



# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN REDES CELULARES

*¿Por qué casi nunca encontramos niveles por encima de los límites de exposición?*

**GUÍA TÉCNICA PARA OPERADORES DE TELECOMUNICACIONES**

Caracas • Maracaibo • San José



## 1. Introducción

El despliegue de redes móviles genera con frecuencia preguntas de comunidades, autoridades locales y organismos reguladores sobre los niveles de campos electromagnéticos (EMF, por sus siglas en inglés) alrededor de las estaciones base. Esta guía responde, de forma técnica y directa, la pregunta que casi todos los operadores enfrentan tarde o temprano:

*“¿Por qué casi nunca se encuentran niveles de EMF superiores a los límites permitidos?”*

El objetivo de este documento es ofrecer, en pocas páginas, los conceptos, normativas y evidencia de campo que permiten a un operador responder con seguridad técnica ante clientes, reguladores y comunidades. Su alcance cubre los fundamentos físicos, el comportamiento real de la radiación de una antena celular, los resultados típicos de campañas de medición y los mitos más frecuentes sobre el tema.

## 2. Campos Electromagnéticos y Marco Normativo

Un campo electromagnético es la combinación de un campo eléctrico y un campo magnético que se propaga en forma de onda, transportando energía sin necesidad de un medio material. Las redes celulares operan en la banda de radiofrecuencia (RF), dentro del espectro de radiación no ionizante: su energía es muchos órdenes de magnitud menor a la requerida para romper enlaces atómicos o moleculares, a diferencia de la radiación ionizante (rayos X o gamma).

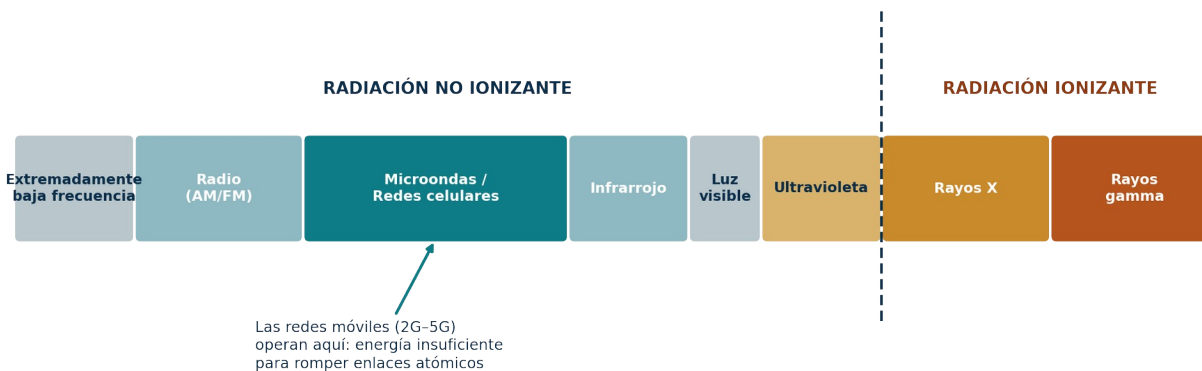


Figura 1. Ubicación de las redes celulares dentro del espectro electromagnético.

### Normativa internacional de referencia

Los límites de exposición aplicados a redes celulares son establecidos por organismos técnicos internacionales, con amplios márgenes de seguridad respecto a los umbrales donde se han observado efectos biológicos comprobados.

| Organismo | Rol                                                                   | Enfoque                                                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| ICNIRP    | Comisión Internacional sobre Protección contra Radiación No Ionizante | Guías de exposición adoptadas por la mayoría de los reguladores nacionales |
| IEEE      | Institute of Electrical and Electronics Engineers                     | Estándar C95.1, ampliamente usado en Norteamérica                          |
| FCC       | Federal Communications Commission (EE. UU.)                           | Regulación de exposición para operadores en EE. UU.                        |

| Organismo | Rol                                                                          | Enfoque                                                    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| IEC       | Comisión Electrotécnica Internacional                                        | Normas de medición e instrumentación EMF                   |
| ITU / OMS | Unión Internacional de Telecomunicaciones / Organización Mundial de la Salud | Lineamientos globales y evaluación de evidencia científica |

### 3. ¿Cómo Irradian Realmente las Antenas Celulares?

Un panel de antena celular no irradia energía de forma uniforme en todas direcciones. Su patrón de radiación concentra la energía en un lóbulo principal, dirigido hacia el área de cobertura, con una inclinación descendente (downtilt) que aleja el máximo de energía tanto del propio mástil como del nivel de calle inmediatamente debajo de la estructura.

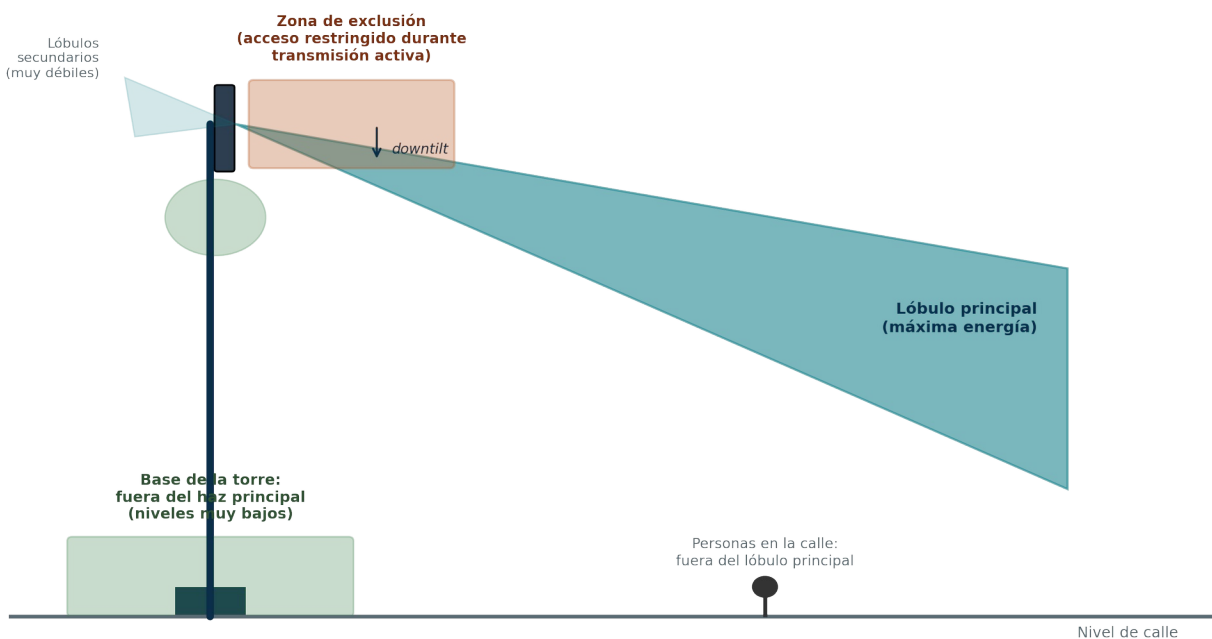


Figura 2. Patrón de radiación típico de un panel celular: el lóbulo principal se dirige hacia el área de cobertura, no hacia la base de la torre.

Esta es la razón física principal por la que, en la práctica, las personas que transitan bajo una estación base o en sus alrededores casi nunca se encuentran dentro del lóbulo principal. Las zonas de mayor intensidad de campo se ubican frente al panel, a la altura de la antena, y son precisamente las que se restringen como zonas de exclusión durante el mantenimiento con transmisores activos.

### 4. ¿Qué Encontramos en las Campañas de Medición?

Al medir en áreas de acceso público —fachadas, azoteas accesibles, calles, colegios, hospitales o centros comerciales cercanos a estaciones base— los niveles registrados se ubican, de forma consistente, muy por debajo del 100% del límite de referencia ICNIRP. La siguiente gráfica ilustra el orden de magnitud típico reportado en campañas de este tipo (escala no lineal, dado lo reducido de los valores frente al límite).

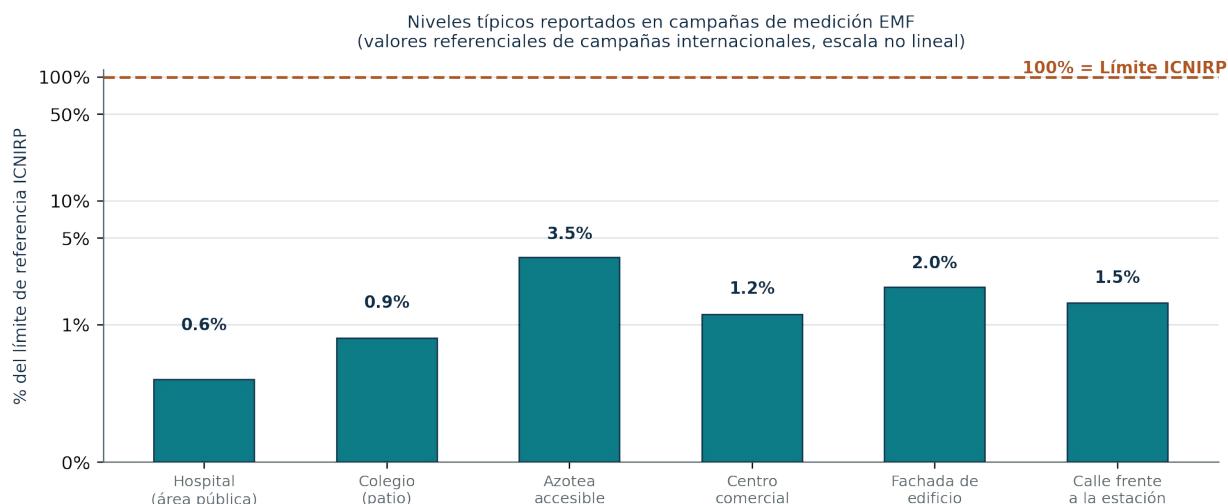


Figura 3. Niveles típicos medidos en áreas públicas, expresados como % del límite de referencia ICNIRP.

### Casos donde sí pueden superarse los límites

Existen escenarios específicos, bien documentados y acotados, donde sí es posible acercarse o superar los límites de exposición. Identificarlos correctamente es, precisamente, el valor de una medición profesional:

- Frente a antenas macrocelulares, dentro de la zona de exclusión definida por el fabricante, durante transmisión activa.
- Instalaciones de radiodifusión de alta potencia: broadcast FM y TV.
- Sistemas de radar, por su alta potencia pico y ganancia de antena.
- Antenas de alta potencia (paging, microondas de largo alcance) en el compliance boundary especificado.
- Trabajos de mantenimiento realizados sin cortar o reducir la potencia del transmisor.

## 5. Mitos Comunes sobre las Estaciones Base

| Mito                                                                     | Explicación técnica                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| "Más antenas significa más radiación."                                   | Más antenas suelen implicar menor potencia por sector y mejor distribución de la carga, reduciendo la potencia individual necesaria por celda.                      |
| "5G irradia mucho más que las tecnologías anteriores."                   | 5G introduce antenas más directivas (beamforming), que concentran la energía solo hacia el usuario activo, en lugar de irradiar de forma constante en toda el área. |
| "Debajo de la torre es donde hay mayor exposición."                      | El downtilt y la directividad del panel alejan el lóbulo principal de la base de la estructura, como se explicó en la Figura 2.                                     |
| "Mi teléfono recibe más radiación por estar cerca de una estación base." | Ocurre lo contrario: con buena señal, el teléfono reduce automáticamente su propia potencia de transmisión (control de potencia).                                   |

### Experiencia de campo de SIMTEL

Desde el inicio de sus campañas de medición de exposición electromagnética, SIMTEL ha realizado evaluaciones en estaciones macrocelulares, azoteas, edificios corporativos y áreas urbanas utilizando instrumentación profesional

de banda ancha. En esta experiencia, las áreas accesibles al público y la gran mayoría de las zonas de trabajo han presentado niveles significativamente inferiores a los límites establecidos por ICNIRP e IEEE. Los pocos casos que requieren medidas especiales corresponden a zonas de exclusión frente a antenas transmisoras de alta potencia o a trabajos de mantenimiento con transmisores activos.

## 6. Ejemplo de una Campaña Profesional de Medición EMF



Figura 4. Flujo típico de una campaña de medición EMF.

### Buenas prácticas recomendadas para operadores

- Power reduction: reducción temporal de potencia durante trabajos de mantenimiento en el panel.
- Lock out / tag out del transmisor antes de intervenciones cercanas a la antena.
- Permisos de trabajo RF específicos para personal que accede a zonas de exclusión.
- Uso de monitores personales de RF para el personal técnico en campo.
- Señalización visible de zonas de exclusión en sitios de alta potencia.

## 7. Conclusiones

La evidencia técnica y de campo es consistente: las áreas de acceso público alrededor de estaciones base celulares presentan, en la enorme mayoría de los casos, niveles muy inferiores a los límites internacionales de exposición. Esto responde directamente a la física de la radiación —directividad, downtilt y control de potencia— y no depende de suposiciones, sino de mediciones verificables.

Contar con un aliado técnico que documente estos niveles de forma profesional aporta al operador una base sólida para la relación con reguladores, comunidades y clientes corporativos. SIMTEL acompaña a los operadores en este proceso, desde la planificación de la campaña hasta la entrega del reporte técnico final.

### Sobre SIMTEL

Con más de 35 años de trayectoria, SIMTEL ofrece servicios de ingeniería y mantenimiento de telecomunicaciones en Venezuela y Costa Rica, cubriendo infraestructura móvil, radio profesional, medición de espectro y EMF, redes FTTx/FTTH, energía crítica e integración de soluciones. Nuestro equipo técnico está disponible para acompañar campañas de medición EMF a la medida de cada operador.

### Referencias

ICNIRP — *Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields*. • IEEE C95.1 — *Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields*. • FCC — *Radiofrequency Safety guidelines*. • IEC — *Normas de instrumentación y medición de campos electromagnéticos*. • ITU / OMS — *Lineamientos y hojas informativas sobre campos electromagnéticos y salud*.