

Evaluación de radiación electromagnética de fuentes no naturales

Rodrigo Bruni, Diego Dujovne, Oscar Vanella y Ricardo Taborda

*L.IADE – Fac. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba
C.C. 755 – Correo Central – (5000) Córdoba, Argentina – E-mail: liade@com.uncor.edu*

Resumen

Este trabajo describe los métodos de medición desarrollados para evaluar la radiación electromagnética producida por antenas y otras fuentes de radiación no naturales según la normativa vigente y los resultados obtenidos a lo largo de un período de algo más de un año en Argentina. Si bien el número de mediciones realizadas no es estadísticamente significativo respecto del universo de instalaciones existentes creemos que es suficientemente representativo como para extraer conclusiones que debiera servir como referencia para futuras campañas de relevamiento y medición más exhaustivos que requerirían la cooperación de los organismos gubernamentales.

Palabras clave: • Radiación electromagnética • Radiaciones no ionizantes • Antenas • Salud humana

Introducción

Desde los comienzos del uso de la energía eléctrica, hace ya algo más de un siglo, existe preocupación acerca de los efectos del campo eléctrico y magnético que ésta genera en la salud humana, lo que ha originado numerosos estudios, limitados mayormente a las bajas frecuencias utilizadas en la generación, transmisión y distribución de la energía, 50 y 60 Hz.

El efecto de las frecuencias superiores, principalmente utilizadas en comunicaciones, no llamaron la atención del público hasta que la proliferación de antenas repetidoras de telefonía celular en el ámbito urbano encendió una luz de alerta a la que acudieron presurosos tanto los organismos gubernamentales como las empresas propietarias de las instalaciones, las organizaciones de vecinos, ecologistas, etc...

En Argentina existe una normativa específica, extensa y actualizada, pero hasta el presente no existen estudios, relevamientos y mediciones concretas publicadas. El objetivo de este proyecto consiste en remediar esta vacancia al cuantificar la situación actual de las radiaciones no ionizantes en nuestro medio con métodos científicamente definidos y fácilmente reproducibles que sirvan de base para una evaluación seria de esta problemática.

Objetivos:

- Proponer métodos de medición para evaluar la radiación electromagnética producida por distinto tipo de antenas y otras fuentes no naturales.
- Cuantificar los niveles en instalaciones y niveles de base de radiación no ionizante en nuestro medio.
- Obtener resultados que sirvan como referencia para estudios más exhaustivos, planificación y relevamientos.
- Determinar situaciones donde los valores de radiación pudieran alcanzar los límites máximos permitidos.

Marco Teórico

Espectro de radiofrecuencias:

La parte del espectro electromagnético comprendida entre los 300 KHz y 300GHz, se denomina espectro de radiofrecuencias. En esta parte del espectro, correspondientes a las radiaciones no ionizantes, la energía de la onda no es suficiente para producir ionización aún a intensidades altas.

Efectos biológicos³:

Se dice que existe un efecto biológico cuando hay una respuesta fisiológica detectable. Esta respuesta puede ser admisible o no admisible. Se considera admisible cuando el organismo está preparado para recibir el estímulo o cuando no sobrepasa la capacidad de compensación normal del organismo.

Los efectos pueden clasificarse en indirectos, siendo aquellos que no son causados en forma directa por la radiación, por ejemplo quemaduras al tocar un objeto metálico expuesto a un campo intenso, y directos, los cuales pueden clasificarse en atérmicos y térmicos.

Hay una gran variedad de efectos atérmicos. El más común es la inducción de corrientes en el cuerpo.

Los efectos térmicos son los que dependen de la generación de calor producido por la energía que cede el campo E.M. al cuerpo.

El sistema termorregulatorio puede eliminar entre 3 y 6 W/kg. (producen un incremento de 1°C hora) sin que se produzcan riesgos.

Unidad dosimétrica¹⁰:

Se emplea un término específico, el SAR (Specific Absorption Rate), que representa la energía por unidad de tiempo (potencia) absorbida por kilogramo de tejido, miembro o cuerpo, según se promedie.

$$\text{SAR} = \text{W/Kg}$$

Esto es así ya que a diferencia de las radiaciones ionizantes no existe un efecto acumulativo.

Determinación de los niveles máximos admisibles¹⁰:

La determinación de los límites máximos está basada principalmente en los efectos térmicos y en las corrientes inducidas. Los valores de SAR anteriormente mencionados son del mismo orden de magnitud que el sistema metabólico basal, pudiéndose considerar como seguros. En función de esto se establecieron los límites para un SAR de cuerpo entero aplicando un margen de seguridad de 0.4W/kg ocupacional y 0.08W/Kg habitacional, coincidiendo estos valores con los niveles necesarios para activar el sistema termoregulatorio.

Para determinar los límites de exposición máximos en unidades de densidad de potencia se tuvo en cuenta que la “eficiencia” con que la onda transfiere su energía al tejido, depende de la naturaleza y dimensiones del mismo y de la frecuencia del campo. Se realizaron estudios para determinar la frecuencia de resonancia de distintos tejidos, para distintas edades, razas, sexo, etc. ya que ésta depende de la densidad, composición, tamaño, forma, etc. del tejido o cuerpo.

Se determinaron entonces distintas curvas de absorción, donde los picos de resonancia se encuentran entre los 10 y 400 MHz. En base a esto se establecieron los límites de densidad de potencia en función de la frecuencia para que no se superen los niveles de SAR, siendo los límites más bajos en el rango de frecuencias donde se encuentran los picos de resonancia

Normativa:

Por tratarse de un tema relacionado con la salud, el Ministerio de Salud y Acción Social condujo un estudio de relevamiento bibliográfico y recopilación de antecedentes publicado en el año 1988¹⁰⁻¹¹. En este manual se establecen los estándares, se brinda un marco teórico y se explican los fundamentos empleados para la determinación de los límites de seguridad.

El mismo ministerio en Junio del año 1995, mediante la resolución 202/95¹², aprueba el mencionado estándar. La Secretaría de Comunicaciones mediante la resolución 530/2000¹³ dispone su aplicación obligatoria a todos los sistemas de telecomunicaciones.

La Comisión Nacional de Comunicaciones mediante la resolución 269/2002¹⁴ y 117/2003¹⁵ establece que toda estación radioeléctrica en forma previa a su habilitación debe presentar las mediciones que verifiquen lo estipulado por la anterior, y da un plazo para las preexistentes. Establece un protocolo de medición y los formularios para presentar los resultados. Establece un régimen de excepciones para determinados servicios con condiciones en su potencia y distancias a los elementos radiantes. Los límites están expresados en las dos últimas resoluciones en forma de tabla:

Rango de Frecuencia f (MHz)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana S (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)
0,3 - 1	20	275	0,73
1 - 10	20/f ²	275/f	0,73/f
10 - 400	0,2	27,5	0,073
400 - 2.000	f/2000	1,375f ^{1/2}	-
2.000 -100.000	1	61,4	-

Tabla 1: Límites máximos de campo y densidad de potencia.^{10, 14, 15}

Otra Normativa:

En la provincia de Córdoba existe la Ley 7343¹⁷ conocida como “ley del medio ambiente”, posee un cuerpo legislativo muy completo que prevé para diversas áreas temáticas dentro de la problemática ambiental lo que ella misma denomina “*Términos de referencia*”. En el caso específico de la radiación EM, rige la Res 155:

“*Términos de referencia para la instalación de transmisión o recepción de señales (antenas repetidoras de telefonía y/o comunicaciones en gral.)*”, Junio 2001¹⁸, donde se reafirman los límites de densidad de potencia admitidos y se establece otro protocolo (INTI), y la periodicidad de las mediciones, coexistiendo con una ley provincial²⁵ y un decreto municipal²⁶, .

Naturaleza de las instalaciones:

Hay consideraciones que son generales a cualquier fuente de radiación tales como que la potencia decrece con el cuadrado de la distancia y que la radiación no es isotrópica, es decir no es igual en todas las direcciones. Esto se debe a las características direccionales de las antenas, ya sea porque están diseñadas para dirigir la mayor parte de la potencia emitida en una dirección (antena direccional) o a la imposibilidad de construir una antena perfectamente isotrópica, aunque se denomine como tal. La forma de cuantificar la direccionalidad de una antena es mediante su ganancia, que da una idea de la capacidad de la misma para enfocar la potencia en una dirección., originando direcciones de máxima propagación. (ver apéndice)

Mediciones:

Según el tipo de equipo, las mediciones se clasifican en: mediciones de banda ancha, donde se registra la densidad de potencia en un espectro amplio de frecuencias, o de banda angosta, donde se mide la potencia en una frecuencia en particular, lo que permite medir una estación en particular.

Por otra parte, se puede medir inmisión o emisión, la primera corresponde a la densidad de potencia total registrada en un punto, sin discriminar su origen, y la segunda a la originada por la estación bajo estudio.

Por lo general se realiza la medición de inmisión en banda ancha, ya que desde el punto de vista de la seguridad, la sumatoria de todas las fuentes de radiación es a lo que está expuesta la población, y en caso de que los límites de seguridad sean superados, se realizan análisis más complejos a fin de determinar el aporte de una fuente en particular.

Materiales y Métodos

Como primer paso se procedió a la recopilación bibliográfica de normativa nacional e internacional^{10 a 26} a fin de desarrollar un protocolo de medición que fuera compatible con las normas vigentes a fin de que los resultados pudieran utilizarse para verificar su cumplimiento.

Como parte de esta etapa se encuentra también el relevamiento de distintos tipos de instalación.

Procedimiento de medición de antenas:

El procedimiento empleado es compatible con la resolución 269/2002¹⁴, donde se establece:

- Medición sobre cuatro direcciones ortogonales a partir de la antena.
- Distancias de medición hasta 2, 12, 50 y 100 metros del soporte.
- Mediciones a 1.8 m de altura.
- Tiempo de integración de 6 minutos.
- Relevamiento de la instalación

Se agregan a estos puntos los siguientes:

- En caso de antenas direccionales, se harán coincidir al menos una de las direcciones de medición con las de máxima propagación.
- En las instalaciones donde la potencia dependa de la hora (por variación de tráfico), las mediciones se realizarán en los horarios considerados de pico.
- En las instalaciones urbanas y en los casos en que sea posible, los puntos de medición se tomarán dentro de la dirección de máxima emisión de la antena.
- Medición a distancias proporcionales a la altura de la torre.
- Medición en aquellos puntos que pudiera resultar de interés (ej: escuelas, hospitales).

Origen de los datos:

Los datos utilizados para la realización de este trabajo, correspondientes a medición en instalaciones, fueron extraídos de los informes de ensayo emitidos por el Laboratorio de Ensayos de L.I.A.DE. Durante el tratamiento de los mismos se tomaron todos los recaudos necesarios para mantener la confidencialidad de las personas físicas o jurídicas relacionadas con las mediciones.

Tratamiento de los datos:

Las instalaciones de comunicación fueron clasificadas según su naturaleza y características de acuerdo al siguiente esquema: Estaciones de A.M, Estaciones de F.M, Sites de telefonía celular instalados en torres, Sites de telefonía celular instalados en edificios.

De la aplicación del protocolo de medición (ver procedimiento de medición de antenas), resultan 4 puntos de medición en cada dirección a diferentes distancias. Ya que en contados casos las mediciones pueden realizarse en las distancias exactas debido a problemas de accesibilidad se definen las siguientes clases para agrupar los datos: 2m: son las realizadas entre 0 y 6m. - 12m: entre 6 y 20 - 50m: entre 20 y 70m - 100: de 70 en adelante.

Sobre los datos agrupados se realiza análisis estadístico descriptivo. Se expresan el valor medio, el máximo, y el porcentaje de los mismos respecto del límite admitido para la correspondiente frecuencia, según la Tabla 1.

Determinación del horario de medición:

Para este estudio se configuró el equipo para tomar el valor promedio en un período de un minuto, y se realizó el registro de estos valores en la PC desde las 0:00 horas de un viernes hasta las 13:00 horas del sábado, en las inmediaciones de un site de telefonía celular del centro de la ciudad de Córdoba.

Para la determinación del horario de medición válido a partir del registro continuo (Fig. 5) se toma la media acumulada cada 3 horas determinando como válidos aquellos horarios en que este valor se encuentre por encima de la media (Fig. 6).

Medición de niveles de radiación en el microcentro de Córdoba:

- Como primer paso se realizó un relevamiento visual desde el nivel de la calle (que por lo tanto no excluye aquellas instalaciones que pudieran no ser visibles) de las instalaciones o conjuntos de instalaciones de antenas existentes dentro del área del estudio delimitado por las Av. Gral Paz / V. Sarsfield, Av. San Juan / Illia, Bv. Chacabuco / Maipú y Av. Olmos / Colón donde se observaron un total de 127 en una superficie de 30 manzanas.
- Puntos de medición: se realizó una medición por manzana en el área anteriormente descripta. En cada una se tomó arbitrariamente la esquina sudoeste para realizar la medición. Las mediciones se efectuaron a una altura de 1.8 metros. En los casos que nos fue posible, se realizó una medición por manzana en la azotea de un edificio.
- Recolección de datos: se toma el promedio durante 6 (seis) minutos. Para ello se coloca el equipo en modo promedio con un período de integración superior a los 6 minutos, una vez colocado el equipo en el punto de medición, se realiza una puesta a cero del mismo, y se almacena en memoria el valor promediado a los 6 minutos de registro.

Equipo de medición:

- Para realizar las mediciones de densidad de potencia de radiación electromagnética en el rango de 100KHz a 3GHz se empleó: Equipo de medición de banda ancha marca Wandel & Goltermann modelo EMR-300 numero de serie AH-0012, calibrado con fecha 28 de setiembre de 2001, certificado de calibración número 2443100AH00120139 (de Narda Safety Test Solutions), por un período de 24 meses.
- Sonda de medición marca Wandel & Goltermann modelo TYP-8 N° serie AL-0055, calibrada con fecha 25/09/2001, certificado N° 22449020AL0550139 (de Narda Safety Test Solutions) válido por 24 meses.
- Software de adquisición marca Wandel & Goltermann ETS – 1 Software. Electromagnetic transfer set V1.05, Notebook y accesorios de conexión.

Técnica de medición:

Medición de inmisión de banda ancha en el espectro de radiofrecuencias comprendido entre 300 Khz y 3000 MHz.

Resultados

Estaciones de A.M.

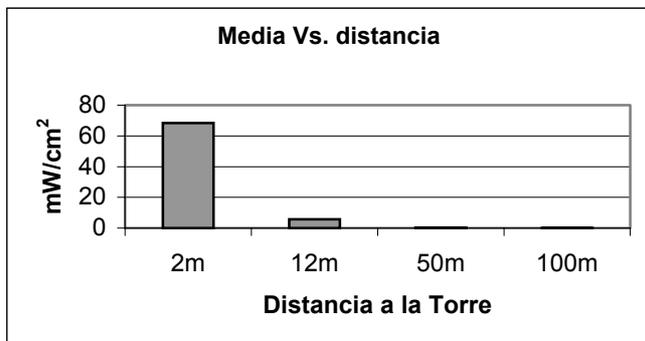


Fig 1: Densidad de potencia Vs distancia en A.M.

Promedio	2m	12m	50m	100m
Media*	68.40	5.66	0.32	0.08
Máximo*	265.66	6.76	0.60	0.13
% prom	341.98	28.30	1.62	0.42
% max	1328.32	33.78	2.98	0.63

Tabla 2: Resultados obtenidos en A.M.

*Valores expresados en mW/cm².

Total de sitios evaluados: 2

Valor límite: 20 mW/cm².

Las mediciones se realizaron en plantas transmisoras con potencias del orden de los 50 KW. En estas estaciones la longitud de onda es de varios cientos de metros, por lo que la antena es monopolar y la propia torre hace las veces de elemento radiante, obteniéndose niveles de densidad de potencia excesivamente altos en las inmediaciones de la misma. Las zonas expuestas a niveles superiores a lo permitido, deben permanecer inaccesibles.

Estaciones de F.M.

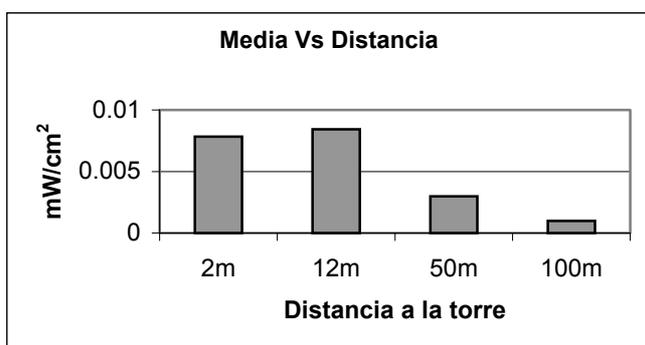


Fig 2: Densidad de potencia Vs. distancia en F.M.

Promedio	2m	12m	50m	100m
Media*	0.0078	0.0084	0.003	0.001
Máximo*	0.0433	0.0415	0.023	0.0063
% prom	3.91	4.22	1.49	0.49
% max	21.64	20.74	11.49	3.15

Tabla N° 3: Resultados obtenidos en F.M.

*Valores expresados en mW/cm².

Total de sitios evaluados: 6

Valor límite: 0.20 W/cm².

Lugar	Equipos	Carga	Rienda Inferior	Rienda Superior
Lectura*	0.00061	0.0047	0.02143	1.77796
% limite	0.305	2.35	10.715	888.98

Tabla N° 4 : Mediciones realizadas fuera de protocolo en una instalación

*Valores expresados en mW/cm².

Las mediciones fueron efectuadas en plantas transmisoras con una potencia transmitida de 100W hasta 30KW. En estas, los elementos radiantes se encuentran sobre torres de 40 metros aproximadamente, incluso si se encuentran sobre un edificio.

Los valores que se muestran en la tabla 4, corresponden a los tomados en forma puntual durante la etapa del estudio de caracterización de diferentes tipos de servicios.

En esta tabla puede verse un valor significativamente alto medido sobre una rienda superior debido a un posible efecto de resonancia.

Sites de telefonía celular en edificios:

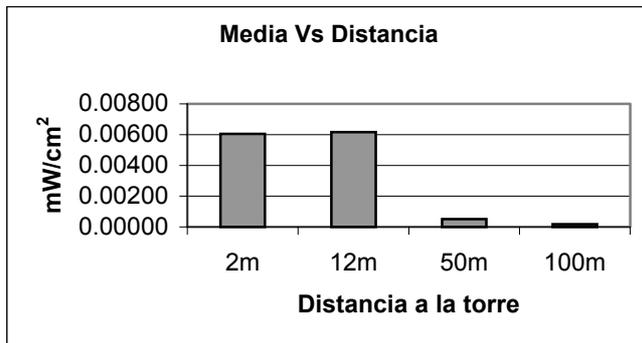


Fig 3: Densidad de potencia vs. distancia en celular.

Promedio	2	12	50	100
Media*	0.0060	0.00616	0.00050	0.00017
Maximo*	0.0373	0.11208	0.0165	0.0014
% media	0.64	0.65	0.05	0.02
% max	3.92	11.80	1.74	0.15

Tabla 5 : Resultados obtenidos en edificios Cel.

* Valores expresados en mW/cm².

Total de sitios evaluados: 38

Valor límite: 0.95 mW/cm².

(Servicio PCS – 1900MHz)

Estas mediciones fueron realizadas en sitios de telefonía celular colocados en edificios, en los cuales las mediciones pueden ser efectuadas en las proximidades del elemento radiante propiamente dicho, aún siendo éstos puntos inaccesibles al público. Esto puede observarse en la figura 3, donde en las mediciones efectuadas hasta los 12 metros, los niveles son significativamente más altos, ya que las mediciones son efectuadas en varios casos en el lóbulo de máxima propagación.

En la gran mayoría de los casos, las instalaciones analizadas solo cuentan con servicio en la banda de 1900MHz.

Sites de telefonía celular en torres:

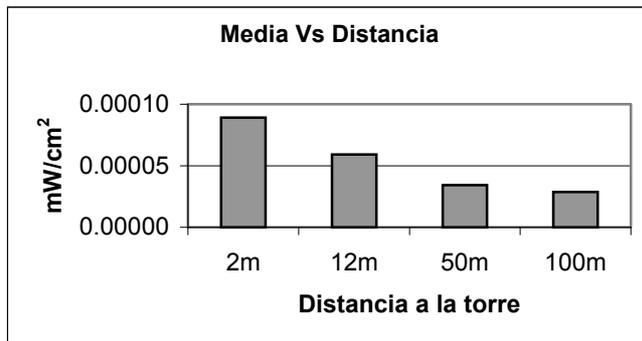


Fig 2: Densidad de potencia vs. distancia en torres celular

Promedio	2m	12m	50m	100m
Media*	0.00009	0.00006	0.00003	0.00003
Max*	0.00047	0.00042	0.00010	0.00022
%media	0.02	0.01	0.01	0.01
%max	0.10	0.09	0.02	0.05

Tabla 6: Valores obtenidos en torres celular

*Valores expresados en mW/cm².

Total de sitios evaluados: 9

Valor límite: 0.45 mW/cm²

(Servicio AMPS – 800/900 MHz)

En estas instalaciones los elementos radiantes se encuentran montados en torres de 45 o 59 metros de altura, y con un vallado perimetral alrededor de la instalación. En la mayoría de los casos estas instalaciones sólo cuentan con servicio en la banda de 800 a 900 MHz, y en algunos no se encuentra sectorizado, contando sólo con una antena omnidireccional.

Determinación del horario de medición:

Este estudio fue realizado a los fines de determinar la influencia del horario sobre los valores medidos en un site de telefonía celular. Puede determinarse, en este caso, mediante el uso de la media acumulada durante un período de 3 horas a una muestra por minuto, que el horario válido considerando aquellos horarios donde el valor es superior a la media..

En la figura 5 se tiene el registro realizado de valores de densidad de potencia, mientras que en el de media acumulada, figura 6, puede observarse que desde las 9:00 hasta las 21:00 se encuentran sobre la media, y éstos corresponden a los horarios dónde se deben realizar las mediciones.

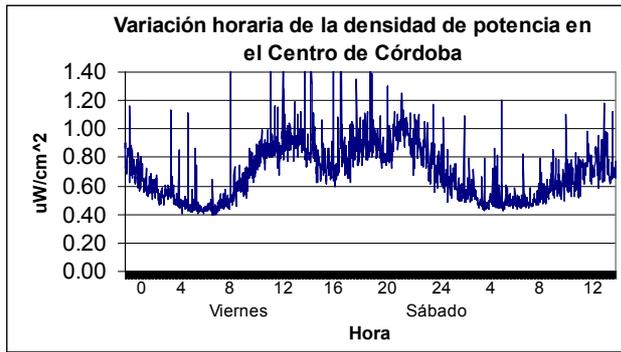


Fig 5: Registro de variación horaria

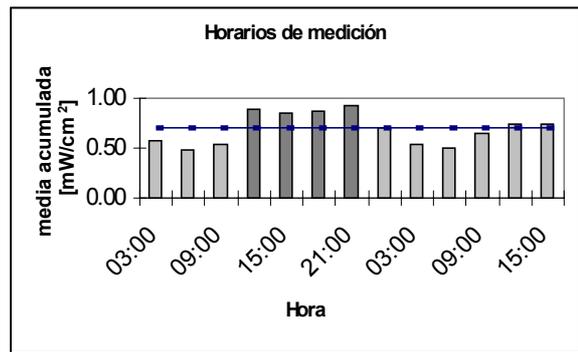


Fig 6: Media acumulada y zona de medición

Densidad de potencia en el microcentro de la ciudad de Córdoba

	General Paz	Rivera Indarte	San Martin	Rivadavia	Alvear	Maipú	
Av. Colón	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	Olmos
9 de Julio	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	25 de Mayo
Deán Funes	0.06	0.05	0.06	0.01	0.07	0.07	Ros de S. Fe
27 de Abril	0.05	0.07	0.07	0.05	0.12	0.10	S. Jerónimo
Caseros	0.03	0.04	0.01	0.07	0.11	0.21	E. Ríos
D. Quiros	0.14	0.01	0.03	0.03	0.14	0.09	Corrientes
San Juan	0.26	0.36	0.03	0.03	0.05	0.05	Bv. Illia
	V. Sársfield	Obispo Trejo	Independencia	Bs. Aires	Ituzaingó	Chacabuco	

Tabla 7: valores obtenidos a nivel de suelo Los valores están expresados en $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

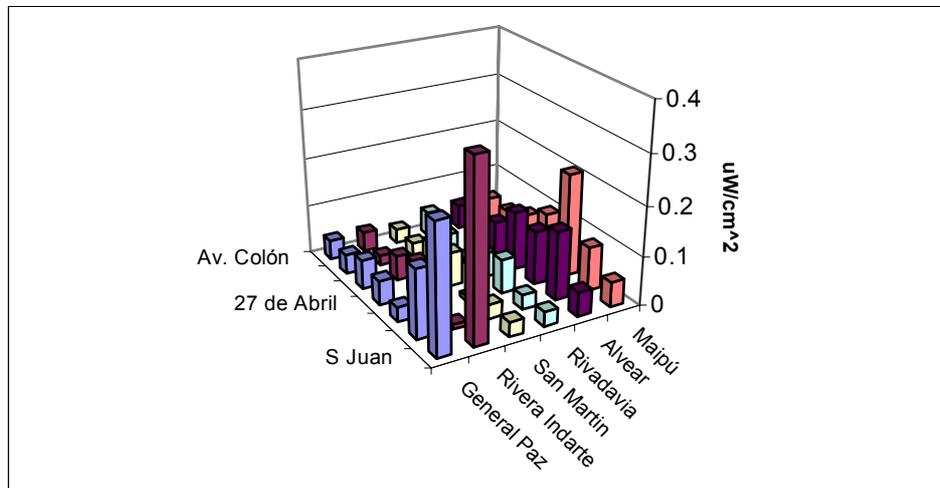


Fig 7: Valores de densidad de potencia en el microcentro de Córdoba

	General Paz	Rivera Indarte	San Martin	Rivadavia	Alvear	Maipú	
Av. Colón			2.01			2.61	Olmos
9 de julio	3.06						25 de Mayo
Deán Funes		1.5				1.47	Ros de S. Fe
27 de Abril	0.59	0.67		4.58	2.68		San Jerónimo
Caseros							Entre Ríos
D. Quiros	0.36	0.35			3.57		Corrientes
Bv. San Juan			0.75				Bv. Illia
	V. Sársfield	Ob. Trejo	Independencia	Bs. Aires	Ituzaingo	Chacabuco	

Tabla 8: valores obtenidos en altura. Los valores están expresados en $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

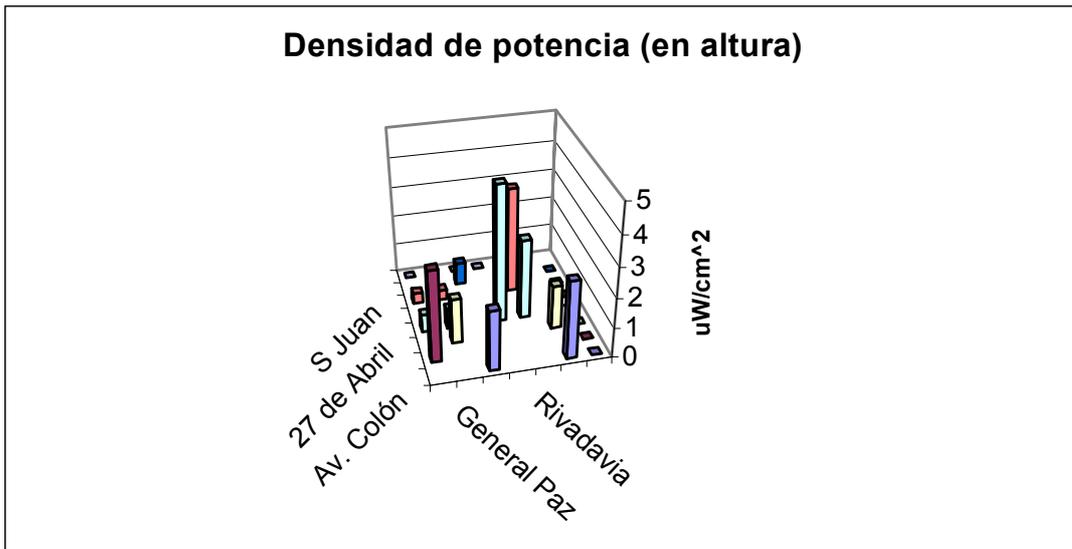


Fig 8: Valores de densidad de potencia en el microcentro de Córdoba en altura

Promedio	Máximo	Mínimo
38.56	91.60	2.57

Tabla 9: Relación altura/base

En la tabla y gráfico 7 se muestran los valores obtenidos en las mediciones a nivel de suelo; comparándolo con los dos siguientes, donde se encuentran las mediciones en altura, se puede observar en la totalidad de los casos valores mayores hasta casi dos ordenes de magnitud, según se sintetiza en la tabla 9 donde se muestran los cocientes de valores promedio obtenidos en altura respecto de valores medido en la base.

Conclusiones

- Se considera que los datos obtenidos pueden servir de base para futuros estudios y toma de decisiones.
- Los resultados del estudio de variación horaria demuestra la necesidad de medir en determinados horarios de máximo tráfico.
- El relevamiento en el microcentro muestra la necesidad de realizar mediciones a la altura de las instalaciones cuando esto sea factible, p.ej en áreas urbanas, en edificios contiguos a la instalación.
- De este mismo estudio puede concluirse también que aún en las mediciones en altura, los niveles son significativamente inferiores al límite permitido más estricto.
- De las mediciones en A.M. puede observarse que siempre existen sectores a nivel de suelo con valores que exceden los límites. La protección debe garantizarse asegurando la inaccesibilidad a estas zonas y de ser necesario encarar los estudios ocupacionales correspondientes.
- De las mediciones de F.M. se observa que los niveles no superan los límites máximos, aunque su valor porcentual es significativamente más alto que en el resto de los casos. Como excepción, en el caso de las riendas se detectaron niveles que superan los valores permitidos.
- En el caso de las instalaciones de telefonía celular en torres, los valores medidos son significativamente inferiores a los límites establecidos.
- En las estaciones de telefonía celular en edificios, si bien no se alcanzan los valores máximos, llegan a un 10% de los mismos, pudiéndose considerar que las mediciones fueron realizadas en condiciones muy desfavorables (medidas al nivel de la antena y en la dirección de máxima propagación).

Referencias

Marco teórico:

1. *Fundamentos de antenas* –Belotserkovski – Ed. Marcombo-Boixerau, 1983
2. *Antenas* – Cardama Aznar, A. y Blanch S. – Ed. Alfa Omega, 1999
3. Apuntes del Seminario: “*Estructuras de Telecomunicaciones en Municipios – Normas y principios de seguridad*” – Centro Argentino de Ingenieros y CNC, 09/2000
4. *Campos magnéticos y Salud Pública*, Informe Técnico elaborado por comité de expertos – Subdirección Gral. De Sanidad Ambiental y Salud Laboral - Ministerio de Sanidad y Consumo de España, 1999
5. *Possible effects of electromagnetic fields (EMF), radiofrequency fields (RF) and microwave radiation on human health* – SCTEE – CEE – Bruselas, Octubre 2001
6. *Questions & Answers about biological effects and potential hazards of radiofrequency electromagnetic field* – R.Cleveland, J.Ulcek – OET Bulletin 56 – Federal Communications Comitee (FCC), August 1999
7. *Guidelines for evaluating the environmental effects of radiofrequency radiation*. FCC 96 – 326, Agosto 1996
8. *1997 ARRL Handbook for Radio Amateurs*, 1996
9. *Biological effects of electromagnetic radiation* –John M. Osepchuk – IEEE Press- 1983.

Legislación/Normativa:

10. *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*” – A. Portela, J.J. Skvarca, E.B. Matute Bravo y L.A. Loureiro – Dirección Nac. de Calidad Ambiental –Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, 1988
 11. *Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante. Volumen I I: Radiación de radiofrecuencias: consideraciones biofísicas, biomédicas y criterios para el establecimiento de estándares de exposición*”, A. Portela, J.J. Skvarca, E.B. Matute Bravo y L.A. Loureiro –Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, 1988
 12. *Resolución 202/95* del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la Nación, 06/95, aprobando Ref 13 y 14
 13. *Resolución 530/2000* de la Secretaría de Comunicaciones, 12/12/2000, establece la obligatoriedad de Ref. 15
 14. *Resolución 269/2002* Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC): “*Evaluación previa a la instalación de antenas emisoras de conformidad con los parámetros de la Res. 202/95*”,
 15. *Resolución 117/2003* Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC): “*Evaluación previa a la instalación de antenas emisoras de conformidad con los parámetros de la Res. 202/95*”, 24/01/2003
 16. Proyecto de ordenanza 20.899 – Municipalidad de Córdoba: “*Marco regulatorio para la instalación de estructuras soporte de antenas de telecomunicaciones y de sus respectivos equipos complementarios*”, Noviembre 2000
 17. Ley 7343: *Principios rectores para la preservación, conservación, efensa y mejoramiento del medio ambiente* – Prov. de Córdoba, Septiembre 1985
 18. Res. 155 Agencia Córdoba Ambiente Prov. Córdoba: “*Términos de referencia para la instalación de transmisión o recepción de señales (antenas repetidoras de telefonía y/o comunicaciones en gral.)*”, Junio 2001
 19. *Ordenanza 37 bis – Comuna de Saldán*, Prov. de Córdoba, Mayo 2001
 20. *Resolución 244* ex-Secretaría Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Capital Federal: “*Protocolo para la medición de radiaciones no ionizantes*”, 26/07/2001
 21. Decreto 1532 del Gobernador de la Prov. de Santa Fé que adhiere a Ref 13, 14, 15 y 16., 17/09/97
 22. *Ordenanza 10578* Municipalidad de Santa Fé: “*Reglamento para la instalación de estructuras de soporte de antenas, antenas para transmisión y recepción de radiofrecuencias y microondas e instalaciones complementarias*”, 06/2000
 23. Norma ANSI– IEEE – C95.1 1991 - *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 KHz to 300 GHz*).
 24. IEEE C95..3 - *IEEE Recomendaded Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetics Fields, 3kHz to 300 GHz*.
 25. Ley N° 9055 *Inspección técnica de antenas*” Legislatura de la Provincia de Córdoba.” 13 de Marzo de 2003.
 26. Decreto N° 249 Municipalidad de Córdoba. 6 de Febrero de 2003.
- Gestión:
27. Norma ISO17025: “*General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*”, 1999
 28. *Manual de calidad del laboratorio de ensayos del LIADE* – Abril 2001
 29. *Manual de procedimientos del laboratorio de ensayos del LIADE* – Julio 2002

Apéndice

Toda antena tiene un patrón de irradiación que la caracteriza, el mismo es una representación de la magnitud del campo eléctrico, magnético o de la densidad de potencia en función de la dirección. Expresado, generalmente en coordenadas esféricas (r , Θ , Φ), donde la antena se encuentra en el centro de la esfera. La forma del patrón es independiente del radio de la esfera, para r suficientemente grande (respecto de la longitud de onda), por lo que sólo se varían los ángulos de azimuth y elevación.

El campo es normalizado a la unidad (0db) respecto el campo en la dirección de máxima propagación.

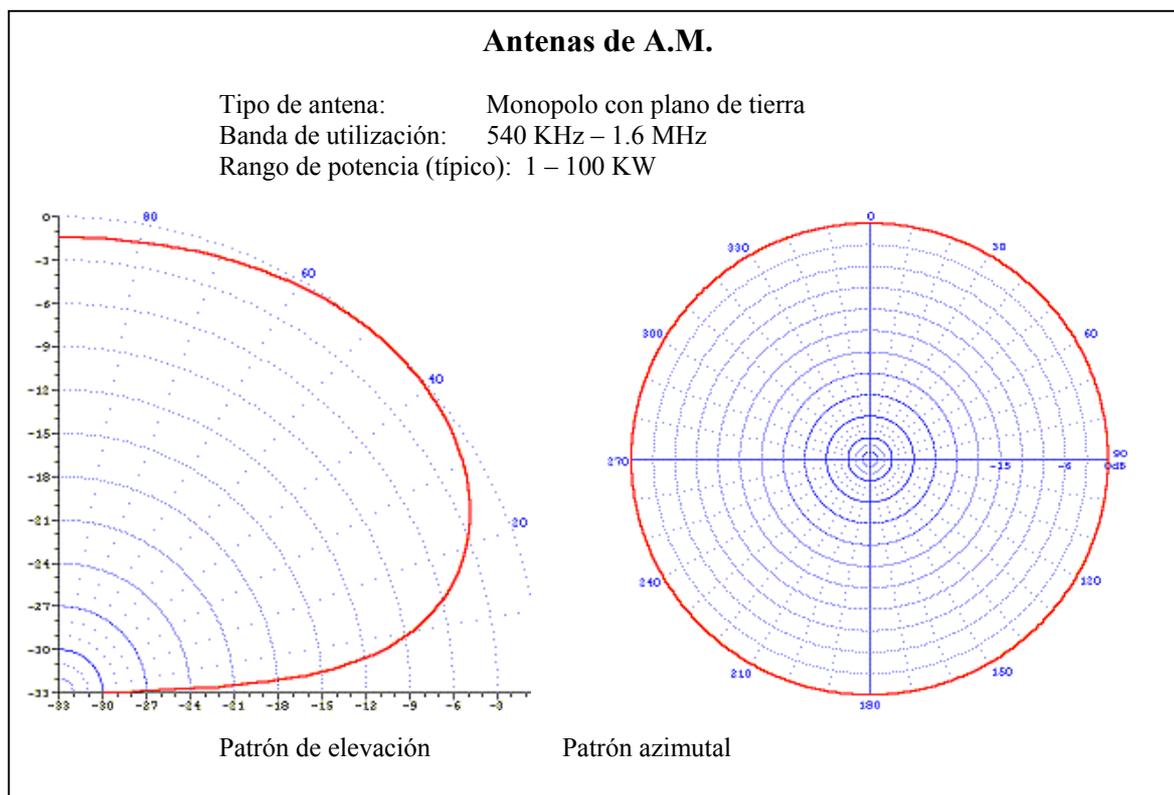
Generalmente, la información no se muestra en forma tridimensional, sino que se emplean dos planos de corte el horizontal ($r = \text{cte}$, $\Theta = 0$, $\Phi = \pm 180^\circ$), que da origen al plano azimuthal, y el corte vertical (orientado con la dirección de máxima propagación) ($r = \text{cte}$, $\Theta = \pm 180^\circ$, $\Phi = 0$).

La ganancia de la antena, en una dirección dada, es la relación entre la densidad de potencia radiada por la antena y la que se obtendría de un elemento isotrópico.

Conociendo la potencia transmitida, la ganancia en la dirección de máxima propagación y los patrones de distribución, pueden calcularse entonces la densidad de potencia en cualquier punto de los planos mencionados. Una antena con una ganancia alta en una dirección dada tiene la propiedad de ser direccional, es decir, la potencia es enfocada en una dirección.

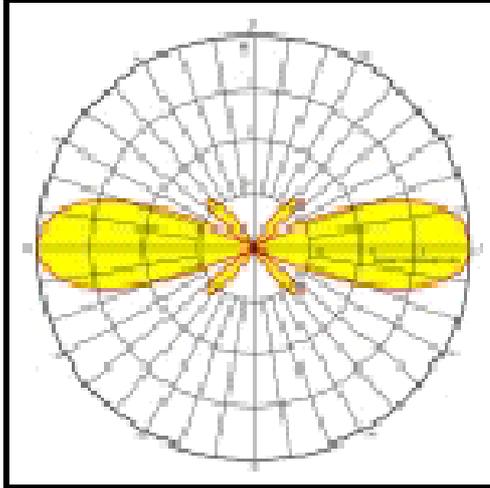
Según sus características constructivas, hay antenas con distintas características de distribución y de ganancia. Por ejemplo, para enlaces punto a punto es necesario antenas con alta ganancia y direccionalidad, para que toda la potencia sea transmitida hacia el receptor, mientras en radiodifusión es necesario antenas de baja ganancia, es decir omnidireccionales, en el plano horizontal, y con cierta ganancia en el plano vertical a fin de optimizar la zona de cobertura.

A continuación se muestran las características básicas de los sistemas de antenas para los tipos de transmisión estudiados.

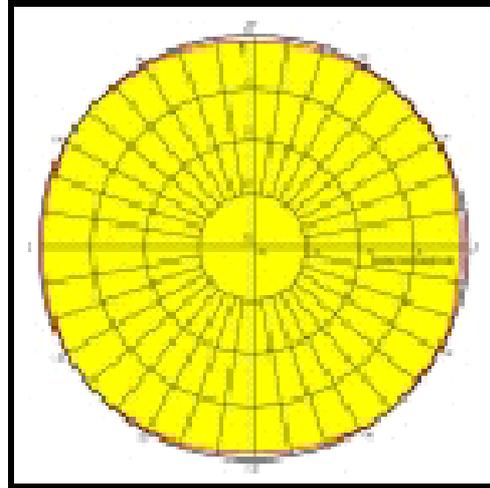


Antenas de FM

Tipo de antena: Arreglo de dipolos en fase
Banda de utilización: 88 – 108 MHz.
Rango de potencia transmitida: 0.1 – 50KW.



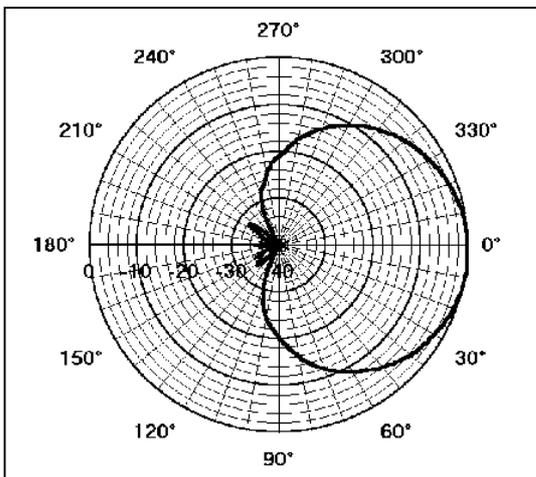
Patrón de elevación
(arreglo de cuatro dipolos en fase)



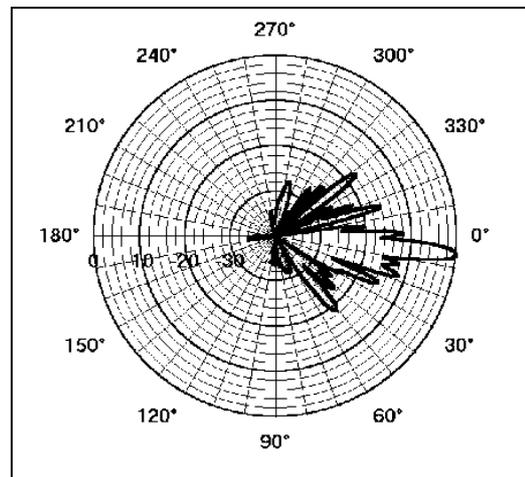
Patrón azimutal

Antenas de telefonía celular direccionales o sectorizadas

Rango de potencia: hasta 40W (x ganancia antena)
Bandas de utilización: 800-900 MHz - 1.8-1.9GHz.



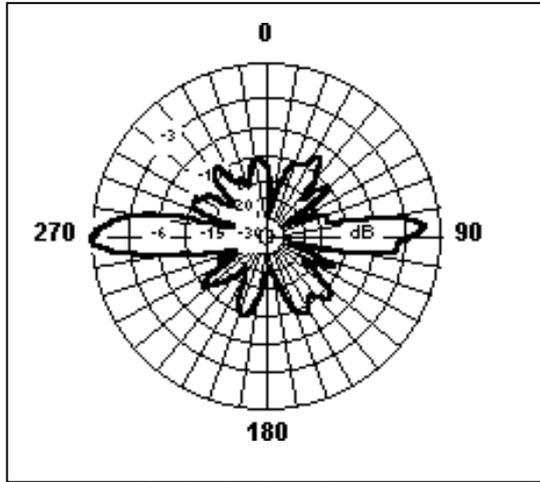
Patrón Azimutal con una apertura de 60°



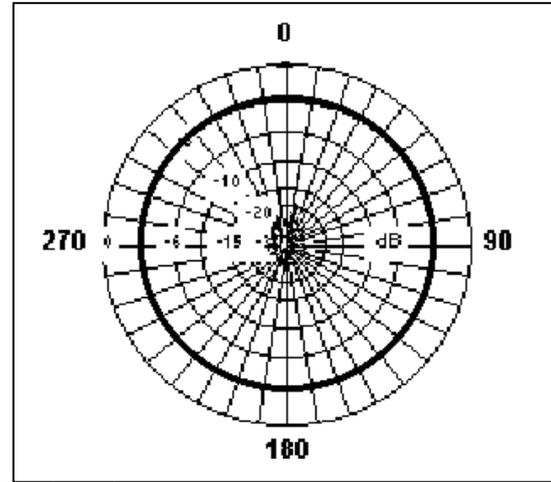
Patrón de elevación con una apertura de ~10°
y una inclinación (downtilt) de 6°

Antena de telefonía celular omnidireccional

Rango de Potencia: hasta 40 W (x ganancia antena)
Bandas de utilización: 800-900 MHz - 1.8-1.9GHz.



Patrón de elevación



Patrón azimutal



Celular sectorizada



F.M. 8 dipolos



Celular Omnidireccional