

# Caracterización de las emisiones radioeléctricas en el término municipal de A Coruña. Fase I.



A Coruña, 14 de Mayo de 2006



Ayuntamiento de A Coruña  
Concello da Coruña



## ÍNDICE

<u>1.- Introducción</u>	4
<u>2.- Objeto del estudio</u>	5
<u>3.- Caracterización global de las emisiones electromagnéticas del término municipal de A Coruña</u>	6
<u>3.1.- Selección de los emplazamientos específicos.</u>	6
<u>3.2.- Características de las medidas de banda ancha</u>	7
<u>3.2.1.- Datos generales.</u>	7
<u>3.2.2.- Ubicación del lugar donde se toman las medidas</u>	7
<u>3.2.3.- Descripción del entorno radioeléctrico</u>	7
<u>3.2.4.- Descripción de los equipos de medida en banda ancha</u>	8
<u>3.2.4.1.- Equipamiento</u>	8
<u>3.2.5.- Procedimiento utilizado en la toma de medidas en banda ancha.</u>	8
<u>3.3.- Medidas obtenidas mediante analizador de banda ancha</u>	9
<u>4.- Caracterización específica mediante medidas con analizador de espectros.</u>	17
<u>4.1.- Elección de ubicaciones.</u>	17
<u>4.2.- Equipamiento y procedimiento.</u>	18
<u>4.2.1.- Equipamiento</u>	18
<u>4.2.2.- Procedimiento.</u>	18
<u>4.2.3.- Caracterización del espectro en bandas de frecuencias.</u>	19
<u>4.3.- Gestión de la información</u>	20
<u>4.3.1.- Almacenamiento de la información</u>	20
<u>4.3.2.- Tratamiento y análisis</u>	20
<u>5.- Análisis de los resultados obtenidos</u>	22
<u>5.1.- Medida 1. Torre de Hércules. Rosa de los Vientos</u>	22
<u>5.1.1.- Tabla de resultados</u>	22
<u>5.1.2.- Gráficos</u>	22
<u>5.1.3.- Emisiones más significativas</u>	24
<u>5.2.- Medida 2. Parque de Eiris</u>	25
<u>5.2.1.- Tabla de resultados</u>	25
<u>5.2.2.- Gráficos</u>	25
<u>5.2.3.- Emisiones más significativas</u>	27
<u>5.3.- Medida 3. Peñarredonda</u>	28
<u>5.3.1.- Tabla de resultados</u>	28
<u>5.3.2.- Gráficos</u>	28
<u>5.3.3.- Emisiones más significativas</u>	30
<u>5.4.- Medida 4. Plaza del Obelisco</u>	31
<u>5.4.1.- Tabla de resultados</u>	31
<u>5.4.2.- Gráficos</u>	31
<u>5.4.3.- Emisiones más significativas</u>	33
<u>5.5.- Medida 5. Colegio Franciscanas</u>	34
<u>5.5.1.- Tabla de resultados</u>	34
<u>5.5.2.- Gráficos</u>	34
<u>5.5.3.- Emisiones más significativas</u>	36
<u>5.6.- Medida 6. Calle Orillamar</u>	37
<u>5.6.1.- Tabla de resultados</u>	37
<u>5.6.2.- Gráficos</u>	37



---

<u>5.6.3.- Emisiones más significativas</u>	39
<u>6.- Consideraciones finales y conclusiones del estudio realizado en banda estrecha</u>	40
<u>6.1.- Consideraciones finales</u>	40
<u>6.2.- Conclusiones</u>	40
<u>7.- Red de monitorización en continuo</u>	42
<u>7.1.- Breve descripción de una red de monitorización en continuo</u>	42
<u>7.2.- Consideraciones sobre la red de monitorización</u>	42
<u>7.3.- Selección de ubicaciones de la futura red de monitorización</u>	43
<u>8.- Anexos</u>	44
<u>8.1.- Anexo 1. Hoja de campo de Torre de Hércules. Rosa de los Vientos</u>	44
<u>8.2.- Anexo 2. Gráficos de Torre de Hércules. Rosa de los Vientos</u>	46
<u>8.2.1.- Gráfico AM</u>	46
<u>8.2.2.- Gráfico FM</u>	47
<u>8.2.3.- Gráfico IFD</u>	47
<u>8.2.4.- Gráfico DAB</u>	48
<u>8.2.5.- Gráfico S</u>	48
<u>8.2.6.- Gráfico TV</u>	49
<u>8.2.7.- Gráfico GSM</u>	49
<u>8.2.8.- Gráfico DCS</u>	50
<u>8.2.9.- Gráfico UMTS</u>	50
<u>8.2.10.- Gráfico en la banda 80MHz – 2500 MHz</u>	51
<u>8.3.- Anexo 3. Características de los equipos de medida</u>	52
<u>8.3.1.- Equipo de medida de banda ancha</u>	52
<u>8.3.2.- Sonda de banda ancha</u>	52
<u>8.3.3.- Analizador de espectros</u>	52
<u>8.3.4.- Antena bicónica</u>	53
<u>8.3.5.- Antena circular</u>	53
<u>8.4.- Anexo 4. Certificados de calibración de los equipos</u>	54
<u>8.4.1.- Equipo de medida y sonda de banda ancha</u>	54
<u>8.4.2.- Analizador de espectros</u>	55
<u>8.4.3.- Antena bicónica</u>	56
<u>8.4.4.- Antena circular</u>	57
<u>8.5.- Fotografías</u>	58
<u>Anexo 6. Expresiones utilizadas en los cálculos</u>	61

## 1.-Introducción

El uso de las tecnologías de transmisión por radio en los sistemas de comunicaciones ha permitido impulsar el desarrollo de la Sociedad de la Información y la popularización de los servicios de telecomunicación. Estas tecnologías han permitido la difusión de contenidos audiovisuales (radio, televisión, TDT y televisión vía satélite), el despliegue de redes de acceso fijo, y en los últimos años la extensión al conjunto de los ciudadanos de las ventajas de las comunicaciones móviles.

Los servicios de radiodifusión de televisión y radio han sido utilizados por los ciudadanos hace ya varias décadas, mediante un despliegue escalonado y aceptado socialmente. En contraposición, la proliferación de un elevado número de instalaciones radioeléctricas de telefonía móvil, fruto de la competencia, los niveles de calidad y cobertura, ha surgido en un muy breve periodo de tiempo. Este hecho se ve reforzado por la necesidad de incrementar notablemente el número de estaciones con la incorporación de las nuevas tecnologías de tercera generación UMTS.

El desarrollo ordenado de las infraestructuras de acceso a los servicios de telecomunicación debe entenderse como principio y base esencial que permita la igualdad de oportunidades entre los individuos participes de la Sociedad de la Información.

Este principio no debe permitir el deterioro de otros derechos. Por ello surge la necesidad de regulación de todo despliegue de las infraestructuras de acceso a la información, entre ellas las infraestructuras de radiocomunicación; contemplando y protegiendo todos los aspectos que afectan a la sociedad, como son la salud, la protección del medio ambiente, etc.

El despliegue de estas infraestructuras de radiocomunicaciones móviles ha provocado un aumento de la preocupación que suscita la exposición humana a los campos electromagnéticos producidos por las estaciones base de telefonía celular, que sin duda está dificultando el desarrollo de la Sociedad de la Información.

Para garantizar la protección sanitaria de la población frente a las emisiones radioeléctricas (no sólo las procedentes de servicios de telefonía móvil), se publicó el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, en el que se establecen unos límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas.

Dicho RD elaborado en coordinación por los Ministerios de Ciencia y Tecnología y de Sanidad y Consumo, asume los criterios establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea de 12 de julio 1999.

El RD 1066/2001 define un marco regulador de obligado cumplimiento para todas las partes involucradas en el desarrollo de la sociedad de información; y marca una pauta de desarrollo, para que una vez cumplida no se introduzcan posturas arbitrarias que dificulten e incluso impidan el desarrollo de la sociedad.

En la actualidad existen dos métodos para la medida de campos electromagnéticos

---

ambientales. Por un lado, realizando medidas de banda ancha utilizando sondas planas isotrópicas y por otro mediante medidas selectivas en frecuencia usando analizadores de espectro.

Con el uso de las medidas selectivas en frecuencia, los campos electromagnéticos producidos por los servicios de radiocomunicación (GSM900, GSM1800, UMTS, WLAN, TETRA, etc.) o por las estaciones de radiodifusión (televisión analógica y digital y radio analógica y digital) pueden ser medidos, sus fuentes identificadas y por último evaluar dichos valores respecto a los límites establecidos en función de la frecuencia en el RD 1066/2001

La continuidad de la evaluación de los niveles de emisiones por profesionales independientes garantiza a la sociedad la adecuación de dichos sistemas frente a posibles modificaciones tanto por la introducción de nuevas normativas como por la integración de nuevas tecnologías.

## 2.- Objeto del estudio

El objeto del presente estudio es la caracterización de las emisiones electromagnéticas *procedentes de las instalaciones de radiocomunicaciones en la banda 300 KHz – 2,5 GHz*, cubriendo las emisiones de AM, FM, DAB, TV, GSM 900, GSM 1800 y UMTS en emplazamientos específicos de la ciudad de A Coruña.

En este estudio se realizarán medidas de emisiones radioeléctricas utilizando medidores de banda ancha y analizadores de espectro con el objeto de identificar no sólo las emisiones procedentes de estaciones base de telefonía celular como aquellas otras producidas por otros sistemas como la radiodifusión de AM, FM y TV, servicios de emergencia y seguridad, etc.

El estudio está destinado a caracterizar las emisiones electromagnéticas presentes en el término municipal de A Coruña con el fin de ayudar a implantar una red de monitoreo en continuo y la caracterización de las posibles ubicaciones a controlar.

En el presente estudio no se analizarán campos de extremada baja frecuencia (aquellos producidos por la distribución y uso de energía eléctrica) ni se evaluarán parámetros de calidad de los servicios de radiocomunicación identificados.

### 3.-Caracterización global de las emisiones electromagnéticas del término municipal de A Coruña

El presente estudio comienza con una fase de toma de medidas en banda ancha con el fin de detectar los niveles de emisiones en diferentes puntos de la ciudad.

#### 3.1.-Selección de los emplazamientos específicos.

El estudio ha consistido en la realización de medidas mediante sonda de banda ancha en **20 ZONAS** en el término municipal A Coruña, seleccionando aquellas áreas más características de la ciudad y realizando las medidas en zonas de presencia habitual de público y buscando los puntos más afectados por los focos emisores de la zona.

Entre estos se han considerado las emisoras de radio, emisoras de TV, servicios de emergencia y seguridad y estaciones base de telefonía celular.

Como criterio general, establecido por *ebconsultores*, el estudio se centra en aquellos puntos próximos a los anteriormente citados, **en lugares de permanencia habitual de personas y en zona pública centrándose especialmente en el estudio de zonas de cautela afectadas por centros emisores cercanos** y donde los niveles de campo eléctrico registrados mediante un analizador de banda ancha sean más elevados.

La tabla de selección de zonas se ha realizado en coordinación con el Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de A Coruña quedando definidas las siguientes zonas:

1. Zona Torre de Hércules, espacio abierto sin focos de estaciones celulares cercanas.
2. Zona Monte Alto, zona de influencia de las antenas soportadas por el depósito de agua y de las antenas de las cubiertas próximas a la Iglesia de San José.
3. Zona de Orillamar, en la que se ubica una guardería infantil y la Policía Local.
4. Plaza de María Pita.
5. Obelisco, zona comercial de gran tráfico de comunicaciones celulares y cercana al edificio de la Terraza.
6. Zona Orzán, Plaza de Pontevedra, Plaza de Lugo, zona altamente comercial y de presencia de público.
7. Zona Riazor y Colegio de las Esclavas
8. Zona Conservatorio, Escuela de Idiomas; zona de gran concentración de centros de enseñanza.
9. Colegio Calasanz, centro de enseñanza con antenas celulares dentro del recinto
10. Zona Rosales, zona de alta densidad de nuevas viviendas residenciales.
11. Parque Bens. Zona recreativa bajo la influencia del centro re-emisor de Peña Moa
12. Zona Gregorio Hernández-Ciudad Jardín, zona de ensanche, presentando una urbanismo residencial muy característico de la ciudad.
13. Paseo de los Puentes. Zona que presenta tanto zonas recreativas (parque de Santa Margarita) como educativas (Instituto Os Puentes)
14. Zona Plaza de Orense- Juan Flórez, zona de alta densidad de servicios y oficinas
15. Zona Ventorrillo-Ronda de Outeiro, zona de alta densidad residencial contando con centros de enseñanza y guarderías.

16. Zona Cuatro Caminos, zona especialmente significada por su comercio y de centros comerciales.
17. Zona Elviña, centrandonos en los centros educativos existentes
18. Parque Eiris, comprobando la influencia de las estaciones de la calle Oleoducto
19. Campus Universitario de A Zapateira, zona bajo influencia de las estaciones cercanas al Castro
20. Zona de colegios de A Zapateira, especialmente las cercanas a las estaciones de telefonía celular y servicio de difusión de radio

### 3.2.-Características de las medidas de banda ancha

Una vez definidas las zonas anteriores, se ha recopilado para cada una de ellas tanto la ubicación de fuentes emisoras como la existencia de zonas de cautela cercanas con el objeto de asegurar que las mediciones se efectúen en puntos de máximo nivel de emisión y en espacios en los que puedan permanecer habitualmente personas.

Se considerará como factor relevante la presencia de zonas altamente frecuentadas y de especial interés en lugares próximos a las fuentes.

La información registrada en las medidas de banda ancha es la siguiente:

#### 3.2.1.-Datos generales

Dada la variabilidad temporal de las medidas se registrará la fecha y hora de la medida realizada.

1. Fecha
2. Hora

#### 3.2.2.-Ubicación del lugar donde se toman las medidas

Cada medida se referencia a una de las zonas previamente mencionadas y se ubica su localización exacta en plano, ver PLANO 1

#### 3.2.3.-Descripción del entorno radioeléctrico

Con el fin de tener una visión global del entorno, se representa en plano:

- Los lugares de medidas,
- Los valores obtenidos.
- Las zonas de cautela definidas.
- Estaciones base de telefonía celular existentes.

### 3.2.4.-Descripción de los equipos de medida en banda ancha

#### 3.2.4.1.-Equipamiento

1. Fabricante PMM
2. Equipo Modelo PMM 8053A
3. Sonda isotrópica EP330

Rango de medida de la sonda 100 KHz a 3 GHz

Las características técnicas del equipamiento anterior se detalla en el anexo correspondiente junto con el certificado de calibración.

### 3.2.5.-Procedimiento utilizado en la toma de medidas en banda ancha.

La toma de las medidas ha sido realizada por ingenieros de telecomunicación siguiendo el procedimiento de trabajo establecido por EBC Consultores para este tipo de mediciones y de acuerdo con el método indicado en el anexo IV de la Orden CTE/23/2002. El anexo IV de la citada Orden se adjunta al final de este documento.

Las medidas se han realizado utilizando un equipo de banda ancha de la marca PMM, modelo 8053A equipado con sonda isotrópica de la misma marca y modelo EP-330, válida en el rango de frecuencias de 100 KHz – 3 GHz. El equipo y la sonda se encuentran debidamente calibrados, tal como figura en los correspondientes certificados de calibración anexos al presente documento.

En el proceso de medición y con el fin de determinar los puntos concretos dentro de la vivienda y zona exterior expuestos a un mayor nivel de campo electromagnético, se han realizado medidas de exploración.

Seguidamente, a la vista de los resultados de exploración obtenidos, se han seleccionado los puntos de mayor nivel de campo electromagnético y en éstos se han llevado a cabo las medidas de exposición.

Las medidas de exposición se realizan durante 6 minutos y ofrecen un resultado final al cabo de dicho periodo. En este caso, el equipo también facilita medidas parciales y ponderadas de cada uno de los seis minutos, lo cual nos permite apreciar el grado de variabilidad de los resultados. Son estos valores de exposición los que deben ser contrastados con los límites establecidos en el R.D. 1066/2001.

### 3.3.-Medidas obtenidas mediante analizador de banda ancha

A continuación aparece la relación de las medidas de banda anchas realizada; en los puntos donde se han realizado varias medidas sólo se incluye el valor máximo obtenido

#### 3.3.1.-Zona 1. Torre de Hércules Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P1A. Rosa de los vientos	06/03/2006	18:20
P1 B Base de la Torre	06/03/2006	18:06
P2 Rampa de acceso	06/03/2006	18:39
P3 Parking	06/03/2006	17:51

<b>Zona. 1</b> Torre de Hércules	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
P1A	Rosa de los vientos	0,52		1,26%	1,86%
P1B	Base Torre	0,55		1,33%	1,96%
P2	Rampa de acceso	0,51		1,23 %	1,82 %
P3	Parking	0,47		1,14%	1,68%

#### 3.3.2.-Zona 2. Monte Alto Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P4 Rua de Monte Alto	06/03/2006	16:48
P5 Avda. Monte Alto	06/03/2006	16:56
P6 Igl. San José	06/03/2006	17:19
P7 Col. Sanjurjo Carricarte	06/03/2006	17:32

<b>Zona. 2</b> Monte Alto	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
P4	Rúa Monte Alto	<U		0,73%	1,07%
P5	Avda. Hércules	0,57		1,38%	2,03 %
P6	San José	0,64		1,55%	2,29%
P7	C. Sanjurjo Carricarte	0,37		0,90 %	1,32%

### 3.3.3.-Zona 3. Orillamar Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P8 Calle Tuy	06/03/2006	16:23
P9 Esc. As Mariñas	06/03/2006	16:35
P10 Trav. Orillamar	06/03/2006	16:14

<b>Zona. 3</b> Orillamar	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
P8	Calle Tuy	0,38		0,92 %	1,36 %
P9	Esc. As Mariñas	0,40	41,25	0,97%	1,43%
P10	Tra. Orillamar	0,72		1,74%	2,57%

### 3.3.4.-Zona 4. María Pita, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P11 Plaza de María Pita	20/02/2006	13:55

<b>Zona. 4</b> María Pita	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
P11	Plaza de María Pita	0,44	41,25	1,07 %	1,57 %

### 3.3.5.-Zona 5. Obelisco, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P12 La Terraza	06/03/2006	13:41
P13 Cantón Grande	06/03/2006	13:53
P14 Cantón Grande	06/03/2006	13:29

<b>Zona. 5</b> Obelisco	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
12	La Terraza	<U		0,73%	1,07%
13	Cantón Grande	0,46	41,25	1,11 %	1,64 %
14	Cantón Grande	0,51		1,24%	1,82%

### 3.3.6.-Zona 6. Orzán- Plaza de Lugo , Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P15 Plaza de Lugo	07/03/2006	17:34
P16 Instituto Da Guarda	07/03/2006	17:02
P17 Espigón	07/03/2006	16:50

<b>Zona. 6</b> Orzán- Plaza de Lugo	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
15	Plaza de Lugo	0,34		0,82 %	1,21 %
16	Instituto Da Guarda	0,35	41,25	0,85%	1,25%
17	Espigón	0,58		1,41%	2,07%

### 3.3.7.-Zona 7. Riazor- Paseo de Ronda

	Fecha	Hora
P18 Paseo de Ronda	05/03/2006	18:54
P19 Av. de Buenos Aires	05/03/2006	19:05

<b>Zona. 7</b> Colegio Esclavas- Riazor	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
18	Paseo de Ronda	<U		0,73%	1,07%
19	Av. de Buenos Aires	<U	41,25	0,73%	1,07%

### 3.3.8.-Zona 8. Conservatorio- Esc de idiomas, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P20 Conservatorio	04/03/2006	12:17
P21 UNED	04/03/2006	12:26
P22 Escuela de Idiomas	04/03/2006	12:36

<b>Zona. 8</b> Conservatorio Esc. Idiomas	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
20	Conservatorio	<U		0,73%	1,07%
21	UNED	<U	41,25	0,73%	1,07%
22	Escuela de Idiomas	0,39		0,95%	1,39%

### 3.3.9.-Zona 9. Colegio Calasanz, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P23 Parking	05/03/2006	13/06
P24 Barrera entrada	05/03/2006	13/17

<b>Zona. 9</b> Colegio Calasanz	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
23	Parking	1,89	41,25	4,58%	6,75%
24	Entrada	2,01		4,87%	7,18%

### 3.3.10.-Zona 10. barrio de Los Rosales, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P25 Plaza de Los Rosales	06/03/2006	19:08
P26 Zona Infantil	06/03/2006	19:21

<b>Zona. 10</b> Plaza de los Rosales	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
25	Plaza Rosales	<U	41,25	0,73%	1,07%
26	Zona Infantil	<U		0,73%	1,07%

### 3.3.11.-Zona 11. Parque Bens, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P27 Parque Bens	07/03/2006	11 :15
P28 Parque Bens	07/03/2006	10 :59
P29 Parque Bens	07/03/2006	11 :08

<b>Zona. 11</b> Parque Bens Peña Moa	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
27	Parque Bens 1	4,36	41,25	10,57%	15,57%
28	Parque Bens 2	2,76		6,69%	9,86%
29	Parque Bens 3	1,43		3,47%	5,11%

### 3.3.12.-Zona 12. Greg. Hernández-Ciudad Jardín , Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P30 Paseo de Ronda	05/03/2006	18:37

<b>Zona. 12</b> G. Hernández - C. Jardín	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
30	Paseo de Ronda	<U	41,25	0,73%	1,07%

### 3.3.13.-Zona 13. Paseo de Los Puentes – Parque Sta. Margarita, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P31 P. de Santa Margarita	07/03/2006	14:01
P32 P. Infantil	07/03/2006	17:59
P33 Inst. Os Puentes	07/03/2006	18:08

<b>Zona. 13</b> P. Puentes- Sta. Margar.	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
31	Santa Margarita	044		1,07%	1,57%
32	Parque infantil	<U	41,25	0,73%	1,07%
33	Inst. Os Puentes	<U		0,73%	1,07%

### 3.3.14.-Zona 14. Juan Flórez- Plaza de Orense, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P34 Plaza del Libro	20/02/2006	11:00
P35 Plaza de Orense	20/02/2006	10:38

<b>Zona. 14</b> P. Orense J. Flórez.	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
34	Plaza del Libro	<U	41,25	0,73%	1,07%
35	Plaza de Orense	0,34		0,82%	1,21%

### 3.3.15.-Zona 15. Ventorrillo, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P36 Esc. Infant. Ventorrillo	07/03/2006	13:27
P37 CEIP M. Barbeito	07/03/2006	12:17
P38 Plaza del Comercio	07/03/2006	13:27
P39 Asist. Juan Canalejo	07/03/2006	12:26

<b>Zona. 15</b> Ventorrillo R. Outeiro	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
36	Esc. Inf. Ventorrillo	0,46		1,12 %	1,64%
37	CEIP M. Barbeito	0,46		1,12 %	1,64%
38	Plaza Comercio	0,70	41,25	1,70 %	2,50%
39	Asist. Juan Canalejo	0,46		1,12 %	1,64%

### 3.3.16.-Zona 16. Cuatrop Caminos, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P40 S. P. de Mezonzo	06/03/2006	12:32
P41 Cuatro Caminos	06/03/2006	12:42
P42 Hotel Melia	06/03/2006	12:54
P43 Corte Inglés	06/03/2006	13:03

<b>Zona. 16</b> Cuatro Caminos	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
40	S. P. Mezonzo	0,56		1,36%	2,00%
41	Cuatro caminos	0,69		1,67%	2,46%
42	Hotel	<U	41,25	0,73%	1,07%
43	Corte Inglés	0,44		1,07%	1,57%

### 3.3.17.-Zona 17. Barrio de Elviña, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P44 C.P.R. de la Sagra	06/03/2006	10:49
P45 CEIP del Rosario	06/03/2006	11:05
P46 Calle C.J. Cela	06/03/2006	11:21
P47 Guardería Elviña	06/03/2006	11:55
P48 IES Elviña	06/03/2006	11:46

<b>Zona. 17</b> Elviña	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
44	C.P. R. De la Sagra	<U		0,73%	1,07%
45	CEIP del Rosario	<U		0,73%	1,07%
46	Calle C.J. Cela	0,54	41,25	1,31%	1,93%
47	Guardería Elviña	0,67		1,62%	2,39%
48	IES Elviña	1,06		2,57%	3,79%

### 3.3.18.-Zona 18. Parque Eiris, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P49 Parque Eiris 1	05/03/2006	12:15
P50 Parque Eiris 2	05/03/2006	12:23
P51 Parking Asilo	05/03/2006	11:56

<b>Zona. 18</b> Parque Eiris	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
49	Parque Eiris 1	1,25		3,03 %	4,46 %
50	Parque Eiris 2	1,06	41,25	2,57%	3,79%
51	Parking Asilo	1,86		5,41%	6,64%

### 3.3.19.-Zona 19. Campus A Zapateira, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P52 Facultad Filología	20/02/2006	12:59
P53 Camino del Castro	20/02/2006	13:16

<b>Zona. 19</b> Campus A Zapateira	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)

52	Facultad de Filología	1,04	41,25	2,52 %	3,71 %
53	Camino del Castro	1,51		3,66%	5,39%

### 3.3.20.-Zona 20. Colegios Peñarredonda- Franciscanas, Medida de Exposición

	Fecha	Hora
P54 Peñarredonda	05/03/2006	11:14
P55 C/ Ginebra	05/03/2006	11:28
P56 Franciscanas	04/04/2006	12:05

Zona. 20 Colegios Peñarredonda Franciscanas	Punto de medida	Valor medido Campo eléctrico E (V/m)	Nivel de referencia a 900 MHz E (V/m)	Porcentaje sobre nivel de referencia 900 MHz (%)	Porcentaje sobre nivel más restrictivo 28 V/m (%)
54	Col. Peñarredonda	1,57		3,80 %	5,61 %
55	C. Ginebra	2,50	41,25	6,06%	8,93%
56 (medida)	Franciscanas*	12,43*		30,13%	44,39%

\* La medida en las Franciscanas fue analizada posteriormente mediante analizador de espectro con tratamiento diferenciado de los diferentes emisores. Detectándose que la mayor contribución procedía de una emisora de AM a 1080 KHz, por lo que la medida real afectado por el factor de corrección no era 12,43 V/m sino 17 V/m

## 4.-Caracterización específica mediante medidas con analizador de espectros.

### 4.1.-Elección de ubicaciones.

A partir del estudio de los datos obtenidos de las medidas en banda ancha se seleccionaron los siguientes puntos para la realización de un estudio en banda estrecha que permitiera la identificación de los diferentes focos y emisiones.

Con estos criterios se han seleccionado los siguientes puntos de medida.

Medida 1. Torre de Hércules. Rosa de los Vientos. Zona alejada de estaciones base de telefonía celular.

Medida 2. Parque de Eiris. Zona con varias estaciones base de telefonía celular visibles (Calle Oleoducto) y al mismo tiempo con visión directa a los centros emisores de La Bailadora y Peña Moa

Medida 3. Peñarredonda. Colegio con estación de telefonía celular dentro del recinto

Medida 4. Plaza del Obelisco. Centro urbano con gran concentración de oficinas.

Medida 5. Colegio de las Franciscanas. Zona con antenas de radiodifusión muy cercanas.

Medida 6. Orillamar. Centro urbano de calles estrechas y estaciones de telefonía celular cercanas.

## 4.2.-Equipamiento y procedimiento.

### 4.2.1.- Equipamiento.

Las medidas se realizan utilizando:

Analizador de espectro marca Anritsu  
Antena biconica  
Antena loop

Sus especificaciones se incluyen en el anexo correspondiente. Para ambas antenas se conoce los correspondientes factores de antena (FA) para cada frecuencia. La conexión entre las antenas y el analizador se realiza mediante cables debidamente calibrados.

Otro material utilizado ha sido, *trípode* no metálico para soporte de antenas, *GPS* para determinación geográfica del emplazamiento tanto en latitud, longitud como en altitud y *cámara fotográfica digital*.

### 4.2.2.-Procedimiento.

Procedimiento de realización de medidas:

1. Definición de una hoja de campo (ver anexo), con la dirección del emplazamiento y los datos a obtener durante el proceso de medida.
2. Preparación del analizador, mediante una definición de bandas de estudio predefinidas. Para cada una de las bandas y en función de las emisiones esperadas se definen los diferentes parámetros del analizador, (Ancho de la banda, RBW, número muestras tomadas por medida, etc). Otros parámetros del analizador como el nivel de referencia se eligen en cada emplazamiento y cada medida según los niveles de señal existentes
3. Preparación en el emplazamiento del sistema de medida con la colocación de las antenas sobre un trípode no metálico y buscando minimizar en la medida las influencias del entorno.
4. Realización de las medidas, mediante la antena loop en dos ejes perpendiculares. Esta antena cubre la detección de las señales en el rango 50 KHz. a 30 MHz
5. Realización de las medidas mediante la antena biconica. Esta antena cubre la detección de las señales en el rango 80 MHz. a 2500 MHz

El sistema de medida de la antena biconica permite realizar tres medidas ortogonales entre sí, de tal forma que mediante la composición de esas tres medidas se puede obtener el campo eléctrico total.

6. En cada emplazamiento, se tomas fotos con los emisores cercanos identificados visualmente, para una mejor evaluación de los resultados, (ver anexo).

#### 4.2.3.-Caracterización del espectro en bandas de frecuencias.

El espectro radioeléctrico se ha dividido en bandas para evaluar la contribución de cada una de ellas al campo total, en función de los diferentes servicios de radiocomunicación soportados. Para ello se han analizado las emisiones, frecuencias y servicios presentes en Madrid y sus alrededores, teniendo además presente el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)

Las bandas de frecuencias y sus servicios asociados que han sido configuradas en la memoria interna del analizador son las siguientes:

*Tabla 1. Asignación de bandas de estudio*

<b>Banda</b>	<b>Frec. Inicio (MHz)</b>	<b>Frec. Fin (MHz)</b>	<b>Servicio</b>
AM	0,526	1,606	Emisoras de Radio Onda Media
FM	87,50	108,00	Emisoras de Radio Frecuencia Modulada
DAB	195,00	223,00	Emisoras de Radio Digital (DAB)
TV	465,25	865,25	Emisoras de Radiotelevisión
GSM	885,00	965,00	Telefonía móvil celular GSM (900MHz)
DCS	1710,00	1880,00	Telefonía móvil celular DCS (1800MHz)
UMTS	1920,00	2170,00	Servicios móviles celulares UMTS
RESTO	108,50 225,00	194,50 465,00	Otras Bandas y Servicios (Sistemas de Seguridad, Protección civil, Sistema Tetra y Tretapol...)

Nota: debe indicarse que las frecuencias de inicio y fin para alguno de los servicios están ligeramente modificados con el objeto de identificar y registrar de manera más precisas las emisiones. La pequeña ampliación de dichas bandas no afecta al resultado obtenido debido a la inexistencia de emisiones en las citadas frecuencias.

Lo anterior es de aplicación para los siguientes servicios:

Banda real telefonía celular GSM: 890-960 MHz

Banda real Radiotelevisión (Bandas IV y V): 470-862 MHz

## 4.3.-Gestión de la información

### 4.3.1.-Almacenamiento de la información

Las medidas de cada uno de los emplazamientos se han descargado mediante un software específico del analizador y son almacenadas en una base de datos diseñada específicamente para su tratamiento y análisis posterior.

### 4.3.2.-Tratamiento y análisis

Para cada uno de los emplazamientos se han estudiado los siguientes valores:

- Campo eléctrico total
- Campo eléctrico producido por cada uno de los servicios siguientes:

Radio AM (0,526 – 1,606 MHz)

Radio FM (87,5 – 108 MHz)

Radio digital DAB (195 – 223 MHz)

Televisión (470 – 862 MHz)

Telefonía celular GSM (890 - 960 MHz)

Telefonía celular DCS (1710 - 1880 MHz)

Telefonía celular UMTS (1920 – 2170)

Otros servicios (Protección Civil, Sistema Tetra, etc)

- En el caso de la Telefonía móvil se presenta tanto los datos de bandas por separado (GSM, DCS y UMTS) como la contribución total de ellas (TMC).
- Distribución porcentual del campo eléctrico E(V/m), de cada banda respecto al total
- Contribución ponderada de cada una de las bandas sobre su límite verificando el cumplimiento de los niveles establecidos en el Real Decreto 1066/2001 en condiciones de exposición a fuentes con múltiples frecuencias en relación con las circunstancias de efecto térmico.

Tabla 2. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama De frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	-----	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4000/f$	$5000/f$	
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	$0,73/f$	0,092	2
400 – 2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$f/200$
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Unidades f según se indica en la columna de gama de frecuencia.

La expresión que calcula la suma de las contribuciones ponderadas de cada emisión frente a su límite establecido y que por tanto garantiza el cumplimiento de los niveles de referencia de acuerdo con Real Decreto es:

$$\sum (E_i / E_{li})^2 < 1$$

siendo:

$E_i$  : intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i

$E_{li}$  : intensidad límite de campo eléctrico a la frecuencia i

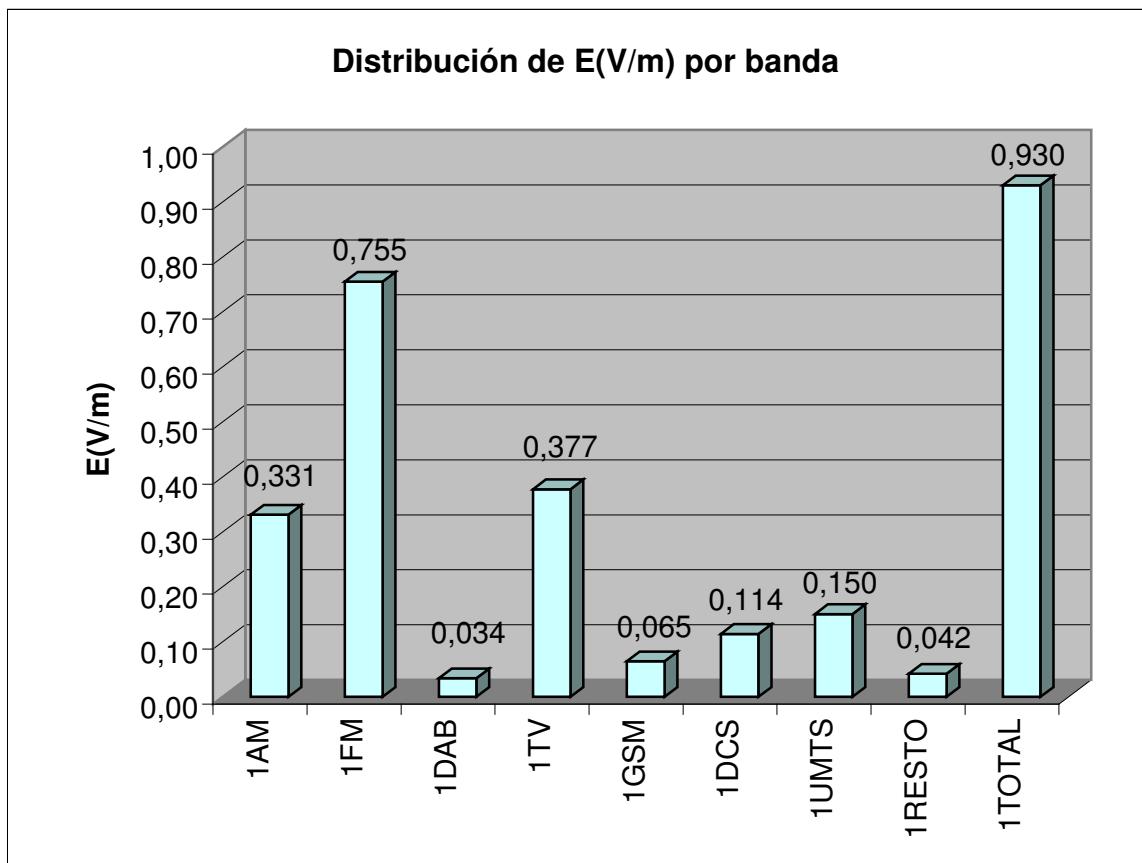
## 5.-Análisis de los resultados obtenidos

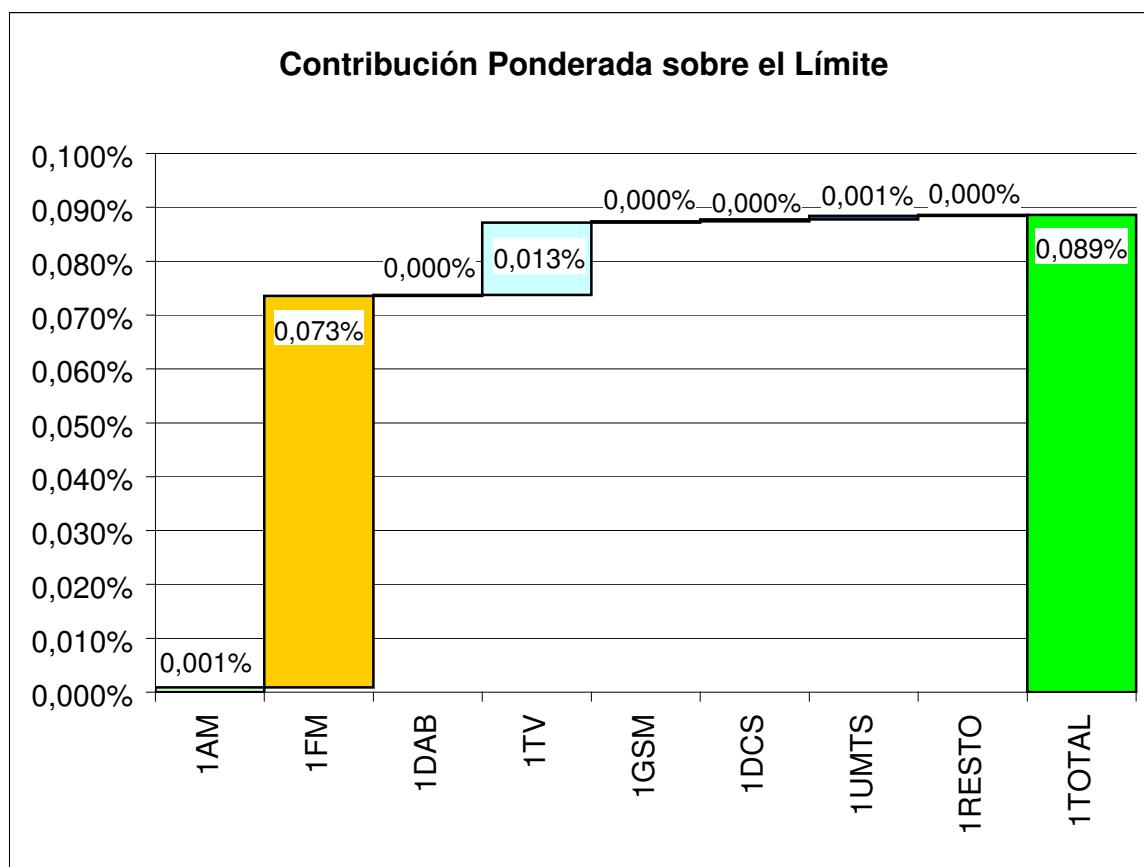
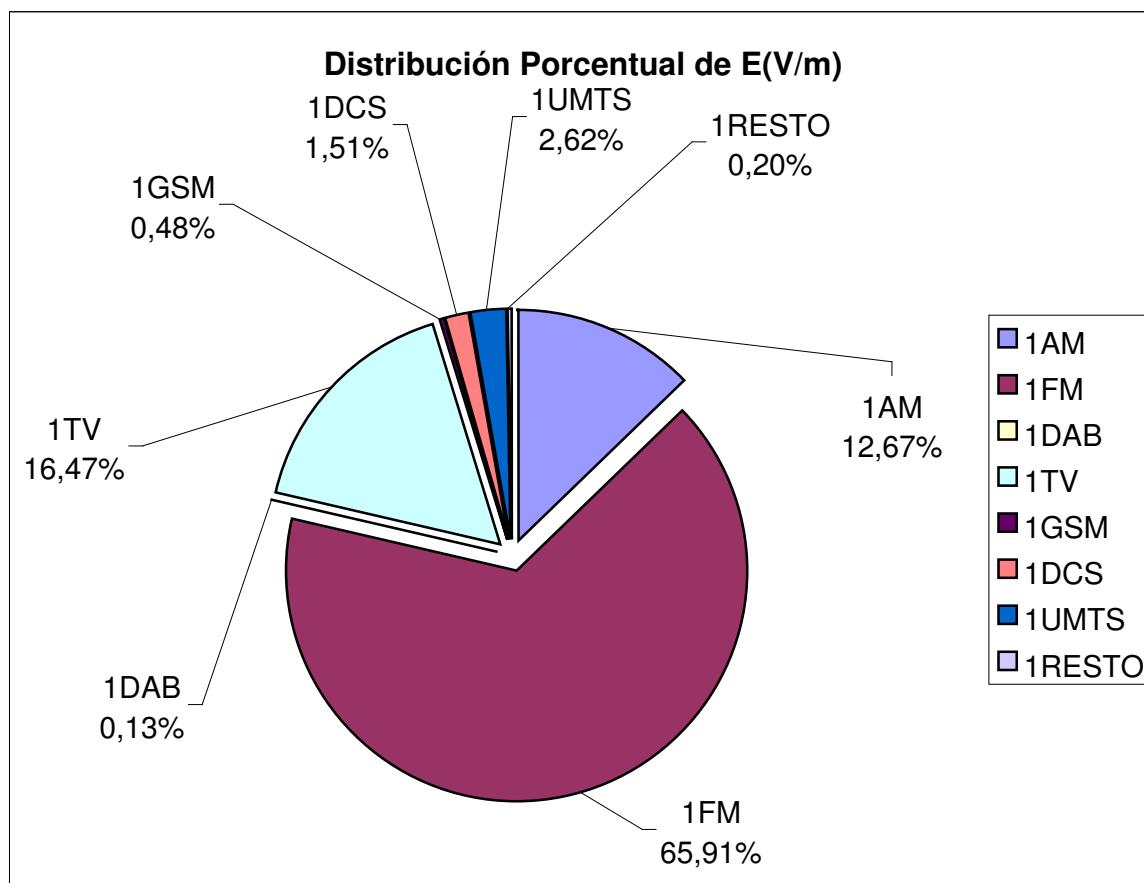
### 5.1.-Medida 1. Torre de Hércules. Rosa de los Vientos

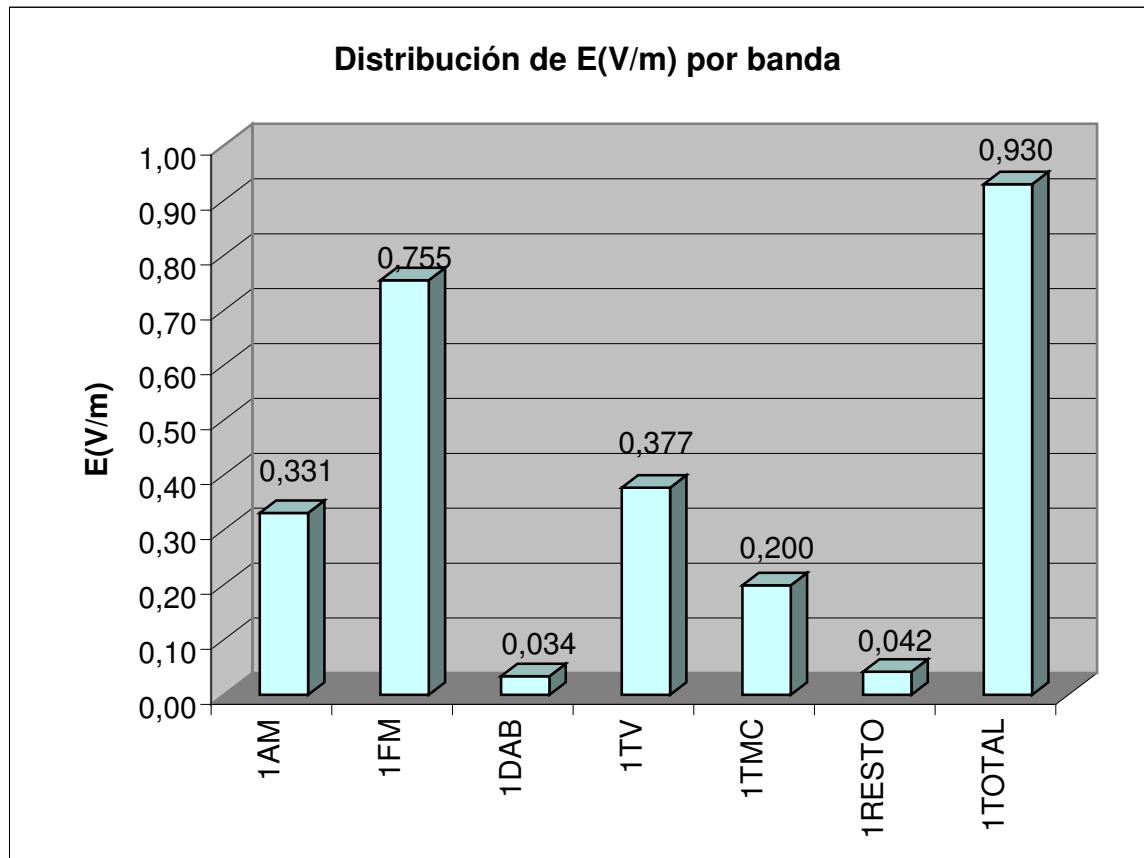
#### 5.1.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
1AM	0,331	0,001%	12,672%
1FM	0,755	0,073%	65,907%
1DAB	0,034	0,000%	0,131%
1TV	0,377	0,013%	16,472%
1GSM	0,065	0,000%	0,483%
1DCS	0,114	0,000%	1,514%
1UMTS	0,150	0,001%	2,617%
1RESTO	0,042	0,000%	0,202%
<b>1TOTAL</b>	<b>0,930</b>	<b>0,089%</b>	<b>100,000%</b>

#### 5.1.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

#### 5.1.3.-Emisiones más significativas

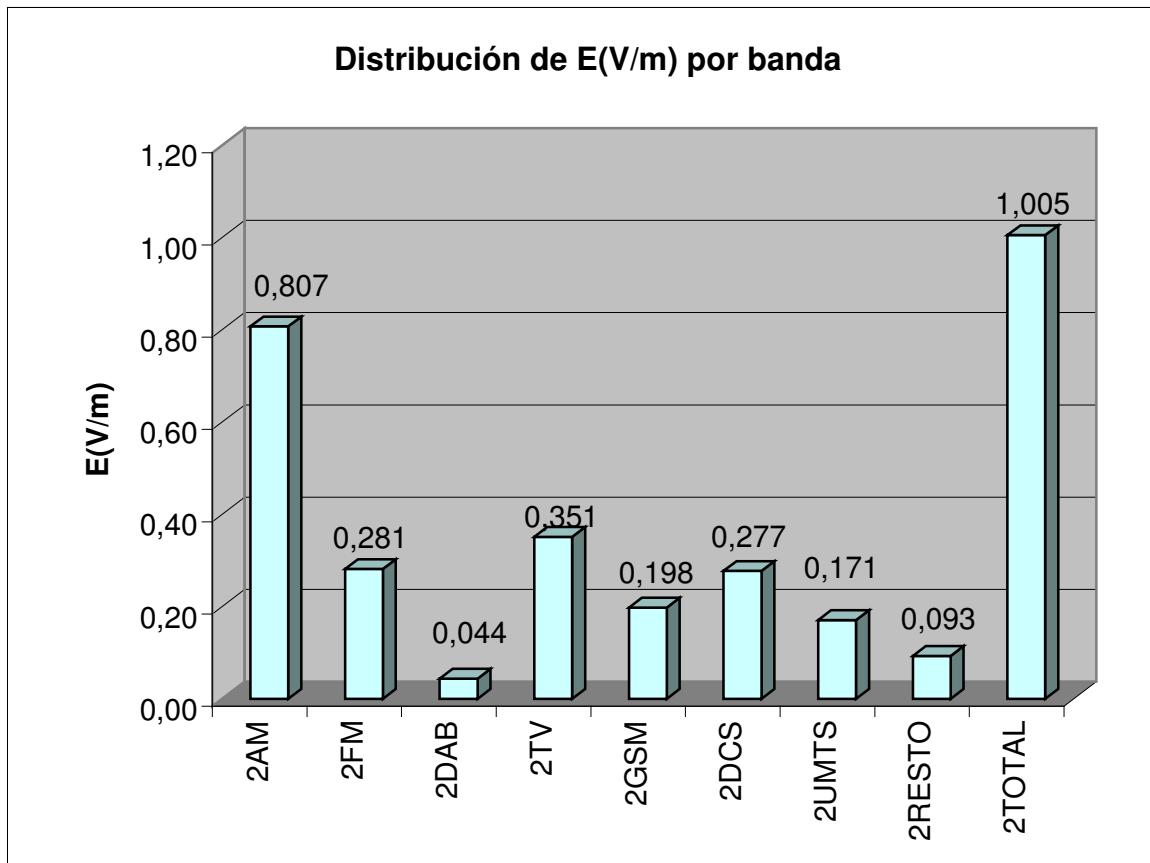
Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada (%)
1FM	92,6	0,310	0,0122%
1FM	102,7	0,224	0,0064%
1FM	96,9	0,211	0,0057%
1FM	97,6	0,204	0,0053%
1FM	104,8	0,204	0,0053%

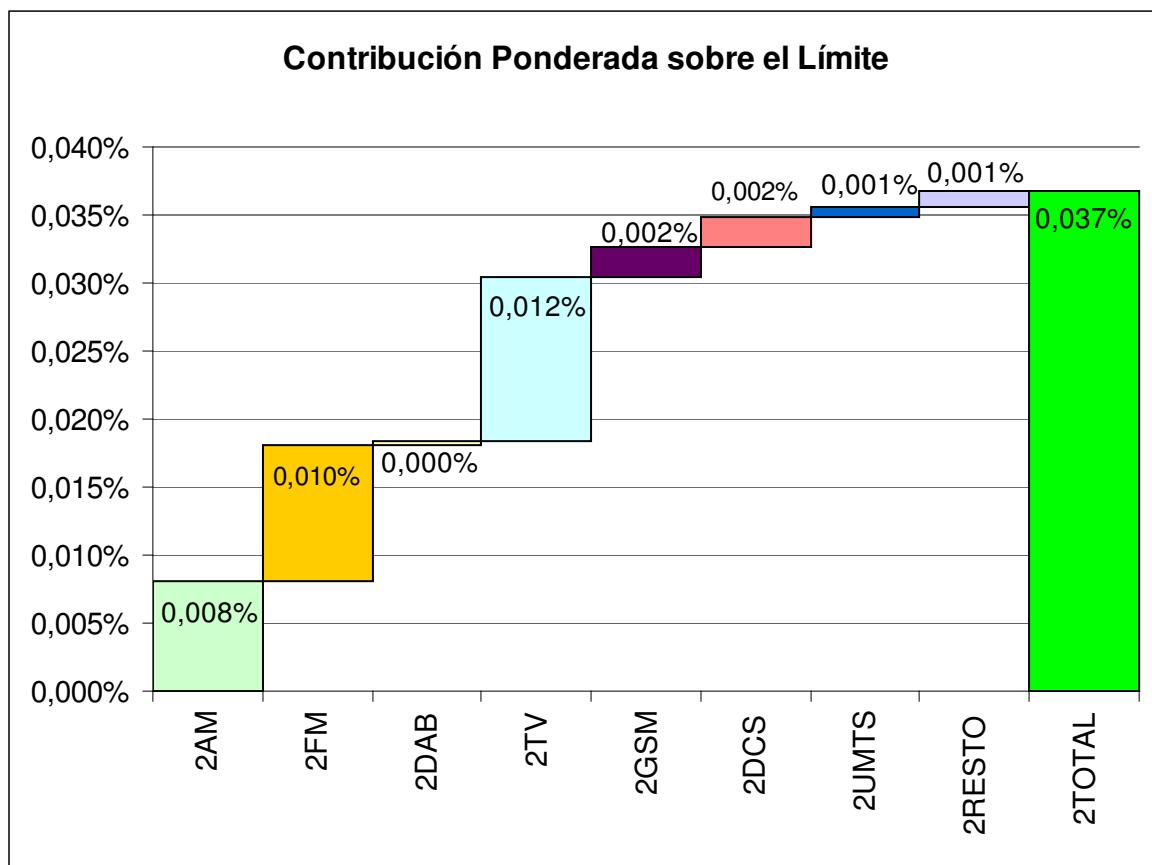
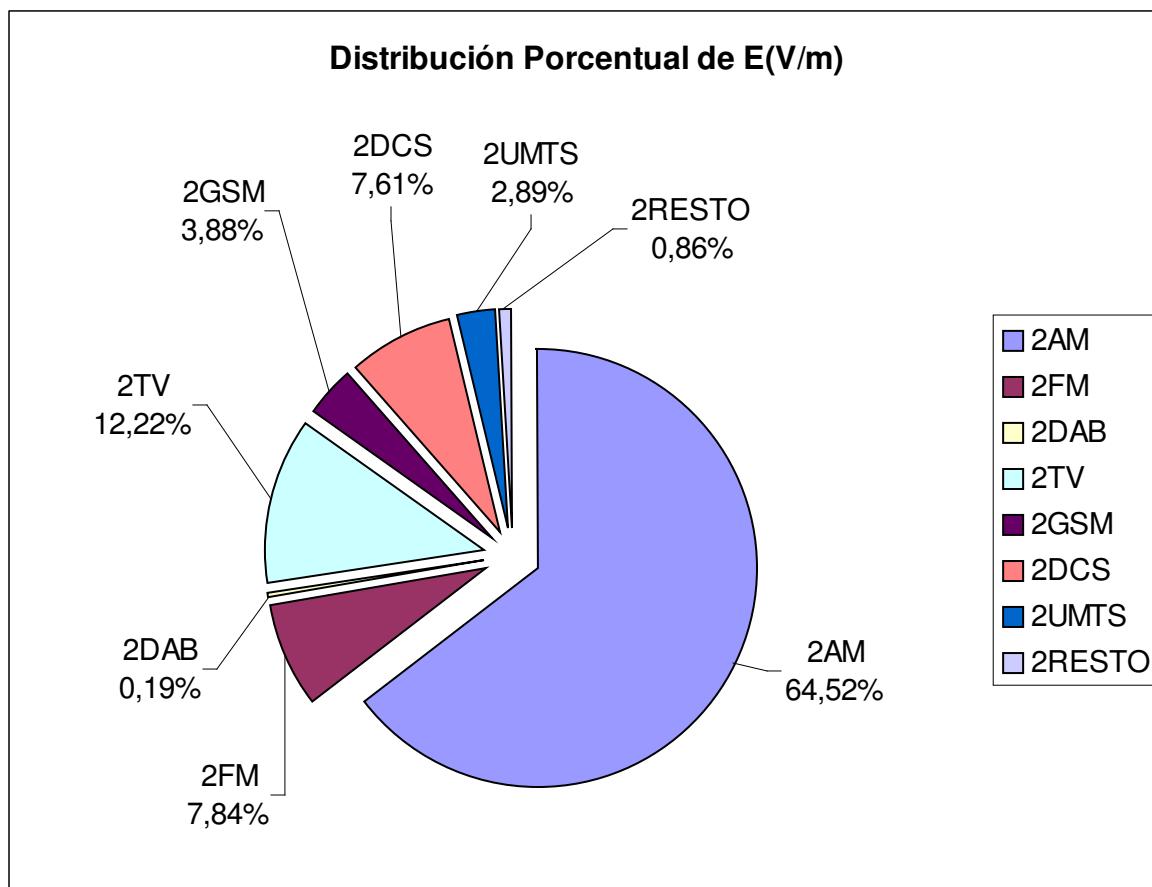
## 5.2.-Medida 2. Parque de Eiris

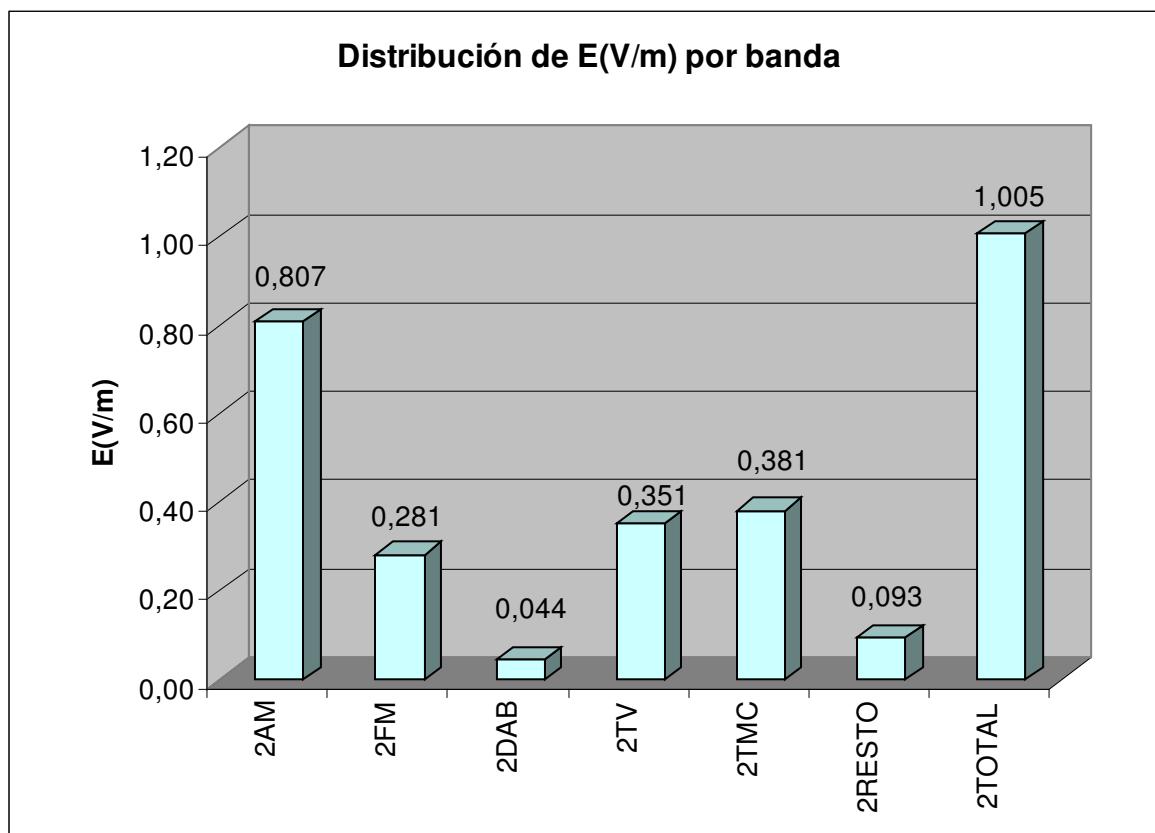
### 5.2.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
2AM	0,807	0,008%	64,521%
2FM	0,281	0,010%	7,837%
2DAB	0,044	0,000%	0,190%
2TV	0,351	0,012%	12,222%
2GSM	0,198	0,002%	3,875%
2DCS	0,277	0,002%	7,607%
2UMTS	0,171	0,001%	2,887%
2RESTO	0,093	0,001%	0,860%
<b>2TOTAL</b>	<b>1,005</b>	<b>0,037%</b>	<b>100,000%</b>

### 5.2.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

### 5.2.3.-Emisiones más significativas

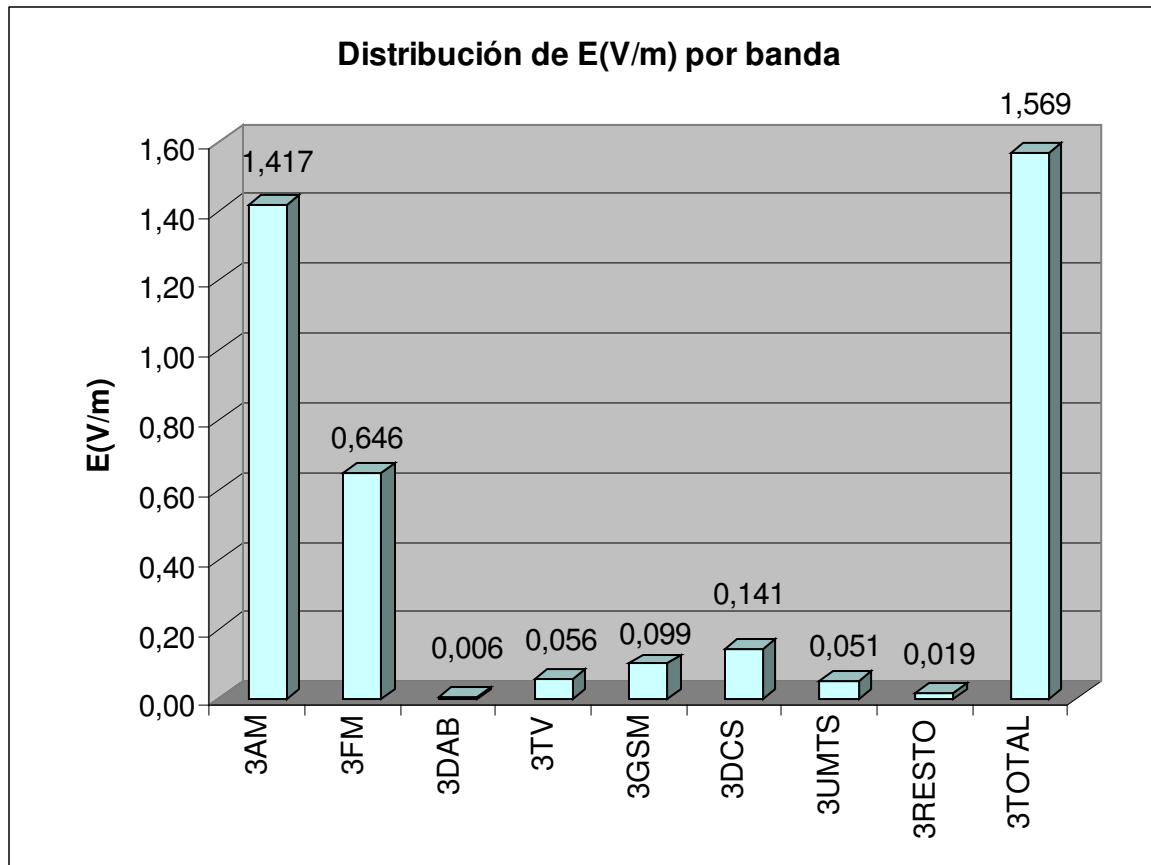
Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada
2AM	1.08	0,635	0,0058%
2TV	527.25 (Canal 28)	0,191	0,0037%
2FM	88,7	0,125	0,0020%
2TV	583.25 (Canal 35)	0,115	0,0012%
2TV	503.25 (Canal 25)	0,105	0,0012%

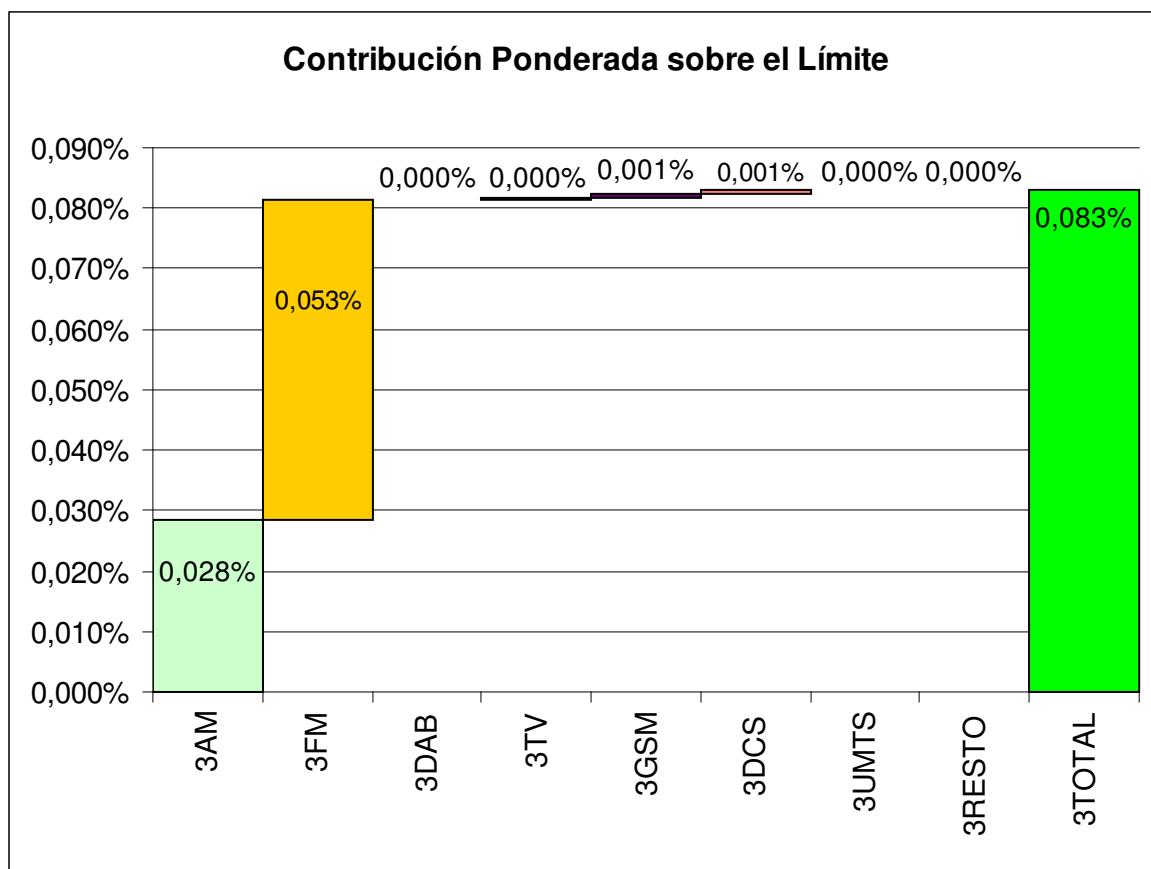
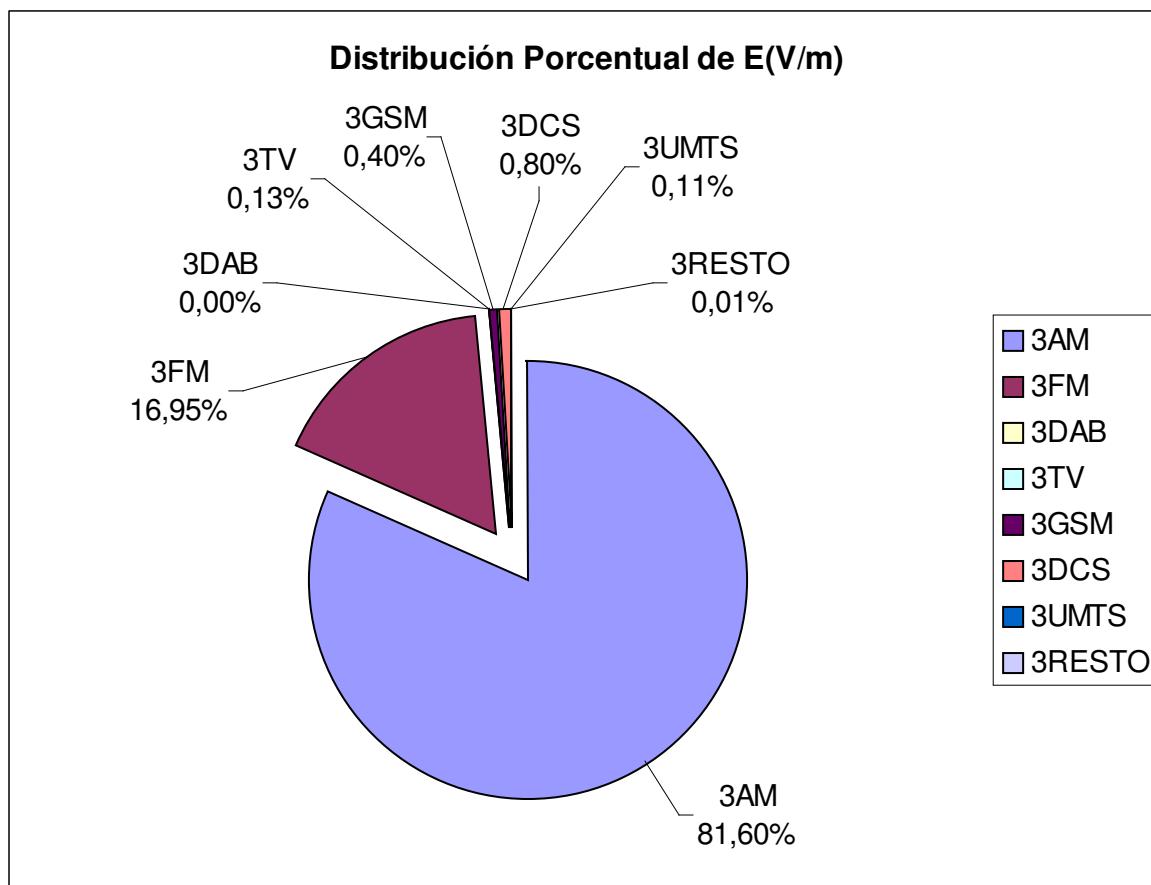
## 5.3.-Medida 3. Peñarredonda

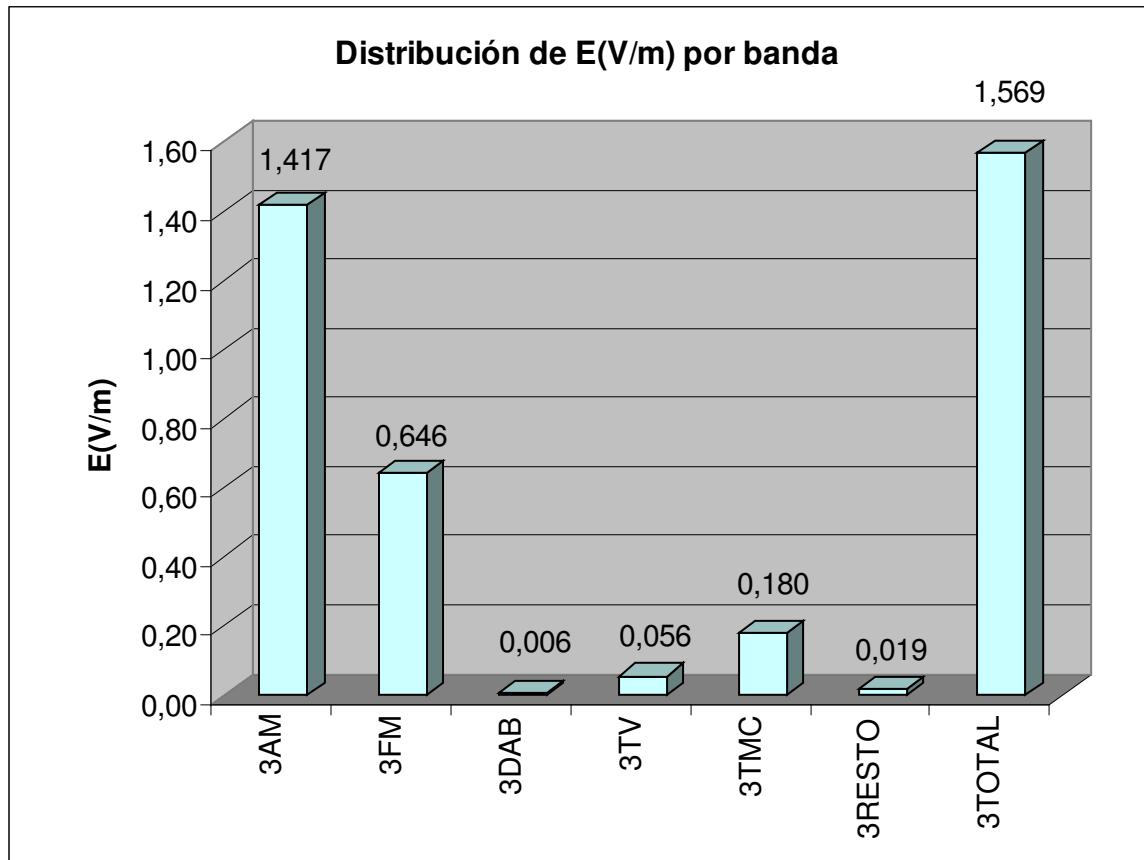
### 5.3.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
3AM	1,417	0,028%	81,598%
3FM	0,646	0,053%	16,946%
3DAB	0,006	0,000%	0,002%
3TV	0,056	0,000%	0,130%
3GSM	0,099	0,001%	0,402%
3DCS	0,141	0,001%	0,803%
3UMTS	0,051	0,000%	0,106%
3RESTO	0,019	0,000%	0,015%
<b>3TOTAL</b>	<b>1,569</b>	<b>0,083%</b>	<b>100,000%</b>

### 5.3.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

### 5.3.3.-Emisiones más significativas

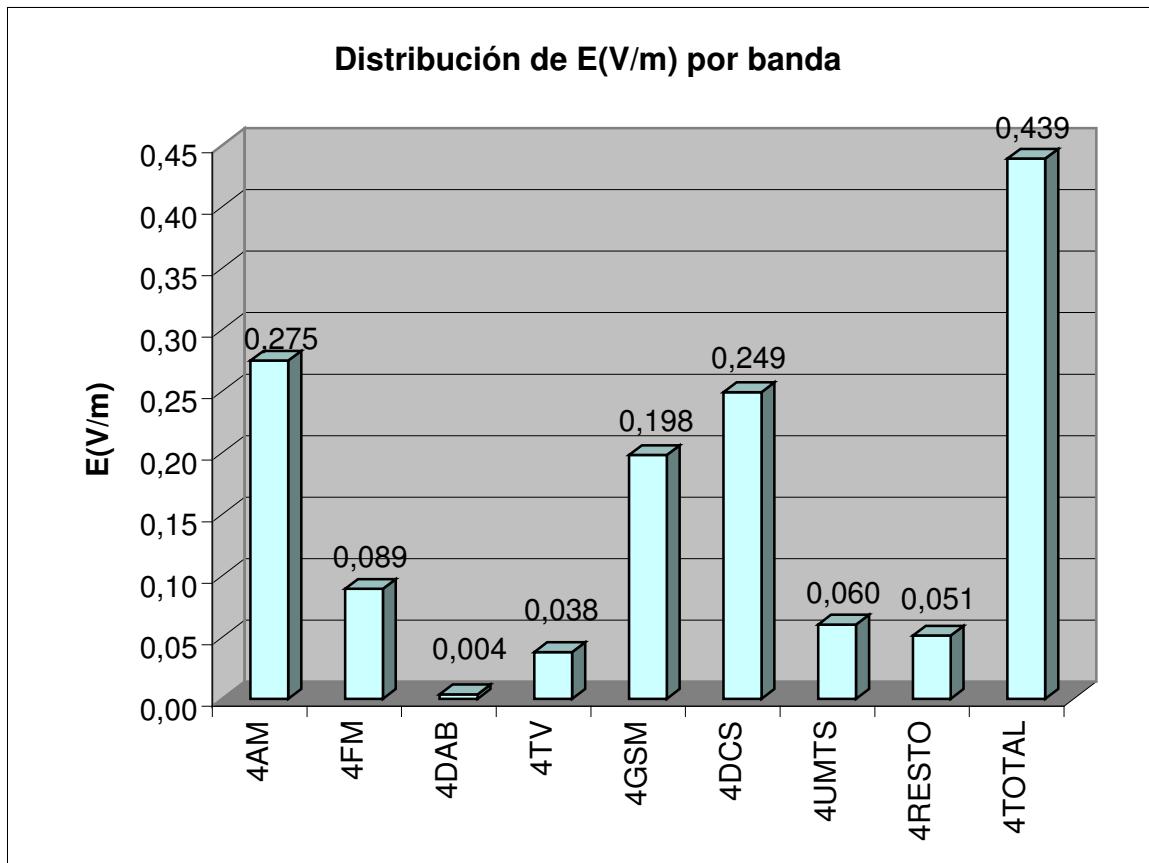
Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada
3AM	1.08	1,321	0,00025%
3FM	91.0	0,363	0,00017%
3FM	92.6	0,246	0,00008%
3FM	93.4	0,178	0,00004%
3FM	96.9	0,149	0,00003%

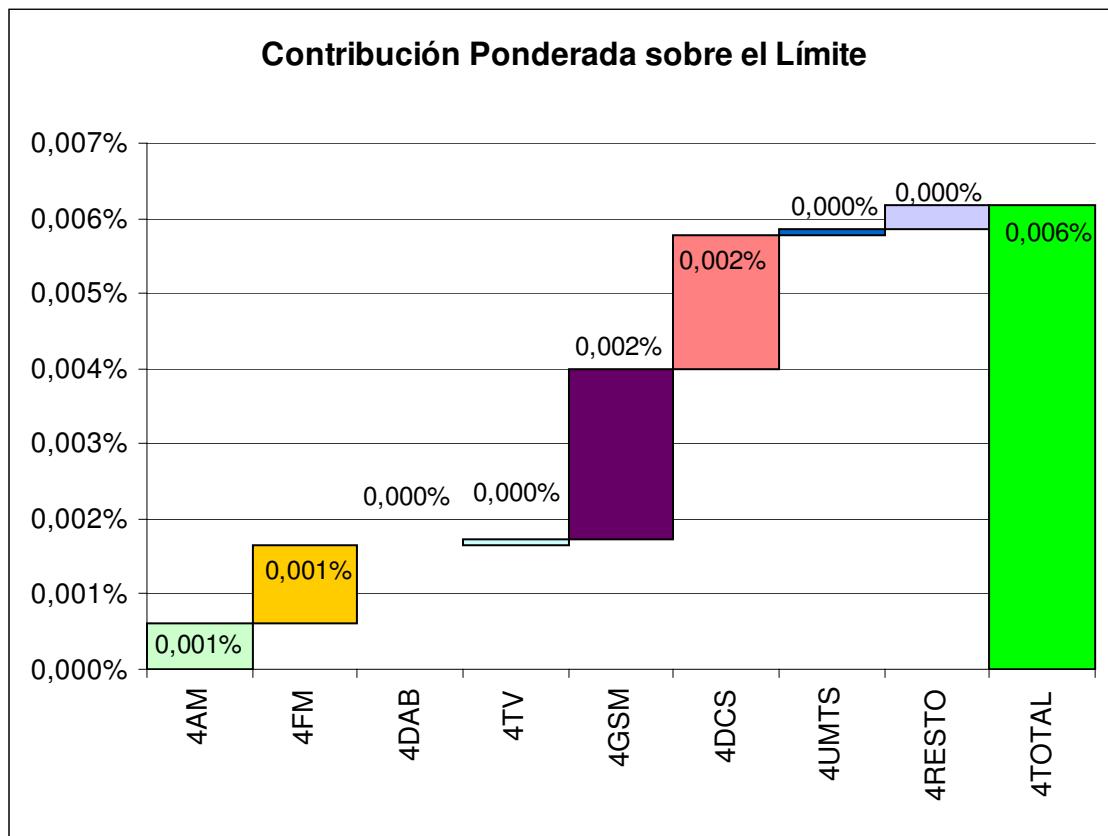
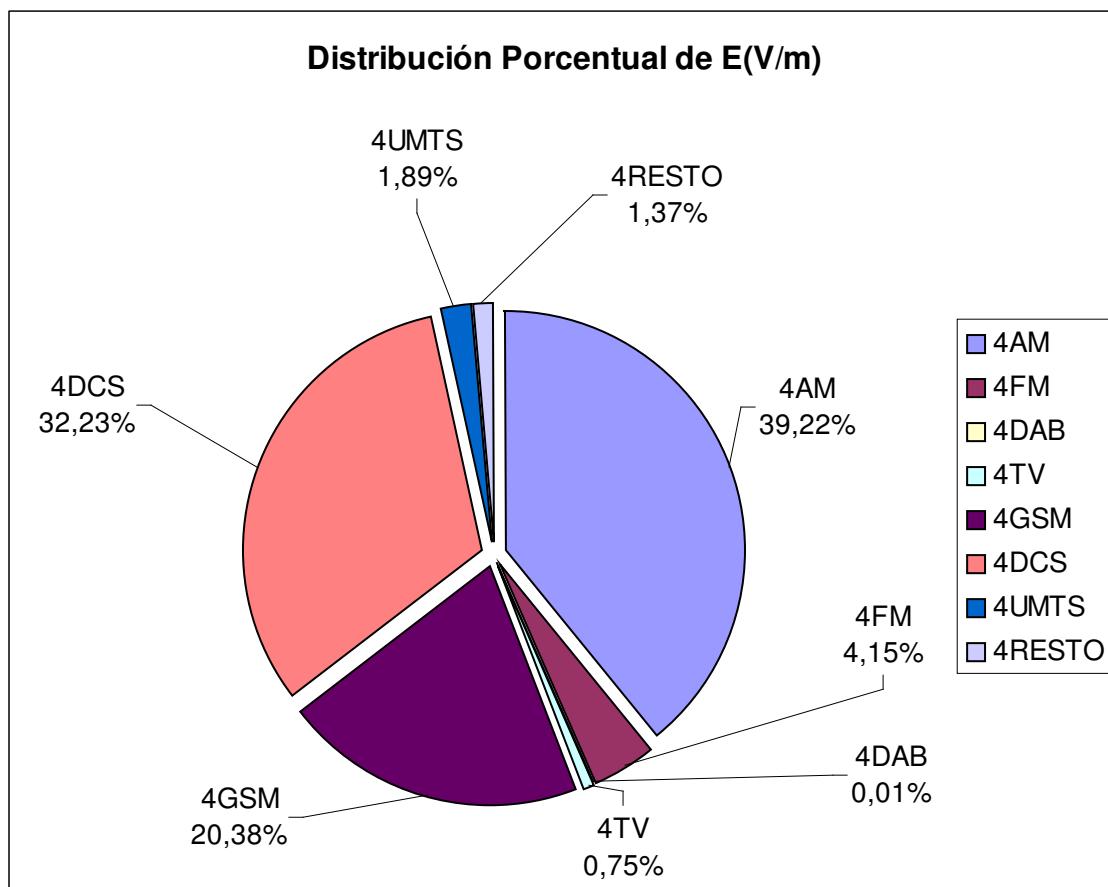
## 5.4.-Medida 4. Plaza del Obelisco

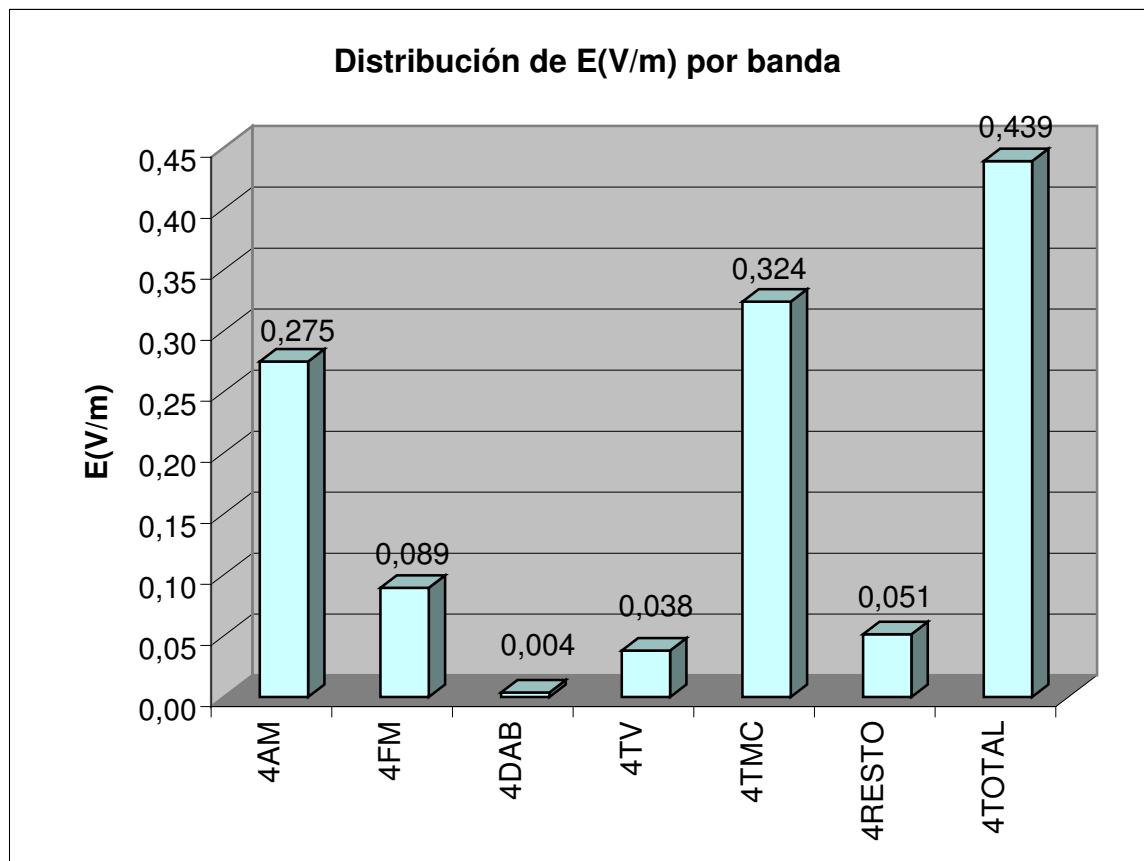
### 5.4.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
4AM	0,275	0,001%	39,220%
4FM	0,089	0,001%	4,147%
4DAB	0,004	0,000%	0,007%
4TV	0,038	0,000%	0,753%
4GSM	0,198	0,002%	20,376%
4DCS	0,249	0,002%	32,230%
4UMTS	0,060	0,000%	1,894%
4RESTO	0,051	0,000%	1,374%
<b>4TOTAL</b>	<b>0,439</b>	<b>0,006%</b>	<b>100,000%</b>

### 5.4.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

#### 5.4.3.-Emisiones más significativas

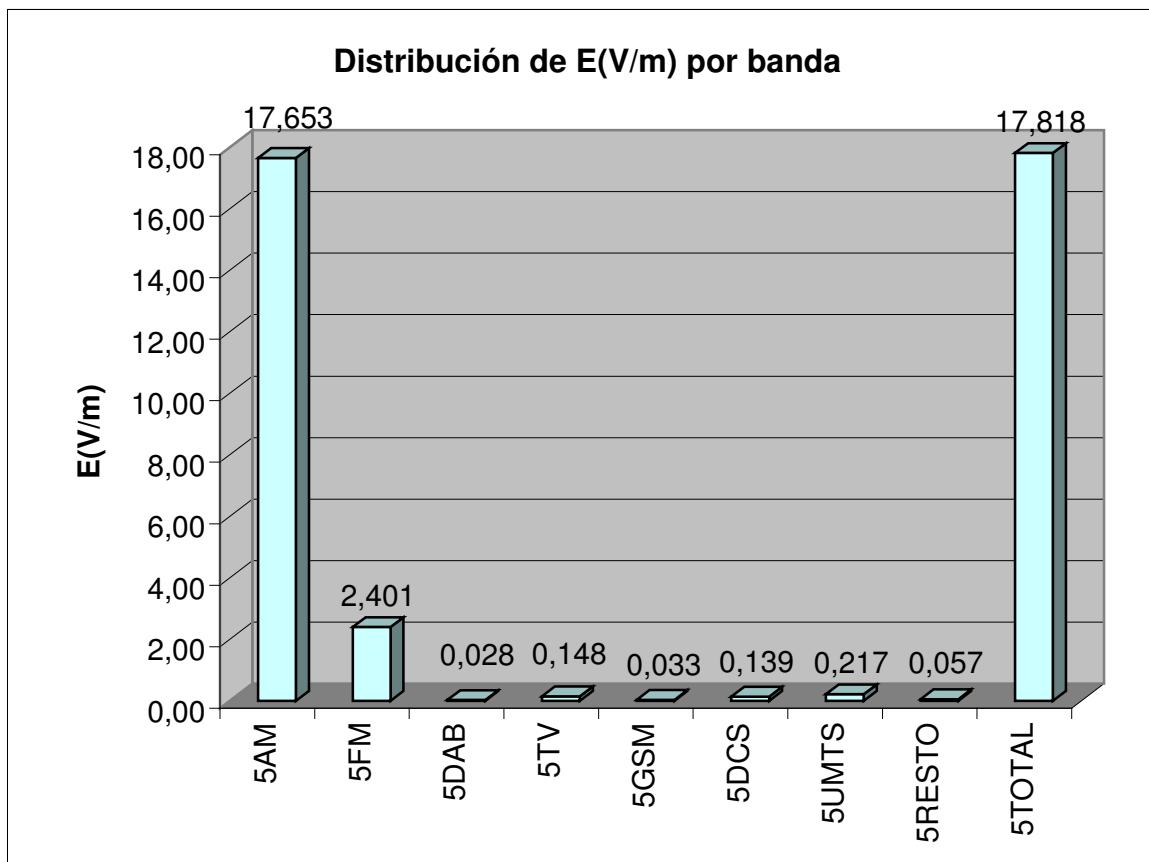
Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada
4GSM	925.4	0,085	0,00041%
4GSM	928.6	0,066	0,00025%
4GSM	925.2	0,057	0,00018%
4GSM	905.2	0,054	0,00017%
4DCS	1866.4	0,072	0,00015%

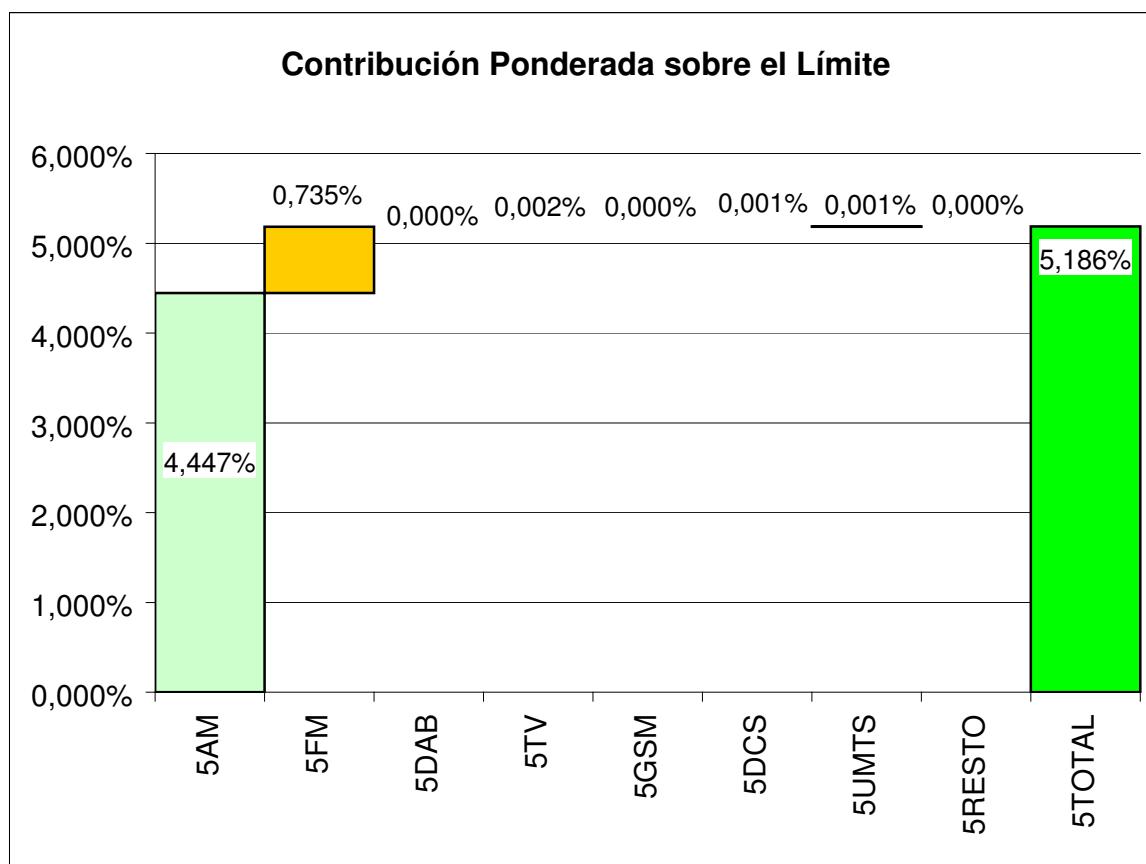
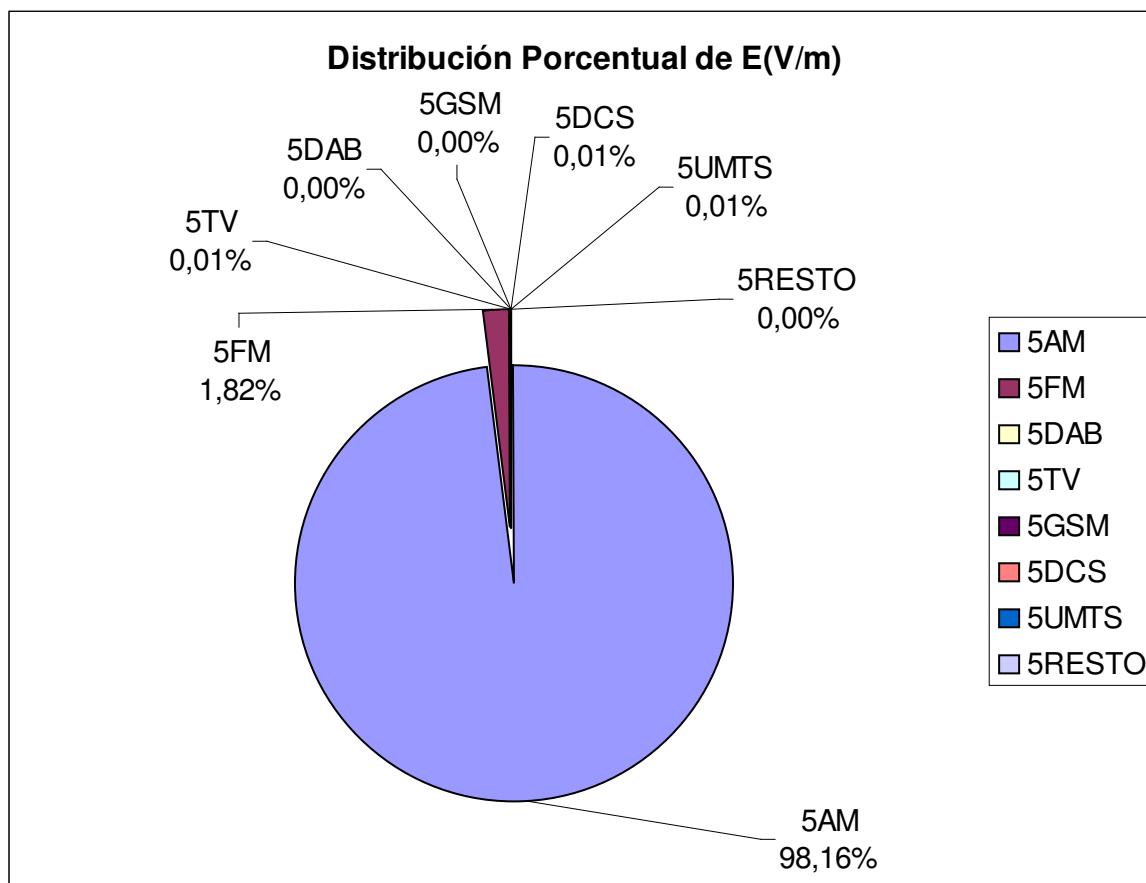
## 5.5.-Medida 5. Colegio Franciscanas

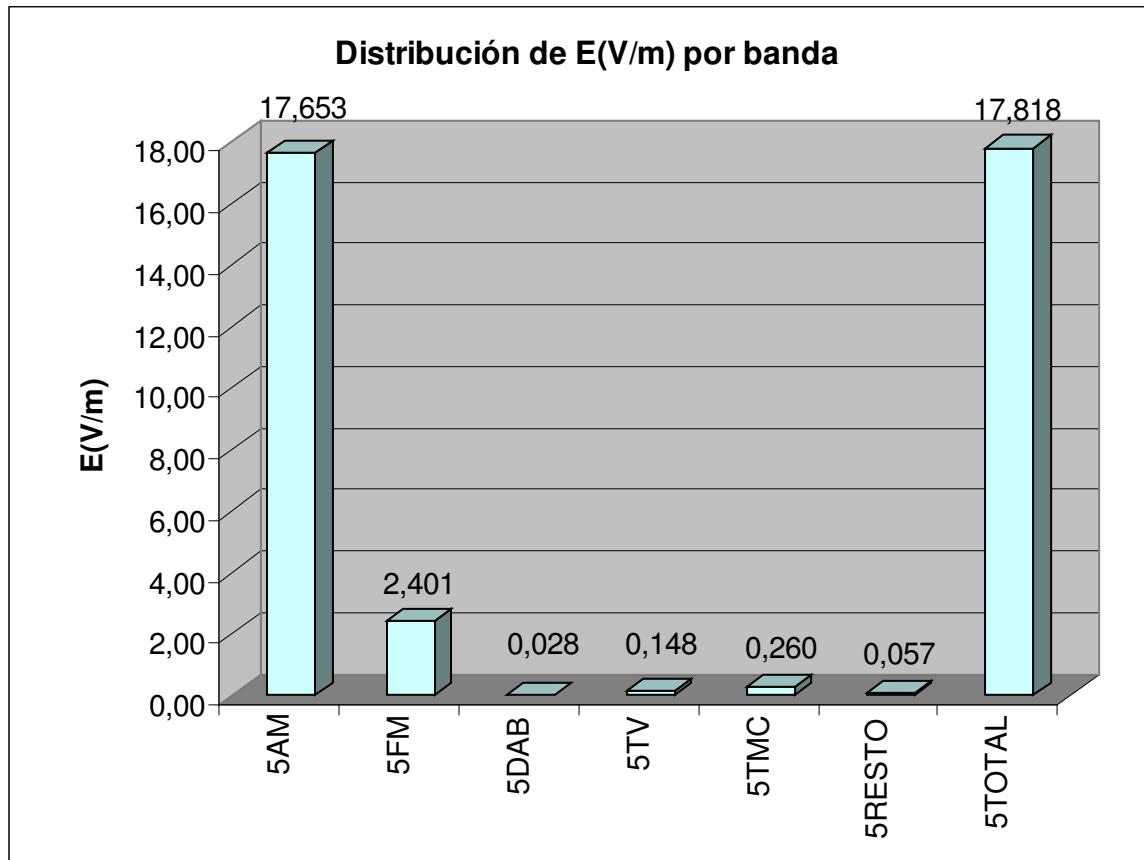
### 5.5.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
5AM	17,653	4,447%	98,155%
5FM	2,401	0,735%	1,815%
5DAB	0,028	0,000%	0,000%
5TV	0,148	0,002%	0,007%
5GSM	0,033	0,000%	0,000%
5DCS	0,139	0,001%	0,006%
5UMTS	0,217	0,001%	0,015%
5RESTO	0,057	0,000%	0,001%
<b>5TOTAL</b>	<b>17,818</b>	<b>5,186%</b>	<b>100,000%</b>

### 5.5.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

### 5.5.3.-Emisiones más significativas

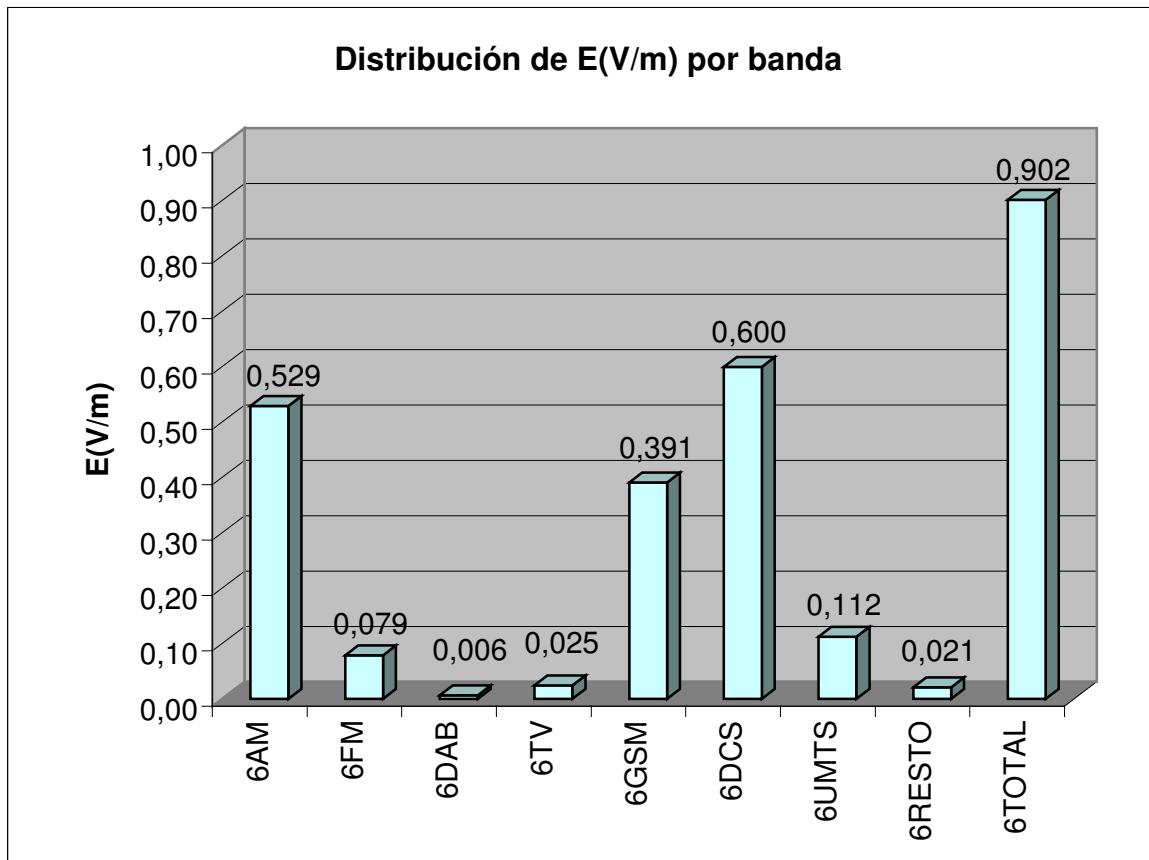
Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada
5AM	1.08	16,615	3,9387%
5FM	91.0	1,959	0,4895%
5FM	103.4	0,291	0,0108%
5FM	102.7	0,117	0,0018%
5FM	92.6	0,094	0,0011%

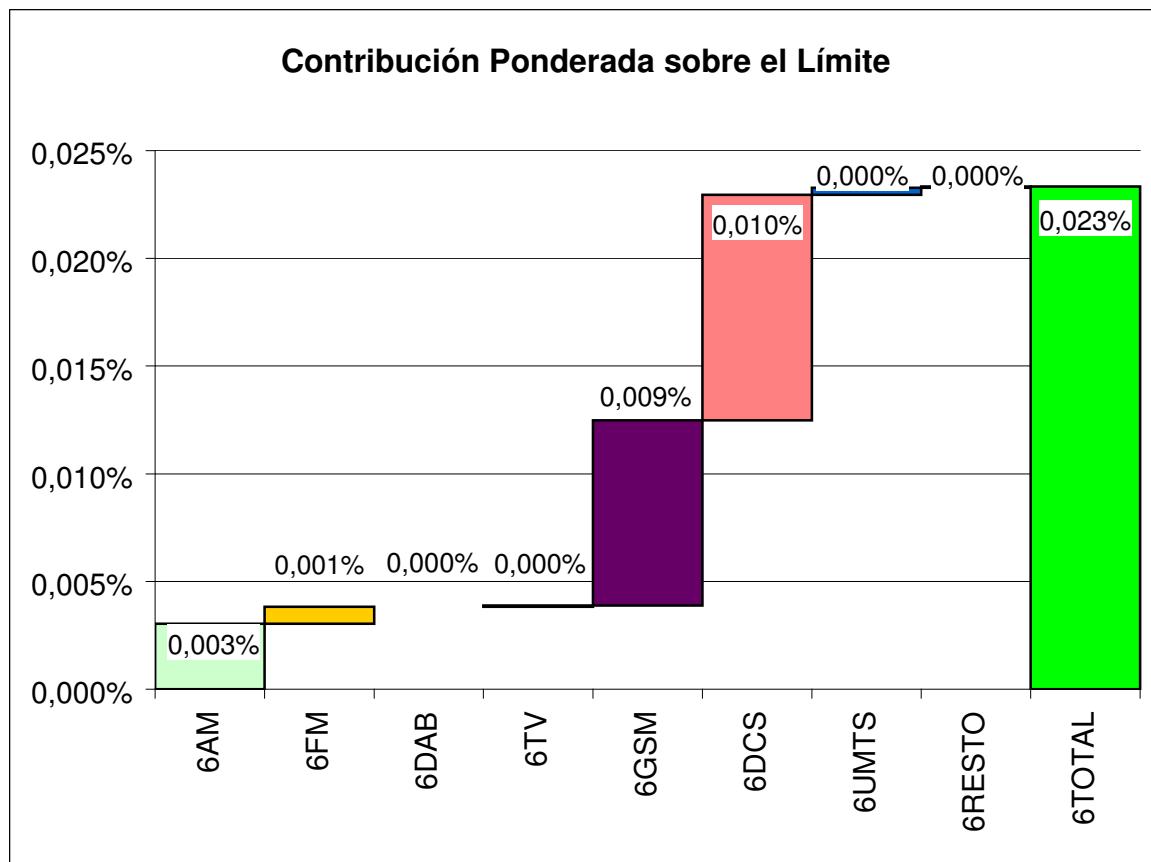
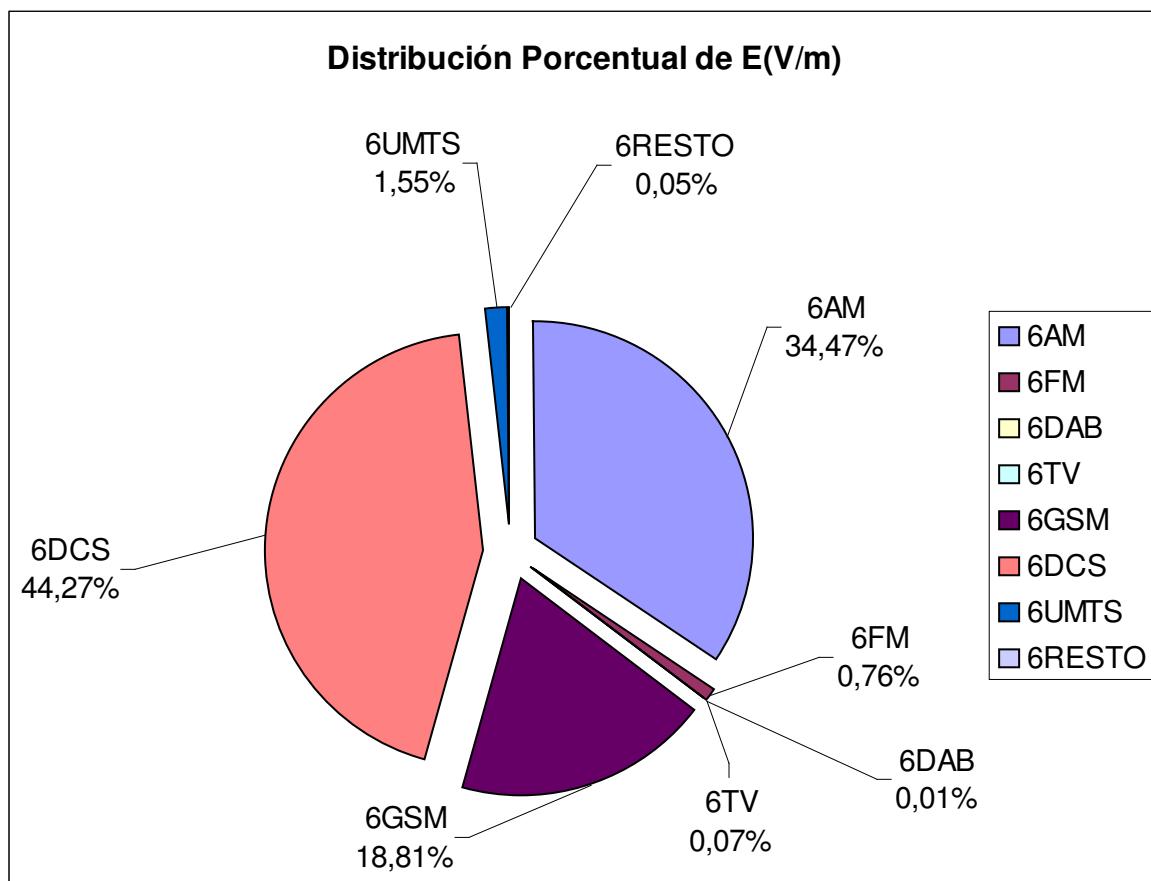
## 5.6.-Medida 6. Calle Orillamar

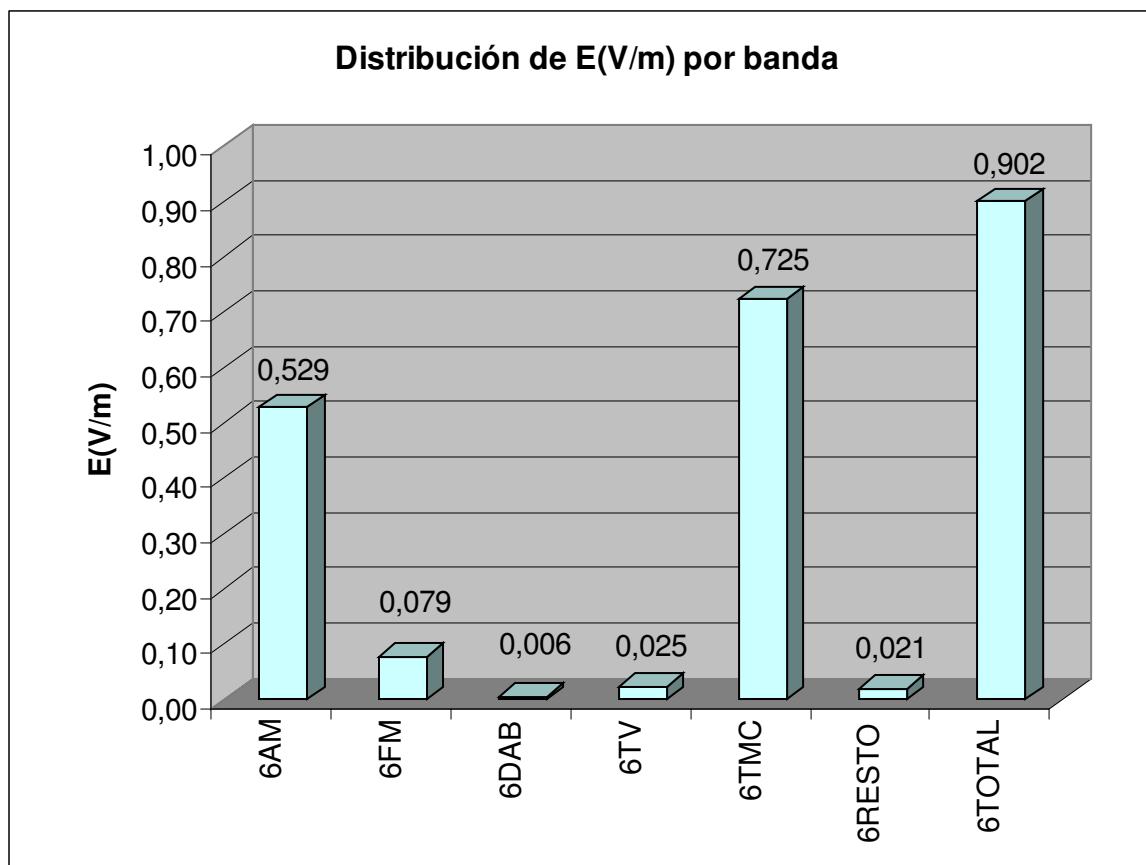
### 5.6.1.-Tabla de resultados

Punto / Banda	E (V/m)	Contribución ponderada (%)	Campo E / Etotal (%)
6AM	0,529	0,003%	34,466%
6FM	0,079	0,001%	0,762%
6DAB	0,006	0,000%	0,005%
6TV	0,025	0,000%	0,074%
6GSM	0,391	0,009%	18,809%
6DCS	0,600	0,010%	44,274%
6UMTS	0,112	0,000%	1,555%
6RESTO	0,021	0,000%	0,055%
<b>6TOTAL</b>	<b>0,902</b>	<b>0,023%</b>	<b>100,000%</b>

### 5.6.2.-Gráficos







Nota: La componente TMC corresponde a la contribución global de los operadores de telefonía celular en todas las bandas de operación.

#### 5.6.3.-Emisiones más significativas

Punto / Banda	Frecuencia (MHz)	E (V/m)	Contribución ponderada
6DCS	1818.2	0,403	0,0047%
6DCS	1818.0	0,282	0,0023%
6DCS	1818.4	0,268	0,0021%
6DCS	1818.8	0,236	0,0016%
6GSM	937.8	0,160	0,0014%

## 6.-Consideraciones finales y conclusiones del estudio realizado en banda estrecha

### 6.1.-Consideraciones finales.

La coordinación de los diferentes grupos de trabajo interdisciplinares, grupos de expertos en salud, legislación y consideraciones técnicas en el ámbito de las emisiones electromagnéticas ha permitido desarrollar un ámbito normativo bien definido. La bondad de dicho marco regulatorio, no es aspecto que deba abarcar este estudio.

La evaluación de los resultados obtenidos se realiza con referencia a los límites establecidos por el RD 1066/2001 debido al efecto térmico producido por campos electromagnéticos desde 100 KHz. hasta 300 Ghz.

Las fórmulas de cálculo descritas en el RD 1066/2001, presuponen las peores condiciones de fase entre los campos. En consecuencia, las situaciones típicas de exposición pueden dar lugar, en la práctica, a unos niveles de exposición menos restrictivos de lo que indican las fórmulas correspondientes a los niveles de referencia.

### 6.2.-Conclusiones

Del trabajo de campo realizado con la adquisición de numerosas medidas y del posterior análisis y estudio de los resultados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1.- En ninguna de las ubicaciones estudiadas se alcanza el 5,5% del límite establecido (RD 1066/2001) para exposiciones a emisiones radioeléctricas del dominio público, considerando el efecto simultáneo de campos producidos por diversas fuentes. (Nótese que la relación se realiza con los cuadrados de los campos medidos)

2.- El valor máximo se obtuvo en el emplazamiento de la *Medida 5* realizada en el Colegio de las Franciscanas, con un valor de Contribución Ponderada sobre el Límite de 5,18%. Esta medida está fuertemente afectada por la cercanía de dos emisoras de radio, una de onda media y otra de frecuencia modulada, responsables del 99.9% del campo eléctrico total [E(v/m)].

3.- El valor mínimo se obtuvo en el emplazamiento de la *Medida 4*, realizada en la Plaza del Obelisco, con un valor de Contribución Ponderada sobre el Límite de 0,006%. (16.000 veces inferior al límite establecido). En esta medida la contribución de las emisiones de telefonía celular es mayoritaria, aspecto esperado por su situación de medida urbana en entorno de fuerte actividad de servicios

4.- En cuatro de los seis emplazamientos (Torre de Hércules, Parque Eiris, Peñaredonda y Parque de las Franciscanas) la suma de las contribuciones ponderadas debidas a los servicios de radiodifusión (AM, FM, DAB y TV) son

mayoritarias.

5.- En los otros dos casos (Plaza del Obelisco y Calle Orillamar), la contribución de los operadores de telefonía celular es mayoritaria frente a los servicios de difusión de radio y televisión.

6.- Los despliegues con estaciones base de menor potencia uniformemente distribuidas producen unos niveles de emisión sensiblemente menores que las redes basadas en un número reducido de centros emisores de gran potencia.

Este concepto se manifiesta claramente en los niveles de campo E (V/m) producidos por los servicios de radiodifusión con centros emisores de gran cobertura (antenas emisoras de AM, FM y TV)

## 7.-Red de monitorización en continuo.

### 7.1.- Breve descripción de una red de monitorización en continuo.

Los sistemas de monitorización de emisiones electromagnéticas en continuo son sistemas software y hardware ya comercializados por algunas marcas de instrumentación.

Los sistemas se componen de:

1.- Sistema de gestión y procesamiento de la información, constituido por un equipo (PC) y una aplicación propietaria de tratamiento de los datos obtenidos por los equipos y sondas elegidas.

2.- Elementos de medidas portátiles, sistemas compuestos por equipos de medida y sondas de banda ancha programables en cuanto a la adquisición de datos y energéticamente autónomos, generalmente mediante pequeños paneles solares y su correspondiente batería de acumulación. Con esta estructura el sistema está aislado de interferencias electromagnéticas de la posible red de alimentación eléctrica.

3.- Sistema de almacenamiento de datos. El equipo de medida, previamente programado, realiza una medida de campo eléctrico  $E(V/m)$  de forma y a intervalos fijados por el usuario y posteriormente guarda el resultado en su memoria de almacenamiento.

4.- Sistema de trasferencia de datos. El sistema cuenta con una equipo de comunicación GSM que permite transferir la información almacenada vía GSM al equipo de gestión central, para su posterior almacenamiento y procesamiento.

Actualmente ya existen sistemas comerciales que realizan dicha función, incluso en alguno municipios e ha integrado la información procesada en entornos web para su consulta de los datos por los ciudadanos a través de Internet.

### 7.2.- Consideraciones sobre la red de monitorización.

- La red de monitorización en continuo es un sistema de adquisición de datos mediante medidas en banda ancha.
- La medida obtenida no permite discernir la frecuencia de las fuentes emisoras.
- La respuesta en frecuencia de las sondas de banda ancha no es plana.
- Existe, por tanto, una incertidumbre en la medida debido al desconocimiento de la ponderación aplicable en función de la frecuencia de las emisiones.

- Los datos obtenidos por el sistema de monitorización deben considerarse siempre respecto a las condiciones más restrictivas tanto de niveles permitidos como de respuesta de la sonda
- A partir de las apreciaciones anteriores, los datos obtenidos a través una red de monitorización en continuo mediante sondas de banda ancha, aportan información del cumplimiento de la normativa actual.

### 7.3.-Selección de ubicaciones de la futura red de monitorización.

Este estudio presenta la suficiente información para que conjuntamente con el área de medio ambiente se seleccionen los posibles emplazamientos para la instalación de una red de monitorización en continuo.

El coste de las redes de monitorización en continuo depende fundamentalmente de la calidad de las sondas a instalar; cuanta mayor sensibilidad y mayor ancho de banda de análisis mayor coste presenta su instalación. Pero la selección de sondas de menor ancho de banda buscando un recorte de presupuesto nos puede llevar a no considerar emisiones mayoritarias en algunas zonas.

Este hecho se pone especialmente de manifiesto en la instalación de redes específicas de monitorización en continuo de las emisiones de Telefonía Celular 900-2100 MHz, que no tiene en cuenta las emisiones de Radiodifusión sonora y Televisión. Así mismo existen otras instalaciones que amplían su rango de control hasta las emisiones de FM, pero dejan al margen las emisiones de radio difusión de AM, que como vemos en el término municipal de la Coruña tienen una muy sensible contribución.

Madrid, 14 de mayo de 2005.

Bernardo Rodríguez-Losada Allende  
Ingeniero de Telecomunicación  
Colegiado: 5556

Enrique Elegido Fluiters  
Ingeniero de Telecomunicación  
Colegiado: 5557

## 8.-Anexos

### 8.1.-Anexo 1. Hoja de campo de Torre de Hércules. Rosa de los Vientos

#### Hoja de medidas de campo electromagnético (1/2)

##### 1. Datos Generales Sesión de medidas

Hora Inicio Sesión (hh:mm): 11:30

Fecha (dd/mm/aaaa): 04-04-2006

Nombre técnico Inspector: BERNARDO RODRÍGUEZ LOSADA

Hora Fin Sesión (hh:mm): 13:00

Teléfono de contacto: 91.781.04.67

Leído procedimiento de trabajo y recibida documentación (S/N): S

Firma:

Fotografía del emplazamiento (S/N): S

##### 2. Datos del Emplazamiento

Cliente:

Provincia: A CORUÑA

Código emplazamiento:

Municipio: A CORUÑA

Longitud:

Dirección: Torre de Hércules

Latitud:

Rosa de los Vientos.

##### 3. Datos Equipos de Medidas

	Marca	Modelo	Núm Serie
Equipo	PMM	8053 <sup>a</sup>	1320K20358
Sonda/Antena	PMM	EP930	1010J20475
Analizador	ANRITSU	MS2711D	440100
Antena bicónica	SEIBERSDORF	PCD8250	3226/03
Antena circular	SCHWARZBECK	HFRAE9162	9188/951111

##### 4. Resultados de las medidas de exposición. Antena bicónica

Exposición	Banda	Frecuencias	Hora fin	Resultado	Fichero
P1	FM	87,5-108	11:59	-37,94 dBm	1FMX
P1	IFD	108,5-194,5	12:01	-59,39 dBm	1IFDX
P1	DAB	195-223	12:02	-59,99 dBm	1DABX
P1	S	225-465	12:04	-56,46 dBm	1BSX
P1	TV	465,25-865,25	12:06	-30,52 dBm	1TVX
P1	GSM	885-965	12:08	-49,18 dBm	1GSMX
P1	DCS	1710-1880	12:09	-51,82 dBm	1DCSX
P1	DDL	1800-1880	12:11	-54,63 dBm	1DDLX
P1	UMTS	1920-2170	12:12	-51,35 dBm	1UMTX

## Hoja de medidas de campo electromagnético (2/2)

Exposición	Banda	Frecuencias	Hora fin	Resultado	Fichero
P1	FM	87,5-108	12:15	-41,47 dBm	1FMY
P1	IFD	108,5-194,5	12:17	-64,10 dBm	1IFDY
P1	DAB	195-223	12:18	-57,43 dBm	1DABY
P1	S	225-465	12:19	-60,04 dBm	1BSY
P1	TV	465,25-865,25	12:20	-33,69 dBm	1TVY
P1	GSM	885-965	12:21	-53,20 dBm	1GSMY
P1	DCS	1710-1880	12:22	-56,63 dBm	1DCSY
P1	DDL	1800-1880	12:24	-59,27 dBm	1DDLY
P1	UMTS	1920-2170	12:25	-54,45 dBm	1UMTY
P1	FM	87,5-108	12:27	-46,90 dBm	1FMZ
P1	IFD	108,5-194,5	12:28	-64,00 dBm	1IFDZ
P1	DAB	195-223	12:29	-58,97 dBm	1DABZ
P1	S	225-465	12:30	-61,26 dBm	1BSZ
P1	TV	465,25-865,25	12:31	-35,94 dBm	1TVZ
P1	GSM	885-965	12:32	-52,45 dBm	1GSMZ
P1	DCS	1710-1880	12:33	-57,33 dBm	1DCSZ
P1	DDL	1800-1880	12:34	-58,01 dBm	1DDLZ
P1	UMTS	1920-2170	12:35	-56,94 dBm	1UMTZ

### 5. Resultados de las medidas de exposición. Configuración manual de Antena bicónica

P1	TOT	80-2500	12:46	-30,77 dBm	1TOTX
P1	TOT	80-2500	12:44	-33,41 dBm	1TOTY
P1	TOT	80-2500	12:42	-35,86 dBm	1TOTZ

### 6. Resultados de las medidas de exposición. Antena circular

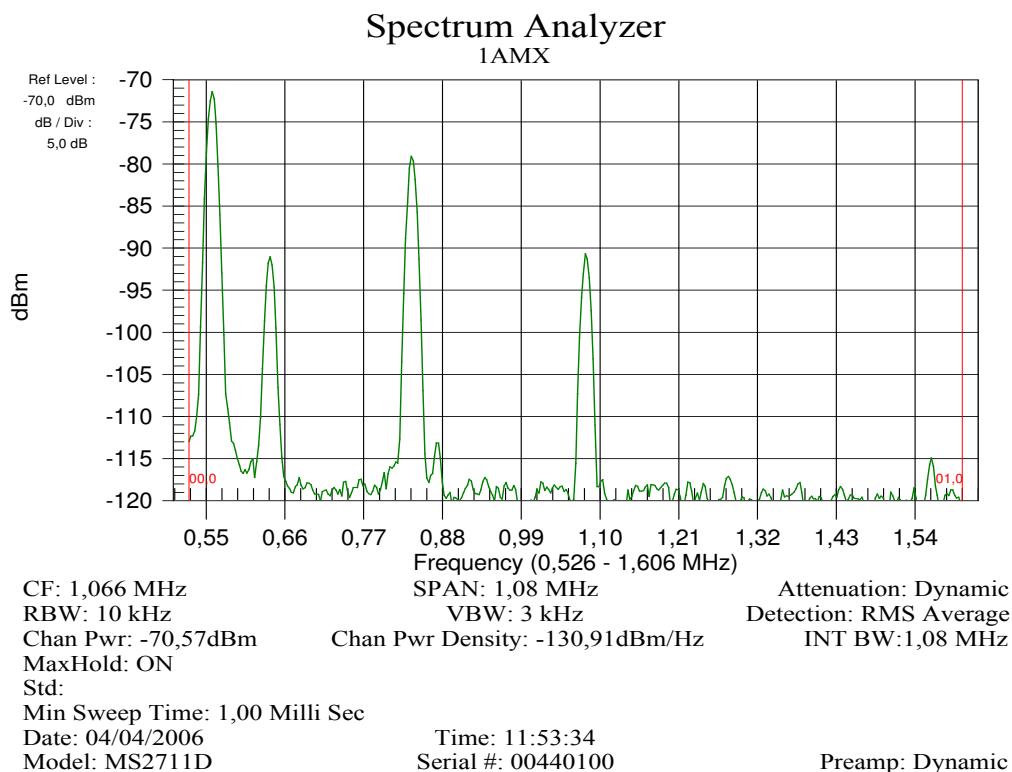
Exposición	Banda	Frecuencias	Hora fin	Resultado	Fichero
P1	AM	0,526-1606	11:53	-70,57 dBm	1AMX
P1	AM	0,526-1606	11:55	-77,96 dBm	1AMY

A Coruña, 4 de abril de 2006

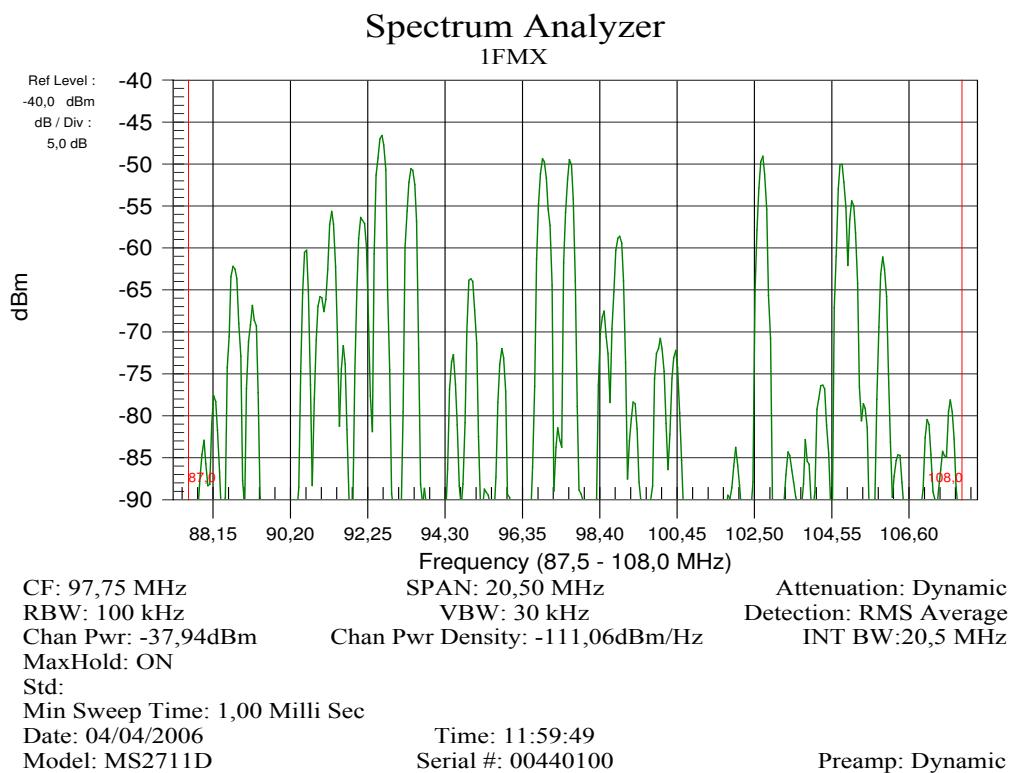
## 8.2.-Anexo 2. Gráficos de Torre de Hércules. Rosa de los Vientos

Los gráficos correspondientes al eje que aporta la mayor contribución para cada una de las bandas en el emplazamiento de la Torre de Hércules (Rosa de los Vientos) se muestran a continuación:

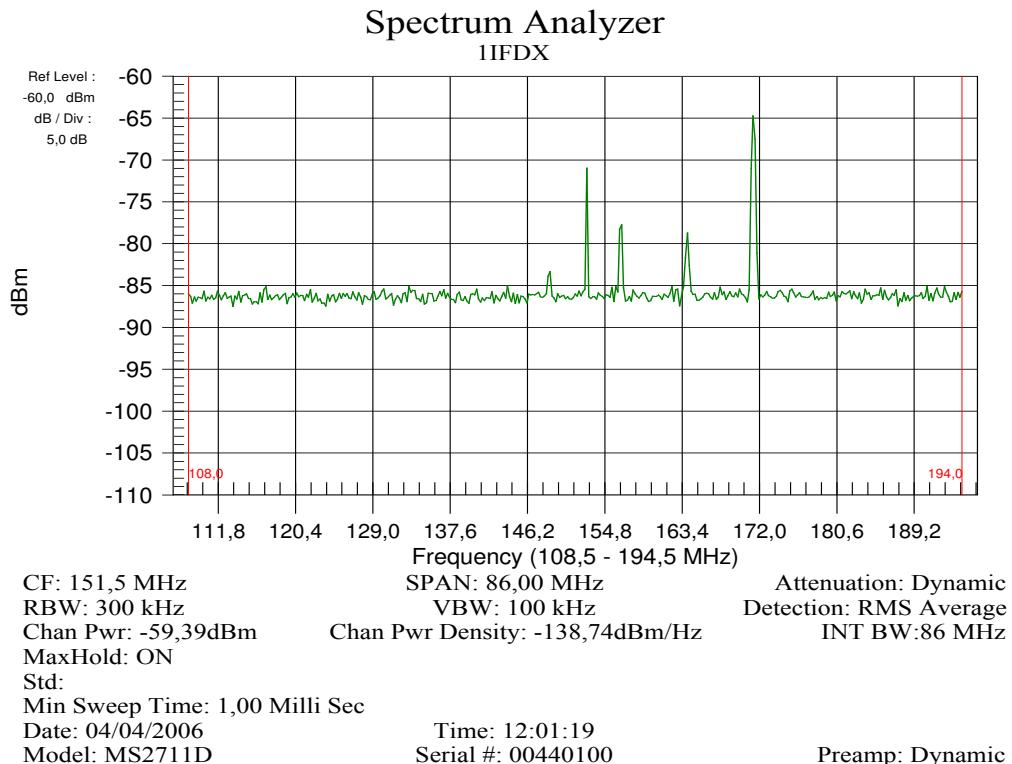
### 8.2.1.-Gráfico AM



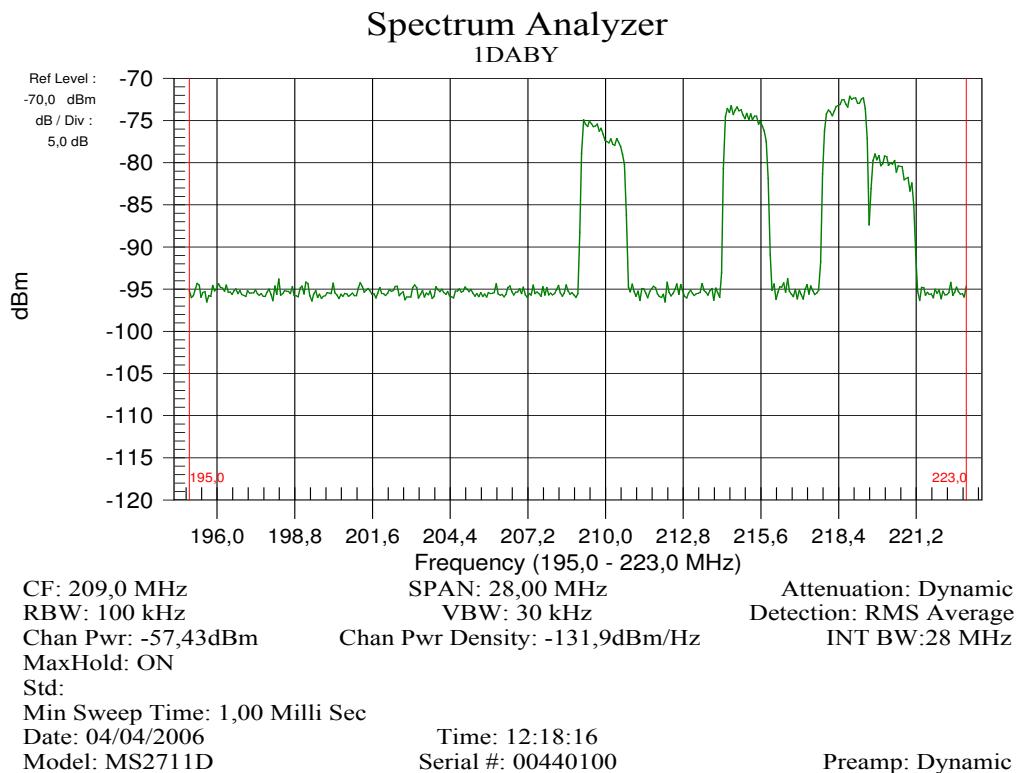
### 8.2.2.-Gráfico FM



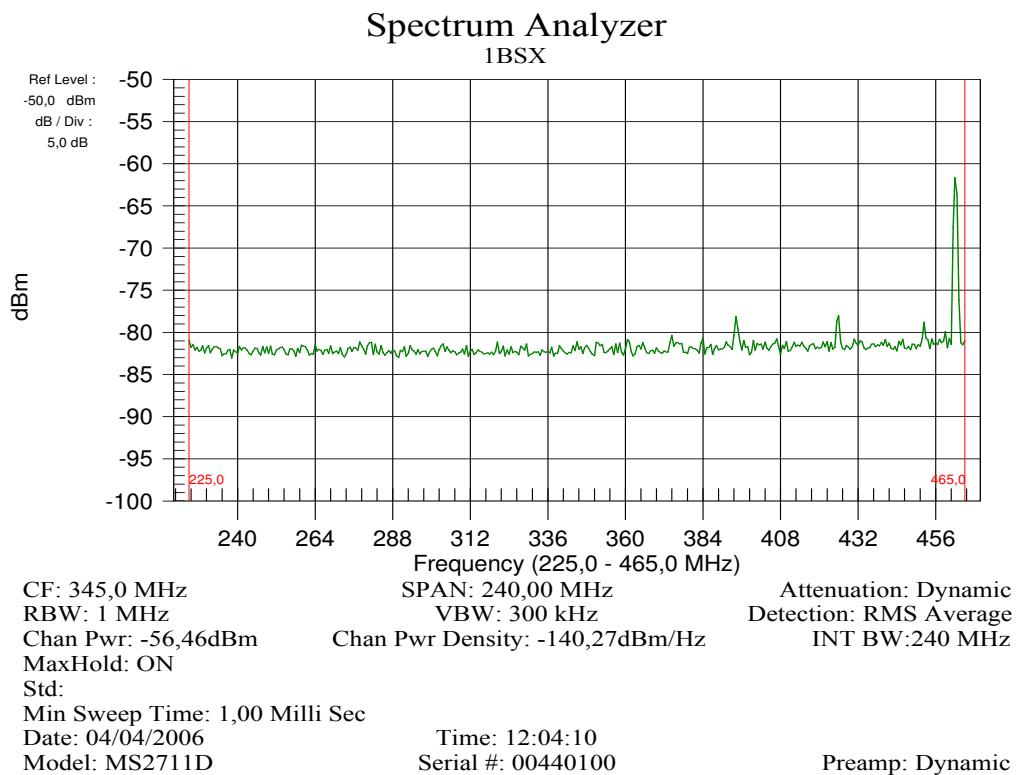
### 8.2.3.-Gráfico IFD



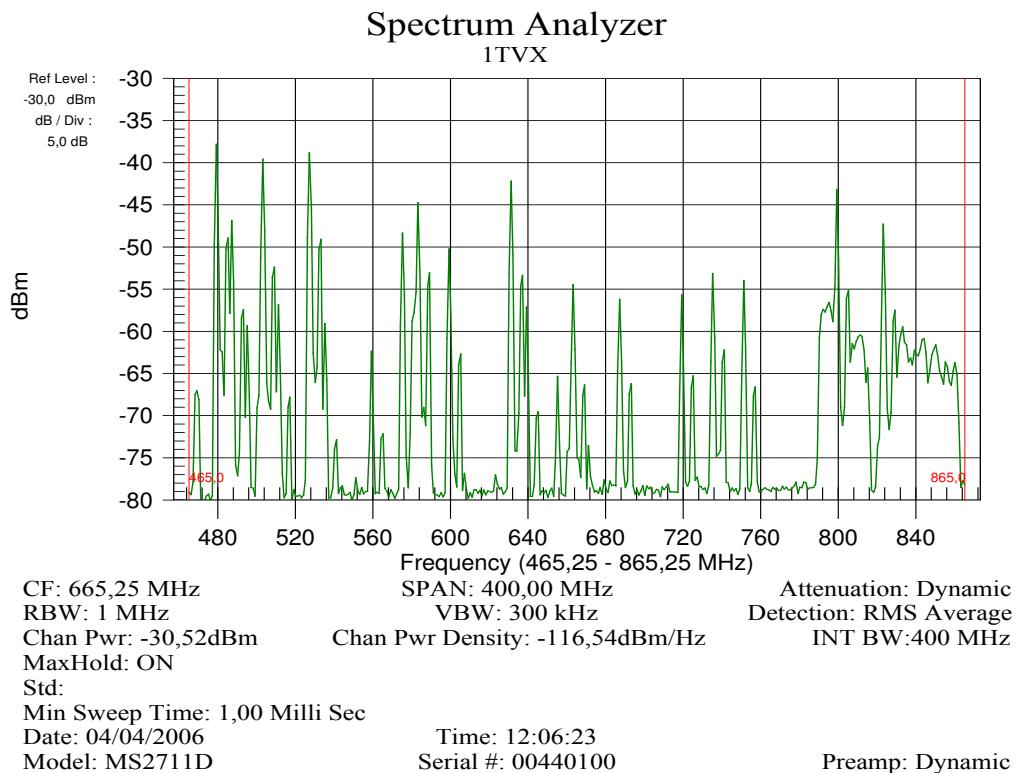
#### 8.2.4.-Gráfico DAB



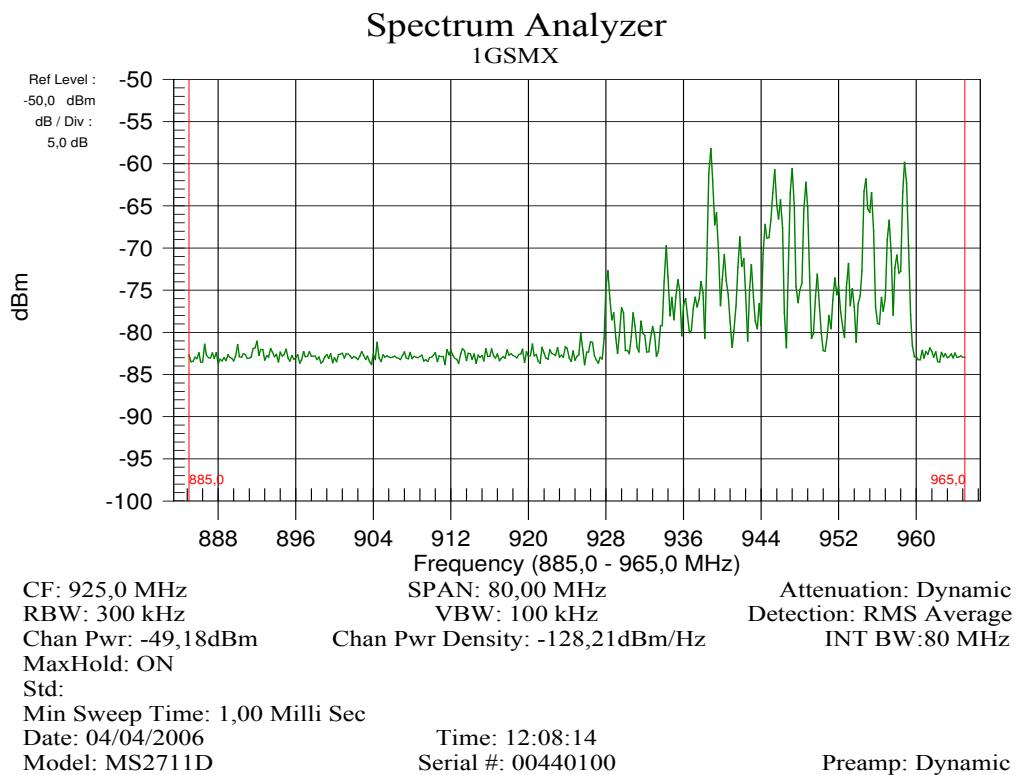
#### 8.2.5.-Gráfico S



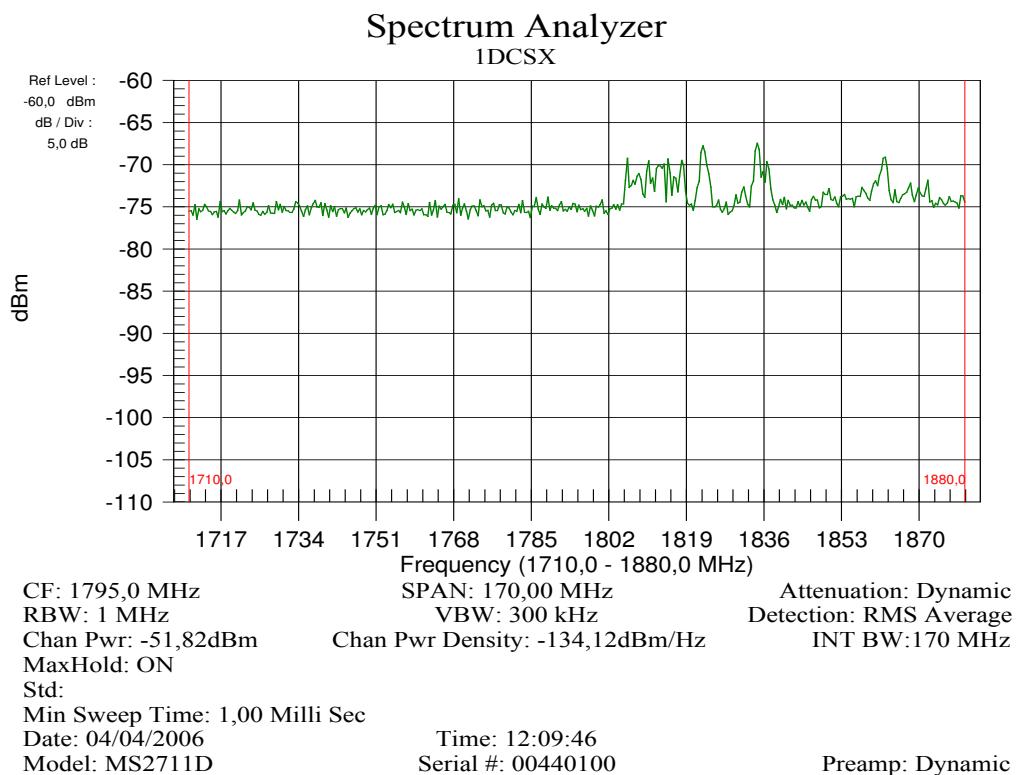
### 8.2.6.-Gráfico TV



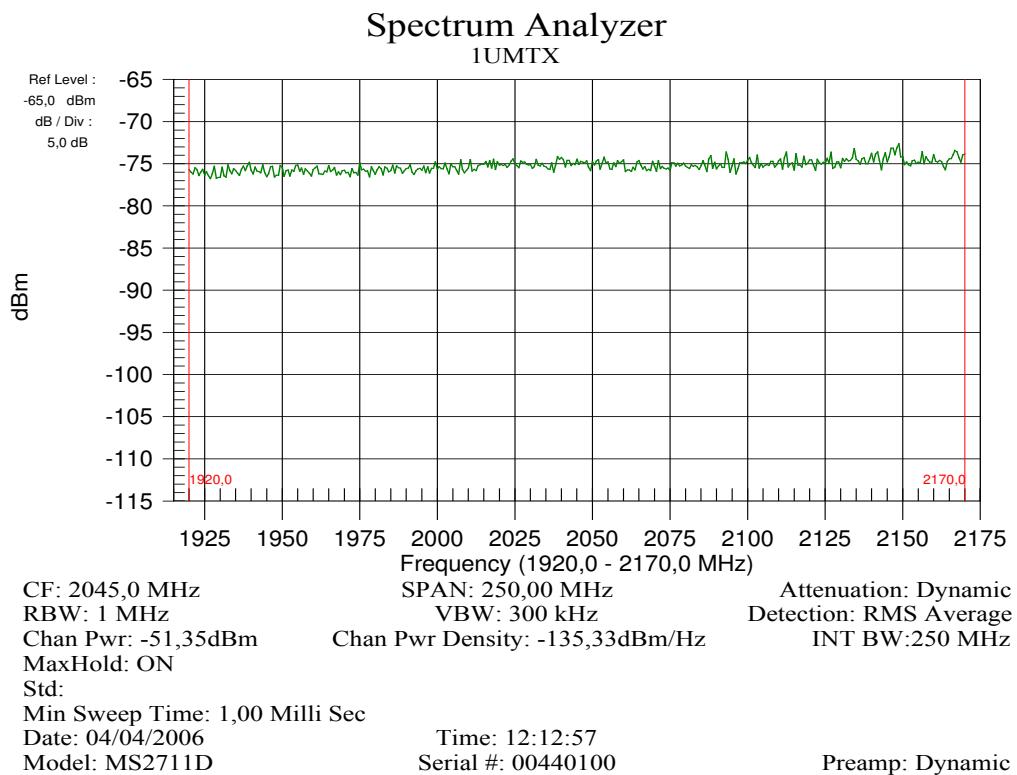
### 8.2.7.-Gráfico GSM



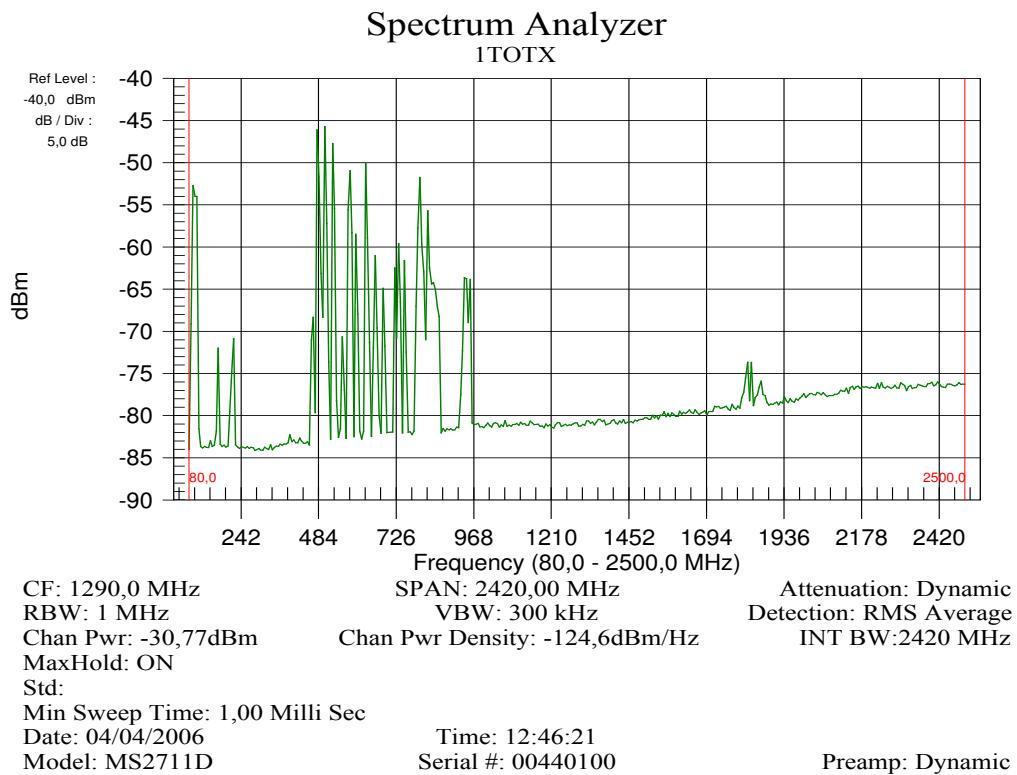
### 8.2.8.-Gráfico DCS



### 8.2.9.-Gráfico UMTS



### 8.2.10.-Gráfico en la banda 80MHz – 2500 MHz



## 8.3.-Anexo 3. Características de los equipos de medida

### 8.3.1.-Equipo de medida de banda ancha

#### *Características técnicas básicas*

Marca	PMM
Modelo	8053A
Número de serie	1320K20358
Fecha de calibración	04/08/2004
Rango de frecuencia	5 Hz – 40 GHz
Rango dinámico	> 120 dB
Unidad de medida	V/m, W/m <sup>2</sup> , A/m
Funciones	Mínimo, medio y máximo
Valores medios	Aritméticos y cuadráticos (RMS)

### 8.3.2.-Sonda de banda ancha

#### *Características técnicas básicas*

Marca	PMM
Modelo	EP330
Número de serie	1010J20475
Fecha de calibración	04/08/2004
Medida	Campo eléctrico
Rango de frecuencia	100 KHz – 3 GHz
Rango de medida	0,3 V/m - 300 V/m
Rango dinámico	> 60 dB
Umbral de detección	0,3 V/m
Resolución	0,01 V/m
Error absoluto	± 0,8 dB

### 8.3.3.-Analizador de espectros

#### *Características técnicas básicas*

Marca	Anritsu
Modelo	Spectrum Master MS2711D Analizador de espectros portátil 3GHz
Número de serie	440100
Fecha de calibración	28/10/2005
Rango de frecuencia	100 kHz – 3 GHz
Span de frecuencia	10 Hz – 2,99 GHz
Anchura de banda de resol.	100 Hz – 1 MHz
Anchura de banda de vídeo	3 Hz – 1 MHz
Rango de medida	+20 dBm / -135 dBm

#### 8.3.4.-Antena bicónica

##### *Características técnicas básicas*

Marca	Seibersdorf
Modelo	PCD8250. Precision Conical Dipole Antenna
Número de serie	3226/03
Fecha de calibración	11/05/2005
Rango de frecuencia	80 MHz – 2,5 GHz
Máxima señal de entrada	20 dBm
Máximo campo eléctrico	100 V/m

#### 8.3.5.-Antena circular

##### *Características técnicas básicas*

Marca	Schwarzbeck
Modelo	HFRAE 9162 RX Loop Antenna
Número de serie	9188/95111
Fecha de calibración	02/02/2006
Rango de frecuencia	50 kHz – 30 MHz
Diámetro de la antena	250 mm
KH (nominal)	21,5 dB/m
KE (nominal)	73 dB/m

## 8.4.-Anexo 4. Certificados de calibración de los equipos

### 8.4.1.-Equipo de medida y sonda de banda ancha

**E** **C**  
CALIBRACIÓN  
Nº 25/LC363

#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CERTIFICATE OF CALIBRATION

Número / Number 4025289

Página 1 de 6 páginas  
Page 1 of 6 pages



Objeto / Item

Sonda Isotrópica de Campo

Marca / Mark

PMM

Modelo / Model

8053  
EP330

Identificación / Identification

1320K20358  
1010J20475

Solicitante / Applicant

EB Consultores  
C/ Conde Peñalver, 14 1º  
28006 Madrid

Fecha/s de calibración / Date/s of calibration

04/08/2004

Signatario/s autorizados / Authorized signatory/ies

LGAI Technological Center, S.A.  
p.p.

Antoni Garriga i Roca  
Gerente del Centro de EMC

Fecha de emisión / Date of issue  
05/08/2004

LGAI Technological Center, S.A.

Dídac Sánchez i Soler  
Técnico Responsable

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.



## 8.4.2.-Analizador de espectros

 <b>CERTIFICATE OF CALIBRATION</b>		 <b>Microlease</b> Lowering the cost of Test Equipment												
No: R/0032216		<b>Microlease plc</b> Forbes House, Whitefriars Estate Tudor Road, Harrow, Middlesex HA3 5SS, United Kingdom Tel: +44 (0)20 84 200 200 Fax: +44 (0)20 84 200 299 E-mail: <a href="mailto:info@microlease.com">info@microlease.com</a> Web: <a href="http://www.microlease.com">www.microlease.com</a>												
Customer Name:	EB CONSULTORES													
Order No:	HOLD100%													
Certificate Issue Date:	28th March 2006													
Certification Date:	28th October 2005													
Re-calibration Date:	27th October 2006													
<b>Instrument Details</b>														
Manufacturer:	Anritsu													
Product Type:	ANMS2711D													
Description:	ANRITSU. Handheld 3GHz Spectrum Analyser													
Serial No:	440100													
Microlease Asset No:	33464													
<b>Calibration Details</b>														
Calibration Status:	V - Calibration verified prior to despatch													
Recommended Calibration Period:	12 Months													
<p>The above instrument was tested in accordance with the Manufacturer's Electrical/Electronic Specification. The results of the tests performed are held on file at Microlease; please also see the comments below.</p> <p>The Calibration was carried out in accordance with the general requirements of ISO 10012 using laboratory standards which are traceable to National Standards except where none exist.</p> <p>Tests were carried out in environmental conditions controlled to the extent appropriate to the instrument's specification.</p> <p>Our Quality Management System has been assessed by BSI Quality Assurance as certified compliant with the requirements of ISO 9001:2000 Certificate No. FS 857.</p> <p>The user should determine the suitability of this instrument for its intended use.</p>														
Comments:	<p>Pre-hire verification of this instrument's specification was successfully completed prior to despatch to the customer above.</p>													
<p>Environmental Conditions</p> <table><tbody><tr><td>Standards Laboratory</td><td>: Ambient Temperature</td><td>23°C ±2°C</td></tr><tr><td></td><td>: Relative Humidity</td><td>50% ±10%</td></tr><tr><td>Main Laboratory</td><td>: Ambient Temperature</td><td>23°C ±3°C</td></tr><tr><td></td><td>: Relative Humidity</td><td>&lt;65%</td></tr></tbody></table>			Standards Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±2°C		: Relative Humidity	50% ±10%	Main Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±3°C		: Relative Humidity	<65%
Standards Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±2°C												
	: Relative Humidity	50% ±10%												
Main Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±3°C												
	: Relative Humidity	<65%												
		 Approved Signatory												

Issued by Microlease plc



### 8.4.3.-Antena bicónica

 <b>CERTIFICATE OF CALIBRATION</b>		 <b>Microlease</b> <i>Lowering the cost of Test Equipment</i>
No: R/0032215		<b>Microlease plc</b> Forbes House, Whitefriars Estate Tudor Road, Harrow, Middlesex HA3 5SS, United Kingdom Tel: +44 (0)20 84 200 200 Fax: +44 (0)20 84 200 299 E-mail: <a href="mailto:info@microlease.com">info@microlease.com</a> Web: <a href="http://www.microlease.com">www.microlease.com</a>
Customer Name:	EB CONSULTORES	
Order No:	HOLD100%	
Certificate Issue Date:	28th March 2006	
Certification Date:	11th May 2005	
Re-calibration Date:	10th May 2006	
<b>Instrument Details</b>		
Manufacturer:	Seibersdorf	
Product Type:	SEPCD8250	
Description:	SEIBERSDORF. Precision Conical Dipole Antenna	
Serial No:	3226/03	
Microlease Asset No:	31841	
<b>Calibration Details</b>		
Calibration Status:	V - Calibration verified prior to despatch	
Recommended Calibration Period:	12 Months	
The above instrument was tested in accordance with the Manufacturer's Electrical/Electronic Specification. The results of the tests performed are held on file at Microlease; please also see the comments below. The Calibration was carried out in accordance with the general requirements of ISO 10012 using laboratory standards which are traceable to National Standards except where none exist. Tests were carried out in environmental conditions controlled to the extent appropriate to the instrument's specification. Our Quality Management System has been assessed by BSI Quality Assurance as certified compliant with the requirements of ISO 9001:2000 Certificate No. FS 857. The user should determine the suitability of this instrument for its intended use.		
Comments:	Unit Externally Calibrated.	
Environmental Conditions		
Standards Laboratory	Ambient Temperature	23°C ±2°C
Standards Laboratory	Relative Humidity	50% ±10%
Main Laboratory	Ambient Temperature	23°C ±3°C
Main Laboratory	Relative Humidity	<65%
		 Approved Signatory

Issued by Microlease plc

#### 8.4.4.-Antena circular

 <b>CERTIFICATE OF CALIBRATION</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">No: R/0032214</div>	 <b>Microlease</b> <i>Lowering the cost of Test Equipment</i>												
<p><b>Microlease plc</b>  <i>Forbes House, Whitefriars Estate  Tudor Road, Harrow, Middlesex  HA3 5SS, United Kingdom</i>  Tel: +44 (0)20 84 200 200  Fax: +44 (0)20 84 200 299  E-mail: <a href="mailto:info@microlease.com">info@microlease.com</a>  Web: <a href="http://www.microlease.com">www.microlease.com</a></p>													
<p>Customer Name: EB CONSULTORES</p> <p>Order No: HOLD100%</p> <p>Certificate Issue Date: 28th March 2006</p> <p>Certification Date: 2nd February 2006</p> <p>Re-calibration Date: 1st February 2008</p>													
<p><b>Instrument Details</b></p> <p>Manufacturer: Schwarzbeck</p> <p>Product Type: SWHFRAE9162</p> <p>Description: SCHWARZBECK. VLF-HF Loop Transformer</p> <p>Serial No: 9188/95111</p> <p>Microlease Asset No: 30997</p>													
<p><b>Calibration Details</b></p> <p>Calibration Status: V - Calibration verified prior to despatch</p>													
<p>Recommended Calibration Period: 24 Months</p> <p>The above instrument was tested in accordance with the Manufacturer's Electrical/Electronic Specification. The results of the tests performed are held on file at Microlease; please also see the comments below. The Calibration was carried out in accordance with the general requirements of ISO 10012 using laboratory standards which are traceable to National Standards except where none exist. Tests were carried out in environmental conditions controlled to the extent appropriate to the instrument's specification. Our Quality Management System has been assessed by BSI Quality Assurance as certified compliant with the requirements of ISO 9001:2000 Certificate No. FS 857. The user should determine the suitability of this instrument for its intended use.</p>													
<p><b>Comments:</b>  Unit Externally Calibrated.</p>													
<p>Environmental Conditions</p> <table> <tr> <td>Standards Laboratory</td> <td>: Ambient Temperature</td> <td>23°C ±2°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>: Relative Humidity</td> <td>50% ±10%</td> </tr> <tr> <td>Main Laboratory</td> <td>: Ambient Temperature</td> <td>23°C ±3°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>: Relative Humidity</td> <td>&lt;65%</td> </tr> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">   Approved Signatory </div>		Standards Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±2°C		: Relative Humidity	50% ±10%	Main Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±3°C		: Relative Humidity	<65%
Standards Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±2°C											
	: Relative Humidity	50% ±10%											
Main Laboratory	: Ambient Temperature	23°C ±3°C											
	: Relative Humidity	<65%											

Issued by Microlease plc

## 8.5.- Anexo 5. Fotografías

*Foto1. Sistema de medida en banda ancha con sonda isotropica (100 KHz - 2500 MHz). Ubicación Obelisco frente edificio de La Terraza*



*Foto2. Sistema de medida en banda ancha con sonda isotropica (100 KHz – 2500 MHz), Ubicación anexa al centro asistencial Juan Canalejo del Ventorrillo*



*Foto3. Sistema de medida en banda estrecha con antena bicónica (80 MHz - 2500MHz). Ubicación en la Rosa de los Vientos en la Torre de Hércules*



*Foto4. Sistema de medida en banda estrecha con antena bicónica (80 MHz - 2500MHz). Parque Eiris frente calle Oleoducto*





*Foto 5. Sistema de medida mediante antena loop (50 KHz- 30 MHz). Obelisco Cantón Grande*



*Foto 5. Sistema de medida mediante antena loop (50 KHz- 30 MHz). Torre de Hércules Rosa de los Vientos*



## Anexo 6. Expresiones utilizadas en los cálculos

### Conversión de niveles en sistemas de $50\Omega$

En sistemas de impedancia constante se cumple:

$$P = V^2 / R$$

Donde:

P: potencia en vatios

V: voltaje en voltios

R: resistencia en  $\Omega$

La conversión a valores logarítmicos resulta:

$$V_{dB(\mu V)} = P_{dBm} + 107$$

### Definición de factor de antena

$$AF = E / V$$

Donde:

AF: es el factor de antena en metros<sup>-1</sup>

E: campo eléctrico en  $\mu V/m$

V: voltaje en  $\mu V$

La conversión a valores logarítmicos resulta:

$$AF_{dB(m-1)} = E_{dB(\mu V/m)} - V_{dB(\mu V/m)}$$

### Factor de corrección de la medida en función de la banda de resolución del filtro

$$F_c = 10 \log (BW / RBW) (dB)$$

Donde:

$F_c$ : es el factor de antena en metros<sup>-1</sup>

BW: ancho de banda de la señal en MHz

RBW: anchura de banda de resolución del filtro en MHz

### $E (V/m)$ Campo eléctrico obtenido en la medida en el sentido X, Y o Z

Si combinamos las expresiones logarítmicas anteriores e introducimos la pérdida en el cable resulta:

$$E_{dB(\mu V/m)} = P_{dBm} + AF_{dB(m-1)} + Pérdidas_{Cable(dBm)} + 107$$

Siendo  $P_{dBm}$  la lectura obtenida en la pantalla del analizador para cada uno de los ejes x, y, z. Además es suministrado por el fabricante tanto el factor de antena (AF) como las pérdidas en el cable en función de la frecuencia.

Una vez obtenido el valor de  $E_{dB}(\mu V/m)$

$$E (\mu V/m) = 10^{E_{dB}(\mu V/m)/20}$$

$$E (V/m) = E (\mu V/m) / 10^6$$

$E (V/m)$  Campo eléctrico resultante.

$$E (V/m) = (E_x^2 (V/m) + E_y^2 (V/m) + E_z^2 (V/m))^{1/2}$$

