²
1980 MHz	171,096 pW/cm ²
2000MHz	--

Tabla 3-15: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900MHz.

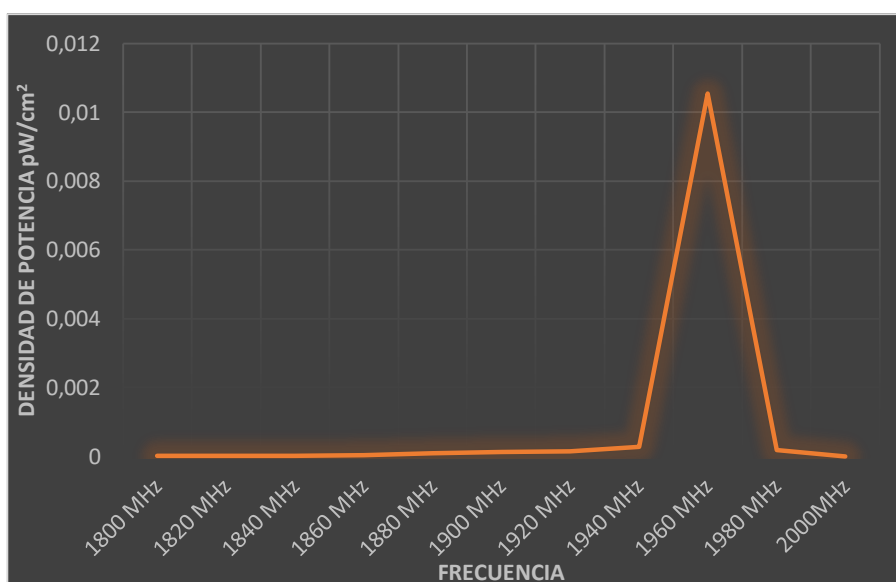


Gráfico 3-18: Espectro en banda 1900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
2500 MHz	0,389 pW/cm ²
2520 MHz	0,185 pW/cm ²
2540 MHz	37,857 pW/cm ²
2560 MHz	13,553455 nW/cm ²
2580 MHz	4,107938 nW/cm ²
2600 MHz	81,197 pW/cm ²
2620 MHz	2,274469 nW/cm ²
2640 MHz	14,699115 nW/cm ²
2660 MHz	11,405886 nW/cm ²
2680 MHz	8,775502 nW/cm ²
2700 MHz	--

Tabla 3-16: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600MHz.

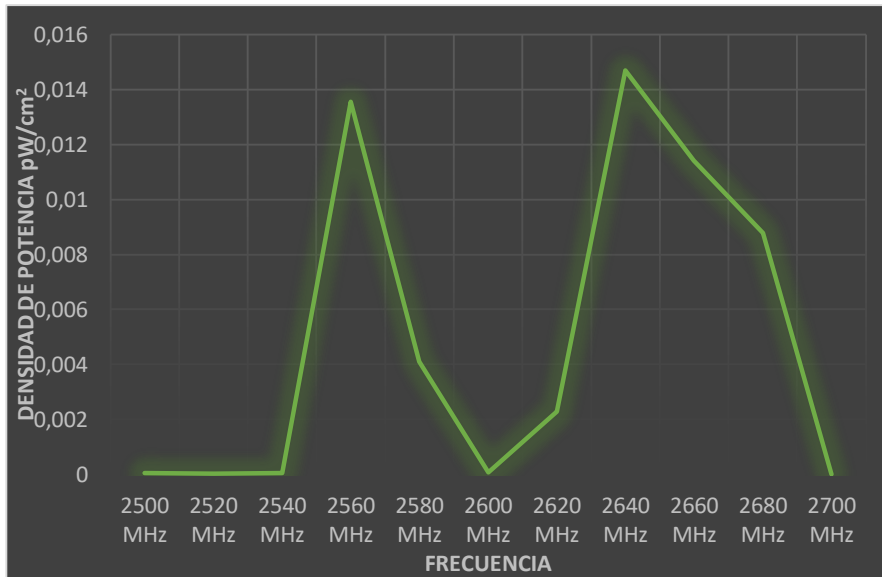


Gráfico 3-19: Espectro en banda 2600 MHz.

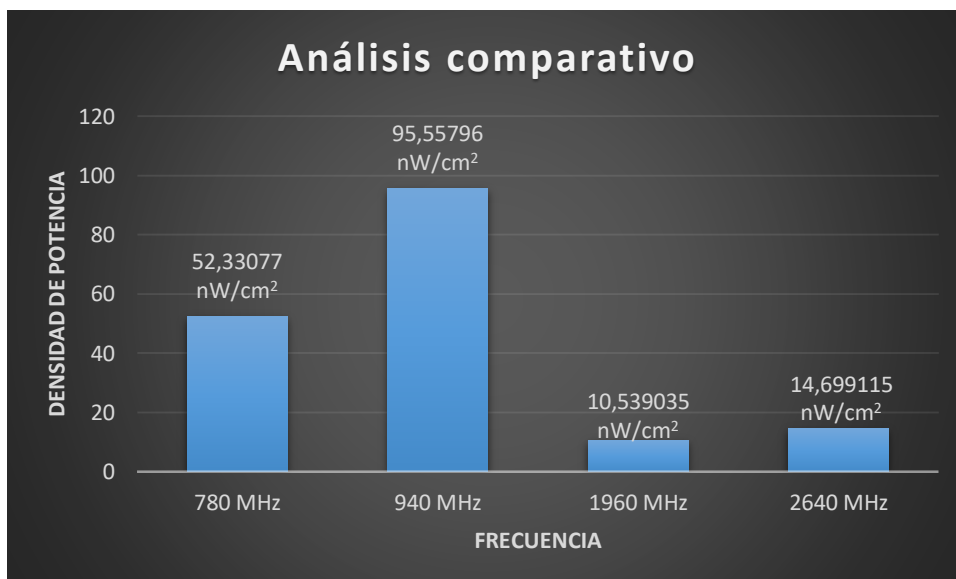


Gráfico 3-20 “Análisis comparativo medición 4”

Observaciones: Este lugar está rodeado por dos antenas que emiten una densidad de potencia de $0,0455 \text{ W/cm}^2$ y $0,044700 \text{ W/cm}^2$ según página web de movistar[anexo1]. En la frecuencia 700 MHz encontramos normalidad comparando con las otras medidas. En el espectro de 1960 MHz observamos una decaída de densidad. Los datos analizados nos dan un indicio de una regularidad de valores en las 3 últimas frecuencias. Con respecto a la medición, este sector ocupa el primer lugar con densidad de potencia más alta y aun así no irrumpe con las normas del gobierno.

5) Escuela República de Israel, Calle Martínez de Rozas 1645, Concepción



Figura 3-8: " Mapa de medición 5"

Frecuencias	Densidad de potencia
600 MHz	0,166 pW/cm ²
620 MHz	0,118 pW/cm ²
640 MHz	0,180 pW/cm ²
660 MHz	0,540 pW/cm ²
680 MHz	0,121 pW/cm ²
700 MHz	1,390 pW/cm ²
720 MHz	0,550 pW/cm ²
740 MHz	0,570 pW/cm ²
760 MHz	5,002 pW/cm ²
780 MHz	5,805 pW/cm ²
800 MHz	--

Tabla 3-17: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 700 MHz.

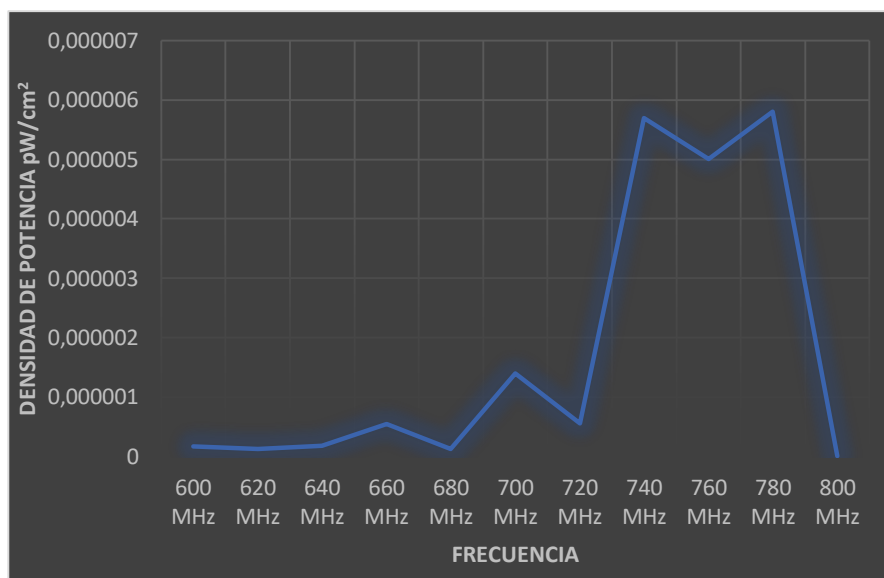


Gráfico 3-21: Espectro en banda 700 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
800 MHz	0,922 pW/cm ²
820 MHz	0,544 pW/cm ²
840 MHz	1,026 pW/cm ²
860 MHz	2,431 pW/cm ²
880 MHz	2,888 pW/cm ²
900 MHz	8,181 pW/cm ²
920 MHz	16,837 pW/cm ²
940 MHz	33,897 pW/cm ²
960 MHz	16,602 pW/cm ²
980 MHz	12,533 pW/cm ²
1000 MHz	--

Tabla 3-18: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 900MHz.

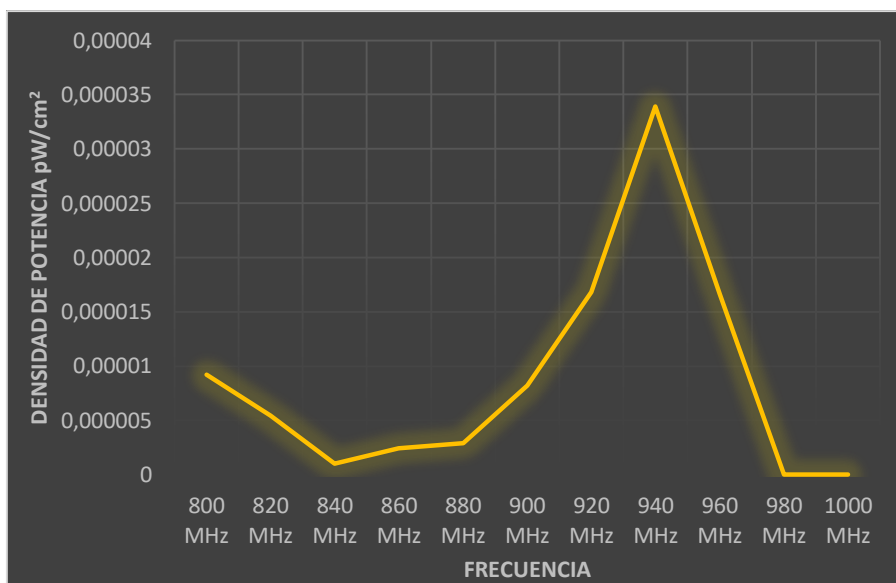


Gráfico 3-22: Espectro en banda 900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
1800 MHz	18,516 pW/cm ²
1820 MHz	243,07 pW/cm ²
1840 MHz	23,28701 nW/cm ²
1860 MHz	25,27378 nW/cm ²
1880 MHz	1,29468 nW/cm ²
1900 MHz	18,516 pW/cm ²
1920 MHz	8,632 pW/cm ²
1940 MHz	88,808 pW/cm ²
1960 MHz	82,042 pW/cm ²
1980 MHz	13,266 W/cm ²
2000MHz	--

Tabla 3-19: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 1900MHz.

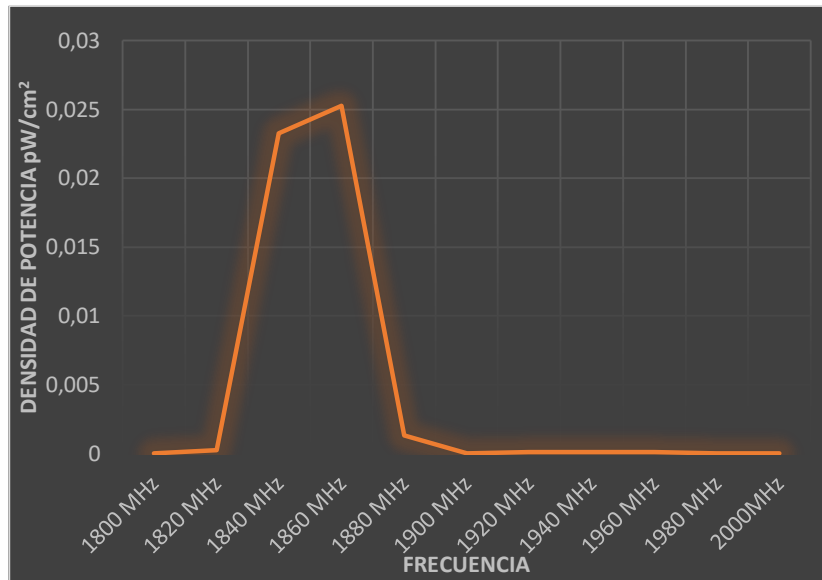


Gráfico 3-23: Espectro en banda 1900 MHz.

Frecuencias	Densidad de potencia
2500 MHz	0,109 pW/cm ²
2520 MHz	0,516 pW/cm ²
2540 MHz	11,622 pW/cm ²
2560 MHz	100,574 pW/cm ²
2580 MHz	74,386 pW/cm ²
2600 MHz	16,572 pW/cm ²
2620 MHz	17,798 pW/cm ²
2640 MHz	87,807 pW/cm ²
2660 MHz	79,965 pW/cm ²
2680 MHz	27,196 pW/cm ²
2700 MHz	--

Tabla 3-20: Detalle de potencia en función de la frecuencia en banda 2600MHz.

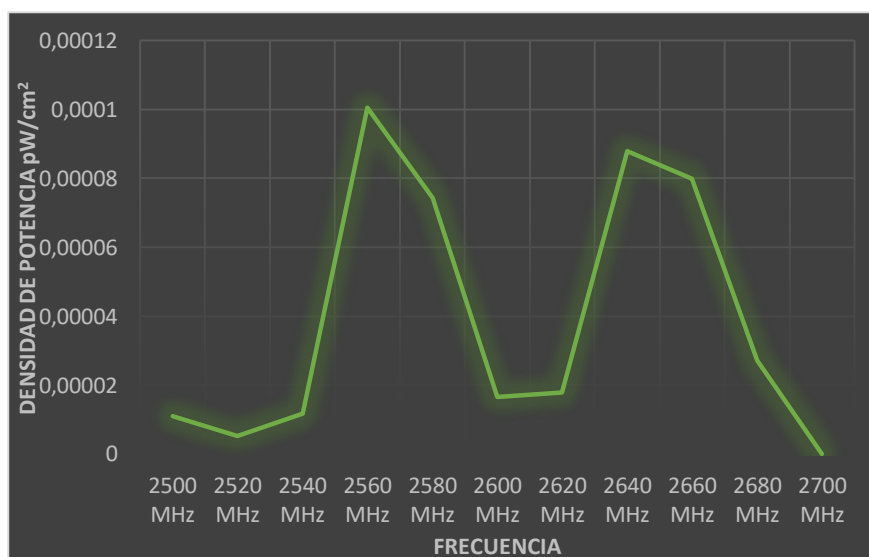


Gráfico 3-24: Espectro en banda 2600 MHz.

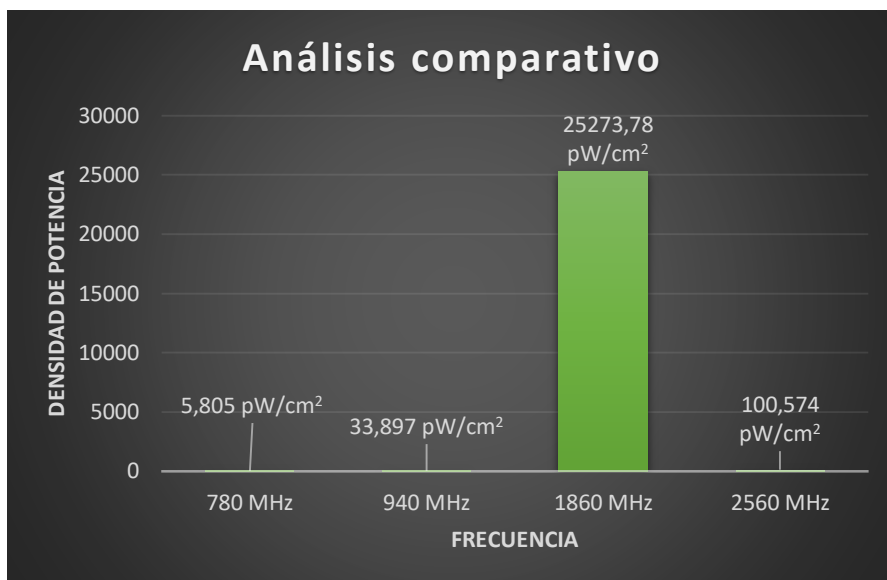


Gráfico 3-25 “Análisis comparativo medición 5”

Observaciones: En esta ubicación se encuentra el establecimiento educacional junto a un jardín infantil, no se observan antenas relativamente cercas. Con respecto al análisis comparativo la banda de frecuencia en 2560 MHz es la segunda más baja con respecto a los sectores medidos en ese rango. La banda de frecuencia en 1860 MHz da un gran peak a diferencia de las otras. Se cumple la ley de antena.

CONCLUSIÓN

Respecto a este proyecto llevando a cabo la evaluación de la radiación, nos encontramos con valores por muy debajo de lo que la ley pide, por ello confirmamos que en la ciudad de Concepción se cumplen las normas. La ciudadanía al ver las torres instaladas cerca de sus hogares, temen por su salud, pero la mayoría no está informada de cuál es la cantidad de radiación que emiten estas antenas, y más aún que existe una ley que rige por ellos. En el transcurso de esta investigación se entiende que en el universo existen dos tipos de radiaciones: ionizante y no ionizante.

La primera, se utiliza con precaución en la medicina y es de gran beneficio para salvar vidas. Se emplean en los rayos X y para tratar tumores malignos, pues estas ondas ionizantes llegan a las células y afectan la estructura molecular de una persona.

En tanto que la radiación no ionizante que proviene de las antenas de celulares no tiene la suficiente energía para modificar las moléculas de las células vivas, pero tienen energía para generar calor. Estas ondas no penetran los tejidos y lo máximo que pueden hacer es calentarlos, las antenas constituyen un factor de protección para evitar el calentamiento de los celulares ya que estas emiten mayor potencia cuando no encuentra señal, por eso se calienta y se gasta el batería más rápido.

Para entender el funcionamiento de las antenas las ondas se emiten desde altura, de manera intermitente, y casi paralela al suelo. Estas no van apuntando directamente hacia las zonas cercanas a la antena, si no que más bien se emiten hacia el horizonte. Esto produce que la exposición a las ondas electromagnéticas desde una antena de celulares sea muy baja, incluso si estás parado cerca de su base(anexo2).

El nivel de energía recibido al estar cerca de una antena de celular no es sustancialmente diferente al que se recibe de manera constante por otro tipo de ondas electromagnéticas usadas en comunicación, por ejemplo, las ondas de televisión y de radio. De manera un tanto irónica, el nivel de emisión de una antena es muchísimas veces menor que recibir la energía usando un celular pegado al lado de la oreja.

Comprender el funcionamiento de las antenas celulares y los potenciales efectos que su radiación genera en la salud de las personas son dos aristas de especial relevancia para entender la regulación existente sobre esta materia.

Además de lo complejo que puede ser interpretar la información existente, son escasos los canales formales de información que educan y orientan a la población afectada o beneficiada con la instalación de una torre de antenas. Esta situación impacta en la

desconfianza que genera en la ciudadanía estar expuestos en forma permanente a la radiación emitida por las antenas, ocasionando nodos de conflicto que han ocasionado incidentes entre vecinos y las empresas encargadas de la instalación o los operadores de redes.

REFERENCIAS

[1]Avila Vazquez, D. (09 de Diciembre de 2018). *Red Universitaria de Ambiente y Salud*. <http://reduas.com.ar/actualizacion-radiacion-de-antenas-de-telefonía-movil-y-salud/>

[2]Cooperativa. (19 de Diciembre de 2018). *Cooperativa.cl*. <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/poblacion/censos/ine-la-poblacion-actual-de-chile-es-de-18-751-405-personas/2018-12-19/093814.html>

[3]Avila Vazquez, D. (23 de Noviembre de 2018). *Red Universitaria de Ambiente y Salud*. <http://reduas.com.ar/radiacion-de-antenas-de-celulares-y-salud/>

[4]Infobae. (17 de Febrero de 2017). *Infobae.cl*. <https://www.infobae.com/tecno/2017/02/17/cual-fue-el-primer-telefono-celular-que-se-lanzo-al-mercado/>

[5]Romero, S. (7 de Octubre de 2017). *Muy interesante*. Obtenido de <https://www.muyinteresante.es/tecnología/fotos/historia-del-telefono-movil/gg>

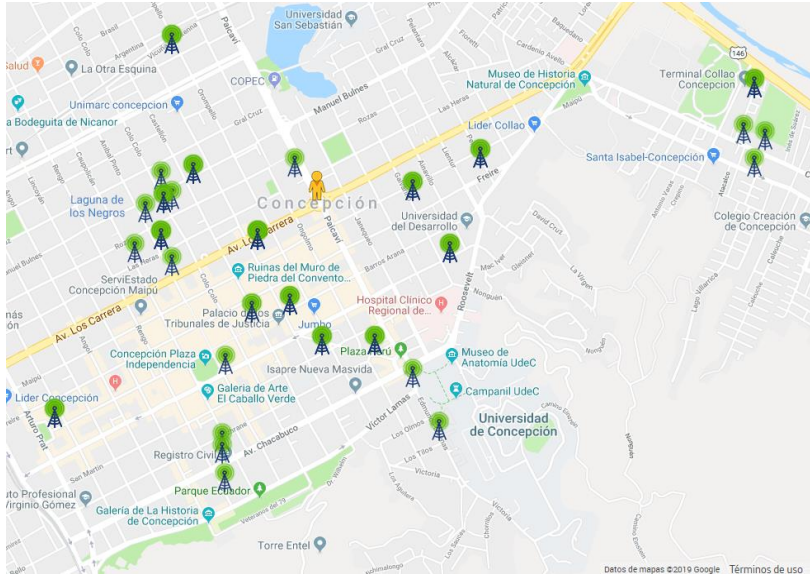
[6]SUBTEL. (11 de Junio de 2012). *Ley N°20.599, “Ley de Torres”*. <https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION&prmID=19810>

[7]Organización Mundial de la Salud. (25 de Junio de 2014). *Organización mundial de la salud*. <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/es/>

[8]Testequipmentdepot (04 de Septiembre de 2018). *testequipmentdepot*. <http://www.testequipmentdepot.com/aaronia/rf-spectrum-analyzers/hf-6060.htm>

ANEXOS

Antenas distribuidas en Concepción.[1]



Explicación del funcionamiento de la radiación entre antena y móvil.[2]

