

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

Proyecto Final Integrador - Ingeniería Ambiental

Nucci, Aída Clara

21 de octubre de 2019



Generación y análisis de material informativo
sobre niveles de radiación no ionizante en San
Carlos de Bariloche.

Información General

Tema del proyecto: **Generación y análisis de material informativo sobre niveles de radiación no ionizante en San Carlos de Bariloche.**

Alumna: **Nucci, Aída Clara**

Número de legajo: **UNRN-4545**

Carrera: **Ingeniería Ambiental**

Lugar de trabajo: **Ejido municipal de San Carlos de Bariloche.**

Director: **Sánchez, Rodrigo**

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, amigas y amigos que me acompañaron durante toda la carrera.

A mis compañeros y compañeras de la universidad que se transformaron en grandes amistades.

A los profesores que me guiaron durante toda la carrera para poder alcanzar las metas profesionales que hoy estoy logrando.

A Rodrigo por acompañarme en la elaboración de este trabajo.

A quienes dispusieron de su tiempo para ayudarme con la elaboración de este trabajo, en especial a Carlos López y Gabriela Den Ham.

Al comité evaluador de este trabajo, compuesto por Aníbal Gavini, Pablo García Martínez y Graciela Calabrese. En especial a ella, actual Directora de Ingeniería Ambiental, quien siempre veló por los estudiantes y por la construcción de la carrera.

Al flamenco, la percusión y la Pachamama.

Y finalmente agradezco inmensamente a la Universidad Nacional de Río Negro, pública, gratuita y de calidad, y a los Estados que promueven este tipo de educación.

“La utopía está en el horizonte. Camino dos pasos, ella se aleja dos pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá. ¿Entonces para qué sirve la utopía? Para eso, sirve para caminar”

Eduardo Galeano

Índice General

1.	RESUMEN.....	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
3.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	Objetivo General	7
3.2.	Objetivos Específicos.....	7
4.	METODOLOGÍA.....	8
4.1.	Generación de datos.....	8
4.2.	Análisis de los datos	13
4.3.	Presentación de los resultados	16
5.	RESULTADOS Y APORTES DE ESTE TRABAJO	18
5.1.	Marco Legal	18
5.1.1.	Fundamentos para la proposición de límites de exposición: impactos en la salud.....	18
5.1.2.	Normativa de Organismos Internacionales.....	20
5.1.3.	Normativa Nacional	23
5.1.4.	Normativa Municipal.....	25
5.1.5.	Antecedentes de mediciones de RNI en Argentina	27
5.1.6.	Comparación de normativas.....	28
5.2.	Análisis General de las mediciones	38
5.3.	Selección de bandas de servicio de interés	43
5.4.	Análisis por bandas de servicios seleccionadas	48
5.4.1.	Radioaficionados y otros [30-76 MHz].....	48
5.4.2.	FM [76-116 MHz].....	50
5.4.3.	TV y otros [126-616 MHz].....	52
5.4.4.	Celular [736-916 MHz] y [1696-2156 MHz]	54
5.4.5.	WiFi [2396-2466 MHz].....	57

5.4.6.	Espectro integrado [30 MHz – 3 GHz]	59
5.5.	Análisis de puntos críticos.....	62
5.6.	Efecto de dispositivos móviles	69
5.7.	Mapas de RNI	72
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
7.	REFERENCIAS	90
8.	Anexo I: puntos de relevamiento	100

Índice de figuras

Figura 1.	El espectro electromagnético. Fuente: Young & Freedman, 2009	3
Figura 2	Vías de circulación, Plan de Ordenamiento Territorial de San Carlos de Bariloche, 2011.	9
Figura 3	Medición de la densidad de potencia electromagnética con el equipo Narda SRM 3006 y la antena isotrópica “Three-axis antenna (E-Field) 3501/03”. a) Puerto Pañuelo. b) Playa Lago Gutiérrez, Bº Los Coihues. ...	13
Figura 4	Punto de medición en el Hospital Zonal de S. C. de Bariloche, 06/06/2019, en donde se registraron valores de densidad de potencia más altos que en el resto de los puntos, más cercanos a la entrada del hospital.	67

Índice de Tablas

Tabla 1.	Equivalencia de unidades de densidad de potencia y campo eléctrico. Fuente: elaboración propia.....	11
Tabla 2.	Ejemplo de código de color para los mapas de niveles de densidad de potencia de ondas electromagnéticas. Fuente: ID-08rev1, 2015, UIT.	17
Tabla 3.	Frecuencia de resonancia de distintas partes del cuerpo. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina.	19
Tabla 4.	SAR promedio para Exposición ocupacional y poblacional. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina.....	20
Tabla 5.	Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados) Fuente: “Recomendaciones	

para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz).” ICNIRP.....	21
Tabla 6. Niveles de exposición a campos electromagnéticos por la IEEE. Fuente: Std C95. 1, 2005, IEEE. f_M es frecuencia expresada en MHz y f_G en GHz.....	22
Tabla 7. Niveles de exposición a campos eléctricos y magnéticos desde 100 kHz hasta 300 GHz por la Unión Europea. Fuente: Directiva 2013/35/EU. f es frecuencia expresada en Hz.....	23
Tabla 8. Límites de exposición poblacional a campos eléctricos de radiofrecuencia. Fuente: Manual I, Res. 202, 1995, Argentina. f es la frecuencia en MHz.	24
Tabla 9. Límites de exposición a CE de RF para situaciones excepcionales. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina. f es la frecuencia en MHz.	24
Tabla 10. Valores máximos de densidad de potencia en cinco provincias argentinas. Elaboración propia, datos obtenidos de Staiano et al., 2012..	27
Tabla 11. Normativa relativa a los niveles de radiaciones no ionizantes en distintos países y organizaciones internacionales. Fuente: elaboración propia basada en la bibliografía enumerada en la Sección “Referencias - Normativa y recomendaciones” y en el trabajo de Cid Badini, I. G., 2015.	34
Tabla 12 Bandas de frecuencia de interés resultantes del análisis de la densidad de potencia en el espectro. Fuente: elaboración propia con bibliografía del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la República Argentina (CABFRA), versión 14/03/2018, Ente Nacional de Comunicaciones.....	45
Tabla 13 Bandas de frecuencia que se analizarán en el presente PFI. Fuente: elaboración propia.....	46

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Comparación de Límites de exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia establecidos por organismos internacionales y S. C. de Bariloche – Ord. N° 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.	35
--	----

Gráfico 2 Límites de exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia según la normativa de distintos países y la de S. C. de Bariloche - Ord. N° 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.....	36
Gráfico 3 Límites de exposición para situaciones excepcionales, en Chile y Perú, comparando con el límite de S. C. de Bariloche - Ord. N° 2786-CM-16.....	38
Gráfico 4: Espectro de densidad de potencia electromagnética en el rango de 30 MHz a 3 GHz en el Hospital Zonal de la ciudad, comparando la medición con distintos Rangos de Medida (MR).Fuente: elaboración propia.....	40
Gráfico 5 Porcentaje de densidad de potencia media para distintos Rangos de Medida (MR). Fuente: elaboración propia.....	41
Gráfico 6 a, b y c: Espectro de densidad electromagnética en el rango de 30 MH a 3 GHz en distintas mediciones en la ciudad. Fuente: elaboración propia.....	43
Gráfico 7 Densidad de potencia media promediada en todos los puntos medidos en la ciudad. Fuente: elaboración propia.....	44
Gráfico 8 Densidad de potencia media promediada en todos los puntos de la ciudad, separado por cada banda de servicio seleccionada.....	47
Gráfico 9. Influencia de cada banda seleccionada en la densidad de potencia media total. Fuente: elaboración propia.....	47
Gráfico 10 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Radioaficionados y otros [30-76 MHz]. Fuente: elaboración propia.....	49
Gráfico 11 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de FM [76-116 MHz]. Fuente: elaboración propia.....	51
Gráfico 12 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de TV y otros [126-616 MHz]. Fuente: elaboración propia.....	53
Gráfico 13 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Celular I [736-916 MHz]. Fuente: elaboración propia.....	55

Gráfico 14 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Celular II [1696-2156 MHz]. Fuente: elaboración propia.....	56
Gráfico 15 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de WiFi [2396-2466 MHz]. Fuente: elaboración propia.	58
Gráfico 16 Sumatoria de los porcentajes de densidad de potencia respecto al límite de S. C. de Bariloche, Ordenanza N° 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.....	60
Gráfico 17 Sumatoria de la densidad de potencia media en S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	61
Gráfico 18 Comparativa de densidad de potencia media en las bandas de servicio seleccionadas para el punto de “Elordi y Elflein” de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	63
Gráfico 19 Comparativa de la densidad de potencia media en las bandas de frecuencia seleccionadas en la zona del Cmte. Luis Piedrabuena - B° Las Marías, S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.	64
Gráfico 20 Densidad de potencia respecto al límite de S. C. de Bariloche, Ordenanza N° 2786-CM-16. Cmte. Luis Piedrabuena – B° Las Marías, 06/06/2019. La categoría “Otros” incluye las bandas de “Radioaficionados y otros”, “TV y otros”, “Celular I y II” y “WiFi”. Fuente: elaboración propia.	65
Gráfico 21 Comparativa de densidad de potencia media en el Hospital Zonal de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	66
Gráfico 22 Comparativa de densidad de potencia media en el Centro Cívico de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	68
Gráfico 23 Comparación de la densidad de potencia media respecto al límite de S. C. de Bariloche para la sumatoria total de frecuencias en el rango de 30 a 3000 MHz, en el Centro Cívico de la ciudad.	69
Gráfico 24 Comparación del espectro de densidad de potencia media entre 1286 a 2366 MHz en el punto de Elordi y Elflein de S. C. de Bariloche, con el celular prendido y apagado. Fuente: elaboración propia.....	70
Gráfico 25 Comparación de la densidad de potencia media en bandas de frecuencia seleccionadas, con celular prendido y apagado, en dos	

mediciones en Elordi y Elflein, S. C. de Bariloche, el 06/06/2019. Fuente: elaboración propia.....	71
Gráfico 26. Densidad de potencia media en el rango de 2347 a 2547 MHz. Muestreo dentro y fuera de la cámara anecoica. Fuente: elaboración propia.	72

Índice de Mapas

Mapa 1. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz en S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.	74
Mapa 2. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz vs densidad poblacional. S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	76
Mapa 3. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz vs densidad poblacional. Zoom zona centro de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.....	78
Mapa 4. Porcentaje de densidad de potencia media de RNI respecto al límite de exposición en el rango de 30 MHz a 3 GHz. Ordenanza N° 2786-CM-16, S. C. de Bariloche. Este es el formato de mapa acorde a la normativa vigente (“K Map”). Fuente: elaboración propia	80

1. RESUMEN

El desarrollo tecnológico ha dado un fuerte impulso a los sistemas de radiocomunicaciones en los últimos tiempos. Asociado a este hecho surge la necesidad en la comunidad de contar con información específica al respecto. El objetivo general de este trabajo es generar y presentar material técnico de base sobre los niveles de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche a través de la medición y el análisis gráfico del mismo, en acuerdo con las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Para ello se estudiaron y compararon las normativas de distintos organismos internacionales, nacionales y local respecto a los niveles de exposición a las RNI. Las mediciones realizadas se contrastaron con la Ordenanza N° 2786-CM-16 de S. C. de Bariloche, que resulta ser la normativa más restrictiva de todas las analizadas, actualmente vigentes. Los valores medidos se encuentran por debajo del límite establecido. Se realizó un análisis discriminando por bandas de servicios de telecomunicaciones de interés, dentro de las cuales se encuentran FM, TV digital, celulares y Wi Fi. Se advirtió que los dispositivos móviles en ciertas condiciones pueden generar emisiones importantes en comparación a las emisiones de antenas.

2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día vivimos en un mundo globalizado y en constante avance tecnológico, en el cual se hace indispensable el uso de las telecomunicaciones. Hacia el 2014 existían unos 6900 millones de contratos de telefonía móvil (OMS, 2014) y se siguen incrementando al pasar de los años. No sólo los celulares, sino también otros servicios de telecomunicaciones como la radio AM y FM y el WiFi son posibles gracias a las ondas electromagnéticas de baja energía clasificadas como “Radiaciones No Ionizantes” (de ahora en más, RNI).

Las RNI son las ondas electromagnéticas de radiofrecuencia que se usan para proveer los servicios de telecomunicaciones.

Las ondas electromagnéticas son ondas que transportan energía emitida por cargas eléctricas en movimiento a distancia y están compuestas por un Campo Eléctrico y un Campo Magnético y que pueden existir de forma natural o artificial (Frizzera, 2007). Según la frecuencia a la que operan se clasifican en (Figura 1):

- Radiaciones Ionizantes: es la radiación electromagnética que al incidir sobre un átomo inicialmente eléctricamente neutro genera el desprendimiento de un electrón con lo cual finalmente queda cargado positiva o negativamente, afectando así el estado natural de los tejidos vivos. Para lograr ionizar un átomo se necesitan frecuencias extremadamente elevadas, por ejemplo, los rayos gamma. (Frizzera, 2007).
- Radiaciones No Ionizantes: *“son las radiaciones electromagnéticas que no tienen la frecuencia suficiente para ionizar la materia y por lo tanto no pueden afectar el estado natural de los tejidos vivos. Constituyen, en*

general, la parte del espectro electromagnético cuya energía fotónica es demasiado débil para romper enlaces atómicos” (ENACOM, 2016).

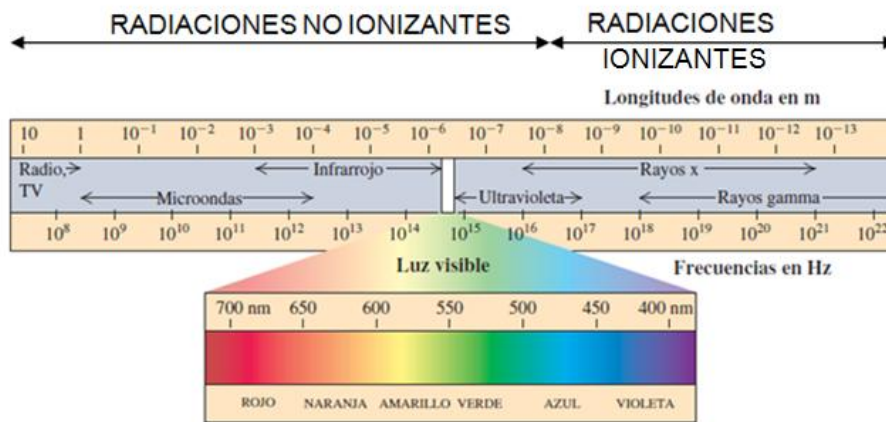


Figura 1 El espectro electromagnético. Fuente: Young & Freedman, 2009

Las RNI comprenden la radiación electromagnética como la luz visible, infrarrojos y ondas de radio. En la vida diaria, las fuentes comunes de RNI incluyen el sol, los electrodomésticos, los hornos de microondas, teléfonos móviles, Wi-Fi y transmisoras de radio FM, AM y TV, entre otras. (<http://www.icnirp.org>, última consulta: 15/08/2019).

Las RNI también son emitidas a través de antenas, dispositivos metálicos capaces de radiar, recibir y conducir por líneas de transmisión ondas electromagnéticas (Monachesi et al, 2011). La potencia de la onda emitida por una antena depende de la longitud de la misma y del rango de frecuencias que emite y se expresa en unidades de potencia por superficie (por ejemplo, mWc/m^2 o W/m^2) o en unidades de campo eléctrico (V/m).

Pese a la necesidad masiva de estos servicios, existen constantes reclamos y un fuerte temor de la población en la ciudad de San Carlos de Bariloche ante cada intento por instalar las antenas que los proveen (7.REFERENCIAS). Por otro lado, en la *Charla abierta a la comunidad brindada*

por el ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones) en la Sala del Concejo Deliberante de San Carlos de Bariloche el 5 de agosto del 2016, se constató que por parte de los vecinos de la ciudad hay un fuerte “descreimiento” hacia las autoridades y las empresas privadas de telefonía, ya que no se confía en la veracidad de las mediciones realizadas por los mismos. En reiteradas oportunidades se ha manifestado la necesidad de “saber con exactitud el nivel de emisión, radiación y contaminación al que estamos sometidos” (<http://www.rionegro.com.ar/bariloche/preocupacion-por-trabajos-en-antenas-del-oeste-EB726600> Última consulta: 15/08/2019).

Esto también ocurre en diferentes partes del mundo, no sólo en S. C. de Bariloche. La población, quiere “ver” cuáles son las mediciones reales de los niveles de radiación en comparación con las tolerancias máximas según lo establecido en las normas oficiales en el ámbito de la medición, y no sólo que se estimen mediante cálculos matemáticos (ITU, 2015. ID-08rev1).

Parte de esta preocupación de la población se debe a la creencia en los posibles daños en la salud que podrían producir las ondas electromagnéticas. Existen estudios que muestran que las radiaciones de microondas de telefonía pueden causar efectos especialmente sobre el sistema nervioso, cardiovascular, inmunitario y reproductor, principalmente debido al fenómeno de *resonancia* (Balmori, 2004).

Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) no se descarta la relación entre los campos de frecuencias extremadamente bajas y la algunos casos particulares de enfermedades cancerígenas, razón por la cual se los clasifica como posibles carcinógenos (Grupo 2B en la clasificación de la IARC) (García, 2005). Sin embargo, diversas organizaciones

como la Organización Mundial de la Salud y la Asociación Toxicológica Argentina afirman que no ha sido comprobado hasta el momento que los campos electromagnéticos de baja o alta frecuencia, ya sea por exposición a corto o largo plazo, produzcan realmente algún efecto en la salud humana (García, 2005; OMS, 2014).

La problemática de las RNI es de interés reciente por parte de los científicos y las autoridades en general, por ser una temática incipiente en todo el mundo que involucra la introducción de un agente antrópico en el medio atmosférico, que podría producir efectos sobre la salud. Es por esto que se hace notoria la necesidad de un análisis ambiental integrado de las RNI en cada ejido municipal.

En la ciudad de San Carlos de Bariloche, ubicada en el oeste de la provincia de Río Negro, Argentina, no hay registros formalmente organizados de los niveles de RNI y recientemente se planteó la necesidad de la aplicación de un monitoreo continuo de las mismas (<http://www.rionegro.com.ar/bariloche/el-municipio-apuesta-a-un-triple-control-sobre-las-antenas-AB434323> Última consulta: 115/08/2019). Siendo “*La Ingeniería Ambiental [la que] estudia los problemas ambientales de forma integrada, teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, sociales y tecnológicas con el objetivo de promover un desarrollo sustentable.*” (Sitio Web de la UNRN), se considera que es la ciencia idónea para cubrir las expectativas de esta problemática.

El presente trabajo intenta servir como línea de base para futuros proyectos por parte de entidades públicas o privadas, así como también podría

permitir tener personal capacitado en la temática de las RNI y en el uso de los equipos de medición de las mismas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Generar información de base y material técnico informativo sobre los niveles de densidad de potencia de las ondas electromagnéticas (30 MHz a 3 GHz) en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche a través de la medición y el análisis de las mismas.

3.2. Objetivos Específicos

- Capacitarse en la utilización de equipos de medición de densidad de potencia de las ondas electromagnéticas y el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica.
- Realizar un estudio comparativo de los niveles de exposición a radiaciones no ionizantes, determinados por la normativa local, nacional e internacional actualmente vigente.
- Evaluar las mediciones de radiaciones no ionizantes dentro del ejido municipal respecto a los límites establecidos por la normativa de referencia actual.
- Generar material de información geográfica a partir de los datos obtenidos a lo largo del proyecto, de fácil acceso e interpretación para la población.
- Generar material informativo que sirva para la toma de decisiones y fines divulgativos sobre los niveles de Radiaciones No Ionizantes en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche.

4. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos específicos del proyecto la metodología se divide en tres grandes partes, la generación de datos, el análisis de los mismos y la representación gráfica de los resultados obtenidos. Vale recalcar que el alcance de este trabajo no abarca el estudio de los efectos en la salud de las ondas electromagnéticas ni se tuvo como objetivo determinar la relación entre las antenas existentes y los niveles de densidad de potencia medidos.

4.1. Generación de datos

4.1.1. Selección del área de estudio

El criterio para la elección de los puntos de medición se basó en las vías de circulación (rutas y calles) más utilizadas (Figura 2) y arterias principales de la ciudad, definidas en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad. En el mismo, se clasifican las vías “conformando una jerarquía que permite establecer prioridades y limitaciones para el recorrido vehicular y del transporte urbano público. Así mismo, se ordenan las obras de apertura, ensanche, pavimentación, puentes y todas aquellas que en materia vial se realicen a futuro.” (Resolución N° 3253-I-2011, S. C. de Bariloche).

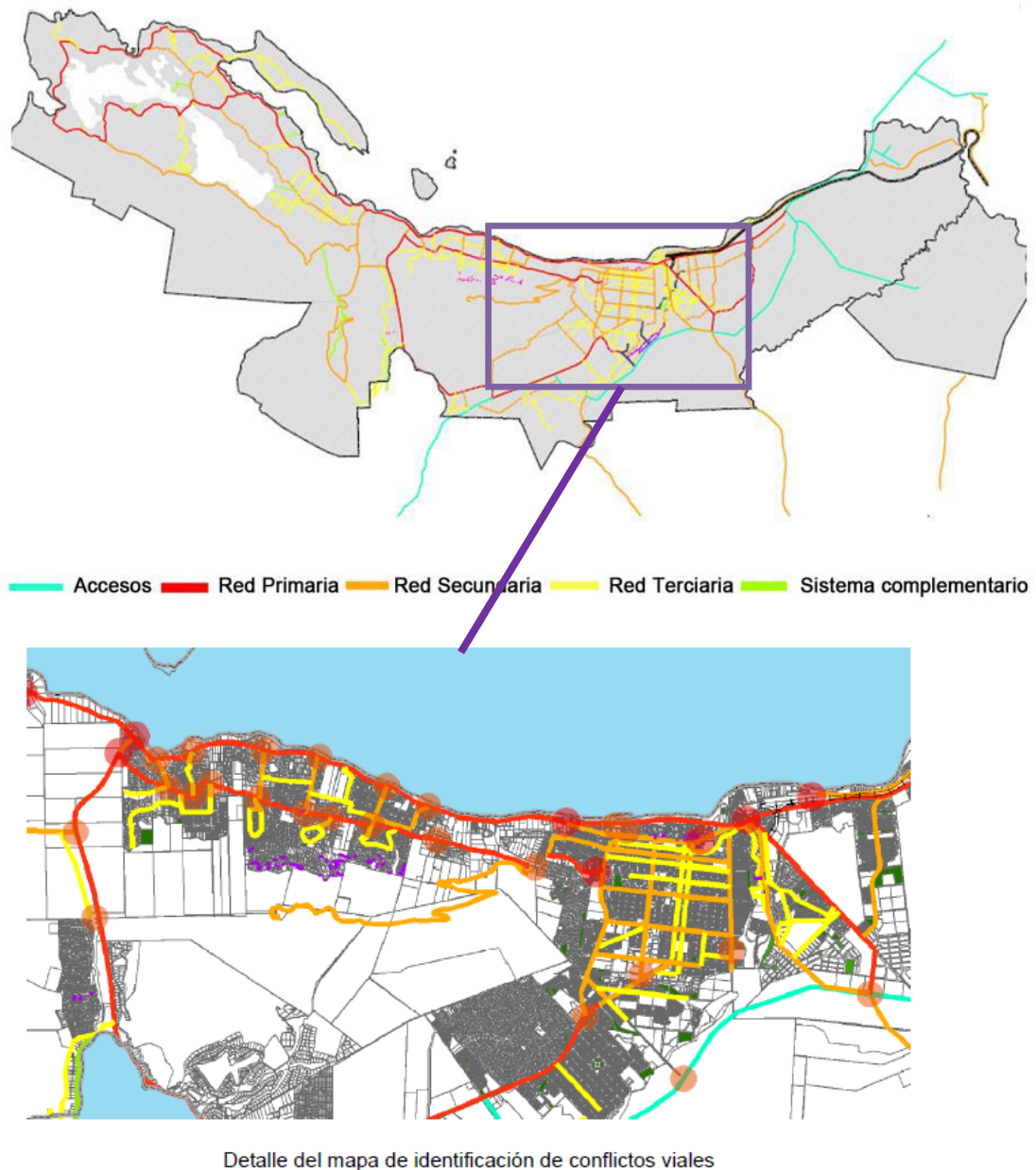


Figura 2 Vías de circulación, Plan de Ordenamiento Territorial de San Carlos de Bariloche, 2011.

Detalle de la clasificación:

- Accesos a la ciudad: son vías regionales de ingreso-egreso que conectan a la ciudad con otras localidades de la región, por ejemplo, El Bolsón y Dina Huapi.

- Red Vial Primaria: son aquellas vías que vinculan barrios de la ciudad entre sí y tienen un extenso recorrido, como la Av. Bustillo.
- Red Vial Secundaria: son aquellas vías que vinculan la red primaria y sectores de la ciudad entre sí, como el camino a Catedral, Esandi, Boock.
- Red Vial Terciaria: son aquellas vías que vinculan una red primaria o secundaria y en un determinado sector de la ciudad, por ejemplo, la calle Onelli.
- Sistema Complementario: son aquellas vías locales que complementan la red y tienen el carácter de ejes internos de barrios como las calles Tiscornia y Lonquimay.

La cantidad de puntos seleccionados sobre las vías mencionadas se definió tratando de cubrir un área representativa del ejido y teniendo en cuenta que como máximo se pueden medir 12 puntos por día (ver ítem del instrumento).

En ciertos puntos de interés, debido a que son zonas altamente concurridas por grupos sociales más vulnerables, como zonas públicas (escuelas, centros de salud) o puntos turísticos de relevancia, se realizaron varias mediciones.

4.1.2. Selección de los parámetros a medir

Para evaluar el impacto ambiental se usa el valor de densidad de potencia o de campo eléctrico, según la normativa que se aplique. En el presente proyecto se utilizó como referencia la normativa local que expresa los valores límites de densidad de potencia en mW/cm^2 (Ordenanza N° 2786-CM-

16, S. C. de Bariloche). En la Tabla 1 se muestra la equivalencia de unidades comúnmente utilizadas en la bibliografía, para dos valores a modo de ejemplo.

Densidad de potencia en mW/cm^2	Densidad de potencia en W/m^2	Equivalente a un campo eléctrico en V/m [Fórmula 4-5]
1	10	19,4
0,2	2	8,7

Tabla 1. Equivalencia de unidades de densidad de potencia y campo eléctrico.
Fuente: elaboración propia.

En cada punto además de medir la densidad de potencia se registró fecha, hora y coordenada geográfica.

4.1.3. Selección del equipo y antena de medición.

Se utilizó el equipo Analizador Selectivo de Campo Electromagnético marca Narda, modelo SRM-3006, provisto por el área de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina. El mismo está debidamente calibrado y cuenta con las herramientas suficientes para medir las variables necesarias para este proyecto.

Se utilizó la antena isotrópica “Three-axis antenna (E-Field) 3501/03”. La misma mide en un ancho de banda de 27 MHz hasta 3 GHz. Se considera que en este rango de frecuencias se encuentran la mayor cantidad de servicios de telecomunicaciones usados comúnmente (ENACOM, 2018).

Se utilizó el modo analizador de espectro del equipo, tomando mediciones cada 10 MHz y otras cada 2,5 MHz. Respecto al MR (Rango de Medida) se fue variando para evaluar las diferencias entra cada rango.

En cada punto se registraron las curvas de media y máxima. La normativa de estudio seleccionada recomienda realizar las mediciones durante un periodo mínimo de seis minutos para evaluar la exposición por inmersión de

las personas; éste es el valor correspondiente a la curva “Media” y es el que se usó en los posteriores análisis. También se presentó la curva de “Máximo” con el fin de mostrar valores instantáneos en algunas frecuencias, que en ocasiones difieren significativamente de la “Media”.

Las Incertezas caracterizan un intervalo para un mensurando dado que se estima tiene un nivel de confianza de aproximadamente el 95 por ciento. La incertidumbre se expresa como la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$ basado en la distribución normal. La evaluación se ha llevado a cabo de acuerdo con las reglas de la "Guía de la expresión de la incertidumbre en la medición" (GUM). (Guía Datasheet del instrumento) La antena utilizada especifica en el Data Sheet las Incertezas según el ancho de banda medido.

4.1.4. Método de medición.

En el presente trabajo se realizaron mediciones de inmisión (contaminación atmosférica a nivel del suelo), en el entorno donde se mueven las personas o público en general.

Para realizar el muestreo se aplicó la metodología “de grilla” propuestas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, (ID-07rev1. 2015. UIT) y las recomendaciones de la Resolución 3690/04 de la CNC. Para el diseño del muestreo se realizó la zonificación del área a relevar y localización de los puntos en una grilla sobre un mapa de la ciudad, considerando cubrir las vías más transitadas (Figura 2).

En el momento de la medición se tuvo precaución para evitar interferencias apagando los celulares de los participantes y colocando la

antena a más de 20 cm de superficies conductoras. Por otro lado, las mediciones se tomaron a aproximadamente 1,5 metros de altura (promedio de la altura de la cabeza de una persona) e integradas en un periodo de 6 minutos cada una (Figura 3 a y b).



Figura 3 Medición de la densidad de potencia electromagnético con el equipo Narda SRM 3006 y la antena isotrópica “Three-axis antenna (E-Field) 3501/03”. a) Puerto Pañuelo. b) Playa Lago Gutiérrez, Bº Los Coihues.

4.2. Análisis de los datos

4.2.1. Definición de las bandas a analizar

De acuerdo a los servicios de telecomunicaciones más populares y al rango de frecuencia monitoreado se definieron las bandas de servicios de interés.

La asignación de servicios en el espectro completo se puede ver en el “Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la República Argentina” del ENACOM, de acuerdo al Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Región 2 (RR UIT-R2, EDICIÓN 2016). (ENACOM, 2018).

4.2.2. Cálculo de la exposición a fuentes múltiples.

En un punto dado en el tiempo y el espacio una persona está expuesta a múltiples fuentes de radiación electromagnética, por lo que es necesario evaluar la sumatoria de densidades de potencia en la que el sujeto está inmerso. Las emisiones en distintas longitudes de onda inciden de manera diferente en cada tejido del cuerpo, por lo que se establecen límites de exposición en función de la frecuencia, debiendo hacer una suma ponderada por el valor límite para evaluar la inmisión (Res. 202, 1995, Argentina).

Es así que cuando existen contribuciones de intensidad de campo eléctrico o densidad de potencia provenientes de múltiples antenas deberá cumplirse la siguiente relación (Res 202, Argentina):

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_N \quad [Fórmula 4-1]$$

Donde:

S_T : sumatoria de densidades de potencia.

S_1, S_2, S_3 y S_N : densidades de potencia en mW/cm^2 en las frecuencias f_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) de cada fuente emisora de radiación electromagnética.

Y establece la condición:

$$\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{L_i} = \frac{S_1}{L_1} + \frac{S_2}{L_2} + \frac{S_3}{L_3} + \dots + \frac{S_n}{L_n} \leq 1 \quad [Fórmula 4-2]$$

Donde:

L : límite de exposición en mW/cm^2 a las frecuencias respectivas.

Análogamente, la Resolución 3690/04 CNC establece para campo eléctrico y campo magnético respectivamente:

$$\sum_{i=100 \text{ KHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{Li}} \right)^2 \leq 1 \quad [\text{Fórmula 4-3}]$$

$$\sum_{j=100 \text{ KHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{Lj}} \right)^2 \leq 1 \quad [\text{Fórmula 4-4}]$$

En todas las normativas analizadas la relación para evaluar la exposición a fuentes múltiples es la misma.

4.2.3. Relación entre campo eléctrico y densidad de potencia

Dado que en la normativa consultada los límites de exposición pueden aparecer tanto en unidades de densidad de potencia como de campo eléctrico es necesario establecer la relación entre ambas variables. El factor que los relaciona es la impedancia del espacio libre, como se muestra a continuación:

$$S = \frac{E^2}{Z_0} = H^2 Z_0 \quad [\text{Fórmula 4-5}]$$

Donde:

S : densidad de potencia en $\frac{W}{m^2}$

E : campo eléctrico en $\frac{V}{m}$

H : campo magnético en $\frac{A}{m}$

Z_0 : impedancia del espacio libre ($Z_0 = 377\Omega$)

4.2.4. Análisis de normativas actuales

Se consultó la normativa local, la del país, de otros países y de organismos internacionales. Se estandarizaron unidades de límites de exposición a las ondas electromagnéticas de radiofrecuencia y se compararon

dichos límites relativos a la densidad de potencia electromagnética expresada en mW/cm^2 .

4.3. Presentación de los resultados

El análisis general de los datos se realizó con hojas de cálculo y se presentaron los resultados con herramientas gráficas del mismo programa.

Para detectar las zonas de la ciudad más impactadas y poder evaluar a simple vista si existe o no una relación RNI con la densidad poblacional se realizaron distintos mapas con sistemas de información geográfica (SIG). En QGIS Desktop 3.4.8, de licencia libre y gratuita, se introdujeron las tablas de atributo de las densidades de potencia medias y relativas al límite de exposición obtenidos de las mediciones con su respectiva georreferenciación. Por otro lado, para la densidad poblacional se utilizaron datos de INDEC y archivos del tipo Shape, clasificados por radios censales dentro del ejido municipal. Se superpusieron las capas y se crearon clasificaciones para poder generar material informativo de fácil interpretación.

La UIT recomienda realizar mapas sobre la información obtenida de los niveles de campos electromagnéticos ya que son una herramienta de comunicación visual en un formato entendible por el público en general. Estos mapas muestran valores relativos al máximo permitido establecido a través de códigos de colores, en vez de mostrar directamente los valores de RNI (ID-08rev1, 2015, UIT). Esta recomendación internacional es una de las más recientes al respecto y Argentina ha participado centralmente en su confección (Tabla 2).

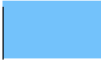
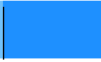








Colour										
Name	Maya blue	Dodger blue	Cerulean blue	Light green	Lime green	Green	Golden Yellow	Orange	Orange red	Red
Hexadecimal colourcode	#73c2fb	#1e90ff	#2a52be	#90ee90	#32cd32	#008000	#ffd100	#ffa500	#ff4500	#ff0000
Percentage in relation to the limit (%)	0-1	1-2	2-4	4-8	8-15	15-20	20-35	35-50	50-100	>100

Tabla 2. Ejemplo de código de color para los mapas de niveles de densidad de potencia de ondas electromagnéticas. Fuente: ID-08rev1, 2015, UIT.

5. RESULTADOS Y APORTES DE ESTE TRABAJO

En esta sección se vuelcan los datos obtenidos a partir del trabajo de campo y de investigación realizado.

5.1. Marco Legal

El espectro de ondas electromagnéticas es amplio; se hace numerosos usos de las mismas y el impacto en la salud y en el ambiente varía en forma e intensidad. Por este motivo existen normativas para la exposición y limitaciones para la emisión a lo largo de casi todo el espectro. En el presente trabajo se hace foco en el campo electromagnético de radiofrecuencias comprendido entre 30 MHz y 3 GHz por dos motivos, es el rango donde están comprendidos la mayor cantidad de servicios de telecomunicaciones (Res. 202, 1995, Argentina) y es la banda que mide la antena seleccionada del equipo Narda SRM 3006.

5.1.1. Fundamentos para la proposición de límites de exposición: impactos en la salud.

Para definir los límites de exposición a las ondas electromagnéticas de radiofrecuencia los científicos de los distintos organismos internacionales dedicados al estudio de las RNI se basaron en los efectos térmicos que produce la absorción de energía en los seres vivos, ya que por el momento no se conocen a ciencia cierta los efectos atérmicos. Los factores que influyen en la absorción de energía electromagnética son, entre otros, la longitud de onda del campo electromagnético, las dimensiones y geometría del cuerpo irradiado, la orientación del cuerpo en relación a la polaridad de los vectores del campo eléctrico, la presencia de superficies reflectoras, el contacto con la tierra y los

mecanismos biofísicos de termorregulación del sistema biológico (Res. 202, 1995, Argentina).

La condición de máxima absorción posible se da cuando se produce resonancia, es decir, cuando el cuerpo está expuesto a una onda plana incidente y el eje mayor del cuerpo (L) es paralelo al vector del campo eléctrico. En este caso la energía absorbida puede ser suficiente para provocar alteraciones de la estructura molecular e interferir en los procesos bioquímicos de los organismos vivos (Balmori, 2004).

Dada la ubicación y tipo de tejido de cada parte del cuerpo, éstas resuenan en distintas frecuencias (Res. 202, 1995, Argentina), como se muestra en la Tabla 3.

Parte del cuerpo	Frecuencia de resonancia
Cabeza	375 MHz
Brazos	150 MHz
Piernas	50-70 MHz
Pelvis y muslos	80 MHz
Hombre 1,75 m	70/80 MHz
Niños	≥ 100 MHz

Tabla 3. Frecuencia de resonancia de distintas partes del cuerpo. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina.

La absorción de energía se cuantifica mediante el SAR, por sus siglas en inglés Specific Absorption Rate (Tasa de absorción específica). Este valor es la derivada con respecto al tiempo del incremento de energía absorbida por (o disipada en) un objeto (Res. 202, 1995, Argentina).

Del resultado de experimentaciones se dedujo que en el peor escenario, mencionado anteriormente, para una exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia específicos durante 1 hora el límite donde se empiezan a producir efectos nocivos es de 4 W/kg. Siendo conservativos se aplica un factor de seguridad de 0,1, determinando un límite de exposición ocupacional de 0,4 W/kg para proteger a los trabajadores de riesgos térmicos potenciales. Se determinó además, que el ámbito de frecuencias resonantes para el cuerpo humano es entre 10 y 400 MHz, aplicándose en este rango los límites más restrictivos (Res. 202, 1995, Argentina).

Dado que los estudios epidemiológicos de los efectos de las RNI en la población son escasos, el límite de exposición para el público en general se calcula teniendo en cuenta una exposición continua (Tabla 4).

	Tiempo de exposición por semana (horas)	SAR promedio (W/kg)
Exposición ocupacional	40	0,4
Exposición poblacional	168	0,08

Tabla 4. SAR promedio para Exposición ocupacional y poblacional. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina.

5.1.2. Normativa de Organismos Internacionales

5.1.2.1. Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP).

La ICNIRP generó en 1998 el documento de Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz). En el mismo se

proponen los siguientes valores de referencia para la exposición poblacional a campos electromagnéticos (Tabla 5).

Rango de frecuencias	Intensidad del campo eléctrico (V/m)	Intensidad del campo magnético (A/m)	Densidad de flujo magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m^2)
Hasta 1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1-8 Hz	10000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375 * f^{1/2}$	$0,0037 * f^{1/2}$	$0,0046 * f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Tabla 5. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores RMS no perturbados) Fuente: “Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz).” ICNIRP.

5.1.2.2. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La UIT es el organismo de las Naciones Unidas especializado en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. Este organismo aplica los límites de exposición al público establecidos por cada Nación o, si no existen, los de la ICNIRP (Recomendación K.52-UIT-T, 2018, UIT).

5.1.2.3. Instituto Nacional Estadounidense de Estándares o ANSI por sus siglas en inglés “American National Standards Institute”.

El ANSI propuso desde 1960 los estándares definidos por el Instituto de Energía Eléctrica y Electrónica (IEEE), basado en el texto “Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.”, con

reiteradas modificaciones o revisiones (Std C95. 1, 1991, IEEE). La última versión es del año 2014 pero se aplica sólo para el ámbito militar (Std C95. 1, 2014. IEEE). En el presente trabajo se tiene como referencia la versión del año 2005 para público en general (Std C95. 1, 2005, IEEE; Tabla 6).

Rango de frecuencias (MHz)	Intensidad del campo eléctrico (V/m)	Intensidad del campo magnético (A/m)	Densidad de potencia (W/m ²)
0,1-1,34	614	$16,3/f_M$	$(1000,100000/f_M^2)$
1,34-30	$823,8/f_M$	$16,3/f_M$	$(1800/f_M^2, 100000/f_M^2)$
30-100	27,5	$158,3/f_M^{1,668}$	$(2,9400000/f_M^{3,336})$
100-400	27,5	0,0729	2
400-2000	-	-	$f_M/200$
2000-100000	-	-	10
100000-300000	87	$(90*f_G - 7000)/200$	-

Tabla 6. Niveles de exposición a campos electromagnéticos por la IEEE. Fuente: Std C95. 1, 2005, IEEE. f_M es frecuencia expresada en MHz y f_G en GHz.

5.1.2.4. Unión Europea.

El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea del 23 de Junio del 2013 dictaminaron la Directiva 2013/35/EU “on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC”. En la misma se definen los límites de exposición a CE de RF (Tabla 7).

Rango de frecuencias	Intensidad del campo eléctrico (V/m)	Intensidad del flujo magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m^2)
100 kHz -1 MHz	610	$2,0 \cdot 10^6/f$	-
1-10 MHz	$6,1 \cdot 10^8/f$	$2,0 \cdot 10^6/f$	-
10-400 MHz	61	0,2	-
400 MHz-2 GHz	$3 \cdot 10^{-3} \cdot f^{1/2}$	$1,0 \cdot 10^{-5} \cdot f^{1/2}$	-
2-6 GHz	$1,4 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^{-1}$	-
6-300 GHz	$1,4 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^{-1}$	50

Tabla 7. Niveles de exposición a campos eléctricos y magnéticos desde 100 kHz hasta 300 GHz por la Unión Europea. Fuente: Directiva 2013/35/EU. f es frecuencia expresada en Hz.

5.1.3. Normativa Nacional

A nivel nacional se creó la CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones), actualmente ENACOM, que es el “Organismo responsable de combinar los procedimientos administrativos, jurídicos, técnicos y económicos, con el fin de lograr el funcionamiento eficaz y eficiente de los servicios de telecomunicaciones que se brindan a la población, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente” (Frizzera, 2007). Este organismo se basa principalmente en las siguientes normas (Zavleon, 2016):

- 5.1.3.1. Resolución 202/1995 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, que aprueba el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz. Esta resolución crea los Manuales I y II de “Estándares de seguridad para la exposición de radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz” y “Radiación de radiofrecuencias: Consideraciones biofísicas, biomédicas, y criterios para el establecimiento de estándares de exposición” respectivamente. En la Tabla VII del Manual I se presentan los límites de

exposición a campos electromagnéticos para las condiciones ambientales más desfavorables (Tabla 8).

Región de frecuencias (MHz)	Intensidad del campo eléctrico RMS no perturbado (V/m)	Intensidad del campo magnético RMS no perturbado (A/m)	Densidad de potencia equivalente para onda plana (mW/cm ²)
0,3-3	275	0,73	20
3-30	$[3764*(180/f^2)]^{1/2}$	$[0,03*(180/f^2)]^{1/2}$	$180/f^2$
30-400	27,5	0,073	0,2
400-2000	$1,375*f^{1/2}$	$0,0037*f^{1/2}$	$f/2000$
2000-300000	61,35	0,16	1

Tabla 8. Límites de exposición poblacional a campos eléctricos de radiofrecuencia. Fuente: Manual I, Res. 202, 1995, Argentina. f es la frecuencia en MHz.

El mismo Manual propone límites menos restrictivos para condiciones especiales para la exposición poblacional, por ejemplo, por la aparición de un vehículo ocupado por operativos en telecomunicaciones que generaría momentáneamente niveles elevados de radiación (Tabla 9).

Rango de Frecuencia [MHz]	Límite de exposición máximo de densidad de potencia [mW/cm ²]
0,1-3	100
3-30	$900/f^2$
30-400	1
400-2000	$f/400$
2000-300000	5

Tabla 9. Límites de exposición a CE de RF para situaciones excepcionales. Fuente: Res. 202, 1995, Argentina. f es la frecuencia en MHz.

Además, se recomienda que los valores máximos instantáneos para todas las frecuencias no excedan en un factor de 100 los límites para la exposición promedio continua (Res. 202, 1995, Argentina).

- 5.1.3.2.** Resolución 530/2000 de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación, que dispone el Estándar Nacional de Seguridad de aplicación obligatoria a todos los sistemas de telecomunicaciones que irradian en determinadas frecuencias (entre 100 KHz y 300 GHz), que ratifica la implementación de los Manuales I y II antes mencionados.
- 5.1.3.3.** Resolución 3690/2004 de la CNC, que establece que los titulares de autorizaciones de estaciones radioeléctricas y los licenciarios de estaciones de radiodifusión deberán demostrar que las radiaciones generadas por las antenas de sus estaciones no afectan a la población en el espacio circundante a las mismas y explica el protocolo de medición teniendo en cuenta los Manuales I y II de la 202/1995 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación.

5.1.4. Normativa Municipal

- 5.1.4.1.** Ordenanza 1995-CM-95. S. Carlos de Bariloche: regulación de la instalación de antenas y estructuras de telecomunicaciones.

Especifica las condiciones sobre la instalación de antenas y la obtención del Permiso de Instalación Municipal. Dentro de los requisitos ésta ordenanza prohíbe la instalación de antenas, en todo el ejido municipal a una distancia menor de 200 metros de centros de salud, centros educativos, clubes y centros sociales.

- 5.1.4.2.** Ordenanza N° 2786-CM-16. S. Carlos de Bariloche.

Explica las condiciones que deben cumplir los OST (operadores de servicios de telecomunicaciones) para el

“emplazamiento de antenas, estructuras soporte de antenas y sus infraestructuras relacionadas con los sistemas de telecomunicaciones regulados por ENACOM”.

El artículo 20 del anexo II de la presente ordenanza expresa que “Los OST deberán cumplir con la obligación de adoptar como referencia el Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz. y 300 GHz. estipulados en la resolución 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, la cual contiene los niveles máximos permitidos de exposición de los seres humanos a las Radiaciones No Ionizantes (RNI); la resolución 530/00 de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación que adopta el estándar mencionado para todos los sistemas de radiocomunicaciones; la resolución 3690/04 de la Comisión Nacional de Comunicaciones que establece el método de control para verificación del cumplimiento de los niveles de RNI, y las que en el futuro las reemplacen o modifiquen.”

Mientras que el artículo 21 del mismo anexo establece un límite municipal más restrictivo, el MEPM (Máxima Exposición Permitida Municipal).

$$MEPM(f) = 0,1 * MEP(f) \quad [Fórmula 5-1]$$

Donde:

$MEPM(f)$ es el valor de Máxima Exposición Permitida Municipal en función de la frecuencia.

$MEP(f)$ es el valor de Máxima Exposición Permitida en función de la frecuencia, establecido por la normativa nacional (sección anterior). Para todo procedimiento, y especificaciones de medición, deberán considerarse los procedimientos y demás condiciones establecidas en dicha norma.

Esta ordenanza está promulgada por la Resolución N° 5684-I-2016, actualmente vigente.

5.1.5. Antecedentes de mediciones de RNI en Argentina

Según el registro de mediciones del 31 de diciembre del 2006, de 354 puntos relevados en todo el país (Frizzera, 2007), en ningún caso se detectó niveles que superen la MEP (Máxima Exposición Permitida) que establece la Resolución 202/95 del Ministerio de Salud Pública y Acción Social de la Nación y la Resolución 3690/04 de la CNC (actual ENACOM).

En el monitoreo realizado por profesionales de la Universidad Nacional de La Plata, presentado en el VII Congreso de Medio Ambiente en el año 2012 se obtuvieron valores máximos por debajo de los límites normados en diversas provincias, teniendo en cuenta que el límite más restrictivo nivel nacional es 0,2 mW/cm² (Staiano et al., 2012; Tabla 10).

Lugar	Densidad de potencia [mW/cm ²]
Comodoro Rivadavia	0,009135
Burzaco (Bs. As.)	0,002234
San Martín (Bs. As.)	0,001128
Campana (Bs. As.)	0,000179
Brandsen (Bs As)	0,000275

Tabla 10. Valores máximos de densidad de potencia en cinco provincias argentinas. Elaboración propia, datos obtenidos de Staiano et al., 2012.

En relevamientos realizados recientemente en la ciudad de San Carlos de Bariloche (<http://www.diarioandino.com.ar/diario/2016/08/08/bariloche-las-mediciones-de-las-antenas-estaran-a-cargo-del-municipio/> Última consulta: 08/08/2016) no se encontraron valores que superen el límite antes mencionado.

Por el momento no se encontraron estudios en el país que demuestren niveles de RNI que sobrepasen los límites admisibles, aunque hay que tener en cuenta que la normativa de referencia es objeto de debate permanente a nivel mundial y puede ser modificada en cualquier momento.

5.1.6. Comparación de normativas

Se investigó la normativa de 46 países y de otros organismos internacionales relativa a los niveles de exposición a las ondas electromagnéticas de radiofrecuencias. Como cada normativa propone límites en distintas unidades se propuso unificar las unidades, transformando los valores a densidad de potencia en mW/cm² y de campo eléctrico en V/m (Tabla 11).

País / Organismo	Norma	Límite de exposición a RNI			
		Rango de frecuencias	Potencia máxima permitida según la Norma	Potencia máxima en mW/cm ²	Densidad de Campo Eléctrico máximo en V/m
Argentina	MS 202/95	30-400 [MHz]	0,2 [mW/cm ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/2000 [mW/cm ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	1 [mW/cm ²]	1	61,400
Bolivia	Res. Administrativa Regulatoria N° 2002/0313	30-300 [MHz]	0,2 [mW/cm ²]	0,2	27,459
		300-1500 [MHz]	f/1500 [mW/cm ²]	f/1500	1,585 f ^{1/2}
		1,5-100 [GHz]	1 [mW/cm ²]	1	61,400
Brasil	Norma N°11934	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Costa Rica	Decreto 36324 S	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Colombia	Decreto 195 de 2005	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Chile	Norma Exenta N° 3103/2012	10-400 [MHz]	200 [μW/m ²]	0,2	
		400-2200 [MHz]	f/2 [μW/m ²]	f/2000	
		2200-300000 [MHz]	1000 [μW/m ²]	1	
Chile- caso especial		100 [microW/cm ²] en zona urbana para estaciones base de servicio público de telefonía, transmisión de datos y servicios públicos del mismo tipo que operen en la banda de 800-2700 MHz		1	61,4
		10 [microW/cm ²] establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales de enseñanza básica		0,1	0,0515
Ecuador	Res. 01-01-CONATEL-2005	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
México	Decreto 10071/2007	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Panamá	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Paraguay	Decreto 10071/2007	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Perú	Res. N° 120-2005-MTC-03 (para áreas de uso público)	10-400 [MHz]	1 [W/m ²]	0,1	0,0515
		400-2000 [MHz]	f/400 [W/m ²]	f/4000	0,971 f [^] 1/2
		2-300 [GHz]	5 [W/m ²]	0,5	43,416
Perú	Decreto Supremo N° 038-2003-MTC (para exposición poblacional en	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]		
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]		
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]		

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

general)						
Uruguay	Proyecto reglamentario agosto 2009	10-400 [MHz]	0,2 [mW/cm ²]	0,2	27,459	
		400-2000 [MHz]	f/2000 [mW/cm ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}	
		2-300 [GHz]	1 [mW/cm ²]	1	61,400	
Venezuela	COVENIN 2238:2000	10-400 [MHz]	0,2 [mW/cm ²]	0,2	27,459	
		400-2000 [MHz]	f/2000 [mW/cm ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}	
		2-300 [GHz]	1 [mW/cm ²]	1	61,400	
Alemania	“Ley de control de la contaminación” (Ordenanza sobre campos electromagnético - 26. BImSchV) Última versión del 2013. Para exposición a una única fuente	50-400 [Hz]	250/f [kV/m]	16578249,33 / f ²		
		400-3000 [Hz]	250/f [kV/m]	16578249,33 / f ²		
		3000-10000000 [Hz]	0,083 [kV/m]	1,827		
	Para la integración de las frecuencias en un periodo de tiempo	10-400 [MHz]	25 [V/m]	0,166		
		400-2000 [MHz]	1,375*f ^(1/2) [V/m]	f*0,0005		
		2-300 [GHz]	61 [V/m]	0,987		
	Para campos electromagnéticos pulsados en el rango de frecuencia superior a 10 MHz a 300 GHz, la intensidad máxima del campo eléctrico y magnético no deberá exceder 32 veces el valor del Anexo 1b (fila anterior)					
	Australia	AS/NZS 2772.1:1999	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
			400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
			2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Austria	ÖVE/ÖNORM E 8850 2006	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459	
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}	
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400	
Bélgica	F. 2005-2394 [C 2005/22777].	10-400 [MHz]	0,5 [W/m ²]	0,05		
		400-2000 [MHz]	f/800 [W/m ²]	f/8000		
		2- 10 [GHz]	2,5 [W/m ²]	0,25		
Canadá	Safety Code 6 (2015)	10 -20 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2		
		20- 48 [MHz]	8,944/f ^{1/2} [W/m ²]	0,8944/f ^{1/2}		
		48- 300 [MHz]	1,291 [W/m ²]	0,1291		
		300- 6000 [MHz]	0,02619* f ^{0,6834} [W/m ²]	0,002619*f ^{0,6834}		
		6000 - 15000 [MHz]	10 [W/m ²]	1		

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

		15000- 150000 [MHz]	10 [W/m ²]	1	
		150000 - 300000 [MHz]	$6,67 \cdot 10^{-5} \cdot f$ [W/m ²]	$0,00000667 \cdot f$	
Dinamarca	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Eslovenia	Directive 1999/5/EC of the European Parliament	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
España	Real Decreto 1066/2001. Última modificación: marzo del 2017. Cuadro 2: valores rms imperturbados	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Estados Unidos	IEEE C95.1-2005	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Estonia	Council Recommendation 1999/51/EC of 12 July 1999	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Finlandia	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Francia	Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Grecia	Hellenic Republic Law n° 3431	400-2000 [MHz]	$f/333$ [W/m ²]	$f/3330$	$1,064 f^{1/2}$
		2-3 [GHz]	6 [W/m ²]	0,6	47,56
Holanda	Directive 1999/5/EC of the European Parliament	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Hungria	Council Recommendation 1999/51/EC of 12 July 1999	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	$f/200$ [W/m ²]	$f/2000$	$1,373 f^{1/2}$
		2-150 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Irlanda	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Islandia	Directive 1999/519/EC	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Israel	Non Ionazing Radiation Law, 2006	400-2000 [MHz]	f/2000 [W/m ²]	f/20000	0,434 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	1 [W/m ²]	0,1	0,0515
Italia	Governmental decree Italy 2003	3 [MHz]-300 [GHz]	0,1 [W/m ²]	0,01	6,14
Japón	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Corea	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Luxemburgo	ITM-CL 179.4 10 de mai 2006		3 [V/m]	0,0024	3
México	Decreto 10071 del 2 de marzo de 2007	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Noruega	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Nueva Zelanda	AS/NZS 2772.1:1999	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Polonia	Regulation of the Minister of Environment of 30 October 2003	0,15 - 3 [GHz]	6,67 [V/m]	0,0118	6,67
		3 - 300 [GHz]	0,053f+6,67 [V/m]	7,45e-7 f ² +0,000187 f+0,00118	0,053f+6,67
Portugal	Portaria nº 1421/2004. Niveles de referencia	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
	Restricciones básicas	10 [MHz] - 10 [GHz]	SAR		
		10 [GHz] - 300 [GHz]	10 [W/m ²]		

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

Reino Unido	Nrpb Vol 15 Nº 2 2004	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
República Checa	Decreto Gubernamental Nº 480/2000	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
República Eslovaca	Directive 1999/5/EC of the European Parliament	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Suecia	Radiation Protection Ordinance (1988:293) SSI FS 1995:3	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
Suiza	Ordenanza 814.710. 1999, última actualización 2016.	10-400 [MHz]	900 [V/m]	214,85	
		400-2000 [MHz]	44*f ^{1/2} [V/m]	0,513*f	
		2-300 [GHz]	1950 [V/m]	1008,6	
		10-400 [MHz]	28 [V/m]	0,207	
		400-2000 [MHz]	1,375*f ^{1/2} [V/m]	0,0005*f	
		2-10[GHz]	61 [V/m]	0,987	
		10-300 [GHz]	61 [V/m]	0,987	
Turquía	ICNIRP	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	27,459
		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	1,373 f ^{1/2}
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	61,400
ICNIRP	Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz). 1998	10-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2	
UIT		400-2000 [MHz]	f/200 [W/m ²]	f/2000	
		2-300 [GHz]	10 [W/m ²]	1	
Unión Europea	Directiva 2013/35/EU. 2013 (Parlamento Europeo y el Council de la Unión Europea)	10-400 [MHz]	61 [V/m]	0,987	
		400-2000 [MHz]	3*0,001 f ^{1/2} [V/m]	2,387E-09 *f	
		2-6 [GHz]	140 [V/m]	5,198	
		6-300 [GHz]	140 [V/m] o 50 [W/m ²]	5,198	
IEEE	Std S95.1 TM	30-100 [MHz]	(2;9400000/fM ³ ,336) [W/m ²]		

100-400 [MHz]	2 [W/m ²]	0,2
400-2000 [MHz]	fM/200 [W/m ²]	f/2000
2-5 [GHz]	10 [W/m ²]	1
5-30 [GHz]	10 [W/m ²]	1
30-100[GHz]	10 [W/m ²]	1
100-300 [GHz]	(90fG-7000)/200 [W/m ²]	(90fG- 7000)/2000

Tabla 11. Normativa relativa a los niveles de radiaciones no ionizantes en distintos países y organizaciones internacionales. Fuente: elaboración propia basada en la bibliografía enumerada en la Sección “Referencias - Normativa y recomendaciones” y en el trabajo de Cid Badini, I. G., 2015.

Los organismos internacionales que se tuvieron en cuenta fueron la ICNIRP (Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) y la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que utilizan las mismas recomendaciones, la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Estados Unidos) y la Unión Europea. Los límites propuestos por éstos son más permisivos que los del municipio de S. C. de Bariloche (Gráfico 1).

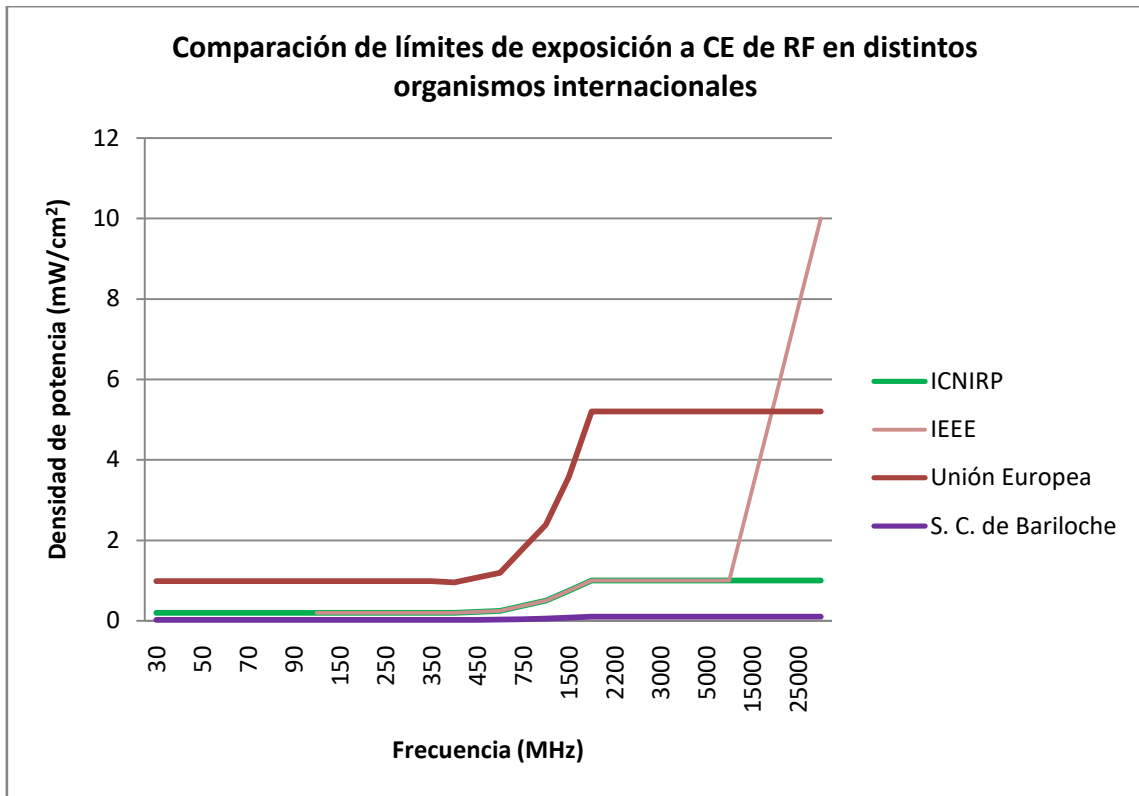


Gráfico 1. Comparación de Límites de exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia establecidos por organismos internacionales y S. C. de Bariloche – Ord. Nº 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.

También se observa que la mayoría de los países proponen los mismos límites que la ICNIRP, incluyendo la Argentina, y que el límite de S. C. de Bariloche (Ord. Nº 2786-CM-16) es diez veces más restrictivo que éstos. Comparando estos valores con los países que proponen límites diferentes, el de S. C. de Bariloche sigue siendo el más restrictivo (Gráfico 2).

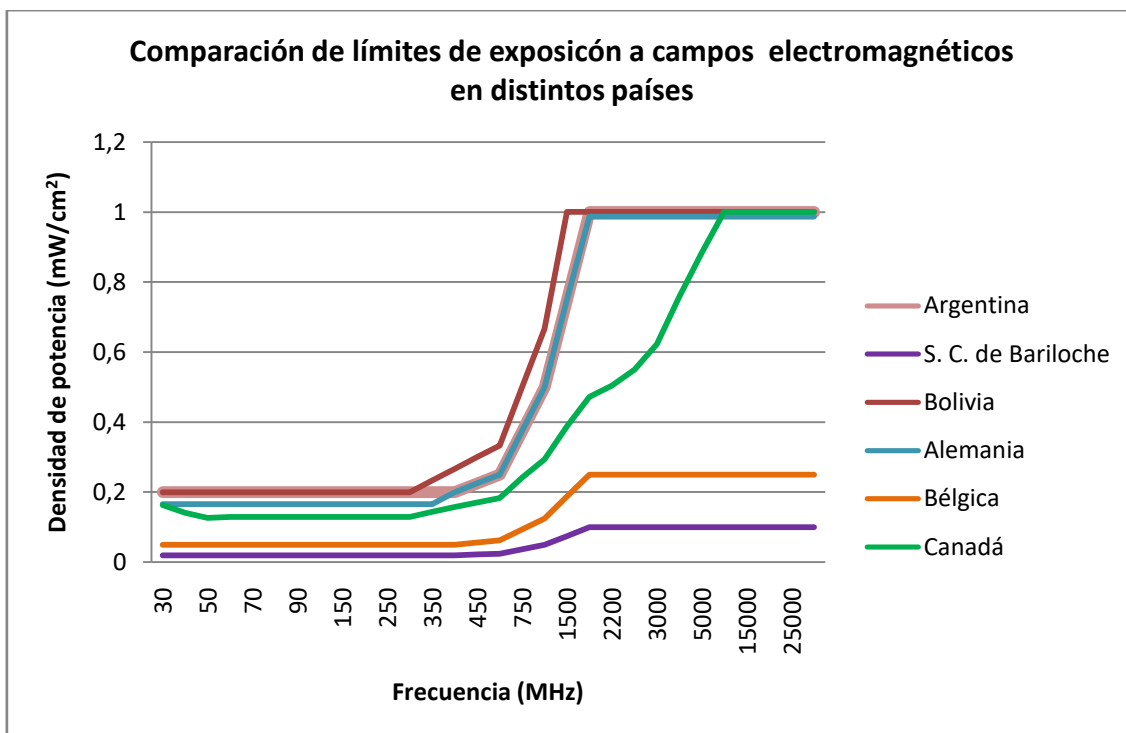


Gráfico 2 Límites de exposición a campos eléctricos de radiofrecuencia según la normativa de distintos países y la de S. C. de Bariloche - Ord. N° 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.

Los organismos y países que proponen los mismos límites de referencia que la Argentina son: ICNIRP (ICNIRP, 1998), Chile* (Norma Exenta N° 3103, 2012, Chile), Colombia (Decreto 195, 2005, Colombia), Costa Rica (Decreto 36324, 2011, Costa Rica), Ecuador (Resolución 01-01-CONATEL, 2005, Ecuador), España (Real Decreto 1066, 2001, España), Francia (Decreto 775, 2002, Francia), Paraguay (Decreto 10071, 2007, Paraguay), Perú (Decreto Supremo 038-2003-MTC, 2003 y Resolución Ministerial 120-2005-MTC/03, 2006), Portugal (Ordenanza 1421, 2004, Portugal), Suiza** (Ordenanza 814.710, 1999, última actualización 2016, Suiza), Venezuela (Norma COVENIN 2238, 2000, Venezuela).

*La normativa chilena tiene una leve diferencia con la argentina; el rango que tiene la pendiente en el gráfico va de 400 a 2200 MHz en vez de 400 a 2000 MHz como en el resto de los casos.

**En la normativa suiza los límites son prácticamente iguales a los argentinos en el rango evaluado (varían en el orden de las milésimas).

Se observa que la normativa de Argentina (Resolución 202, 1995, Argentina) y la de Alemania (XXVI reglamento de la Ley de control de la contaminación, 1996, Alemania) son prácticamente iguales habiendo mayor restricción en el rango de 30 a 400 MHz en la normativa alemana.

La normativa de Bolivia (Resolución Administrativa Regulatoria 0313, 2002, Bolivia) es levemente más permisiva en algunos sectores del espectro mientras que la de Bélgica (Resolución F. 2394 y C. 22777, 2005, Bélgica) y Canadá (Código de Seguridad 6, 2015, Canadá) son más restrictivas.

Existen países que proponen límites especiales para situaciones particulares, como Chile (Resolución Exenta 3103/2012) y Perú (Resolución 120, 2005), sin embargo, el límite establecido por S. C. de Bariloche sigue siendo aún más restrictivo (Gráfico 3).

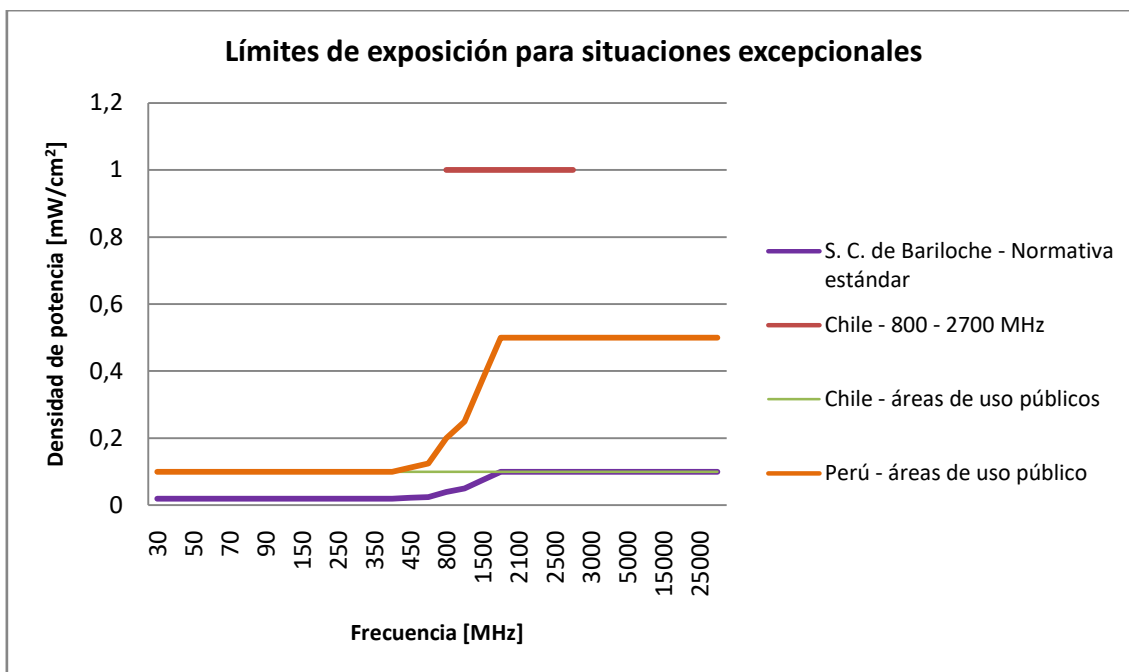


Gráfico 3 Límites de exposición para situaciones excepcionales, en Chile y Perú, comparando con el límite de S. C. de Bariloche - Ord. N° 2786-CM-16.

Se entiende como áreas de uso público a establecimientos hospitalarios, asilos de ancianos, salas cuna, jardines infantiles y establecimientos educacionales de enseñanza básica. Fuente: elaboración propia.

Notar que en la normativa chilena, para el rango de telefonía celular y transmisión de datos (800 y 2700 MHz) el límite establecido es más permisivo que en el resto de las normativas.

Por otro lado, se llega a la conclusión de que, de todas las normativas analizadas, la de S. C. de Bariloche es la más restrictiva cotejada con los límites nacionales e internacionales mencionados. Por esta razón, y porque es la normativa local, el análisis subsiguiente se realizó en base a la Ordenanza N° 2786-CM-16.

5.2. Análisis General de las mediciones

Mediante el equipo Narda SRM 3006 se registraron las mediciones en los puntos de interés (Anexo I). Como resultado el equipo entrega la densidad de potencia integrada para un ancho de banda (Δf) configurado por el usuario,

en este caso de 10 MHz, que representa cada punto de la curva espectral en cada gráfico (por ejemplo, Gráfico 4 y Gráfico 6 a, b y c)

También, el equipo permite configurar las mediciones con distinta precisión cambiando el valor del “Rango de Medida” (MR por sus siglas en inglés “Measurement range”). El MR representa indirectamente el valor mínimo que puede medir el instrumento o el fondo de escala. Se compararon resultados de mediciones con diferentes MR en el Hospital Zonal de S. C. de Bariloche. Se encontró que a mayor MR, 8 y 10 mW/cm² en el Gráfico 4, el fondo de escala del equipo está alrededor de 1E-03 y 1E-04 mW/cm², y como los picos de potencia en las bandas de frecuencias de servicios de telecomunicaciones están por debajo de estos valores, no se logran distinguir. En cambio, a MR más bajos, 0,002 y 0,001 mW/cm², el fondo de escala está alrededor de 1E-08 mW/cm², por lo que los picos se ven claramente diferenciados. En un MR intermedio, 0,01 mW/cm², se logran ver los picos pero el fondo de escala es más elevado.

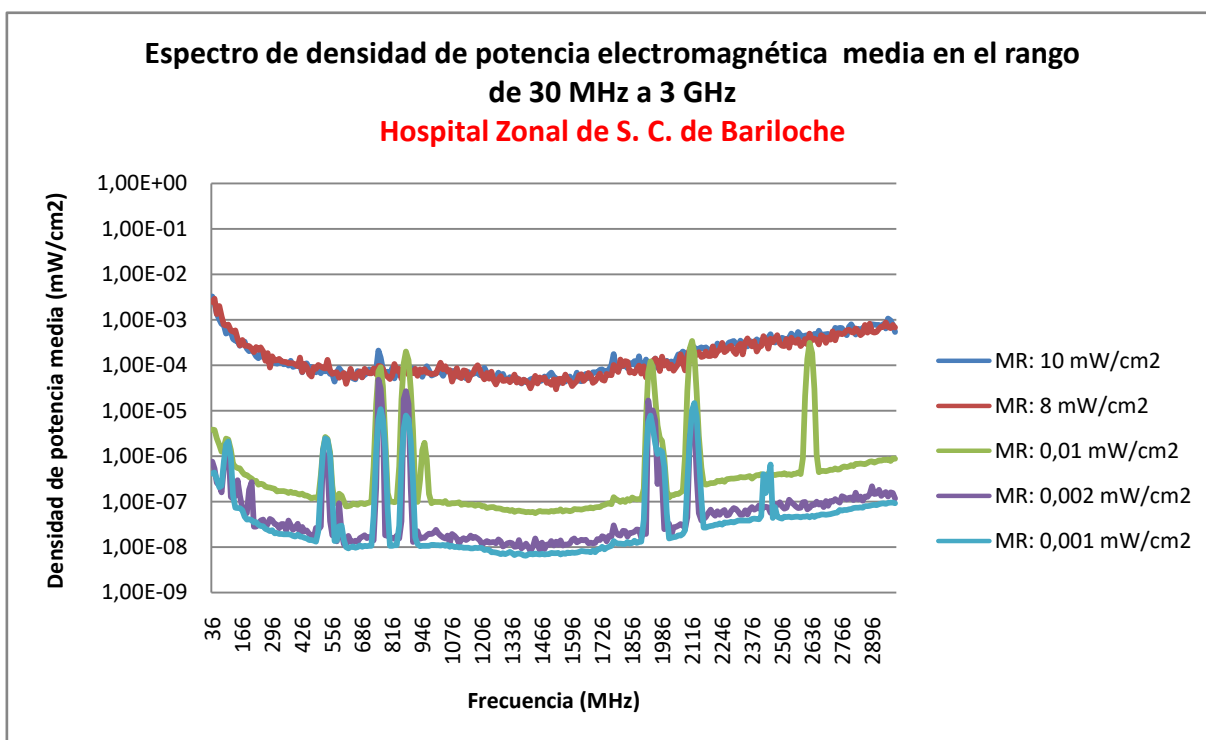


Gráfico 4: Espectro de densidad de potencia electromagnética en el rango de 30 MHz a 3 GHz en el Hospital Zonal de la ciudad, comparando la medición con distintos Rangos de Medida (MR). Fuente: elaboración propia.

Haciendo la sumatoria ponderada respecto al límite de referencia en cada frecuencia, éste valor tiene que ser menor a la unidad [Fórmula 4-2]. En el Gráfico 5 se ve que a MR más altos la sumatoria de densidad de potencia media es aproximadamente cien veces mayor que a MR menores y supera el valor límite establecido por la normativa de S. C. de Bariloche. Estos resultados pueden generar alarma en la comunidad, pero no son del todo certeros, por lo que se recomienda tener en cuenta los resultados de mayor precisión a la hora de tomar decisiones en la temática.

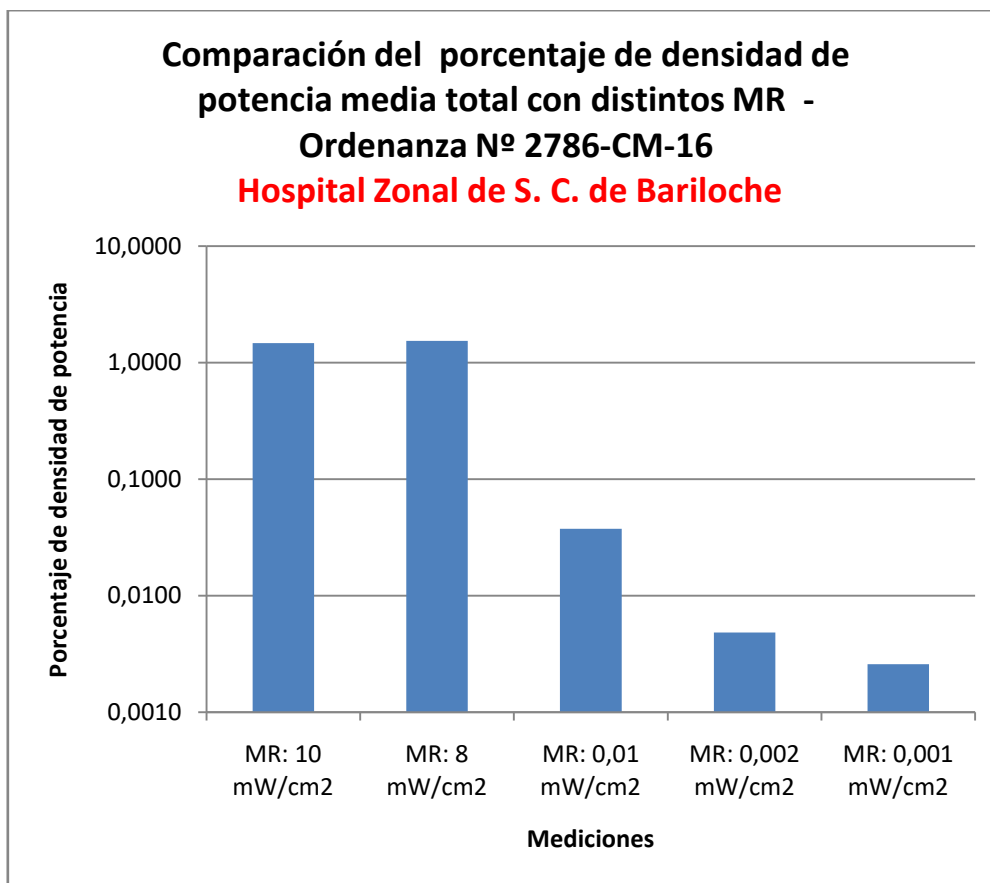


Gráfico 5 Porcentaje de densidad de potencia media para distintos Rangos de Medida (MR). Fuente: elaboración propia.

Ya que con MR bajos la precisión es mayor y se distinguen las bandas de servicios de telecomunicaciones, se decidió utilizar para el presente trabajo sólo los datos con MR inferior a 0,01 mW/cm².

En los Gráfico 6 a, b y c, se muestra la lectura del equipo en el espectro captado por la antena en tres puntos, con el objetivo de mostrar la lectura tal y como la hace el equipo de medición. En el mismo se expresan los valores Máximo y Media.

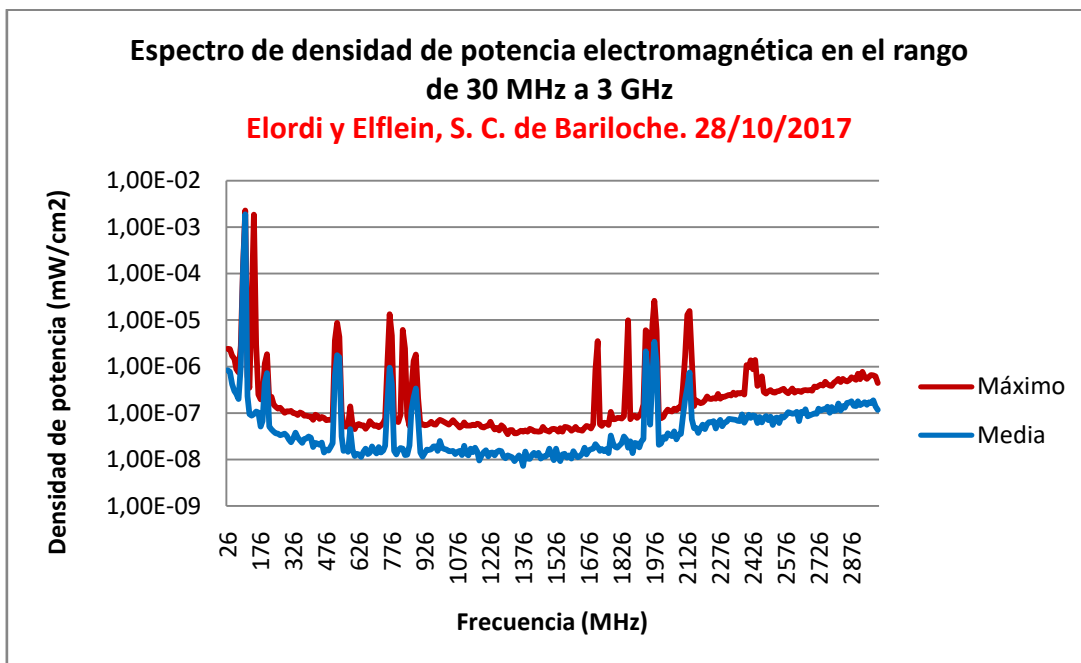
Cuando la curva de la media y la curva de máximo son muy próximas, quiere decir que la emisión es continua, mientras que cuando el máximo está muy alejado de la media, las emisiones son pulsadas. Por ejemplo, lo vemos en el punto de Elordi y Elflein, en 146 MHz se observa un pico en la curva de

Máximo mientras que en la curva de media no aparece, esto quiere decir que durante los seis minutos de medición se registró una emisión pulsada. Lo mismo se ve en otros picos como a 776 MHz, 1716 MHz, 1856 MHz y en el rango de 2396 a 2456 MHz. En estos casos, los valores máximos podrían acercarse más al límite de exposición; según la normativa, no deberían exceder en un factor de 100 los límites para cada frecuencia.

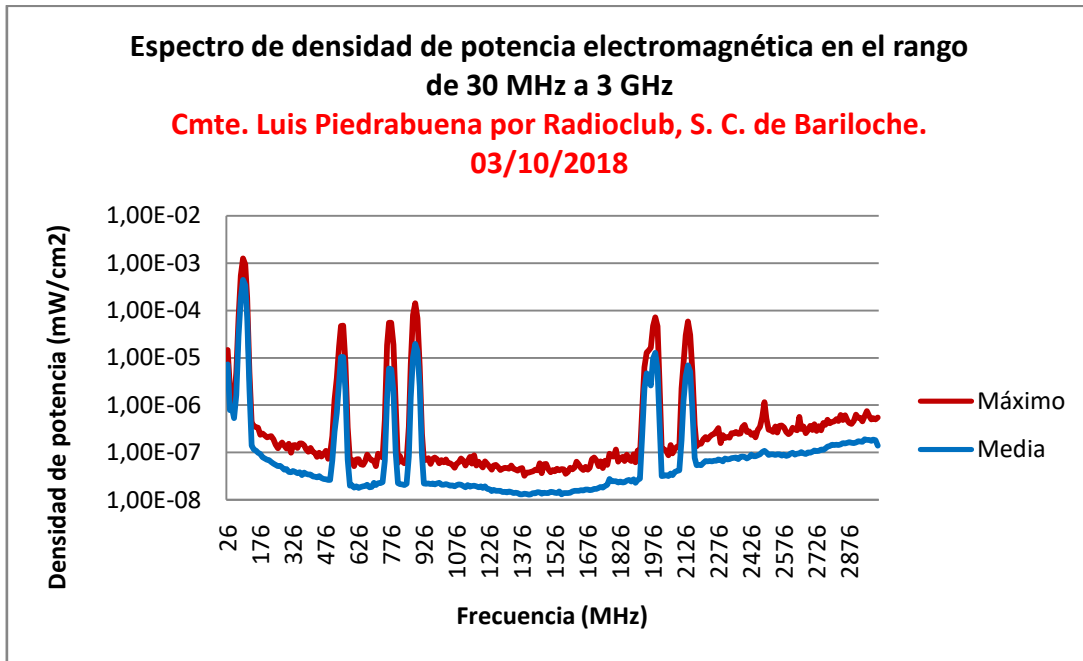
En el resto de los gráficos las curvas de Máximo y Media siguen aproximadamente la misma forma, por lo que los picos que se observan corresponden a emisiones continuas.

En lo que sigue del trabajo se realizará el análisis con los valores de densidad de potencia media.

a)



b)



c)

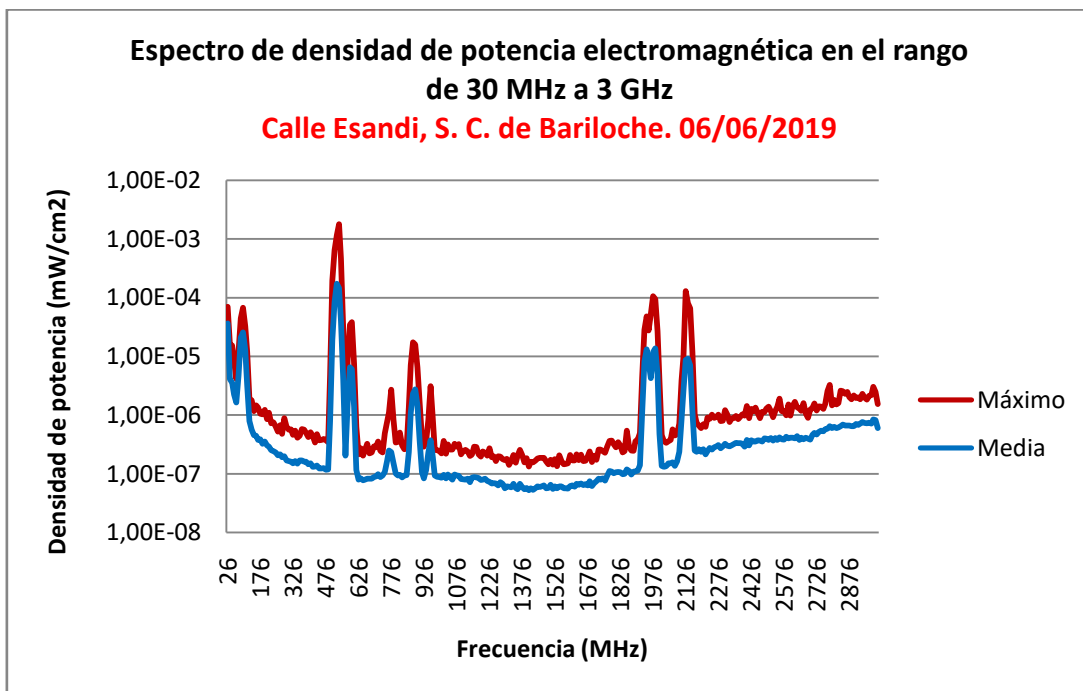


Gráfico 6 a, b y c: Espectro de densidad electromagnética en el rango de 30 MHz a 3 GHz en distintas mediciones en la ciudad. Fuente: elaboración propia.

5.3. Selección de bandas de servicio de interés

Haciendo un promedio de la densidad de potencia media en todos los puntos medidos en la ciudad y agrupando en rangos de frecuencia de 50 MHz se obtiene el Gráfico 7, que permite tener una idea general de los niveles de RNI a lo largo del espectro.

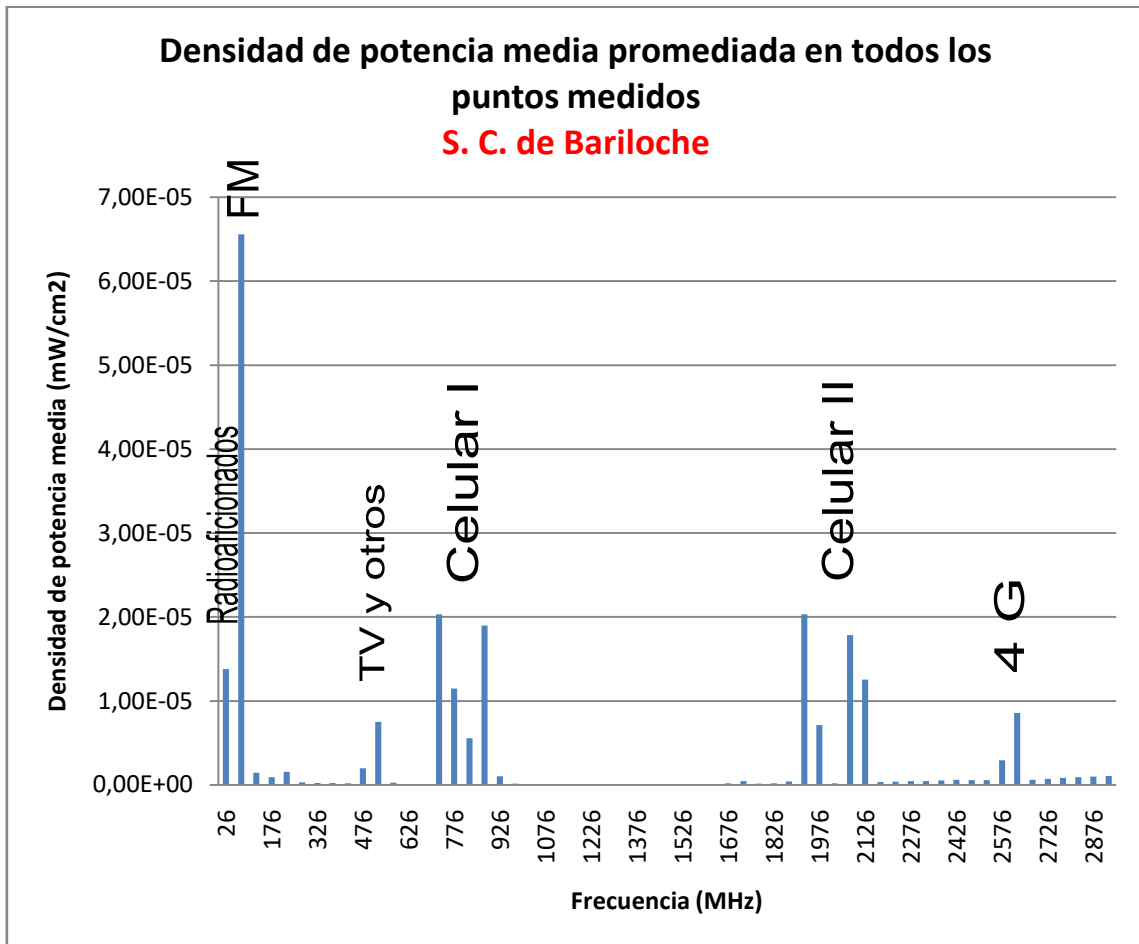


Gráfico 7 Densidad de potencia media promediada en todos los puntos medidos en la ciudad. Fuente: elaboración propia.

Se investigó a qué podían corresponder los picos observados en el Gráfico 7. Para ello se analizaron las bandas aproximadas en que trabaja el equipo NARDA 3006 en *Safety Mode* (Modo Seguro) y algunos de los servicios que designa el ENACOM (Tabla 12). Finalmente se definieron las bandas que resultan de interés para el presente trabajo, como se muestra en la última columna de la Tabla 12.

Rango (MHz)	Servicios NARDA 3600 Safety Mode	Servicios ENACOM, 2018.					Servicios detectados en las mediciones
30-76		SAF	SAFS	TV	otros		Radioaficionado s y otros
76-116	FM-Radio	TV	FM	FM			FM
126-186	Mid Wave/Paging	TV	otros				
206-236	Paging/Band III (DVB-T)	TV					TV
246-306		SOS	otros				
376-406		SMS	NO_DISP	SMON	otros		otros
506-566	Band IV (DVB-T)	TV	TV				
576-616	Band IV (DVB-T)	TV	TV				TV
736-796	Band IV (DVB-T)	SCMA					celular
836-916	Band V (DAB)/ GSM-R/ GSM 900	SRMC	STM	SBT	STDMM	SCMA	celular
1696-1776	GSM 1800	SMES	MXA	SCMA			Celular
1906-1966	UMTS-TDD	AISBT					Celular
1966-2016	UMTS-TDD	PCS					Celular
2076-2156	UMTS DL	SCMA					celular
2396-2466	W-LAN	SIALBA	SAFS	SAF			WiFi

SIGLA	DESCRIPCIÓN (ENACOM, 2018)
MXA	MXA Sistemas Multicanales Analógicos
FM	FM Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia
TV	TV Servicio de Televisión
SAF	SAF Servicio de Aficionados
SAFS	SAFS Servicio de Aficionados Por Satélite
SOS	SOS Servicio de Operaciones Espaciales
SMS	SMS Servicio Móvil Por Satélite
SMES	SMES Servicio de Meteorología por Satélite
STM	STM Servicio de Telefonía Móvil
AISBT	AISBT Sistemas de Acceso Inalámbrico al Servicio Básico Telefónico (WLL)
SBT	SBT Servicio Básico Telefónico
PCS	PCS Servicio de Comunicaciones Personales
SIALBA	SIALBA Sistemas Inalámbricos de Acceso Local de Banda Ancha
STDMM	STDMM Servicio de transmisión de Datos con Modalidad móvil
SCMA	SCMA Servicio de Comunicaciones Móviles Avanzadas
NO_DISP	No disponible para asignación
SMON	SISTEMA MONOCANALES Simplex-Semidúplex-Dúplex-IDA 20'. 239 canales de 12,5kHz

Tabla 12 Bandas de frecuencia de interés resultantes del análisis de la densidad de potencia en el espectro. Fuente: elaboración propia con bibliografía del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la República Argentina (CABFRA), versión 14/03/2018, Ente Nacional de Comunicaciones.

Para simplificar el análisis se van a utilizar menos categorías (Tabla 13):

Desde (MHz)	Hasta (MHz)	Servicio
26	76	Radioaficionados + otros
76	116	FM
126	616	TV y otros
736	916	celular I
1696	2156	celular II
2396	2466	WiFi*

**Aunque esta banda no se observa como un pico significativo en la tabla anterior se lo incluye en el análisis por ser un servicio de interés.*

Tabla 13 Bandas de frecuencia que se analizarán en el presente PFI. Fuente: elaboración propia.

La banda de 4G se observó únicamente en los puntos de la última medición realizada, el 6 de junio del 2019, por lo que no se consideró representativo para tenerlo en cuenta en el análisis por bandas de servicios.

Se realizó el promedio de todos los puntos en cada banda de frecuencia de interés para observar cuáles son las bandas que más contribuyen a la densidad de promedio total (Gráfico 8).

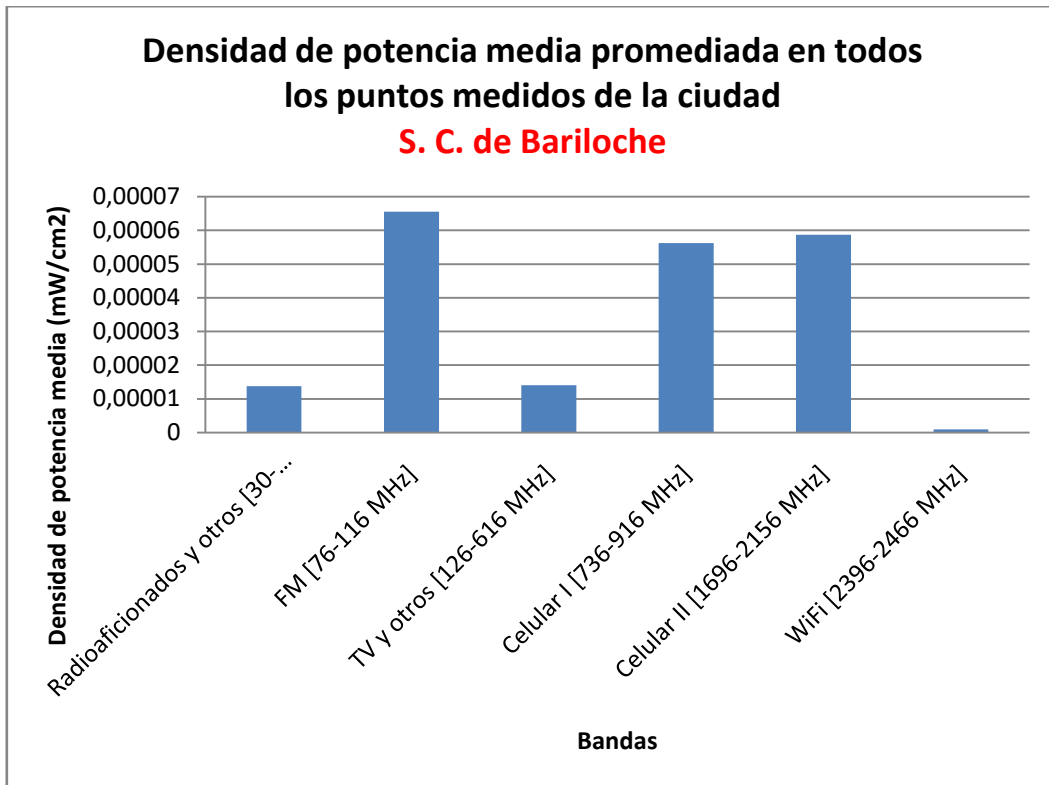


Gráfico 8 Densidad de potencia media promediada en todos los puntos de la ciudad, separado por cada banda de servicio seleccionada.

Se observa que la banda de mayor densidad de potencia es la de FM, pero si se sumaran las dos bandas de celulares, éstas son superiores a todas las anteriores según se muestra en el Gráfico 9.

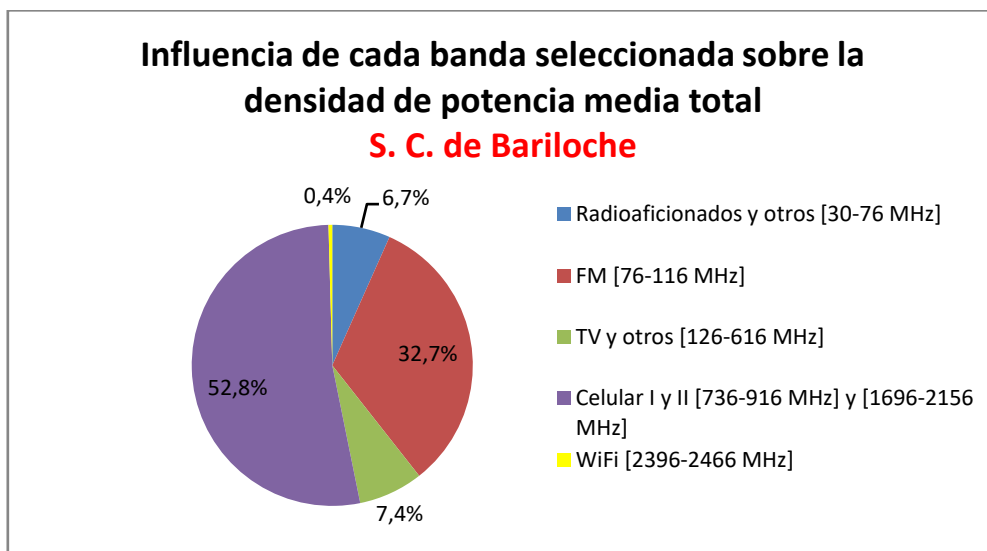


Gráfico 9. Influencia de cada banda seleccionada en la densidad de potencia media total. Fuente: elaboración propia.

5.4. Análisis por bandas de servicios seleccionadas

Ya que el posible daño por exposición a las ondas electromagnéticas está dado en función de la frecuencia, según lo que se mencionó en secciones anteriores, resulta adecuado evaluar la densidad de potencia respectiva al límite establecido por la normativa local.

5.4.1. Radioaficionados y otros [30-76 MHz]

Los dos puntos donde se observa mayor intensidad en esta banda son “Onelli y Vilcapugio” y “Onelli y Yatasto” (Gráfico 10).

Se observan otros puntos que rondan en valores cercanos al 0,2 %; si nos fijamos en las referencias de estos puntos coincide con la medición del 06/06/2019. Se puede inferir que ese día estos valores dieron más altos debido a mayor ruido de la antena o que aumentó el uso de estas frecuencias en el último tiempo.

El resto de las mediciones están todas en niveles menores al 0,1 % respecto al límite establecido.

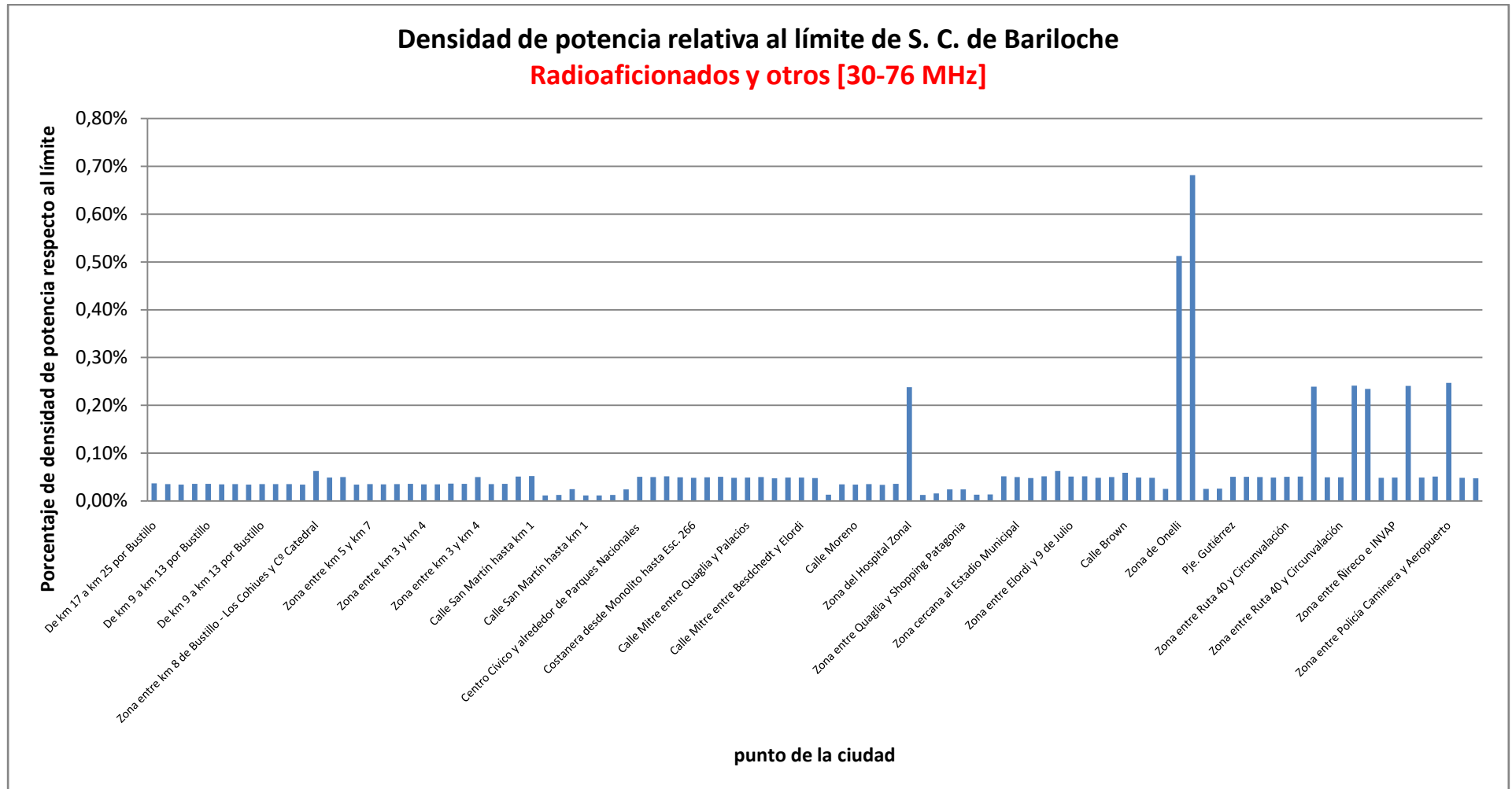


Gráfico 10 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Radioaficionados y otros [30-76 MHz].
Fuente: elaboración propia.

5.4.2. FM [76-116 MHz]

En esta banda se observó el mayor porcentaje en “Cmte. Luis Piedrabuena y María José”, con casi el 14 % y en “Elordi y Elflein”, alcanzando más del 10 % del valor respecto al límite (Gráfico 11). El resto de los puntos de la ciudad están por debajo del 1% del límite establecido por el municipio.

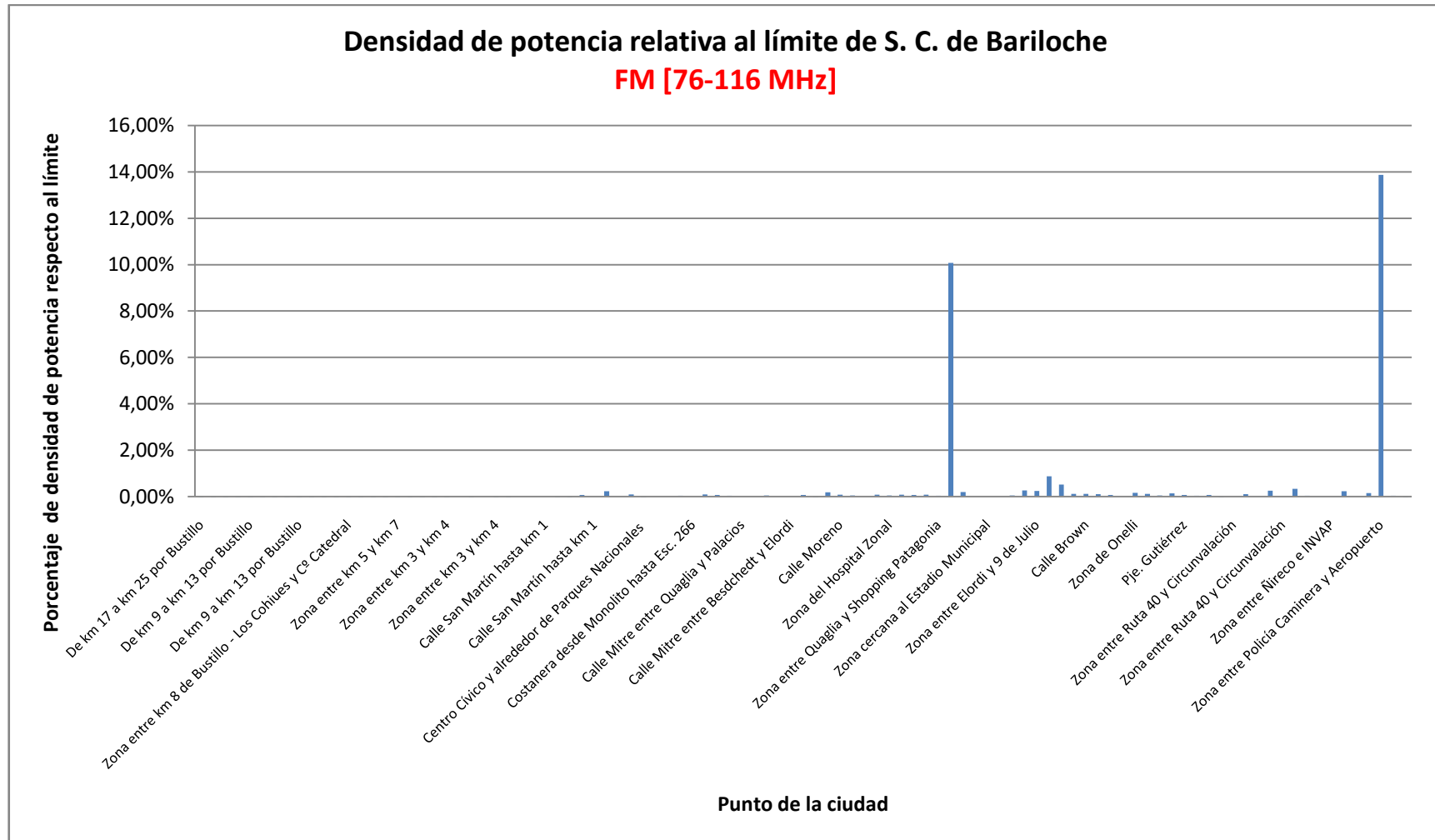


Gráfico 11 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de FM [76-116 MHz]. Fuente: elaboración propia.

5.4.3. TV y otros [126-616 MHz]

Se observa un único pico llamativo, llegando al 2%, en la calle Esandi a la altura del Bº San Francisco III.

En “Mitre y Quaglia” se observa un pico de aproximadamente 0,5 % mientras que el resto de los valores son todos menores al 0,4 % del límite (Gráfico 12).

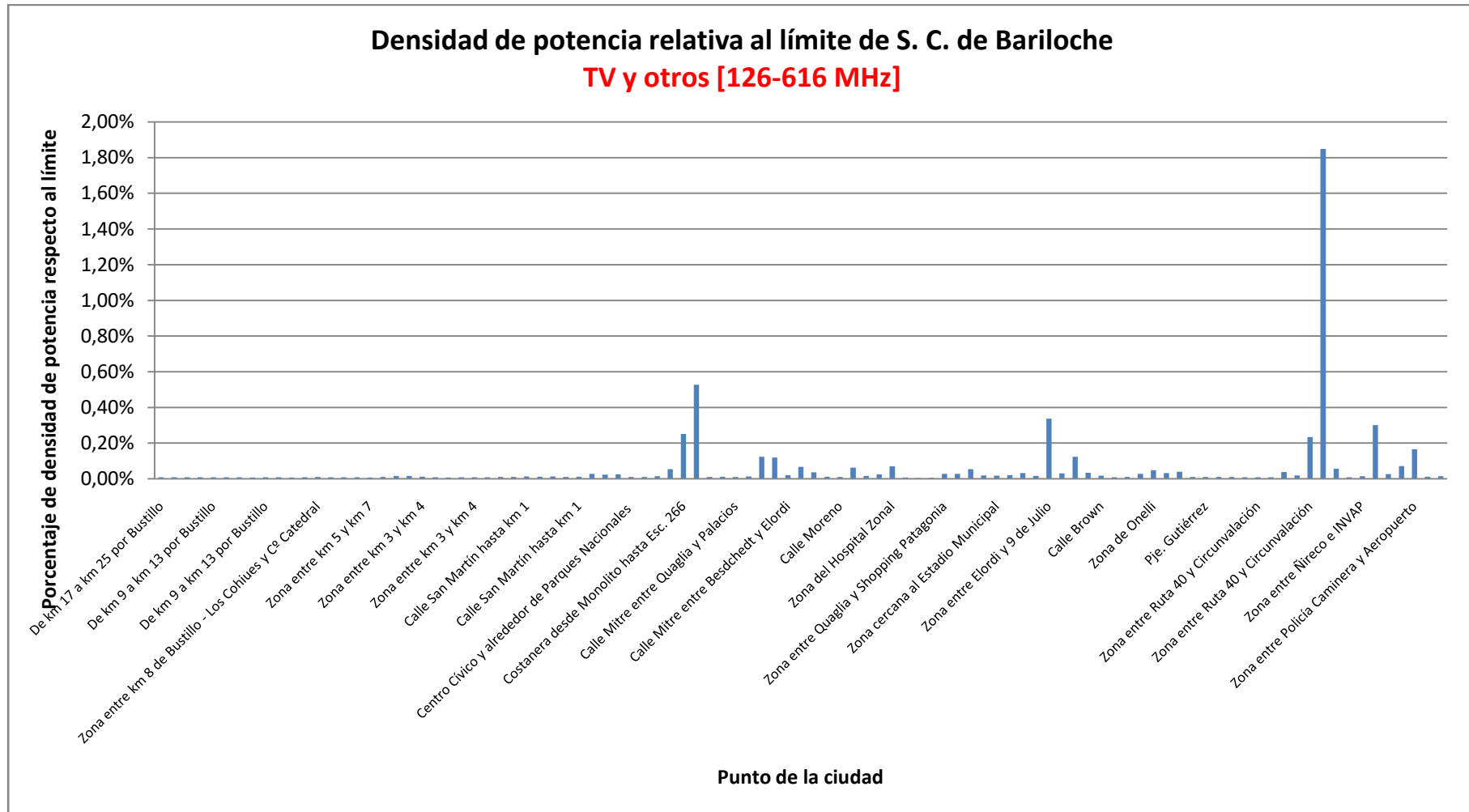


Gráfico 12 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de TV y otros [126-616 MHz].
Fuente: elaboración propia.

5.4.4. Celular [736-916 MHz] y [1696-2156 MHz]

La distribución de los porcentajes de densidad de potencia respecto al límite en las bandas de celular son heterogéneas, y menor al 2 %. Los mayores niveles se observan en el Centro Cívico y en el Hospital Zonal (Gráfico 14 y Gráfico 14).

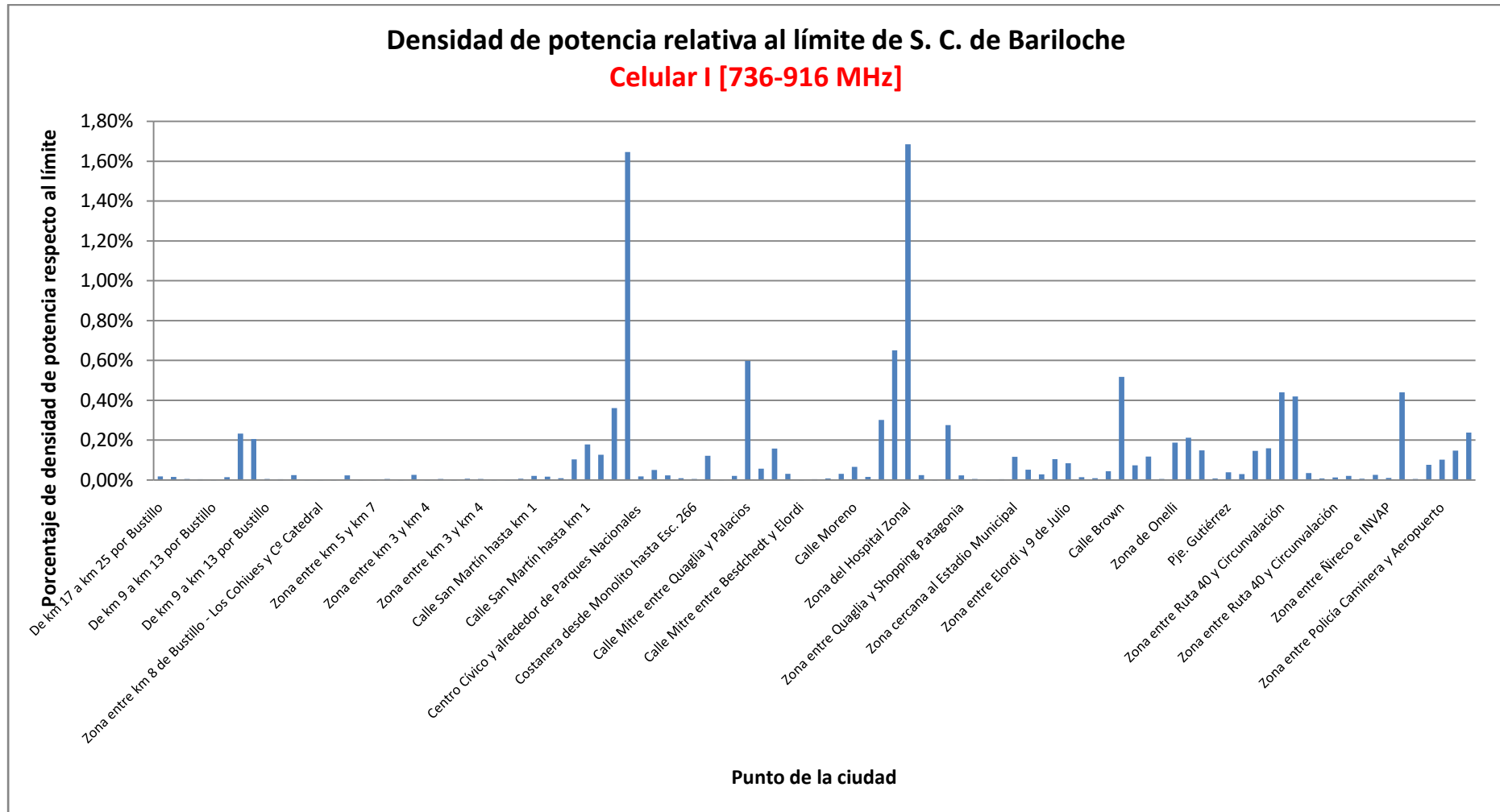


Gráfico 13 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Celular I [736-916 MHz]. Fuente: elaboración propia.

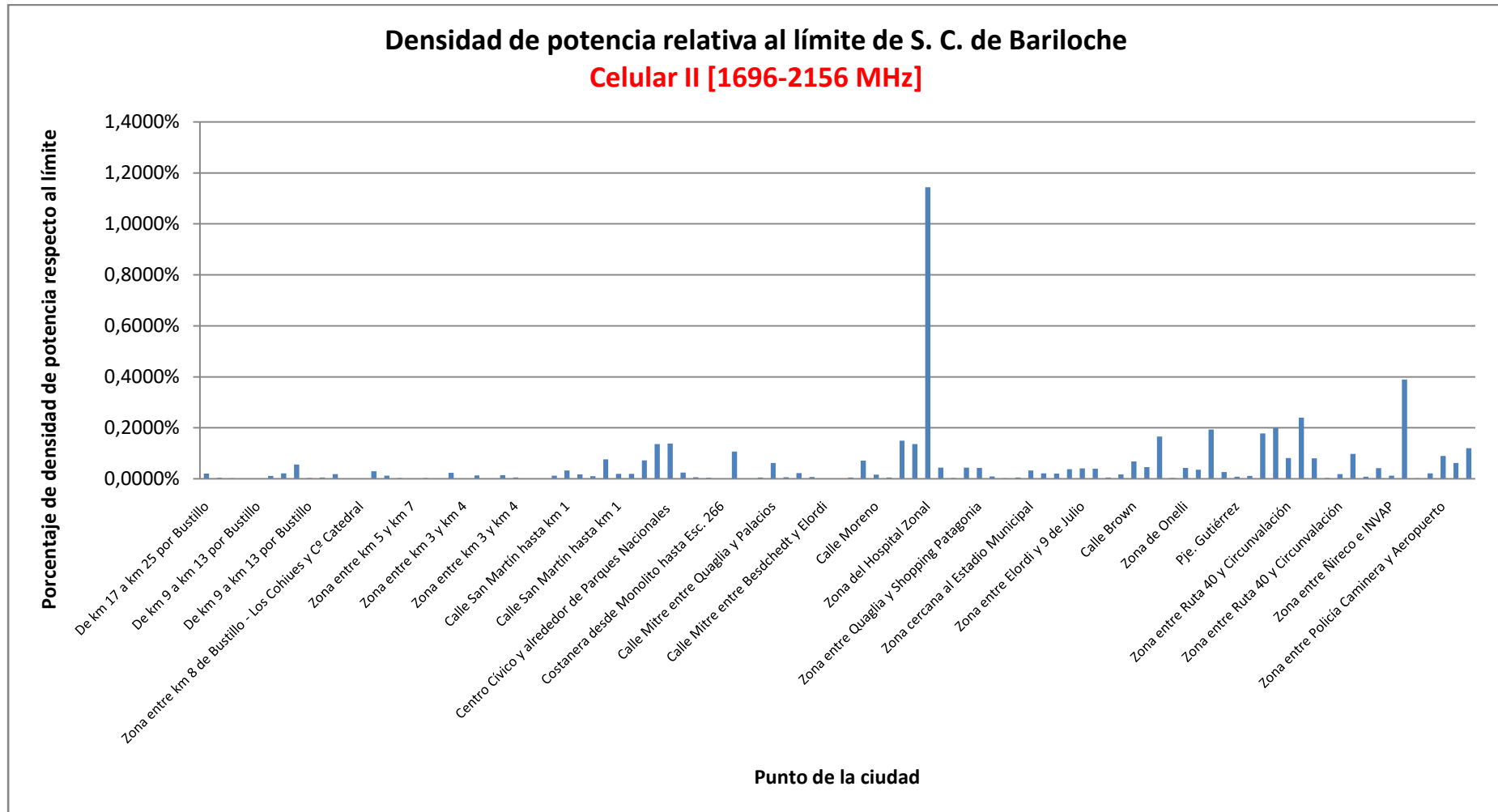


Gráfico 14 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de Celular II [1696-2156 MHz]. Fuente: elaboración propia.

5.4.5. WiFi [2396-2466 MHz]

La banda de WiFi analizada arroja valores muy bajos respecto al límite y a las otras bandas de servicios (Gráfico 15). En líneas generales se comporta bastante homogéneo a lo largo de la ciudad, se observan el valor más alto en el centro Cívico y algunos picos de menor tamaño en la zona del Hospital Zonal y hacia el este de la ciudad, aunque al coincidir con las mediciones del día 06/06/2019 se puede deber a que la antena captó mayor ruido blanco o que el uso de esta banda de frecuencias aumentó.

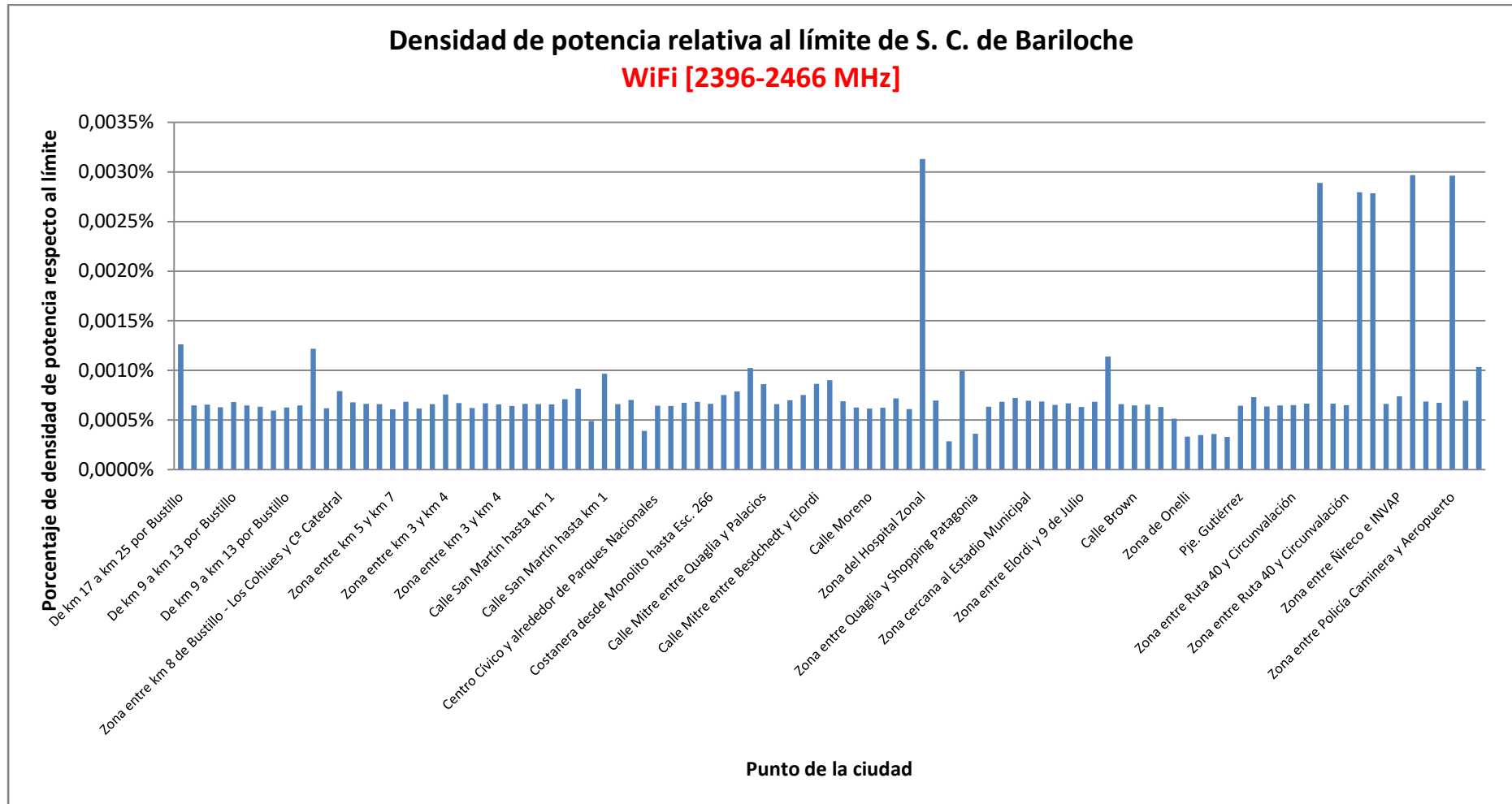


Gráfico 15 Densidad de potencia relativa al límite de exposición de S. C. de Bariloche para la banda de WiFi [2396-2466 MHz]. Fuente: elaboración propia.

5.4.6. Espectro integrado [30 MHz – 3 GHz]

Para saber los puntos de la ciudad que son mayormente impactados teniendo en cuenta la exposición a todo el espectro, se realizó la suma de cada valor de densidad de potencia medido ponderado por el límite establecido para la respectiva frecuencia (Ordenanza N° 2786-CM-16, S. C. de Bariloche). Según la normativa analizada, éste valor debe ser menor o igual a 1 [Fórmula 4-2]. En el caso de estudio todos los puntos cumplen con esta recomendación (Gráfico 16). Se observan dos puntos críticos, en “Elordi y Elflein” con el 10 % del valor límite y en “Cmte. Luis Piedrabuena – B° Las Marías”, superando el 14 % en una oportunidad y el 6 % en otra. El resto de los puntos están todos por debajo del 2 % del límite.

Se puede evidenciar que para la zona oeste de la ciudad los niveles de radiación respecto al límite son los menores, mientras que hacia el centro y el norte se observan valores más altos. Este comportamiento se puede ver gráficamente en los mapas de la Sección (5.7. - Mapas de RNI).

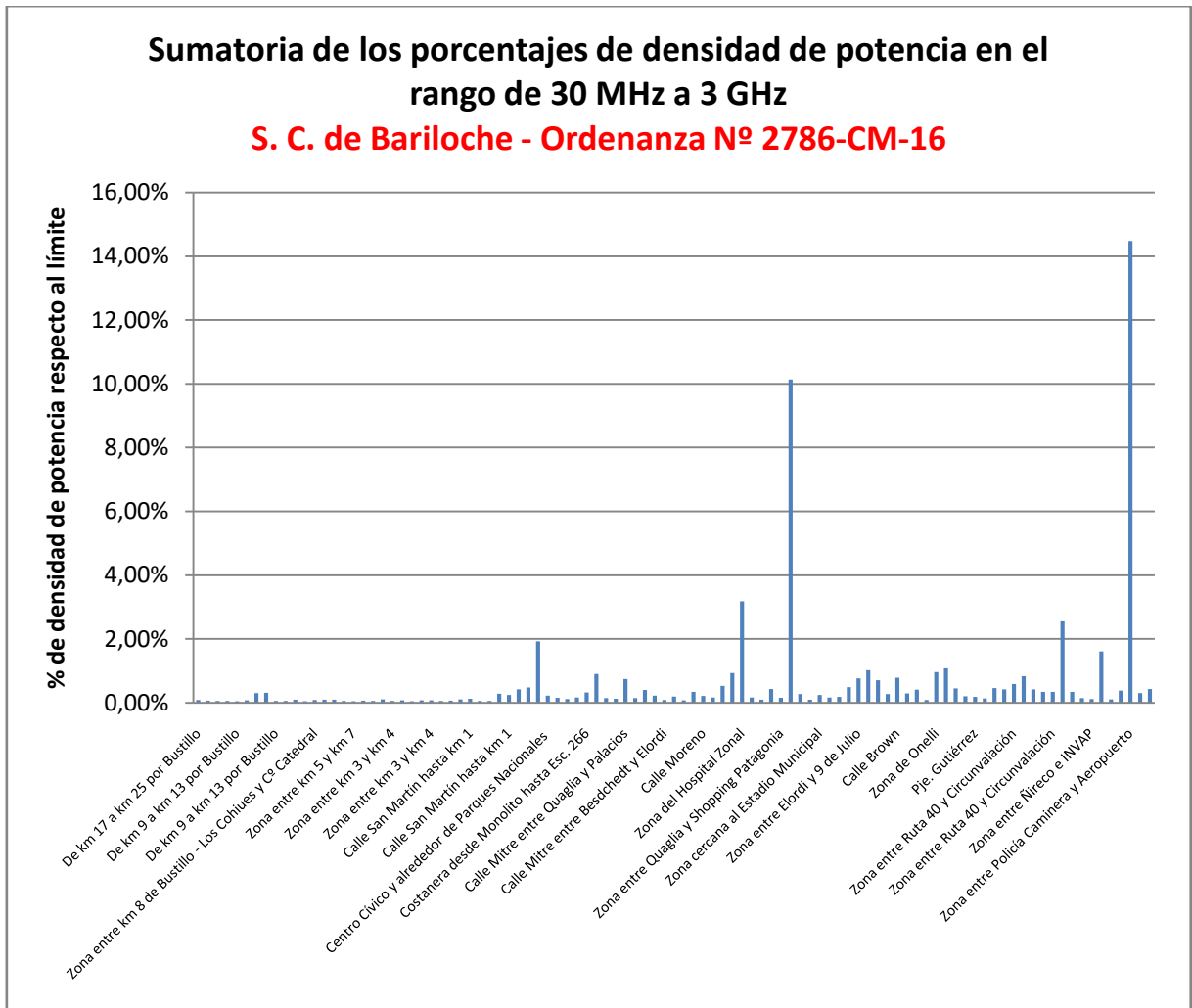


Gráfico 16 Sumatoria de los porcentajes de densidad de potencia respecto al límite de S. C. de Bariloche, Ordenanza N° 2786-CM-16. Fuente: elaboración propia.

Este análisis tiene sentido con la normativa vigente, por lo que también es necesario saber la densidad de potencia neta a la que estamos inmersos. En el Gráfico 17 podemos ver la distribución de la densidad de potencia en la ciudad; vemos que el patrón es muy parecido al análisis del Gráfico 16, aunque los picos se ven más marcados.

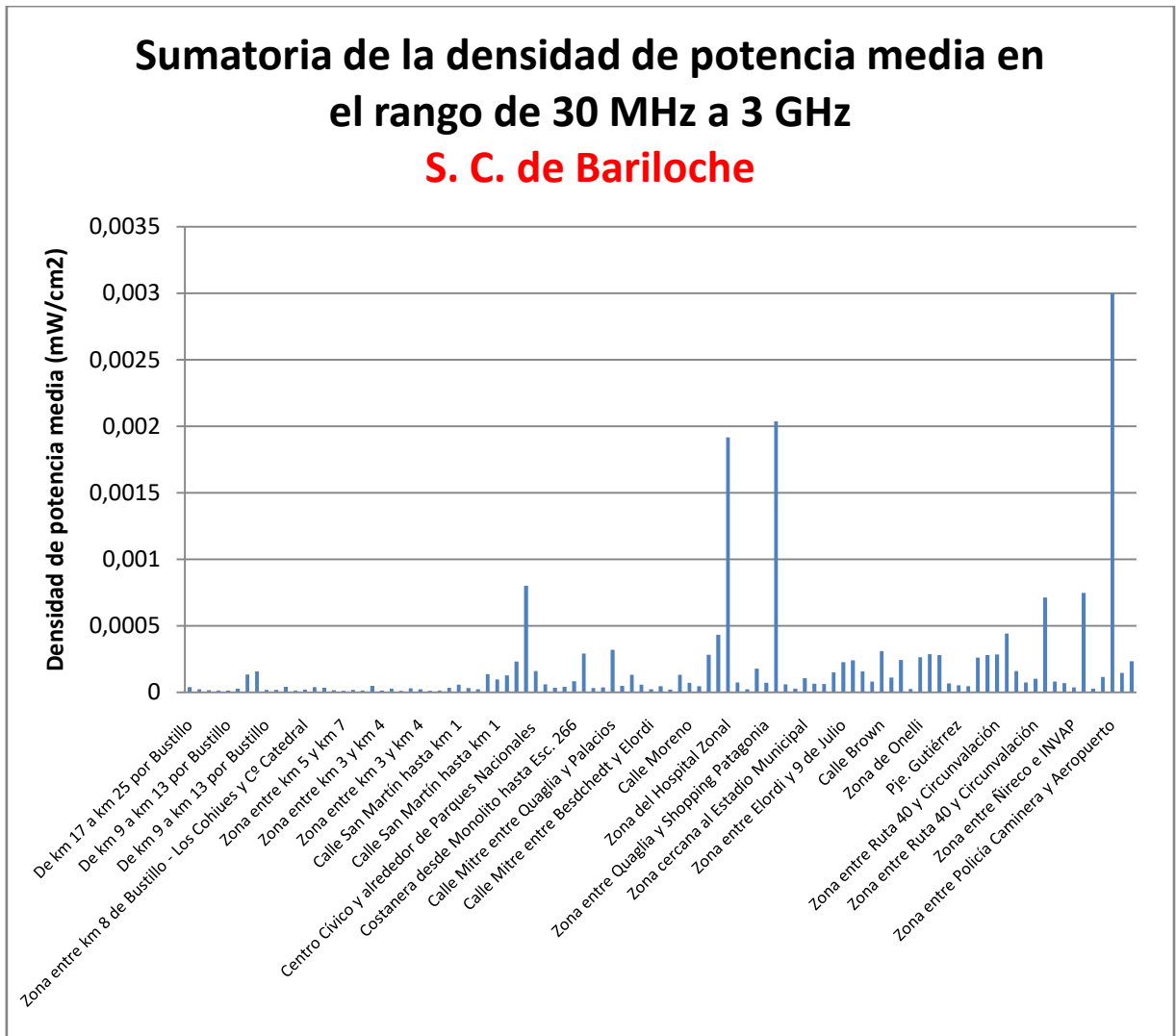


Gráfico 17 Sumatoria de la densidad de potencia media en S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

5.5. Análisis de puntos críticos

De todo el análisis se definieron cuatro puntos críticos: “Elordi y Elflein” y “Cmte. Luis Piedrabuena – B° Las Marías”, por tener los mayores niveles de radiación no ionizante y “Hospital Zonal” y “Centro Cívico” por ser sitios muy concurridos por la población residente y turística. El punto de Esandi a la altura del B^a San Francisco III también resulta de interés, pero se necesitarían más mediciones para poder interpretarlo, por lo que no se analizará en el presente trabajo.

5.5.1. Elordi y Elflein

En la medición del 28/10/2017 se observó un gran pico en la banda de FM, motivo por el cual se decidió repetir la medición en ese punto para verificar si se trata de una emisión continua o no (Gráfico 18). La medición del 06/06/2019 no presentó picos tan significativos, por lo que se infiere que en la medición anterior hubo un evento puntual, como alguna emisora de radio esporádica o un móvil de radioaficionados que pasó mientras se hacía la medición.

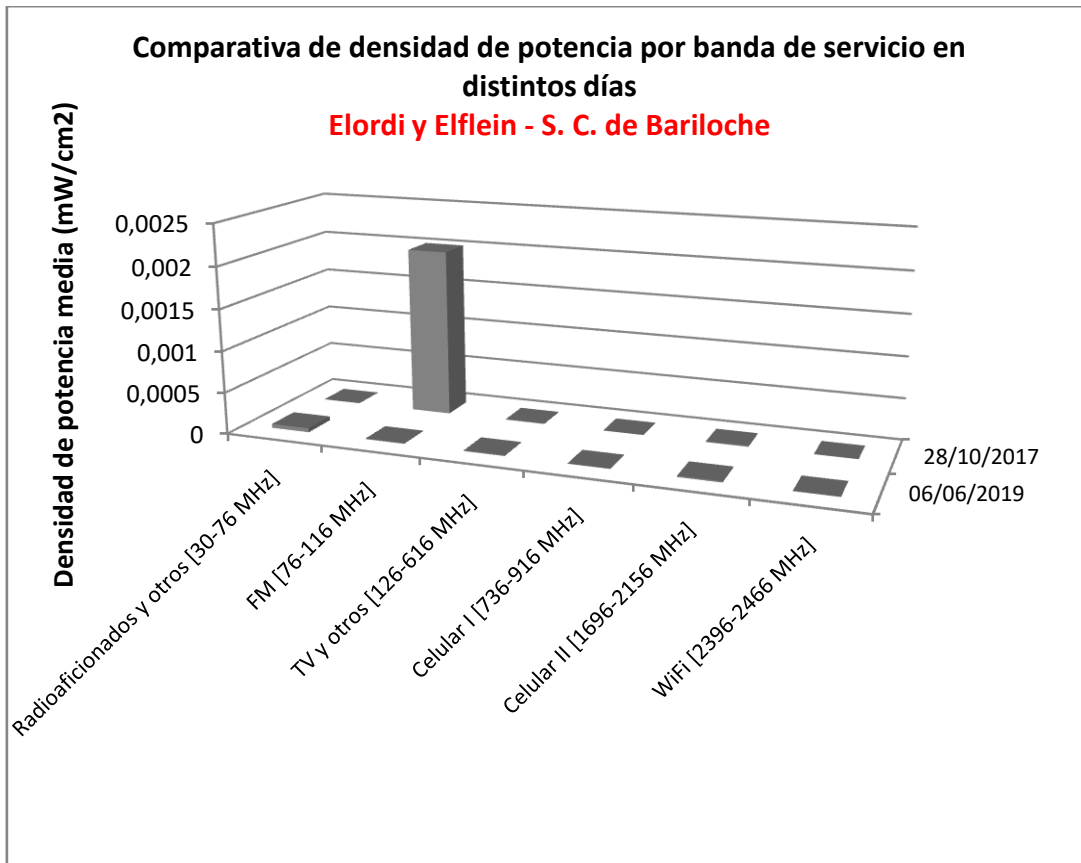


Gráfico 18 Comparativa de densidad de potencia media en las bandas de servicio seleccionadas para el punto de “Elordi y Elflein” de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Cmte. Luis Piedrabuena – Bº Las Marías

Se tomaron dos mediciones, el 03/10/2018 y el 06/06/2019, en Cmte. Luis Piedrabuena – Bº Las Marías (Gráfico 19). En ambos días se destaca el valor de la banda de FM. El valor más reciente es mayor, pero no puede inferirse una tendencia al aumento de densidad de potencia ya que dos puntos no son representativos, sería necesario realizar un monitoreo continuo para determinar el comportamiento.

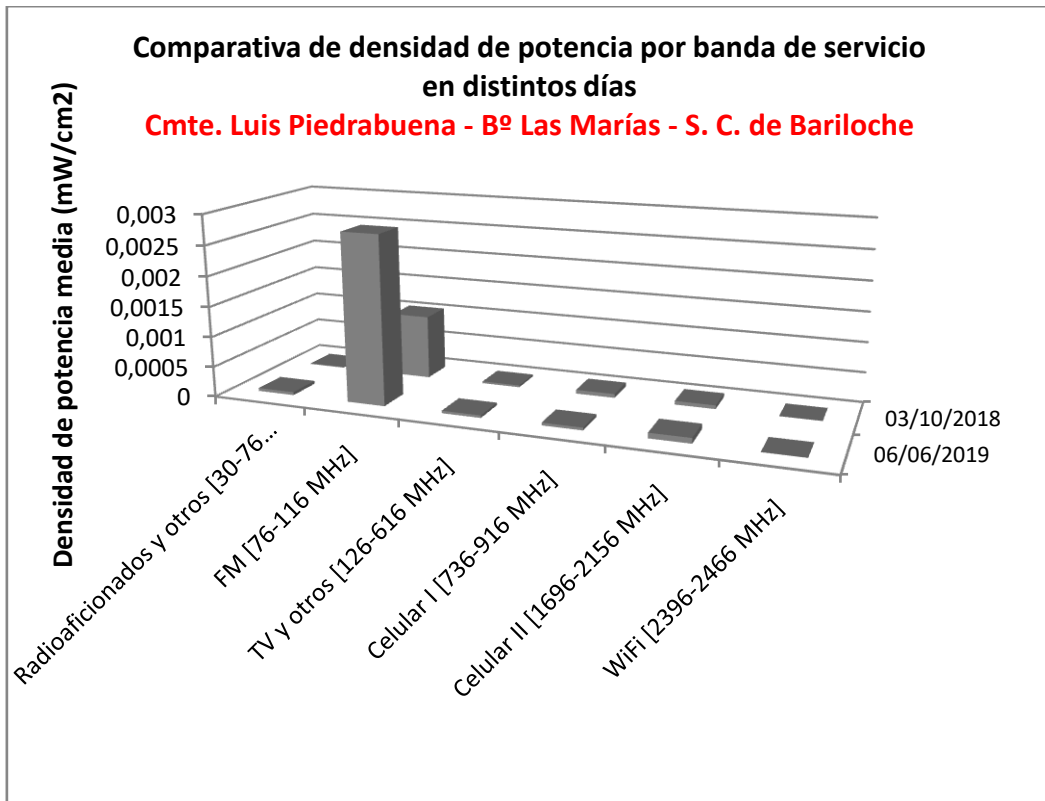


Gráfico 19 Comparativa de la densidad de potencia media en las bandas de frecuencia seleccionadas en la zona del Cmte. Luis Piedrabuena - Bº Las Marías, S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

Ponderando los valores de densidad de potencia media del 06/06/2019 en el punto del Cmte. Luis Piedrabuena - Bº Las Marías, respecto a los límites establecidos por la Ordenanza N° 2786-CM-16 de S. C. de Bariloche se ve que la sumatoria total da el porcentaje más alto de todos los puntos medidos dentro de la ciudad, y que el servicio que principalmente contribuye a ese valor es el de FM (Gráfico 20).

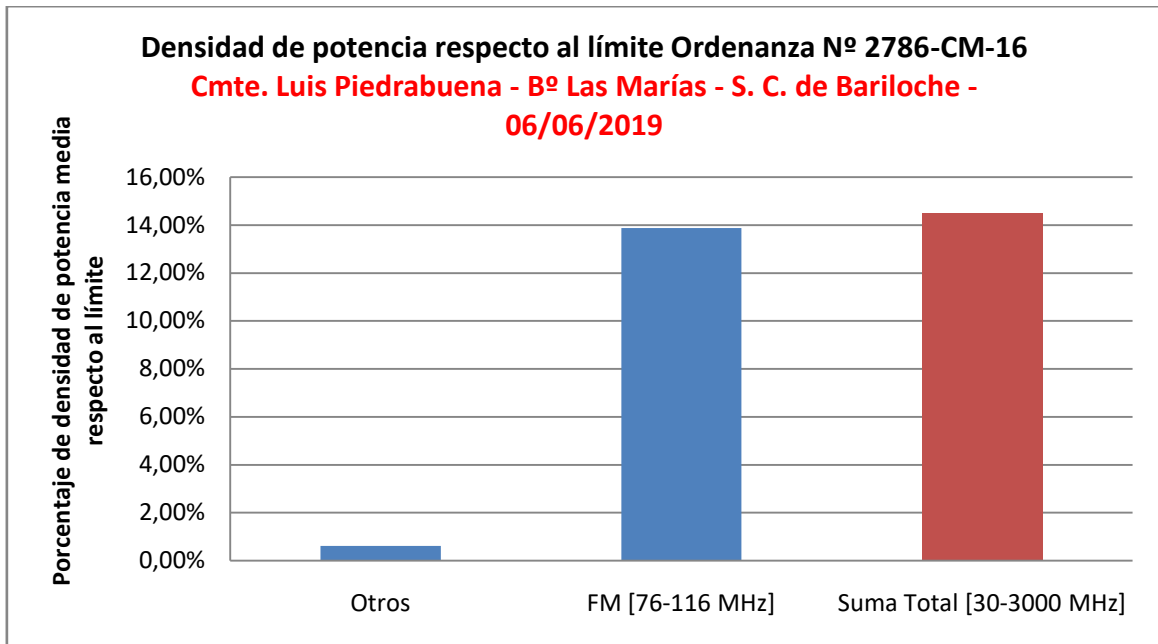


Gráfico 20 Densidad de potencia respecto al límite de S. C. de Bariloche, Ordenanza N° 2786-CM-16. Cmte. Luis Piedrabuena – B° Las Marías, 06/06/2019. La categoría “Otros” incluye las bandas de “Radioaficionados y otros”, “TV y otros”, “Celular I y II” y “WiFi”. Fuente: elaboración propia.

Sería importante detectar si el valor tan alto de FM fue un evento extraordinario, ya que para estos casos la normativa argentina propone límites menos restrictivos (Tabla 9).

5.5.3. Hospital Zonal

Se monitoreó la entrada del Hospital Zonal de la ciudad por la calle Elflein y John O’Connor con mediciones en el año 2017, 2018 y 2019 (Gráfico 21). Se observa que las bandas de Celulares son las que más contribuyen al valor total y que se produce un crecimiento del valor en el tiempo.

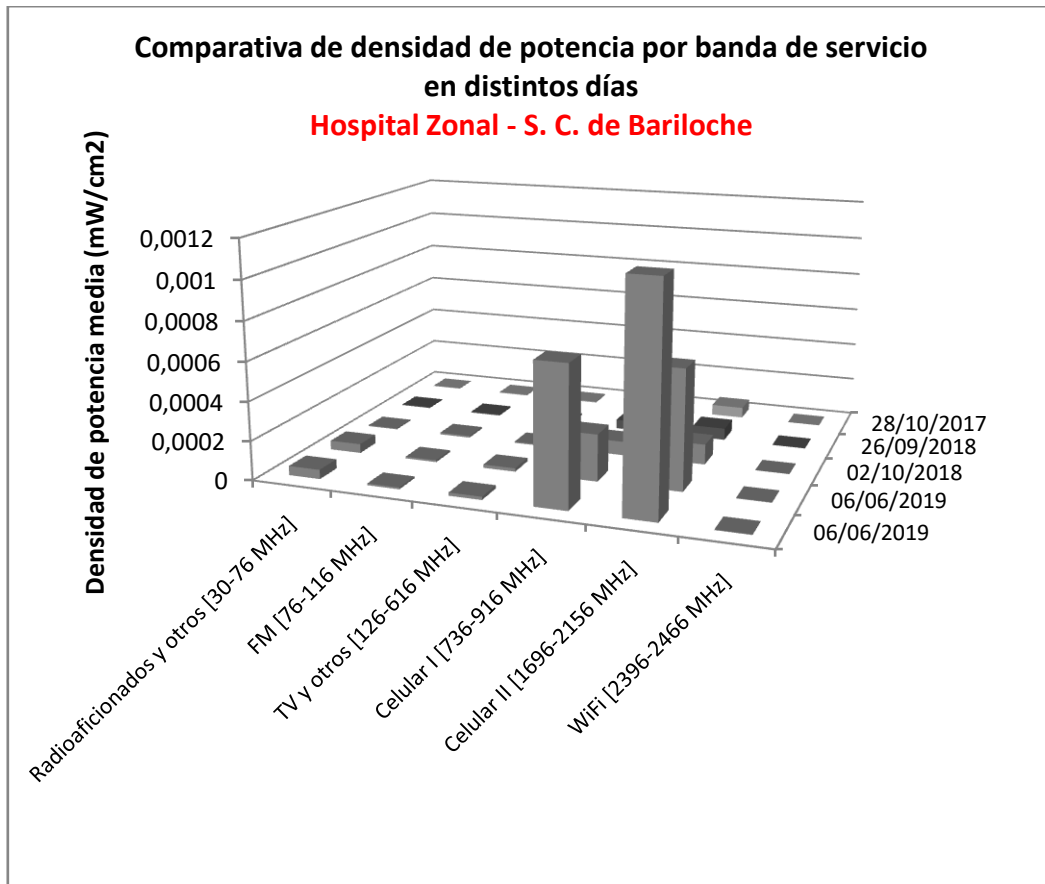


Gráfico 21 Comparativa de densidad de potencia media en el Hospital Zonal de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se observa que los dos últimos puntos fueron medidos el mismo día, pero uno es sobre la calle Elflein mientras que el otro es sobre la calle O'Connor (Figura 4). Es decir, a la hora de monitorear es muy importante hacer una medición exhaustiva, ya que los edificios podrían interferir en las señales de ciertas antenas y detectar menor densidad de potencia de la que se estaría expuesto sin esa barrera.



Figura 4 Punto de medición en el Hospital Zonal de S. C. de Bariloche, 06/06/2019, en donde se registraron valores de densidad de potencia más altos que en el resto de los puntos, más cercanos a la entrada del hospital.

Si bien todos los puntos están por debajo de la normativa local, las bandas que presentan valores máximos son las de celulares, alcanzando poco más del 1,4 % del valor de la normativa de la Ordenanza N° 2786-CM-16 de S. C. de Bariloche.

5.5.4. Centro Cívico

En el análisis de este punto podemos ver que las bandas que más influyen en la densidad de potencia son las de Celular (Gráfico 22).

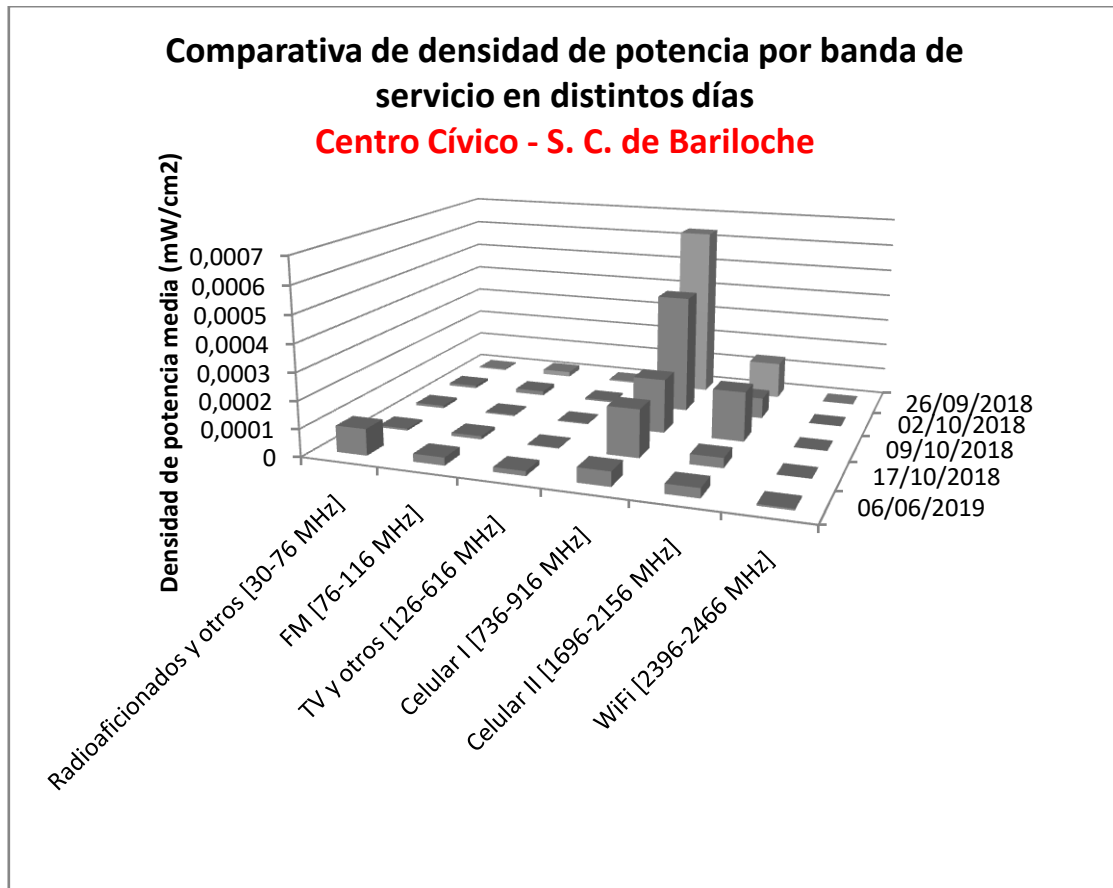


Gráfico 22 Comparativa de densidad de potencia media en el Centro Cívico de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

Todos los valores están por debajo del límite de la normativa local y podemos notar que han disminuido con el tiempo (Gráfico 23). Sería interesante realizar un monitoreo continuo para evaluar si este comportamiento es real o si es una particularidad de las mediciones realizadas.

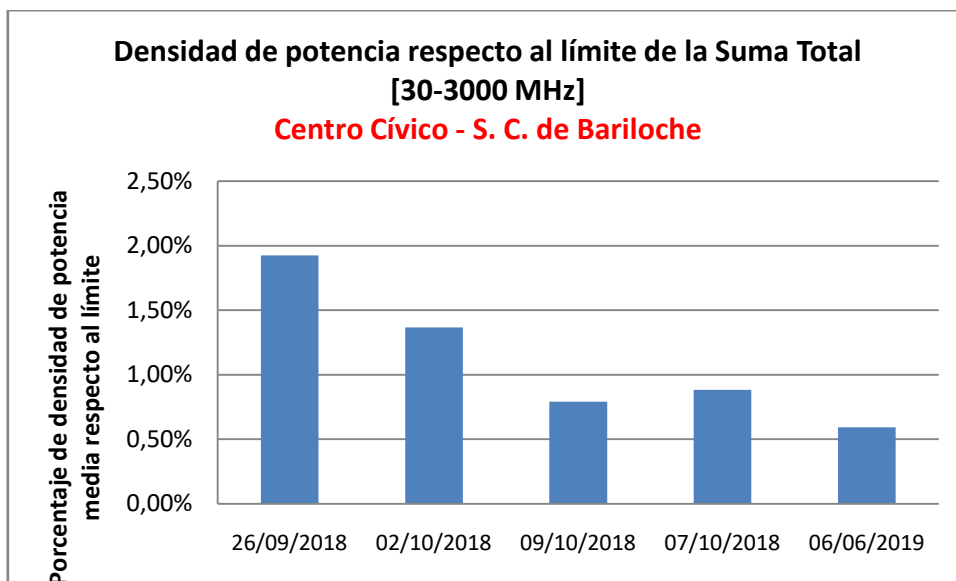


Gráfico 23 Comparación de la densidad de potencia media respecto al límite de S. C. de Bariloche para la sumatoria total de frecuencias en el rango de 30 a 3000 MHz, en el Centro Cívico de la ciudad.

5.6. Efecto de dispositivos móviles

En el punto de Elordi y Elflein, el 06/06/2019 se registró la medición con el celular personal apagado y luego prendido; en el segundo caso inmediatamente aparecieron dos picos alrededor de 1716 MHz y 1856 MHz (Gráfico 24), frecuencias que caen dentro del rango designado como Celular II (Tabla 13).

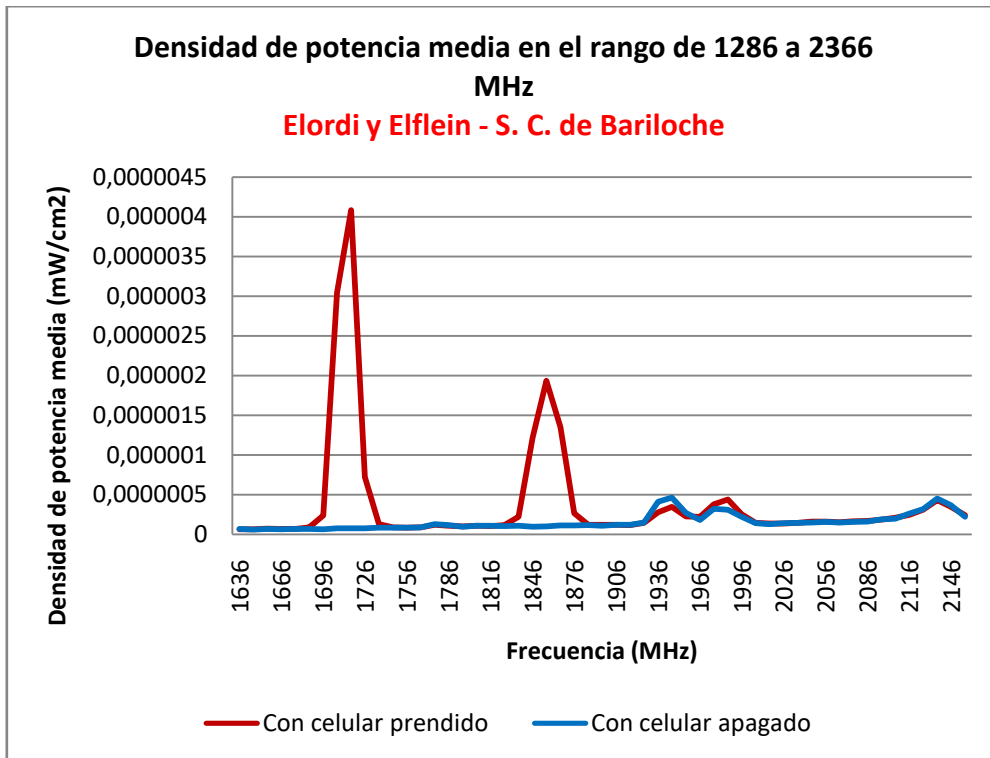


Gráfico 24 Comparación del espectro de densidad de potencia media entre 1286 a 2366 MHz en el punto de Elordi y Elflein de S. C. de Bariloche, con el celular prendido y apagado. Fuente: elaboración propia.

Es importante tener en cuenta estos datos, ya que al estar con el celular prendido todo el día, cerca de nuestro cuerpo, estamos expuestos a una radiación relativamente importante en comparación con las ondas electromagnéticas a las que estamos inmersos en el ambiente (Gráfico 25).

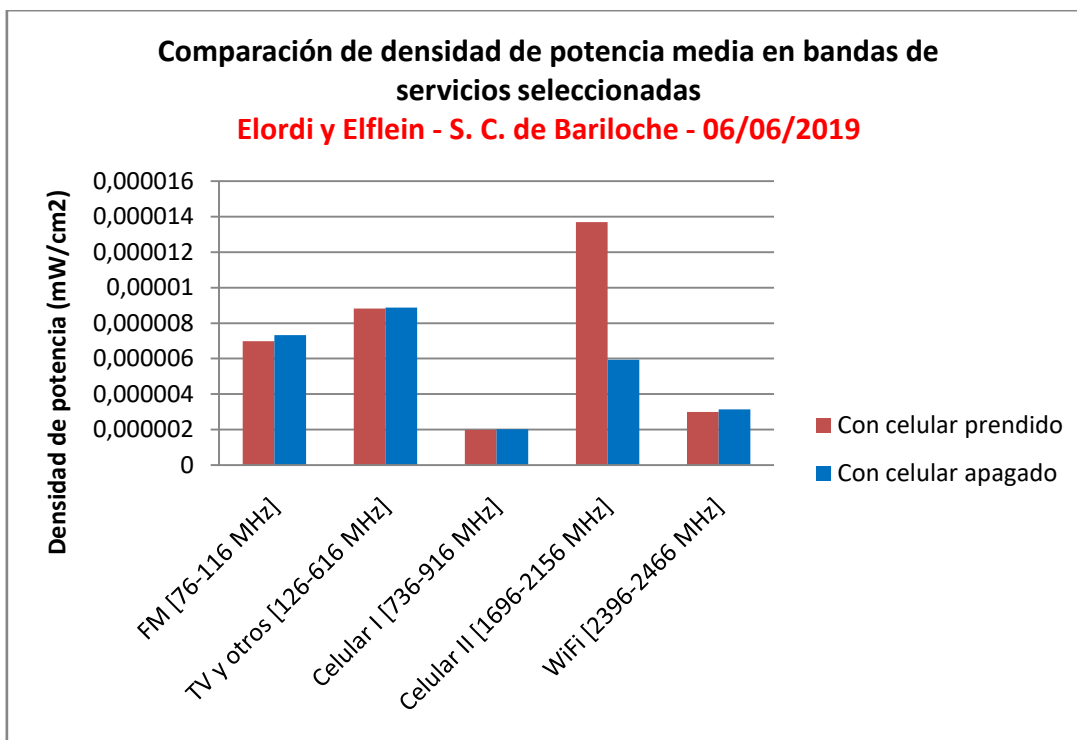


Gráfico 25 Comparación de la densidad de potencia media en bandas de frecuencia seleccionadas, con celular prendido y apagado, en dos mediciones en Elordi y Elflein, S. C. de Bariloche, el 06/06/2019. Fuente: elaboración propia.

Para reforzar este punto se realizó un muestreo dentro y fuera de la cámara anecoica de la UNRN, Sede Andina (sala diseñada para absorber en su totalidad las reflexiones producidas por ondas acústicas o electromagnéticas en cualquiera de las superficies que la conforman y que se encuentra aislada del exterior de cualquier fuente de ruido o influencia sonora externa).

En este caso ambas mediciones se evaluaron con el celular prendido. Se observa que dentro de la cámara aparece un pico extremadamente grande en comparación al resto del espectro (Gráfico 26), lo que se estima que se debe a que el dispositivo móvil emite mayor potencia para poder comunicarse con alguna antena, ya que al estar aislado no recibe señal.

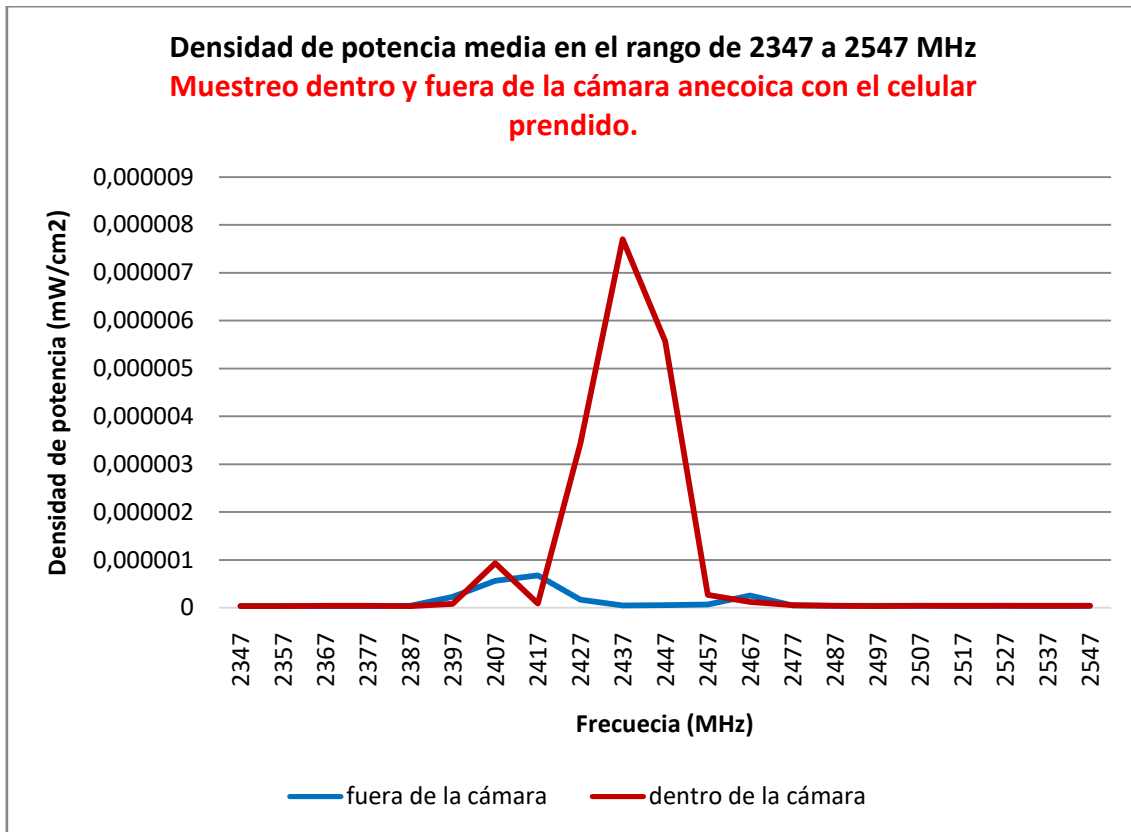


Gráfico 26. Densidad de potencia media en el rango de 2347 a 2547 MHz. Muestreo dentro y fuera de la cámara anecoica. Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar que el pico observado en el Gráfico 26 (0,000008 mW/cm²) es el doble que el del Gráfico 24 (0,000004 mW/cm²), aunque en bandas de frecuencia diferentes.

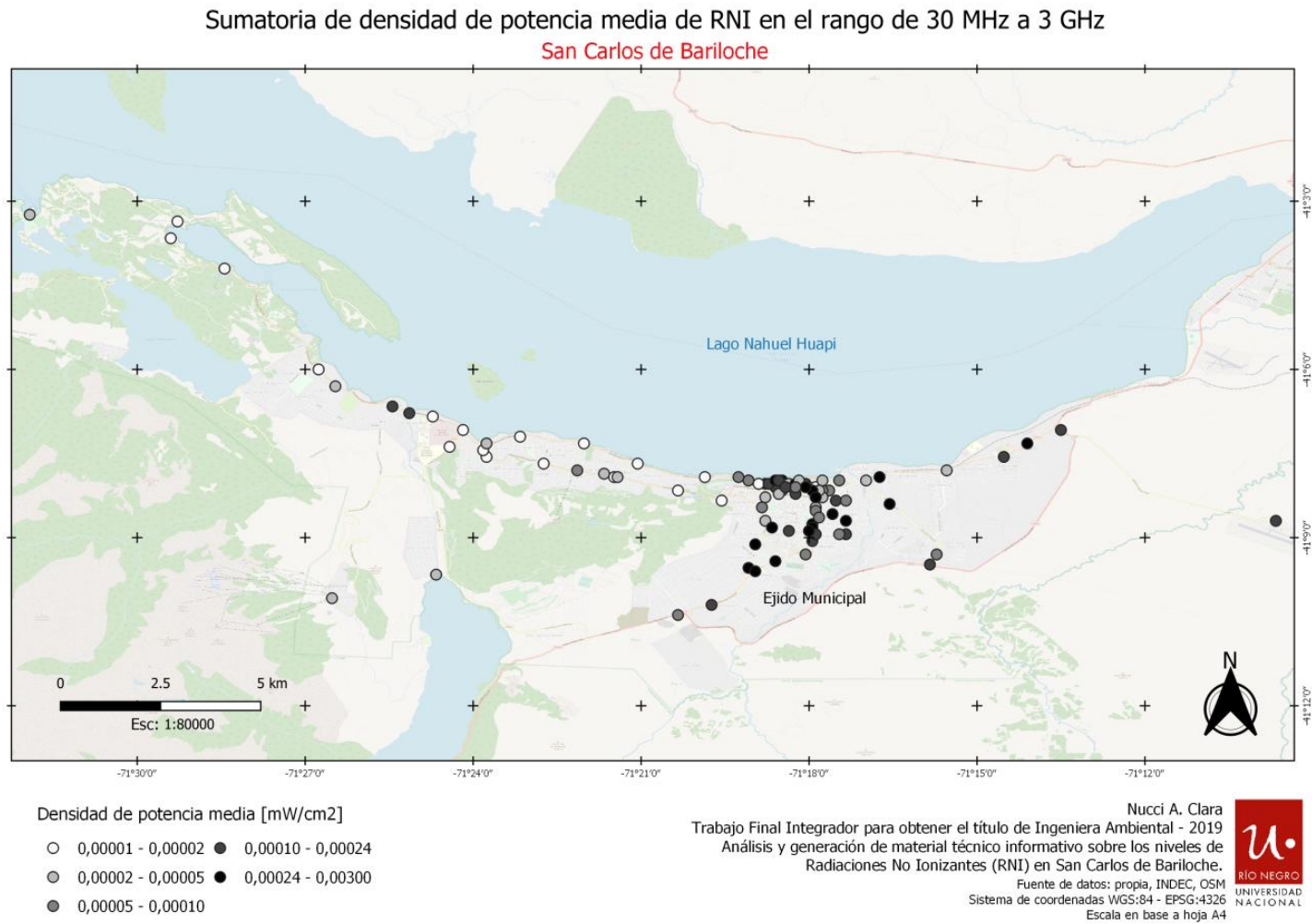
Este análisis se puede extrapolar a áreas de baja cobertura de señal de redes móviles, y una vez más refuerza la idea de la importancia de los celulares cerca del cuerpo y que la densidad de potencia recibida es mucho mayor que la de las antenas circundantes

5.7. Mapas de RNI

Se realizaron cinco mapas de densidad de potencia y porcentaje de RNI en el ejido municipal, utilizando las herramientas de información geográfica de QGIS Desktop 3.4.8, OSM (Open Street Map), datos de INDEC y datos

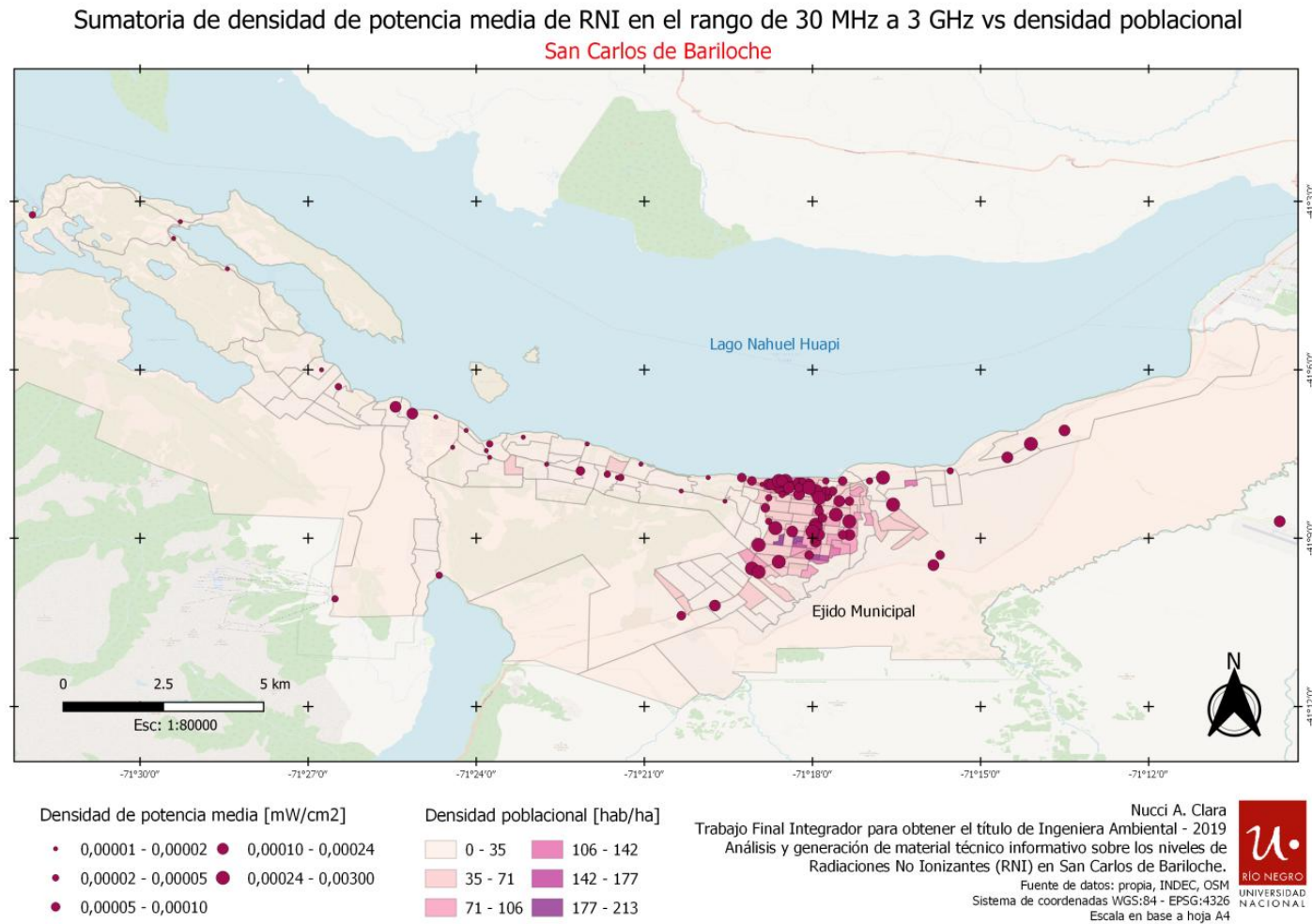
generados en el presente proyecto, para mostrar la información en un formato de rápida y fácil interpretación.

En el Mapa 1 se utilizaron los valores de sumatoria total de densidad de potencia media, en mW/cm^2 . Se clasificó con una escala monocromática de cinco clases divididas por cuantiles, desde el valor menor de la serie hasta el mayor. Esta clasificación permite ver la distribución de la densidad de potencia en la ciudad y detectar las zonas críticas que deberían ser prioritarias a la hora de realizar el plan de monitoreos de RNI.



Mapa 1. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz en S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 2 se introdujo la capa de densidad habitacional por radios censales dentro del ejido municipal, para establecer una relación visual entre la cantidad de habitantes (potenciales usuarios de los servicios de telecomunicaciones) y la densidad de potencia de las RNI. En este caso se optó por utilizar escala colorimétrica de seis clases para mostrar las variaciones de densidad poblacional y la clasificación por el tamaño del punto, en cinco cuantiles, para mostrar la variación de la densidad de potencia.

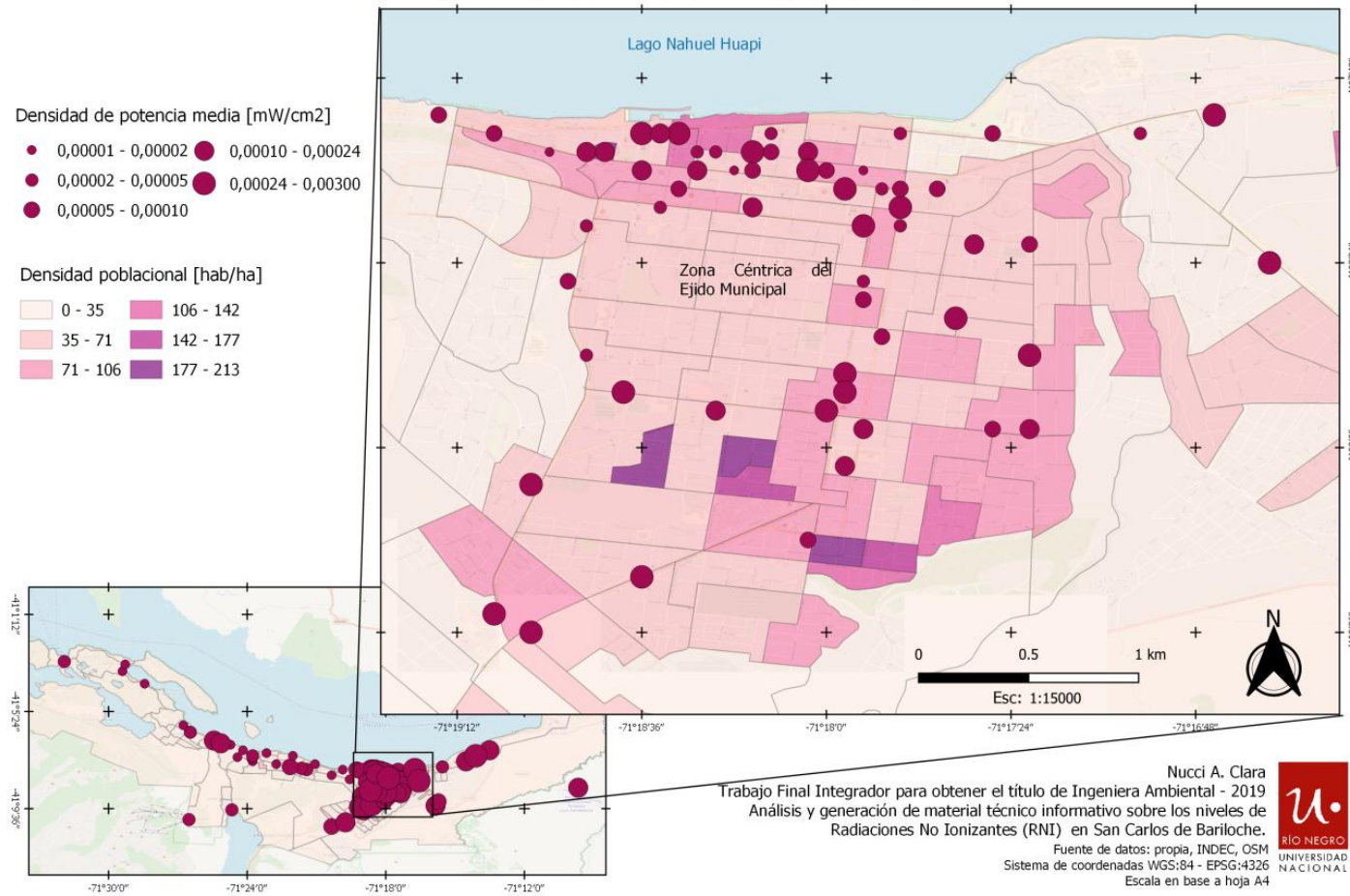


Mapa 2. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz vs densidad poblacional. S. C. de Bariloche.
Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 3 se representa la misma información que el Mapa 2, pero con zoom en el centro de la ciudad, con el fin de mostrar con claridad la correlación entre densidad de potencia y densidad poblacional.

A simple vista se aprecia que existe una relación ente ambas variables, ya que hacia el oeste ambos valores son bajos mientras que hacia el centro y el sur ambos son mayores. Sin embargo, hay puntos que tienen alta densidad de potencia y baja densidad poblacional como algunos hacia el este de la ciudad. Este análisis permite proyectar a futuro el comportamiento de las radiaciones no ionizantes en relación al crecimiento poblacional, ya que a mayor cantidad de personas viviendo en un sitio la demanda de servicios de telecomunicaciones es mayor.

Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz vs densidad poblacional
Zoom en Zona Centro de San Carlos de Bariloche

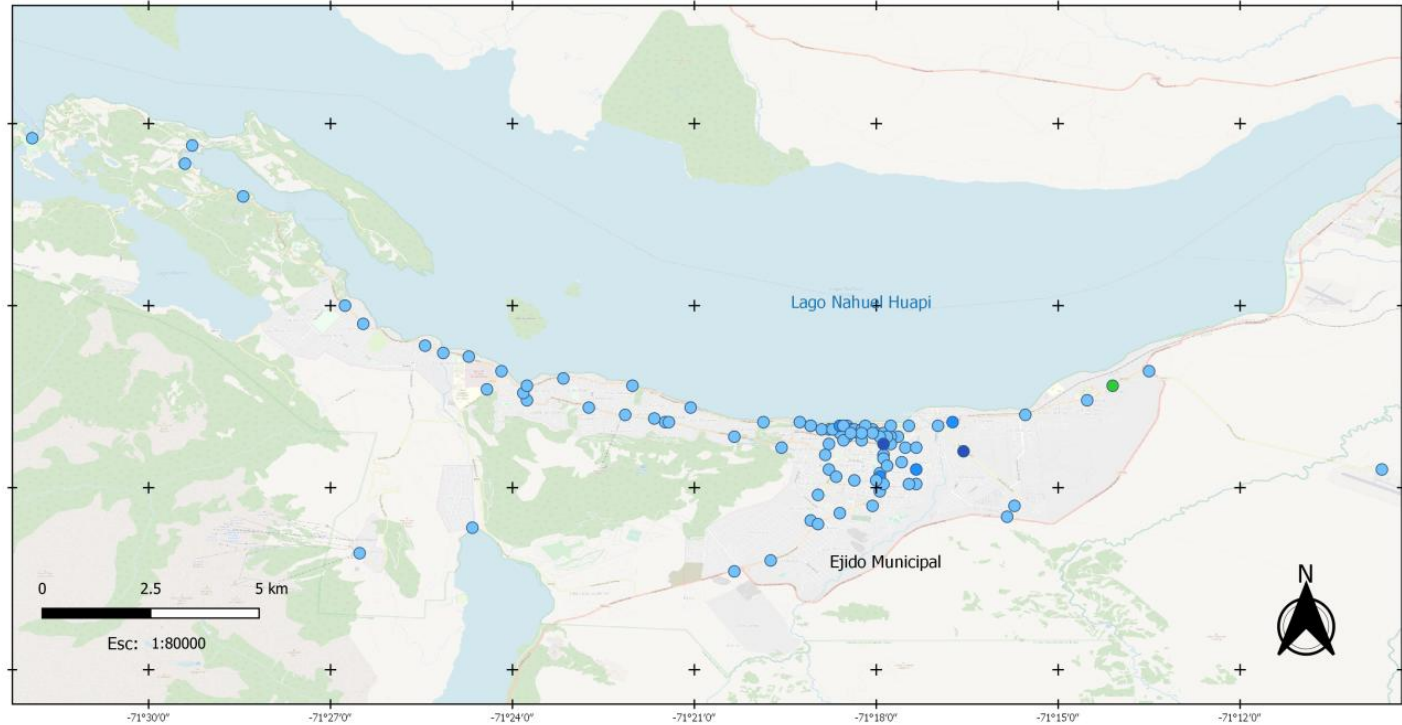


Mapa 3. Sumatoria de densidad de potencia media de RNI en el rango de 30 MHz a 3 GHz vs densidad poblacional. Zoom zona centro de S. C. de Bariloche. Fuente: elaboración propia.

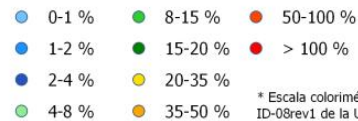
En el Mapa 4 se clasificó el porcentaje de densidad de potencia media respecto al límite establecido por la Ordenanza N° 2786-CM-16 de S. C. de Bariloche y la escala colorimétrica utilizada fue la propuesta por la recomendación ID-08rev1 de la ITU, 2015 (Tabla 2). La mayoría de los puntos están en color celeste, lo que indica que el porcentaje en general es menor al 4%. Los puntos que se destacan son los de “Elordi y Elflein”, “Cmte. Luis Piedrabuena - B° Las Marías”, “Hospital por Elflein” y “Esandi”.

Porcentaje de densidad de potencia media de RNI respecto al límite de exposición en el rango de 30 MHz a 3 GHz

Ordenanza N° 2786-CM-16 - San Carlos de Bariloche



Porcentaje de densidad de potencia media*



* Escala colorimétrica según recomendación ID-08rev1 de la UIT, 2015.

Nucci A. Clara
Trabajo Final Integrador para obtener el título de Ingeniera Ambiental - 2019
Análisis y generación de material técnico informativo sobre los niveles de densidad de potencia electromagnética en San Carlos de Bariloche.

Fuente de datos: propia, INDEC, OSM
Sistema de coordenadas WGS:84 - EPSG:4326
Escala en base a hoja A4



Mapa 4. Porcentaje de densidad de potencia media de RNI respecto al límite de exposición en el rango de 30 MHz a 3 GHz. Ordenanza N° 2786-CM-16, S. C. de Bariloche. Este es el formato de mapa acorde a la normativa vigente ("K Map"). Fuente: elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Análisis de la normativa

Del análisis de las normativas relativas a las RNI de varios países y de otros organismos internacionales se observa que todas proponen límites de exposición que varían en función de la frecuencia. En algunos casos el límite está expresado en densidad de potencia y en otros en densidad de campo eléctrico; sin embargo ambas expresiones pueden ser relacionadas por la fórmula $S = E^2/Z_0$ por lo que son apropiadamente comparables.

También se dedujo que muchos de estos países adecuan su normativa a la propuesta por la ICNIRP, como es el caso de la Argentina.

Algunos países, como Chile y Perú, proponen límites diferentes para áreas de uso público, como hospitales, asilos de ancianos, jardines de infantes o escuelas. Este aspecto es interesante a tener en cuenta ya que contempla grupos sociales con mayor vulnerabilidad (ancianos, enfermos, niños) y propone límites que minimicen el riesgo por exposición a las RNI.

Comparando todas las normas se evidencia que la más restrictiva es la de S. C. de Bariloche (Ordenanza N° 2786-CM-2016), respecto a los organismos internacionales, Argentina y el resto de los países. En dicha ordenanza se expresa que *“Considerando la potestad otorgada por la Constitución Nacional en su artículo 41 y los aspectos locales de nuestro entorno, el valor urbanístico, y fundamentalmente el valor dado por esta comunidad al medioambiente y la salud es que consideramos oportuno restringir esos valores.”* Esta restricción puede ser motivo de debate, ya que en la ordenanza no está explícita una fundamentación científica estricta de los

daños producidos por las RNI, como argumento para explicar que el límite sea diez veces más restrictivo que el nacional. Sin embargo, puede considerarse precautoria ante la incertidumbre de los daños reales que producen las ondas electromagnéticas en el ser humano.

Es importante recalcar que la normativa respecto a las RNI es objeto de debate constante y se actualiza teniendo en cuenta los nuevos descubrimientos en la temática. En S. C. de Bariloche la Ordenanza N° 2786-CM-2016 prevé esta situación, como se expresa en el Art. 19° (*“La autoridad de aplicación deberá revisar anualmente los límites MEPM establecidos en el anexo II de la presente. Esta evaluación deberá contemplar los avances tecnológicos, científicos y legislativos vigentes en la materia.”*).

6.2. Análisis general de las mediciones

Respecto al uso del equipo de medición Narda SRM 3006 se llegó a la conclusión de que es importante conocer los objetivos de las mediciones a la hora de realizarlas para configurar correctamente los parámetros del equipo, mencionados en el capítulo de Metodología.

En cada punto de medición se registraron las curvas de media y máxima; se detectó que al presentar la curva de “Máximo” ésta muestra valores instantáneos en algunas frecuencias que son mucho mayores a la Media, lo que quiere decir que hay emisiones pulsadas de densidad de potencia elevada y que sería interesante tenerlas en cuenta para posteriores monitoreos. Aunque la normativa argentina las tiene en cuenta (Res. 202, 1995, Argentina), sería interesante evaluar en profundidad los impactos en la salud de estas emisiones pulsadas.

De los picos de densidad de potencia observados en las mediciones y de información adicional de los servicios asignados por el Ente Nacional de Comunicaciones a las bandas de radiofrecuencia se desgregó el análisis en seis categorías de interés: Radioaficionados, FM, TV, celulares I y II y WiFi. Es importante destacar que estas categorías son arbitrarias, para simplificar el análisis; dentro de cada una están incluidos otros servicios de menor uso o que no son de interés para el presente trabajo. También es relevante destacar que con el constante avance tecnológico la asignación de bandas del espectro es dinámica, lo que se ve claramente en la última medición realizada, el 06/06/2019, en donde aparece un pico nuevo alrededor de 2400 MHz, banda que probablemente pertenezca al servicio de 4G que antes no estaba en la ciudad.

De todas las bandas seleccionadas, la que presenta mayores valores, en promedio de toda la ciudad, es la de FM, aunque si se suman ambas bandas de celular éstas dan un valor superior. Se considera que son las bandas prioritarias a la hora de planificar un monitoreo continuo.

6.3. Análisis por bandas de servicios

En la banda de FM se observan los dos valores de densidad de potencia más altos dentro de la ciudad y con respecto a todas las bandas de servicios. Estos se encontraron en los puntos de “Cmte. Luis Piedrabuena y María José”, con casi el 14 % y en “Elordi y Elflein”, alcanzando más del 10 % del valor respecto al límite. En el primer caso puede suponerse una emisión continua, ya que en otra medición en el mismo sitio también se observó un valor elevado (6 %). Sin embargo, en el segundo caso pudo haberse debido a una emisión

puntual de alguna antena fija o una antena móvil, ya que en otras mediciones en el mismo lugar los porcentajes fueron bajos.

Las bandas que le siguen en intensidad a las de FM son las de celulares, aunque no muy por debajo de las anteriores. En general en todos los puntos el valor es menor al 2 % del límite de S. C. de Bariloche; los puntos que muestran mayores valores son en las zonas del Hospital Zonal y del Centro Cívico. Es muy importante monitorear estos dos puntos, ya que son zonas muy concurridas por un público más vulnerable (quienes asisten por cuestiones de salud al Hospital) y por los turistas que circulan por el centro. También se puede interpretar que estos valores son altos en los puntos de mayor circulación debido a que las personas llevan consigo dispositivos móviles que generan emisión de ondas de radiofrecuencia para comunicarse con las antenas, y así aumenta la densidad de potencia de las mismas en ese punto.

Respecto al resto de las bandas seleccionadas en general arrojan valores bajos; se observa un punto llamativo en la calle Esandi respecto a la banda de TV y otros, sería interesante detectar qué antenas se captan en ese punto y monitorearlo periódicamente.

Respecto a la banda de Radioaficionados los valores son bajos en general y, además, no son muy claros todos los servicios que operan en ese rango de frecuencia, por lo que sería interesante recabar información acerca de ello.

En un balance general los puntos más impactados según el análisis realizado son la zona del Centro Cívico, el Hospital Zonal, Elordi y Elflein y la zona del Cmte. Luis Piedrabuena - Bº Las Marías.

6.4. Efecto de dispositivos móviles

En el punto del Hospital Zonal se realizaron varias mediciones en distintas fechas para poder evaluar la variación en el tiempo. Las bandas que arrojaron mayores niveles de RNI fueron las de celular y se encontró que los datos recientes son considerablemente más altos que los anteriores, por lo que podría inferirse un aumento en el uso de las redes móviles o de las antenas de comunicaciones de estas redes, para mayor cobertura o mayor alcance de la señal. Sin embargo habría que hacer un monitoreo más exhaustivo para determinar estas afirmaciones, ya que por ejemplo, en el caso del monitoreo en el Centro Cívico la situación es inversa, es decir, se observa que la densidad de potencia en la banda de “Celular I” disminuye en el tiempo.

Uno de los resultados obtenidos más sorprendentes resulta del experimento de apagar y encender el celular al momento de la medición. En el ejemplo analizado en este trabajo, la banda de Celular II [1696-2156 MHz] arroja un 230 % más de densidad de potencia media con el celular prendido que con el celular apagado. Es decir, que se está más expuesto a posibles efectos producidos por las RNI con el celular “en el bolsillo” que por la inmisión en un ambiente colmado de antenas. Resulta de interés contrastar estos datos con la normativa de Chile, que propone límites excepcionales, más permisivos, para el caso de la banda de celular.

Por otro lado se encontró que en áreas de baja cobertura el teléfono emite mayor RNI para poder detectar señal. En el último caso, el pico de densidad de potencia se observó en la banda de WiFi; esto no se pudo explicar en este trabajo pero sienta precedentes de la importancia de estudiar los dispositivos móviles con mayor profundidad.

6.5. Conclusiones de la Interpretación de los mapas de RNI

En el Mapa 1 se ven las zonas más impactadas por las RNI, que principalmente están en el centro de la ciudad, los barrios más al sur del centro y algunos puntos hacia el este. Es importante tener en cuenta este mapa para planificar los monitoreos y darle prioridad a los lugares más vulnerables. También sería una buena opción agregar estos datos al Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad.

En el Mapa 2 y el Mapa 3 se evidencia la relación entre las zonas más pobladas y la densidad de potencia de las RNI, y se deduce que es porque al haber mayor cantidad de usuarios la necesidad de servicios de telecomunicaciones es mayor. Igualmente se sugiere hacer hincapié en este aspecto para poder realizar una correlación más certera entre ambas variables.

Aunque a simple vista el Mapa 4 no pareciera mostrar mucha información, ya que se ve prácticamente homogéneo, esto se debe a que en general los valores de RNI medidos están muy por debajo del límite establecido por la normativa local, en el rango de 0 a 2 %. Esta información resulta también interesante para proyectar a futuro y tomar decisiones preventivas respecto a las RNI, en caso hipotético de que se descubrieran nuevos efectos de las RNI en la salud y los límites debieran ajustarse, o bien, simulando un crecimiento poblacional lineal, y por consecuencia, el aumento del uso de los servicios de telecomunicaciones.

6.6. Comentarios finales

Refiriéndose al *“Código de Buenas Prácticas para el despliegue de redes de comunicaciones móviles, OCM, auspiciado por la Secretaría de*

Comunicaciones del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios”, la Ordenanza N° 2786-CM-16 de S. C. de Bariloche, menciona:

“En particular, respecto a la preocupación por la salud pública el Código mencionado prevé la realización de mapas de radiación que se colocarán en la WEB, que como una herramienta adicional a las tareas de verificación de cumplimiento de niveles de RNI que realiza el Estado nacional permitirán informar en forma transparente a la población el nivel de radiación de todo el municipio a nivel calle producido por estos sistemas.”

“A tal efecto en la presente se prevén sistemas de monitoreo continuo, de modo aleatorio y sostenido, a cargo de empresas locales debidamente registradas ante la autoridad de aplicación, y certificadas por organismos competentes con incumbencia en la materia, generando así trabajo local para profesionales con incumbencia específica y dotando de transparencia y confiabilidad al procedimiento. Esto es posible en el marco de excelencia reconocido a nivel mundial por ser nuestra ciudad un polo científico y tecnológico.”

Contribuyendo con los enunciados establecidos en las citas anteriores, el presente trabajo establece líneas de base respecto a la tema de las RNI en la ciudad. También se logró realizar un exhaustivo análisis y comparación de las normativas vigentes a nivel nacional e internacional.

Así mismo, los mapas elaborados permiten una interpretación fácil y rápida, accesible para la comunidad y podrían generar tranquilidad, ya que se concluyó a través de esta investigación que actualmente los niveles de RNI están muy por debajo de la normativa vigente.

A través del proceso de elaboración de este proyecto se adquirió capacitación para el uso del equipo de medición Narda SRM 3006, herramientas de cálculo y de información geográfica. Lo anteriormente mencionado es útil para el desarrollo de propuestas futuras para monitoreos de RNI en la ciudad. También es muy importante destacar que la universidad cuenta con el equipo de medición y con personas idóneas en el uso del mismo, así como para el desarrollo de cálculos y estadísticas y de sistemas de información geográfica.

De los datos obtenidos también se lograron detectar puntos de interés a los cuales se les podría dar prioridad en nuevos monitoreos, así como también se presentaron casos hipotéticos en que si la normativa vigente cambiara o si aumentara la población, los resultados serían diferentes. De esta manera se recomienda incluir este análisis en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad, atendiendo a las necesidades de acceso a las telecomunicaciones por parte de los ciudadanos, así como cuidando los posibles daños en la salud que las ondas electromagnéticas pudieran generar. Por eso se sugiere realizar un monitoreo continuo en los puntos de interés, atendiendo a los resultados de esta investigación.

Es adecuado resaltar que este proyecto presenta las líneas de base de la temática de las RNI y que abre un amplio panorama de estudio. Por ejemplo, resultaría interesante determinar el patrón de variación de la densidad de potencia en las horas del día y en las diferentes temporadas del año, evaluar las barreras que disminuyen el impacto de las ondas electromagnéticas, ya sea vegetación o edificaciones, y promover la investigación de los impactos ambientales y los efectos en la salud por la exposición a RNI. Para lograr estas

metas se deberían conformar equipos multidisciplinarios de profesionales de las áreas de ingeniería, ciencias biológicas, ciencias sociales y de la salud.

7. REFERENCIAS

Balmori, A. 2004. Posibles efectos de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía inalámbrica sobre los seres vivos. *Rev. Ardeola* 51 (2), 2004, 477-490.

Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM). 2018. Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la República Argentina (CABFRA). Versión 14/03/2018.

Cruz Ornetta, V. 2004. Diagnóstico Nacional de las Radiaciones No Ionizantes producidas por los servicios de telecomunicaciones en el Perú. INICTEL.

Cid Badani, I. G. 2015. Radiación electromagnética celular, regulaciones y fundamentos. Memoria para optar al título de ingeniero civil electricista. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Dirección Nacional de Calidad Ambiental, Secretaría de Salud, Ministerio de Salud y Acción Social. 1988. Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz. Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante, Volumen I.

Frizzera, V. D., 2007. Radiaciones No Ionizantes. Comisión Nacional de Comunicaciones. Sistema Nacional de Comprobación Técnica de Emisiones. Argentina.

García, S. I. 2005. La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB). Asociación Toxicológica Argentina.

Monachesi, E.; Frenzel, A. M.; Chaile, G.; Carrasco, A. & F. A. Gómez López. 2011. Conceptos generales de Antenas. Universidad Nacional Tecnológica. Facultad Regional de Tucumán.

Staiano, M. A., Szymanowski, A., Staiano, A. S., Aldasoro, R., Cordero, M. C. & J. A. Rapallini. 2012. Contaminación electromagnética: medición de RNI. VII Congreso de Medio Ambiente. UNLP. La Plata, Argentina.

Young, H. D. & R. A. Freedman. 2009. Sears & Zemansky. Física Universitaria con Física Moderna. Volumen. Editorial Pearson. Decimosegunda Edición. México.

Zavleon, J. 2016. Representante de ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones). Charla abierta a la comunidad. Sala del Concejo Deliberante de San Carlos de Bariloche. Argentina.

Sitios Web:

ENACOM. Ente Nacional de Comunicaciones.
http://www.enacom.gob.ar/radiaciones-no-ionizantes_p119. Última consulta:
19/07/2016

ICNIRP. Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones No Ionizantes. <http://www.icnirp.org/>. Última consulta: 29/08/2016

INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos República Argentina.
Unidades Geoestadísticas - Cartografía y códigos geográficos del Sistema
Estadístico Nacional. <https://www.indec.gov.ar/codgeo.asp>. Última consulta:
17/06/2019

OMS. Organización Mundial de la Salud. 2014. Campos
electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles. Nota descriptiva N°193.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/>. Última consulta:
29/08/2016

UNRN. Universidad Nacional de Río Negro.
[http://www.unrn.edu.ar/index.php/institucional/45-estudiar-en-la-
unrn/carreras/182-ingenieria-ambiental](http://www.unrn.edu.ar/index.php/institucional/45-estudiar-en-la-unrn/carreras/182-ingenieria-ambiental) Última consulta: 29/08/2016

Noticias:

[http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2016/07/13/53917-vuelven-a-
instalar-una-antena-en-medio-del-enojo-de-vecinos](http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2016/07/13/53917-vuelven-a-
instalar-una-antena-en-medio-del-enojo-de-vecinos) . Última consulta:
17/07/2016

[http://www.rionegro.com.ar/bariloche/bariloche-frena-las-nuevas-
antenas-EI309060](http://www.rionegro.com.ar/bariloche/bariloche-frena-las-nuevas-
antenas-EI309060) . Última consulta: 24/12/2016

[http://www.rionegro.com.ar/bariloche/bariloche-quiere-regular-antenas-
vecinos-exigen-mas-CL490554](http://www.rionegro.com.ar/bariloche/bariloche-quiere-regular-antenas-
vecinos-exigen-mas-CL490554) Última consulta: 17/07/2016

[http://www.rionegro.com.ar/bariloche/el-municipio-apuesta-a-un-triple-
control-sobre-las-antenas-AB434323](http://www.rionegro.com.ar/bariloche/el-municipio-apuesta-a-un-triple-
control-sobre-las-antenas-AB434323) Última consulta: 17/07/2016

[http://bariloche2000.com/noticias/leer/vecinos-en-alerta-por-avances-en-
instalacion-de-equipos-en-una-antena/100321](http://bariloche2000.com/noticias/leer/vecinos-en-alerta-por-avances-en-
instalacion-de-equipos-en-una-antena/100321) Última consulta: 08/08/2016

[http://www.rionegro.com.ar/bariloche/preocupacion-por-trabajos-en-
antenas-del-oeste-EB726600](http://www.rionegro.com.ar/bariloche/preocupacion-por-trabajos-en-
antenas-del-oeste-EB726600) Última consulta: 08/08/2016

[http://www.rionegro.com.ar/bariloche/el-municipio-acordo-fiscalizar-la-
telefonía-celular-XY1045321](http://www.rionegro.com.ar/bariloche/el-municipio-acordo-fiscalizar-la-
telefonía-celular-XY1045321) Última consulta: 29/08/2016

[http://www.bariloche2000.com/noticias/leer/gennuso-firmo-convenio-
para-realizar-mediciones-sobre-antenas-en-bariloche/101472](http://www.bariloche2000.com/noticias/leer/gennuso-firmo-convenio-
para-realizar-mediciones-sobre-antenas-en-bariloche/101472) Última consulta:
29/08/2016

Normativa :

Vigésimo sexto reglamento que implementa la ley federal “Ley de control de la contaminación” (Ordenanza sobre campos electromagnético - 26. BlmSchV). Publicado en 1996 y actualizado en 2013. Servicio del Ministerio Federal de Justicia y Protección del Consumidor en cooperación con jurisdicción de Alemania.

Resolución 202/1995. Estándar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz conforme lo establecido en los Volúmenes I y II de Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante. Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. Argentina.

Resolución 202/1995. Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante. Volumen I. Manual de estándares de seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 KHz y 300 GHz.

Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación; Comisión Nacional de Comunicaciones. Argentina.

Resolución 202/1995. Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante. Volumen II. Radiación de radiofrecuencias: Consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición. Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación; Comisión Nacional de Comunicaciones. Argentina.

Resolución 3690/2004. Establécese que los titulares de autorizaciones de estaciones radioeléctricas y los licenciarios de estaciones de radiodifusión deberán demostrar que las radiaciones generadas por las antenas de sus estaciones no afectan a la población en el espacio circundante a las mismas. Protocolo para la evaluación de las radiaciones no ionizantes. Comisión Nacional de Comunicaciones. Argentina.

Resolución 530/2000. Estándar Nacional de Seguridad de aplicación obligatoria a todos los sistemas de telecomunicaciones que irradian en determinadas frecuencias. Comisión Nacional de Comunicaciones. Argentina.

AS/NZS 2772.1(int). 1998. Campos de radiofrecuencia. Parte 1: Límites de exposición máxima – 3 kHz a 300 GHz. Comité Técnico Conjunto TE / 7, Exposición Humana a Campos Electromagnéticos. Australia y Nueva Zelanda.

F. 2005-2394 [C 2005/22777]. Arrêté royal fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz et 10 GHz. Service public federal sante publique, Securite de la chaine alimentaire et environnement. Bélgica.

Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313. 2002. Estándar Técnico. Límites de exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Superintendencia de Telecomunicaciones. Bolivia.

Código de Seguridad 6 (2015). Límites para la exposición humana a energía de campos electromagnéticos de radiofrecuencia en el rango de frecuencias de 3 kHz a 300 GHz. Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau. Salud Canadá. Canadá.

Resolución 3103/2012 exenta. Modifica Resolución 403/2008 exenta, norma técnica sobre requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones y equipos que indica, de servicios de telecomunicaciones que generan ondas electromagnéticas, fijando texto refundido en la misma. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Telecomunicaciones. Chile.

Decreto 195. 2005. Por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Comunicaciones. Colombia.

Decreto N° 36324 – S. 2011. Reglamento para regular la exposición a campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes, emitidos por sistemas inalámbricos con frecuencias de hasta 300 GHz. Presidencia de la República y Ministerio de Salud. Costa Rica.

Resolución N° 01-01-CONATEL. 2005. Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generada por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico. Consejo Nacional de Telecomunicaciones. Ecuador.

Real Decreto 1066/2001. Última modificación: 8 de marzo de 2017.
Aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas”. Ministerio de la Presidencia. España.

Decreto Nº 2002-775. 2002. Aplicación del artículo 12 de la ley 32 del código de Correos y Telecomunicaciones y relativo a los valores límites de exposición del público a campos electromagnéticos emitidos por equipos utilizados en las redes de telecomunicaciones y en las instalaciones radioeléctricas. Francia.

ICNIRP. Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes. 1998. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz).

Std C95. 1, 1991. Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE.

Std C95. 1, 1999. Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. Revisión de la versión de 1991. IEEE.

Std C95. 1, 2005. Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. Revisión de la versión de 1991. IEEE.

Std C95. 1, 2014. IEEE Standard for Military Workplaces—Force Health Protection Regarding Personnel Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. Revisión de la versión de 1991. IEEE.

Norma Oficial Mexicana: NOM-013-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere radiaciones electromagnéticas no ionizantes. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México.

Decreto N° 10071. 2007. Norma que fija los límites máximos permisibles (LMP) para la exposición de las personas a las radiaciones no ionizantes (RNI). Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. Paraguay.

Directiva 2013/35/EU “on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC”. Parlamento Europeo & Council de la Unión Europea.

Decreto Supremo N° 038-2003-MTC. Límites Máximos Permisibles (LMP) de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en Telecomunicaciones. Ministerio de Justicia. Perú.

Resolución ministerial N° 120-2005-MTC/03. 2006. Norma técnica sobre Restricciones Radioeléctricas en Áreas de Uso Público. Transportes y Comunicaciones. Perú.

Portaria N° 1421/2004. Que sejam adoptadas as restrições básicas e fixados os níveis de referencia relativos à exposição da população a campos electromagnéticos (0 Hz-300 GHz), em anexo ao presente diploma, do qual fazem parte integrante. Presidência Do Conselho De Ministros E Ministérios da Defesa Nacional, Das Cidades, Administração Local, Habitação E

Desenvolvimento Regional, Da Ciência, Inovação E Ensino Superior, Da Saúde E Das Obras Públicas, Transportes E Comunicações. Portugal.

Resolución Nº 3253-I-2011. Aprobación del Plan de Ordenamiento del Territorio de San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina.

Ordenanza 1995-CM-95. Regulación de antenas y estructuras de telecomunicaciones. San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina.

Ordenanza 2786-CM-16. Reglamentación para el emplazamiento de antenas, estructuras de antenas y sus infraestructuras relacionadas con los sistemas de telecomunicaciones regulados por la ENACOM. San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina.

Ordenanza 814.710. 1999 (actualizada el 1ro de julio de 2016). Sobre la protección contra la radiación no ionizante. Consejo federal suizo. Suiza.

ID-07rev1. 2015. Sector de Estandarización de Telecomunicaciones. Grupo de Estudio 5. Periodo 2013-2016. Comentarios sobre el proyecto de una nueva Recomendación de los mapas "ITU-TK". Ginebra, 15-19 Junio 2015. Fuente: Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Representante: Alfredo F. Debattista. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

ID-08rev1. 2015. Grupo de Estudio 5. Periodo 2013-2016. Reporte para la pregunta 7/5. Ginebra, 15-19 Junio 2015. Fuente: Draft meeting report of Question 7/5. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Recomendación UIT-T K.83. 2011. Serie K: Protección contra las interferencias. Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético.

Recomendación UIT-T K.52. 2018 (última actualización). Guía sobre el cumplimiento de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Norma venezolana COVENIN 2238:2000. 2da revisión. Radiaciones no ionizantes. Límites de exposición. Medidas de protección y control. Participantes: IVIC; Ministerio de Salud y Desarrollo Social; Ministerio de Energía y Minas; PDVSA; Physion Tecnología Nuclear. Venezuela.

8. Anexo I: puntos de relevamiento

En la tabla del presente anexo se muestran todos los puntos donde se midieron las RNI en el presente trabajo, dentro de la ciudad de S. C. de Bariloche.

Punto	Fecha	Georreferenciación		Detalle de ubicación
		X	Y	
1	28/10/2017	41°7'59,1" S	71°19'06,2" W	San Martín - Jardín Panda
2	28/10/2017	41°8'03,8" S	71°18'48,1" W	San Martín al 200
3	28/10/2017	41°8'04,3" S	71°18'37,7" W	San Martín y Morales - Parques Nacionales
4	28/10/2017	41°8'08,9" S	71°18'30,2" W	Quaglia y Elflein
5	28/10/2017	41°8'12,1" S	71°18'01,2" W	Hospital por Elflein
6	28/10/2017	41°8'13,6" S	71°17'46,7" W	Elordi y Elflein
7	28/10/2017	41°8'08,0" S	71°17'38,1" W	Diagonal Capraro y Ruiz Moreno
8	28/10/2017	41°8'06,4" S	71°18'17,5" W	Moreno 350
9	28/10/2017	41°8'06,6" S	71°18'17,5" W	Moreno 350
10	28/10/2017	41°8'05,3" S	71°18'34,9" W	San Martín y Morales
11	28/10/2017	41°8'02,0" S	71°18'52,4" W	San Martín al 400
12	26/09/2018	41°8'13,0" S	71°18'30,6" W	Gallardo y Quaglia
13	26/09/2018	41°8'14,6" S	71°18'15,1" W	Gallardo 427
14	26/09/2018	41°8'12,0" S	71°18'00,1" W	Hospital por Elflein
15	26/09/2018	41°8'16,4" S	71°17'53,2" W	Gallardo - Shopping Patagonia
16	26/09/2018	41°8'03,7" S	71°18'44,5" W	San Martín al 200
17	26/09/2018	41°7'59,8" S	71°18'36,6" W	Centro Cívico
18	02/10/2018	41°8'26,8" S	71°17'53,3" W	Onelli entre Anasagasti y Albarracín

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

19	02/10/2018	41°8'46,9" S	71°17'56,4" W	Onelli y Vilcapugio
20	02/10/2018	41°8'50,1" S	71°17'57,4" W	Onelli y Yatasto
21	02/10/2018	41°8'34,3" S	71°17'34,3" W	Fagnano y Rivadavia
22	02/10/2018	41°8'32,3" S	71°17'52,9" W	Fagnano y Onelli
23	02/10/2018	41°8'12,4" S	71°18'00,1" W	Hospital por Elflein
24	02/10/2018	41°7'59,8" S	71°18'36,5" W	Centro Cívico
25	02/10/2018	41°8'00,4" S	71°18'29,6" W	Mitre y Quaglia
26	02/10/2018	41°8'02,3" S	71°18'24,8" W	Mitre y Villegas
27	02/10/2018	41°8'01,7" S	71°18'20,3" W	Mitre y Rolando
28	02/10/2018	41°8'01,7" S	71°18'15,6" W	Mitre y Palacios
29	02/10/2018	41°8'02,8" S	71°18'09,5" W	Mitre y Besdchedt
30	02/10/2018	41°8'04,0" S	71°18'04,4" W	Mitre y Frey
31	02/10/2018	41°8'04,4" S	71°17'58,5" W	Mitre y O'Connor
32	02/10/2018	41°8'04,9" S	71°17'53,8" W	Mitre y Otto Goedecke
33	02/10/2018	41°8'08,0" S	71°17'44,4" W	Elordi y Mitre - Prefectura Naval
34	03/10/2018	41°7'56,2" S	71°19'14,4" W	Sanatorio San Carlos km1
35	03/10/2018	41°7'57,5" S	71°19'04,2" W	Costanera Monolito
36	03/10/2018	41°7'57,8" S	71°18'33,0" W	Centro Cívico por costanera
37	03/10/2018	41°7'57,0" S	71°18'11,3" W	Costanera - Iglesia Catedral
38	03/10/2018	41°7'58,1" S	71°17'46,6" W	Costanera y Onelli
39	03/10/2018	41°8'00,4" S	71°17'27,5" W	Costanera Escuela 266
40	03/10/2018	41°7'57,2" S	71°16'58,8" W	Rotonda Ñireco
41	03/10/2018	41°7'54,3" S	71°16'44,0" W	12 de Octubre entre San José y Cabo Campos (cerca de Radio Nacional)
42	03/10/2018	41°7'47,8" S	71°15'33,5" W	Cmte. Luis Piedrabuena - Entrada Barrio Las Victorias
43	03/10/2018	41°7'32,8" S	71°14'30,2" W	Cmte. Luis Piedrabuena INVAP

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

44	03/10/2018	41°7'20,7" S	71°14'05,8" W	Cmte. Luis Piedrabuena y María José - Cmte. Luis Piedrabuena - Bº Las Marías
45	03/10/2018	41°7'03,5" S	71°13'31,4" W	Rotonda aeropuerto/Circunvalación
46	03/10/2018	41°8'42,6" S	71°9'39,0" W	Aeropuerto
47	03/10/2018	41°9'30,1" S	71°15'50,6" W	Circunvalación y Esandi
48	03/10/2018	41°10'21,1" S	71°20'20,0" W	Rotonda Circunvalación y Ruta Nº 40
49	03/10/2018	41°9'40,3" S	71°24'41,3" W	Playa Lago Gutiérrez - Los Coihues
50	03/10/2018	41°10'06,2" S	71°26'31,3" W	Base Cerro Catedral
51	03/10/2018	41°7'22,6" S	71°24'25,5" W	Escuela 123/ cruce km 8
52	03/10/2018	41°7'55,2" S	71°21'27,5" W	Pioneros y Boock
53	03/10/2018	41°8'16,5" S	71°18'45,4" W	HPR
54	09/10/2018	41°8'28,6" S	71°18'48,7" W	Pje. Gutiérrez y Curuzú Cuatía
55	09/10/2018	41°8'40,3" S	71°18'48,2" W	Pje. Gutiérrez 1125
56	09/10/2018	41°9'08,0" S	71°18'56,3" W	Pje. Gutiérrez 2400
57	09/10/2018	41°9'31,6" S	71°19'04,0" W	Pje. Gutiérrez 3400
58	09/10/2018	41°9'35,1" S	71°18'57,6" W	Ruta 40 entrada Barrio Omega
59	09/10/2018	41°9'26,1" S	71°18'37,6" W	Ruta 40 y Besdchedt
60	09/10/2018	41°9'17,2" S	71°18'02,5" W	Ruta 40 y Onelli
61	09/10/2018	41°9'03,7" S	71°17'54,8" W	Elordi CEM 44
62	09/10/2018	41°8'54,7" S	71°17'53,2" W	Elordi y Brown
63	09/10/2018	41°8'38,9" S	71°17'50,1" W	Elordi y Santa Cruz
64	09/10/2018	41°8'18,2" S	71°17'46,1" W	Elordi y Gallardo
65	09/10/2018	41°8'19,3" S	71°17'29,7" W	Gallardo - Estadio Municipal
66	09/10/2018	41°8'21,2" S	71°17'19,3" W	9 de julio - Estadio Municipal
67	09/10/2018	41°8'40,5" S	71°17'19,4" W	9 de julio y 25 de mayo
68	09/10/2018	41°8'57,9" S	71°17'19,2" W	9 de julio y Brown

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

69	09/10/2018	41°8'56,5" S	71°17'28,7" W	Brown 1400
70	09/10/2018	41°8'53,0" S	71°18'01,4" W	Brown y Onelli
71	09/10/2018	41°8'51,0" S	71°18'20,9" W	Brown 400
72	09/10/2018	41°8'49,1" S	71°18'39,9" W	Brown 100
73	09/10/2018	41°7'58,8" S	71°18'34,2" W	Centro Cívico
74	09/10/2018	41°8'00,6" S	71°18'29,7" W	Mitre y Quaglia
75	17/10/2018	41°8'18,8" S	71°19'35,2" W	Pioneros colegio Vuriloche
76	17/10/2018	41°8'09,0" S	71°20'20,9" W	Pioneros km 3 - CONICET
77	17/10/2018	41°7'55,4" S	71°21'23,5" W	Pioneros antes de Boock
78	17/10/2018	41°7'52,9" S	71°21'39,1" W	Pioneros km 4
79	17/10/2018	41°7'48,3" S	71°22'07,6" W	Pioneros km 5 - Teleférico Cº Otto
80	17/10/2018	41°7'39,1" S	71°22'45,8" W	Pioneros y Nilpi
81	17/10/2018	41°7'33,4" S	71°23'44,3" W	Pioneros km 7
82	17/10/2018	41°7'26,4" S	71°23'48,6" W	Libra entre Bustillo y Pioneros
83	17/10/2018	41°7'04,9" S	71°24'11,2" W	Bustillo km 8
84	17/10/2018	41°6'50,7" S	71°24'44,8" W	Bustillo km 9 - Esc. Militar de Montaña
85	17/10/2018	41°6'39,6" S	71°25'27,9" W	Bustillo km 10 - Puerto Moreno
86	17/10/2018	41°6'18,3" S	71°26'25,8" W	Bustillo km 12
87	17/10/2018	41°5'60,0" S	71°26'45,2" W	Bustillo km 13
88	17/10/2018	41°4'13,1" S	71°28'27,6" W	Bustillo km 17,5 - Cº Campanario
89	17/10/2018	41°3'40,6" S	71°29'24,1" W	Bustillo km 19,5 - Escuela 48
90	17/10/2018	41°3'20,3" S	71°29'17,8" W	Bustillo entrada Península San Pedro
91	17/10/2018	41°3'14,1" S	71°31'54,1" W	Puerto Pañuelo
92	17/10/2018	41°6'45,6" S	71°25'07,3" W	Bustillo km 10 - Puerto Moreno
93	17/10/2018	41°7'17,6" S	71°23'44,8" W	Playa Bonita

*Proyecto Final Integrador
Ingeniería Ambiental – Nucci, A. Clara*

94	17/10/2018	41°7'10,4" S	71°23'10,8" W	Bustillo km 6
95	17/10/2018	41°7'19,6" S	71°22'00,5" W	Bustillo km 5
96	17/10/2018	41°7'40,5" S	71°21'02,6" W	Bustillo km 4
97	17/10/2018	41°7'54,7" S	71°19'51,9" W	Bustillo km 3
98	17/10/2018	41°7'58,9" S	71°18'36,0" W	Centro Cívico
99	17/10/2018	41°8'09,1" S	71°17'49,0" W	Moreno y Onelli
100	17/10/2018	41°8'08,4" S	71°17'55,4" W	Hospital por Moreno y Otto Goedecke
101	17/10/2018	41°8'07,6" S	71°18'04,5" W	Hospital por Moreno y Frey
102	17/10/2018	41°8'06,5" S	71°18'14,8" W	Moreno y Palacios
103	17/10/2018	41°8'05,7" S	71°18'26,2" W	Moreno y Villegas
104	06/06/2019	41°7'59,0" S	71°18'36,2" W	Centro Cívico
105	06/06/2019	41°8'14,2" S	71°17'45,4" W	Elordi y Elflein
106	06/06/2019	41°8'14,2" S	71°17'45,4" W	Elordi y Elflein
107	06/06/2019	41°8'17,1" S	71°17'54,1" W	Hospital por Elflein
108	06/06/2019	41°8'12,0" S	71°17'59,6" W	Hospital por Elflein
109	06/06/2019	41°7'54,9" S	71°16'43,6" W	12 de Octubre entre San José y Cabo Campos
110	06/06/2019	41°7'20,6" S	71°14'06,0" W	Cmte. Luis Piedrabuena y M. José
111	06/06/2019	41°8'23,1" S	71°16'33,1" W	Esandi
112	06/06/2019	41°9'18,4" S	71°15'41,8" W	Esandi
113	06/06/2019	41°10'10,6" S	71°19'42,8" W	Ruta 40 – Bº Frutillar
114	08/12/2017	41°8'12,2" S	71°18'01,3" W	Hospital por Elflein
115	28/08/2018	41°8'12,2" S	71°18'00,0" W	Hospital por Elflein