

CUADERNO  
OI / 2008



cátedra  
COIT

**Emisiones Radioeléctricas:  
Normativa, Técnicas de  
Medida y Protocolos de  
Certificación**



colegio oficial  
ingenieros  
de telecomunicación

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN  
ÁREA DE ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS Y ACTUACIONES PROFESIONALES  
CÁTEDRA COIT (ETSIT-UPM)

CUADERNO  
OI / 2008



cátedra  
COIT

**Emisiones  
Radioeléctricas:  
Normativa, Técnicas  
de Medida y Protocolos  
de Certificación**



colegio oficial  
**ingenieros**  
de telecomunicación

Edita:  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN  
C/ Almagro, 2. 28010 Madrid  
<http://www.coit.es>  
Déposito Legal: Se - 3662 - 08  
ISBN: 978-84-935049-7-7  
Realización e impresión: Lego Comunicación S.L

## **AUTORES**

Irene Isabel Fernández Tobías

Noelia Miranda Santos

Mariano Molina García

Pablo Almorox González

José Ignacio Alonso Montes



## PRÓLOGO

El despliegue generalizado de los servicios de radiodifusión y de telefonía móvil ha aumentado la exposición a las emisiones radioeléctricas. Así, el Real Decreto 1066/2001 aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas. Por otra parte, la Orden CTE/23/2002, establece las condiciones para certificaciones, ha supuesto un nuevo campo de actividad profesional para el Ingeniero de Telecomunicación al ser necesario la determinación de los niveles de emisión radioeléctrica y la comprobación técnica de que las emisiones son conformes a los límites establecidos.

En el año 2001, y antes de la publicación de la citada legislación, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, realizó una importante contribución en este campo, mediante la publicación de dos informes sobre el tema de las emisiones en los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico: "Normativas y procedimientos para garantizar su seguridad ante el ciudadano" y "Regulación, políticas públicas y percepción social del impacto sobre la salud", que se han convertido en textos de referencia sobre el tema.

El presente documento pretende ser una continuación de los anteriores, en el sentido de recopilar material de interés para nuestros colegiados. El lector puede consultar entre otros temas, la legislación nacional vigente en materia de emisiones radioeléctricas, la normativa autonómica desarrollada por algunas comunidades, tablas-resumen de la normativa existente en países europeos y otros países, una explicación técnica del cálculo de los volúmenes de referencia, fundamentales para establecer las zonas de exclusión, y la metodología de medida y comprobación de los niveles de emisión. Finalmente, se incluye una recopilación de la instrumentación necesaria para la realización de medidas, protección personal y monitorización de niveles ofrecida por algunas de las principales empresas y fabricantes.

Asimismo, la aún reciente Resolución de 22 de mayo de 2007 de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información ha sustituido la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas por una certificación expedida por técnico competente, detallándose con exactitud en este documento el tipo de estaciones y servicios a los que afecta esta nueva normativa e incluyendo los modelos de certificación sustitutorios.

Este documento también recoge una explicación detallada del nuevo procedimiento de presentación telemática de certificaciones de estaciones de telefonía móvil, puesto en funcionamiento por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información desde el 3 de septiembre de 2007.

Desde el Grupo de Actividades Tecnológicas y Actuaciones Profesionales de la Cátedra COIT, esperamos y deseamos que el presente informe sea de utilidad a todos los Ingenieros de Telecomunicación, y en especial, a aquéllos cuyo campo de actividad está relacionado con el tema de la certificación de estaciones radioeléctricas.

**Área de Actividades Tecnológicas  
y Actuaciones Profesionales**  
Cátedra COIT (ETSIT-UPM)



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la cesión del software para la simulación de los niveles de emisión en emplazamientos radioeléctricos -EMIRAD- que ha permitido la elaboración de los ejemplos prácticos que se presentan en este documento. Asimismo, queremos reconocer el esfuerzo, la dedicación y el apoyo técnico prestado en la revisión de este informe por el Director Técnico del COIT, D. Juan Antonio Santiago.



## ÍNDICE DETALLADO

|                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1_ INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                                                                                                              | 17 |
| 1.1_ Objetivo del documento .....                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| 2_ EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....                                                                                                                                                                                       | 21 |
| 2.1_ Introducción .....                                                                                                                                                                                                                            | 23 |
| 2.2_ Gestión del Espectro Radioeléctrico .....                                                                                                                                                                                                     | 24 |
| 2.2.1_ Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) .....                                                                                                                                                                                       | 24 |
| 2.2.2_ Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT)..                                                                                                                                                            | 25 |
| 2.2.3_ Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) .....                                                                                                                                                                                   | 25 |
| 2.2.4_ Control e inspección del espectro radioeléctrico .....                                                                                                                                                                                      | 25 |
| 3_ PROCEDIMIENTOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS .....                                                                                                                                                              | 27 |
| 3.1_ Normativas de seguridad .....                                                                                                                                                                                                                 | 29 |
| 3.2_ Comisiones y Comités científicos .....                                                                                                                                                                                                        | 29 |
| 3.2.1_ ARPANSA .....                                                                                                                                                                                                                               | 29 |
| 3.2.2_ COMAR .....                                                                                                                                                                                                                                 | 30 |
| 3.2.3_ ICNIRP .....                                                                                                                                                                                                                                | 30 |
| 3.2.4_ National Radiological Protection Board (NRPB) .....                                                                                                                                                                                         | 30 |
| 3.2.5_ OMS .....                                                                                                                                                                                                                                   | 30 |
| 3.2.6_ The Royal Society of Canada .....                                                                                                                                                                                                           | 30 |
| 3.2.7_ SCENIHR .....                                                                                                                                                                                                                               | 30 |
| 3.3_ Organismos de Normalización .....                                                                                                                                                                                                             | 30 |
| 3.3.1_ Australian Communications and Media Authority (ACMA) .....                                                                                                                                                                                  | 30 |
| 3.3.2_ Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) .....                                                                                                                                                                          | 31 |
| 3.3.3_ American National Standard Institute (ANSI) .....                                                                                                                                                                                           | 31 |
| 3.3.4_ European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) .....                                                                                                                                                                     | 31 |
| 3.3.5_ European Telecommunications Standard Institute (ETSI) .....                                                                                                                                                                                 | 31 |
| 3.3.6_ Federal Communications Commission (FCC) .....                                                                                                                                                                                               | 31 |
| 3.3.7_ International Electrotechnical Commission (IEC) .....                                                                                                                                                                                       | 31 |
| 3.3.8_ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) .....                                                                                                                                                                              | 31 |
| 3.4_ Normativa técnica .....                                                                                                                                                                                                                       | 31 |
| 3.4.1_ A Local Government Official's Guide to Transmitting antenna RF Emission Safety:<br>Rules Procedures, and Practical Guidance. Evaluating Compliance with FCC<br>Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields ..... | 31 |
| 3.4.2_ Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and<br>Electromagnetic Fields (up to 300 GHz) .....                                                                                                                     | 31 |
| 3.4.3_ Estándares ANSI/IEEE .....                                                                                                                                                                                                                  | 32 |
| 3.4.4_ CENELEC – Human Exposure to Electromagnetic Fields – High Frequency<br>(10 kHz to 300 GHz) .....                                                                                                                                            | 32 |
| 3.4.5_ ITU-T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición a los<br>campos electromagnéticos .....                                                                                                                          | 32 |
| 3.4.6_ Radiation Protection Standard – Maximum Exposure Levels to Radiofrequency<br>Fields – 3 kHz to 300 GHz .....                                                                                                                                | 32 |
| 3.5_ Límites de exposición a los campos electromagnéticos .....                                                                                                                                                                                    | 32 |
| 3.5.1_ ICNIRP .....                                                                                                                                                                                                                                | 33 |
| 3.5.2_ ANSI/IEEE .....                                                                                                                                                                                                                             | 33 |
| 3.5.3_ ARPANSA .....                                                                                                                                                                                                                               | 34 |
| 3.5.4_ FCC .....                                                                                                                                                                                                                                   | 34 |

|                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.5_ Ministerio de Salud de Canadá .....                                                                   | 34         |
| 3.5.6_ Tablas comparativas .....                                                                             | 35         |
| <b>4_ NORMATIVA EN MATERIA DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS .....</b>                                            | <b>37</b>  |
| 4.1_ Real Decreto 1066/2001 .....                                                                            | 39         |
| 4.2_ Orden CTE/23/2002 .....                                                                                 | 43         |
| 4.3_ Ley 32/2003 .....                                                                                       | 49         |
| 4.4_ Resolución de 22 de mayo de 2007 .....                                                                  | 51         |
| 4.5_ Normativa autonómica .....                                                                              | 51         |
| 4.6_ Normativa a nivel europeo .....                                                                         | 55         |
| 4.7_ Normativa en otros países .....                                                                         | 59         |
| <b>5_ CONCEPTOS BÁSICOS. DISTANCIAS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE EXCLUSIÓN .....</b>                             | <b>61</b>  |
| 5.1_ Telefonía móvil. Cálculo de volúmenes de referencia .....                                               | 63         |
| 5.1.1_ Campo lejano / campo cercano .....                                                                    | 65         |
| 5.1.2_ Cálculo del paralelepípedo de referencia con datos de las hojas características<br>de la antena ..... | 66         |
| 5.1.3_ Ejemplo práctico .....                                                                                | 68         |
| 5.2_ Sistemas de AM, FM y TV. Cálculo de volúmenes de referencia .....                                       | 71         |
| 5.2.1_ Introducción .....                                                                                    | 71         |
| 5.2.2_ Volúmenes de protección para los sistemas de FM y TV. Criterios de cálculo .....                      | 74         |
| 5.2.3_ Ejemplo de cálculo de volúmenes de referencia para sistemas de FM y Televisión ..                     | 75         |
| 5.3_ Entornos complejos: Múltiples emisores/frecuencias80                                                    |            |
| <b>6_ FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE LA METODOLOGÍA DE MEDIDAS DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS ....</b>                | <b>81</b>  |
| 6.1_ Tipos de estaciones radioeléctricas .....                                                               | 83         |
| 6.1.1_ Estaciones de Telefonía móvil .....                                                                   | 83         |
| 6.1.2_ Radiodifusión .....                                                                                   | 84         |
| 6.1.3_ Televisión .....                                                                                      | 85         |
| 6.2_ Fundamentos técnicos de la metodología de las medidas radioeléctricas .....                             | 85         |
| 6.2.1_ Consideraciones generales .....                                                                       | 85         |
| 6.2.2_ Metodología de evaluación .....                                                                       | 87         |
| 6.3_ Ejemplos de medidas .....                                                                               | 90         |
| 6.3.1_ Ejemplo práctico:medidas en Fase1 .....                                                               | 91         |
| <b>7_ EJEMPLOS PRÁCTICOS .....</b>                                                                           | <b>97</b>  |
| 7.1_ Ejemplo1: Sistema UMTS .....                                                                            | 99         |
| 7.1.1_ Definición de las antenas .....                                                                       | 100        |
| 7.1.2_ Definición de la zona de cálculo .....                                                                | 100        |
| 7.1.3_ Cálculo de niveles de emisión .....                                                                   | 101        |
| 7.1.4_ Volúmenes de protección .....                                                                         | 102        |
| 7.2_ Ejemplo2:Sistemas FM,TV y GSM .....                                                                     | 103        |
| 7.2.1_ Definición del Emplazamiento .....                                                                    | 103        |
| 7.2.2_ Definición de antenas.....                                                                            | 104        |
| 7.2.3_ Definición de la zona de cálculo .....                                                                | 105        |
| 7.2.4_ Cálculo de niveles de emisión .....                                                                   | 106        |
| 7.2.5_ Volúmenes de protección .....                                                                         | 107        |
| <b>8_ INSTRUMENTACIÓN .....</b>                                                                              | <b>109</b> |
| 8.1_ Instrumentación para medidas en banda ancha .....                                                       | 111        |
| 8.1.1_ Medidores de campo .....                                                                              | 111        |
| 8.1.2_ Sondas .....                                                                                          | 112        |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2_ Instrumentación para medidas en banda estrecha .....           | 113 |
| 8.2.1_ Antenas .....                                                | 113 |
| 8.2.2_ Analizadores de espectro .....                               | 115 |
| 8.2.3_ Receptores EMI .....                                         | 118 |
| 8.2.4_ Receptor de banda ancha selectivo en frecuencia .....        | 119 |
| 8.3_ Seguridad personal .....                                       | 119 |
| 8.4_ Estaciones de monitorización de campos electromagnéticos ..... | 119 |
| 8.5_ Software de simulación .....                                   | 120 |
| 8.6_ Direcciones Web de interés .....                               | 121 |

#### ANEXO 1\_ MODELOS DE CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD Y ESTUDIOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS .....

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1.1_ Normas de visado y modelos para la certificación de estaciones radioeléctricas .....                                                                 | 125 |
| Anexo 1.2_ Informe técnico de medidas de una estación base existente para comprobar su adecuación a los límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001 ..... | 140 |
| Anexo 1.3_ Modelo de certificación de estaciones en proyecto .....                                                                                              | 144 |
| Anexo 1.4_ Modelos de Certificación Sustitutoria a la inspección previa .....                                                                                   | 149 |

#### ANEXO 2\_ EXPLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE DE ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS .....

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 2.1_ Tipos de estaciones radioeléctricas .....                                                                              | 165 |
| Anexo 2.2_ Criterios para la tramitación de solicitudes de aprobación de memorias técnicas de estaciones de telefonía móvil ..... | 170 |
| Anexo 2.3_ Criterios de aplicación de “niveles de decisión” .....                                                                 | 171 |

#### ANEXO 3\_ GLOSARIO DE ACRÓNIMOS .....

#### ANEXO 4\_ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....

#### ANEXO 5\_ DISPOSICIONES NORMATIVAS SOBRE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS .....



## LISTADO DE FIGURAS:

|                |                                                                                                                                                           |     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 ..... | El espectro electromagnético .....                                                                                                                        | 23  |
| Figura 2 ..... | Niveles de referencia y de decisión. Intensidad de campo eléctrico .....                                                                                  | 46  |
| Figura 3 ..... | Niveles de referencia y de decisión. Intensidad de campo magnético.....                                                                                   | 47  |
| Figura 4 ..... | Protocolo de medidas. Diagrama de flujo .....                                                                                                             | 48  |
| Figura 5 ..... | Paralelepípedo de protección .....                                                                                                                        | 54  |
| Figura 6 ..... | Cilindro de protección .....                                                                                                                              | 55  |
| Figura 7 ..... | Paralelepípedo de referencia .....                                                                                                                        | 63  |
| Figura 8 ..... | Cálculo del paralelepípedo de referencia a partir del diagrama de radiación<br>de la antena. (Diagramas de campo normalizado en unidades naturales) ..... | 64  |
| Figura 9 ..... | Dimensiones del paralelepípedo de referencia para dos antenas distintas .....                                                                             | 64  |
| Figura 10 .... | Situación del paralelepípedo de referencia .....                                                                                                          | 64  |
| Figura 11 .... | Comparación de los modelos de campo cercano y campo lejano .....                                                                                          | 66  |
| Figura 12 .... | Cálculo del paralelepípedo de referencia (vista superior) .....                                                                                           | 67  |
| Figura 13 .... | Cálculo del paralelepípedo de referencia (vista lateral) .....                                                                                            | 67  |
| Figura 14 .... | Cálculo del paralelepípedo con “downtilt” (vista lateral) .....                                                                                           | 67  |
| Figura 15 .... | Volumen de exclusión para una antena sectorial .....                                                                                                      | 67  |
| Figura 16 .... | Diagramas de radiación (valores de campo en dB) .....                                                                                                     | 69  |
| Figura 17 .... | Diagramas de radiación (valores de campo en unidades naturales) .....                                                                                     | 70  |
| Figura 18 .... | Niveles de referencia de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia .....                                                                          | 71  |
| Figura 19 .... | Relación entre PIRE crítica y campo lejano .....                                                                                                          | 72  |
| Figura 20 .... | Antena compuesta por 6 dipolos .....                                                                                                                      | 73  |
| Figura 21 .... | Diagrama de radiación normalizado .....                                                                                                                   | 73  |
| Figura 22 .... | Superficie de protección centrada en la agrupación de dipolos .....                                                                                       | 73  |
| Figura 23 .... | Superficie de protección: campo lejano .....                                                                                                              | 74  |
| Figura 24 .... | Superficie de protección: todos los puntos del espacio .....                                                                                              | 74  |
| Figura 25 .... | Diagrama de radiación simulado a partir del lóbulo principal .....                                                                                        | 74  |
| Figura 26 .... | Superficie de protección calculada a partir del diagrama de radiación simulado .....                                                                      | 74  |
| Figura 27 .... | Superficie de protección: estimación del efecto del suelo .....                                                                                           | 74  |
| Figura 28 .... | Diagrama de radiación corregido por el efecto del suelo .....                                                                                             | 75  |
| Figura 29 .... | Superficie de protección corregida .....                                                                                                                  | 75  |
| Figura 30 .... | Diagrama de radiación de la agrupación de dipolos (dB). Plano vertical .....                                                                              | 75  |
| Figura 31 .... | Paralelepípedo de referencia para el sistema considerado .....                                                                                            | 76  |
| Figura 32 .... | Diagrama de radiación de la agrupación de dipolos (dB). Plano vertical .....                                                                              | 76  |
| Figura 33 .... | Paralelepípedo de referencia para el sistema considerado .....                                                                                            | 77  |
| Figura 34 .... | Diagrama de radiación de la antena. Plano vertical .....                                                                                                  | 77  |
| Figura 35 .... | Paralelepípedo de referencia para el sistema radiante considerado .....                                                                                   | 78  |
| Figura 36 .... | Ejemplos de antenas de telefonía móvil .....                                                                                                              | 84  |
| Figura 37 .... | Antenas de radiodifusión. a) Antena de onda media b) Antena de FM .....                                                                                   | 85  |
| Figura 38 .... | Antenas de Televisión .....                                                                                                                               | 85  |
| Figura 39 .... | Elección de los puntos de medida .....                                                                                                                    | 87  |
| Figura 40 .... | Fase-1 de medidas .....                                                                                                                                   | 89  |
| Figura 41 .... | Fase-2 de medidas .....                                                                                                                                   | 90  |
| Figura 42 .... | Distancia de referencia y límite de campo cercano .....                                                                                                   | 92  |
| Figura 43 .... | Definición de las dimensiones del paralelepípedo de referencia .....                                                                                      | 92  |
| Figura 44 .... | Diagrama de radiación horizontal .....                                                                                                                    | 92  |
| Figura 45 .... | Diagrama de radiación vertical .....                                                                                                                      | 92  |
| Figura 46 .... | Paralelepípedo de referencia para la antena considerada .....                                                                                             | 93  |
| Figura 47 .... | Puntos de medida para antena direccional .....                                                                                                            | 94  |
| Figura 48 .... | Tabla de elementos radiantes .....                                                                                                                        | 100 |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 49 .... Diagramas de radiación vertical y horizontal de la antena UMTS .....                                                                          | 100 |
| Figura 50 .... Datos de análisis y definición de la zona de cálculo .....                                                                                    | 101 |
| Figura 51 .... Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el Emplazamiento .....                                                                              | 101 |
| Figura 52 .... Líneas de Nivel de Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el<br>Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros .....            | 101 |
| Figura 53 A . Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 10º, 60º .....                                                                                         | 101 |
| Figura 53 B . Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 170º, 270º .....                                                                                       | 101 |
| Figura 53 C . Perfil de Accesibilidad para Ángulo de 350º .....                                                                                              | 102 |
| Figura 54 .... Análisis individual de las antenas UMTS .....                                                                                                 | 102 |
| Figura 55 .... Diferentes vistas de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento .....                                                              | 102 |
| Figura 56 .... Análisis colectivo de los elementos radiantes presentes en el emplazamiento .....                                                             | 102 |
| Figura 57 .... Paralelepípedo de referencia del emplazamiento y las antenas<br>propuestas resultante del análisis colectivo de los elementos radiantes ..... | 102 |
| Figura 58 .... Tabla de elementos radiantes .....                                                                                                            | 104 |
| Figura 59 .... Diagramas de radiación vertical y horizontal de antenas de Televisión tipo 1 .....                                                            | 104 |
| Figura 60 .... Diagramas de radiación vertical y horizontal de la antena de Televisión tipo 2 .....                                                          | 105 |
| Figura 61 A . Diagramas de radiación vertical de la antena de Radiodifusión FM .....                                                                         | 105 |
| Figura 61 B . Diagramas de radiación horizontal de la antena de Radiodifusión FM .....                                                                       | 105 |
| Figura 62 .... Diagramas de radiación 3D de las antenas de Telefonía Móvil GSM .....                                                                         | 105 |
| Figura 63 .... Datos de análisis y definición de la zona de cálculo .....                                                                                    | 105 |
| Figura 64 .... Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el Emplazamiento .....                                                                              | 106 |
| Figura 65 A . Líneas de Nivel de Densidad de Potencia en el<br>Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros .....                               | 106 |
| Figura 65 B . Líneas de Nivel de Campo Eléctrico en el<br>Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros .....                                    | 106 |
| Figura 66 .... Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 113º, 120º, 140º, 174º y 215º .....                                                                   | 107 |
| Figura 67 .... Análisis individual de la antena de Televisión Nº1 .....                                                                                      | 107 |
| Figura 68 .... Análisis individual de la antena de Televisión Nº2 .....                                                                                      | 107 |
| Figura 69 .... Análisis individual de la antena de Televisión Nº3 .....                                                                                      | 107 |
| Figura 70 .... Análisis individual de la antena de Radiodifusión FM .....                                                                                    | 107 |
| Figura 71 .... Análisis individual de la antena de Telefonía Móvil GSM Nº1 .....                                                                             | 108 |
| Figura 72 .... Análisis individual de la antena de Telefonía Móvil GSM Nº2 .....                                                                             | 108 |
| Figura 73 .... Diferentes vistas de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento .....                                                              | 108 |
| Figura 74 .... Análisis colectivo de los elementos radiantes presentes en el emplazamiento .....                                                             | 108 |
| Figura 75 .... Paralelepípedo de referencia del emplazamiento y las antenas<br>propuestas resultante del análisis colectivo de los elementos radiantes ..... | 108 |

## LISTADO DE TABLAS:

|          |                                                                                                                            |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1  | .....Servicios de Radiocomunicaciones .....                                                                                | 24  |
| Tabla 2  | .....Niveles de referencia establecidos por la ICNIRP. Exposición ocupacional .....                                        | 33  |
| Tabla 3  | .....Niveles de referencia establecidos por la ICNIRP. Exposición público en general .....                                 | 33  |
| Tabla 4  | .....Valores máximos permitidos establecidos por el ANSI/IEEE. Entorno controlado (exposición ocupacional) .....           | 33  |
| Tabla 5  | .....Valores máximos permitidos establecidos por el ANSI/IEEE. Entorno no controlado (exposición público en general) ..... | 33  |
| Tabla 6  | .....Niveles de referencia establecidos por la ARPANSA. Exposición ocupacional .....                                       | 34  |
| Tabla 7  | .....Niveles de referencia establecidos por la ARPANSA. Exposición público en general .....                                | 34  |
| Tabla 8  | .....Niveles de referencia establecidos por la FCC. Exposición ocupacional .....                                           | 34  |
| Tabla 9  | .....Niveles de referencia establecidos por la FCC. Exposición público en general .....                                    | 34  |
| Tabla 10 | .....Niveles de referencia establecidos por el Ministerio de Salud de Canadá. Exposición ocupacional .....                 | 34  |
| Tabla 11 | .....Niveles de referencia establecidos por el Ministerio de Salud de Canadá. Exposición público en general .....          | 35  |
| Tabla 12 | .....Comparación para varias bandas de frecuencias. Exposición ocupacional .....                                           | 35  |
| Tabla 13 | .....Comparación para varias bandas de frecuencias. Exposición público en general .....                                    | 35  |
| Tabla 14 | .....Niveles de referencia. Público en general .....                                                                       | 42  |
| Tabla 15 | .....Niveles de referencia. Exposición ocupacional .....                                                                   | 43  |
| Tabla 16 | .....Niveles de referencia y decisión. Intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia .....                          | 47  |
| Tabla 17 | .....Niveles de referencia. Público en general .....                                                                       | 52  |
| Tabla 18 | .....Niveles de referencia para las distintas frecuencias de móviles .....                                                 | 53  |
| Tabla 19 | .....Niveles de referencia y medidas adoptadas en espacios sensibles .....                                                 | 53  |
| Tabla 20 | .....Esfera de protección .....                                                                                            | 54  |
| Tabla 21 | .....Distancias de protección en metros .....                                                                              | 54  |
| Tabla 22 | .....Dimensiones de los volúmenes de protección .....                                                                      | 55  |
| Tabla 23 | .....Valores de referencia en países miembros de la Unión Europea .....                                                    | 56  |
| Tabla 24 | .....Normativa en otros países .....                                                                                       | 59  |
| Tabla 25 | .....Bandas de los servicios de radiodifusión terrestre .....                                                              | 71  |
| Tabla 26 | .....Ejemplo 1. Cálculo de la proyección vertical .....                                                                    | 76  |
| Tabla 27 | .....Ejemplo 2. Cálculo de la proyección vertical .....                                                                    | 77  |
| Tabla 28 | .....Ejemplo 3. Cálculo de la proyección vertical .....                                                                    | 78  |
| Tabla 29 | .....Cálculo de la exposición total .....                                                                                  | 79  |
| Tabla 30 | .....Parámetros generales de la estación de pruebas .....                                                                  | 91  |
| Tabla 31 | .....Parámetros principales de la antena .....                                                                             | 93  |
| Tabla 32 | .....Resumen de los parámetros de la estación .....                                                                        | 94  |
| Tabla 33 | .....Resultados de las medidas .....                                                                                       | 95  |
| Tabla 34 | .....Características Radioeléctricas de las estaciones UMTS .....                                                          | 99  |
| Tabla 35 | .....Ubicación en el emplazamiento de las estaciones UMTS .....                                                            | 99  |
| Tabla 36 | .....Características Radioeléctricas de las estaciones GSM .....                                                           | 103 |
| Tabla 37 | .....Características Radioeléctricas de las estaciones de Televisión .....                                                 | 103 |
| Tabla 38 | .....Características Radioeléctricas de las estaciones de Radiodifusión FM .....                                           | 103 |
| Tabla 39 | .....Ubicación en el emplazamiento de las estaciones GSM .....                                                             | 104 |
| Tabla 40 | .....Ubicación en el emplazamiento de las estaciones de Televisión .....                                                   | 104 |
| Tabla 41 | .....Ubicación en el emplazamiento de las estaciones de Radiodifusión FM .....                                             | 104 |
| Tabla 42 | .....Medidores de campo. Baja frecuencia .....                                                                             | 111 |
| Tabla 43 | .....Medidores de campo. Alta frecuencia .....                                                                             | 112 |
| Tabla 44 | .....Sondas para NBM (NARDA-STs) .....                                                                                     | 112 |
| Tabla 45 | .....Sondas de campo eléctrico y magnético para 8712, 8715 y 8718B (NARDA-STs) .....                                       | 112 |

|              |                                                                                |     |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 46.... | Sondas para EMR-200 y EMR-300 (NARDA-STS)                                      | 113 |
| Tabla 47.... | Sondas para PMM-8053B (PMM)                                                    | 113 |
| Tabla 48.... | Instrumentación de Anritsu para antenas                                        | 113 |
| Tabla 49.... | Instrumentación de ETS Lindgren para antenas                                   | 114 |
| Tabla 50.... | Instrumentación de Rohde&Schwarz para antenas                                  | 115 |
| Tabla 51.... | Analizadores de espectro portátiles de Advantest                               | 116 |
| Tabla 52.... | Analizadores de espectro portátiles de Anritsu                                 | 116 |
| Tabla 53.... | Analizadores de espectro portátiles de B&K Precision                           | 116 |
| Tabla 54.... | Analizadores de espectro portátiles de Agilent Technologies                    | 117 |
| Tabla 55.... | Analizadores de espectro portátiles de Tektronix y Willtek                     | 117 |
| Tabla 56.... | Analizadores de espectro portátiles de Rohde&Schwarz                           | 117 |
| Tabla 57.... | Analizadores de espectro fijos de Advantest                                    | 117 |
| Tabla 58.... | Analizadores de espectros PSA Series Spectrum Analyzer de Agilent Technologies | 117 |
| Tabla 59.... | Analizadores de espectros MXA Signal Analyzer N9020A de Agilent Technologies   | 117 |
| Tabla 60.... | Analizadores de espectro fijos de Rohde&Schwarz                                | 118 |
| Tabla 61.... | Analizadores de espectro fijos de Anritsu y Tektronix y BK Precision           | 118 |
| Tabla 62.... | Receptores EMI de Rohde&Schwarz                                                | 118 |
| Tabla 63.... | Receptores EMI de Dynamic Sciences International                               | 118 |
| Tabla 64.... | Receptor de banda ancha selectivo en frecuencia                                | 119 |
| Tabla 65.... | Equipos de seguimiento personal de Antennessa                                  | 119 |
| Tabla 66.... | Equipos de seguimiento personal de NARDA-STS                                   | 119 |
| Tabla 67.... | Estaciones de monitorización remota                                            | 119 |
| Tabla 68.... | Sondas para System 2600 (NARDA-STS)                                            | 120 |
| Tabla 69.... | Sondas para PMM-8055S (PMM)                                                    | 120 |

CAPITULO  
OI

Introducción

OI



### 1.1. Objetivo del documento

El objetivo de este documento es, entre otros, presentar una panorámica de algunos aspectos relacionados con los procesos de certificación de estaciones radioeléctricas, que sirven de base para los procedimientos de certificaciones de los emplazamientos de las citadas estaciones a los que obliga la legislación vigente. En concreto:

- Se revisa la legislación actual en materia de emisiones radioeléctricas y, en concreto, se explica la documentación que, según el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre y la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, es necesario elaborar para cada uno de los distintos tipos de estaciones. Asimismo, se incluyen unos breves comentarios sobre la Directiva 2004/40/CE de exposición ocupacional a CEM y la Resolución de 22 de mayo de la SETSI, por la que se sustituye la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas por una certificación expedida por técnico competente.
- Se realiza una descripción de las normativas que algunas Comunidades Autónomas han desarrollado sobre esta materia. Asimismo, se recoge un análisis comparativo de la normativa existente en los países miembros de la Unión Europea, junto a la de otros países.
- Se presenta un conjunto de procedimientos teórico-prácticos para el cálculo de las distancias de protección y volúmenes de referencia para los distintos sistemas de radiocomunicación: telefonía móvil, radiodifusión sonora (FM y AM) y televisión.
- Se describen los procedimientos y metodología para la realización de las medidas necesarias para la certificación de las estaciones radioeléctricas.
- Se incluye una recopilación del distinto equipamiento de medida y de comprobación de los niveles de emisiones disponible en el mercado.
- Por último, se explican los modelos de certificados y estudios de emisiones radioeléctricas, junto con las normas para la certificación y visado. Se incluye un resumen del nuevo procedimiento elaborado por la SETSI para la certificación de estaciones de telefonía móvil.



## CAPITULO 02

# El espectro radioeléctrico. Ondas electromagnéticas

# 02



## 2.1. Introducción

Por emisión electromagnética se entiende el proceso de transmisión de energía electromagnética en forma de onda desde una fuente o transmisor.

Las ondas electromagnéticas se diferencian principalmente en la energía que transporta la señal y en la frecuencia a la que ésta oscila, debiendo distinguir entre emisiones ionizantes y no-ionizantes:

- Emisiones ionizantes. Son aquellas con energía suficiente para producir la ionización de la materia, es decir, para arrancar un electrón de un átomo o

molécula. Un ejemplo de éstas son los rayos ultravioleta, los rayos X o los rayos gamma (producidos por un elemento radiactivo). Se localizan en la parte alta del espectro radioeléctrico. La exposición a este tipo de emisiones puede producir importantes daños en la salud.

- Emisiones no ionizantes. Son aquellas que no sobrepasan el umbral de energía necesaria para ionizar la materia y, por tanto, no afectan a la estructura de las moléculas. A este tipo pertenecen las emisiones producidas por las antenas de telefonía móvil y, en general, las utilizadas por los sistemas de radiocomunicación.

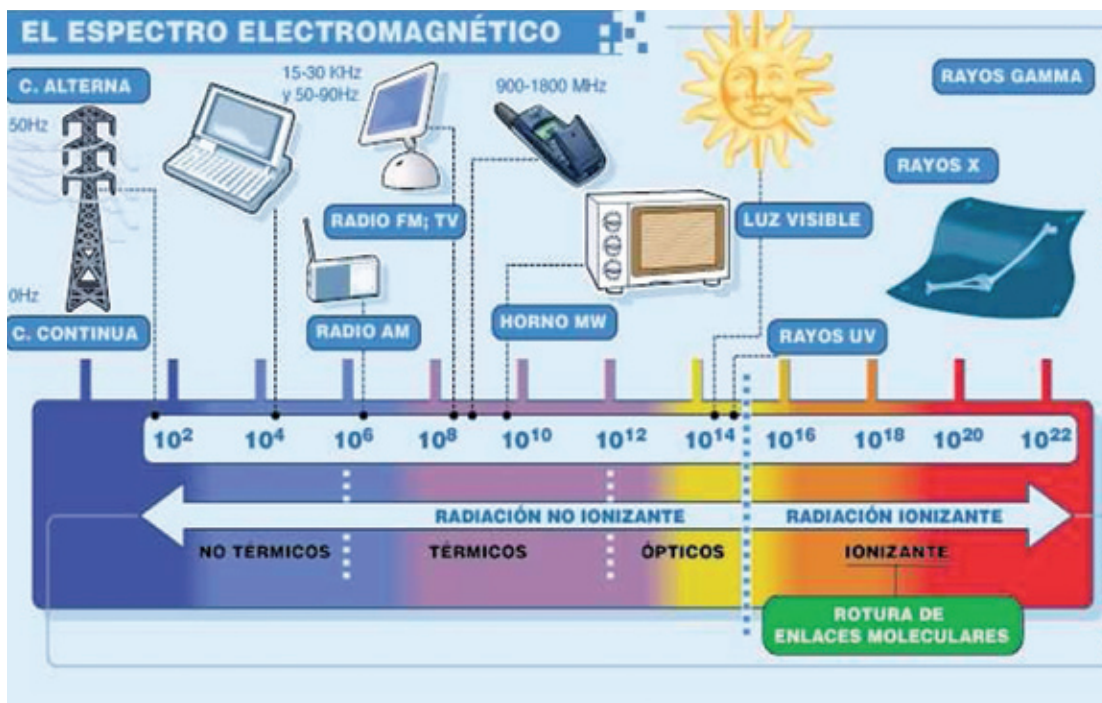


Figura 1. El espectro electromagnético.

La Figura 1 muestra el espectro electromagnético, indicando los efectos biológicos que se producen a cada frecuencia.

2.2. Gestión del Espectro Radioeléctrico

Según lo visto en el apartado anterior, el espectro electromagnético se divide en bandas de frecuencia. Puesto que se trata de un recurso natural limitado, debe optimizarse su uso para el mayor número posible de estaciones con un mínimo de perturbaciones mutuas.

A continuación se presentan dos de los organismos internacionales de gestión del espectro y, con objeto de profundizar en la situación existente a nivel nacional, se define el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) y las normas de gestión e inspección del espectro.

2.2.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La gestión del espectro ha de tener un carácter internacional, ya que las ondas electromagnéticas no conocen fronteras. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es la encargada de realizar esta gestión, para garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro.

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) es el coordinador del espectro a nivel mundial, y es, por tanto, responsable de la elaboración y aprobación del Reglamento de Radiocomunicaciones, un instrumento jurídico internacional por el cual se rige la utilización del espectro para unos 40 Servicios de Radiocomunicaciones en todo el mundo.

En el Registro Internacional de Frecuencias de este Reglamento se recogen las bandas de frecuencia que se atribuyen a los distintos Servicios de Radiocomunicaciones, algunos de los cuales se muestran en la tabla 1.

Con el objetivo de examinar y, en caso necesario, modificar el Reglamento, se celebran las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones cada dos o tres años.

Existen también las Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones, convocadas por una región de la UIT o un grupo de países, con el objetivo de llegar a un acuerdo respecto a una banda de frecuencias o un servicio determinado.

Las Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones no pueden modificar el Reglamento de Radiocomunicaciones salvo que lo apruebe una Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. En cualquier caso, las modificaciones sólo tendrían efecto en los países que formaran parte del acuerdo.

| Tabla 1. Servicios de Radiocomunicaciones |                    |                                                                                                               |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Banda de frecuencias                      | Nombre de la banda | Tipo de servicio                                                                                              |
| 3 – 30 kHz                                | VLF                | Faros de Navegación                                                                                           |
| 30 – 300 kHz                              | LF                 | Difusión LF y Radio en onda larga                                                                             |
| 300 – 3000 kHz                            | MF                 | Radio AM, Radionavegación                                                                                     |
| 3 – 30 MHz                                | HF                 | Radio CB, Aficionados, Comunicaciones radio y Difusión HF                                                     |
| 30 – 300 MHz                              | VHF                | Radio FM, Televisión (VHF), Servicios de Urgencia, Aficionados                                                |
| 300 – 3000 MHz                            | UHF                | Televisión (UHF), Telefonía Móvil, Aficionados, Paging Televisión (UHF), Telefonía Móvil, Aficionados, Paging |
| 3 – 30 GHz                                | SHF                | Microondas, Comunicaciones por Satélite, Radar, Enlaces punto a punto en microondas                           |
| 30 – 300 GHz                              | EHF                | Radar, Radio, Astronomía, Enlaces cortos en microondas                                                        |

El organismo encargado de aplicar las disposiciones del Reglamento y de los acuerdos regionales es la Oficina de Radiocomunicaciones, que es el órgano ejecutivo del UIT-R. Asimismo, registra e inscribe las asignaciones de frecuencia y mantiene actualizado el Registro Internacional de Frecuencias.

### **2.2.2. Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT)**

La Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) es la encargada de establecer un foro europeo de discusión acerca de temas de regulación y política en el campo de los servicios postales y las telecomunicaciones.

Para ello ha establecido dos comités:

- El Comité Europeo de Regulación Postal (CERP).
- El Comité Europeo de Comunicaciones Electrónicas (ECC), una fusión de los antiguos comités responsables de las telecomunicaciones y las radio- comunicaciones: ECTRA (European Committee for Regulatory Telecommunications Affairs) y ERC (European Radiocommunications Committee).

La misión del ECC consiste en desarrollar una política común de regulación de las comunicaciones electrónicas y armonizar el uso eficiente del espectro en el ámbito europeo.

La Oficina Europea de Radiocomunicaciones (ERO) es el punto de distribución de toda la documentación publicada por la ECC y proporciona información detallada acerca del trabajo que ésta realiza.

### **2.2.3. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)**

La Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones, establece en su artículo 43 que “la gestión del dominio público radioeléctrico y las facultades para su administración y control corresponden al Estado. Dicha gestión se ejercerá de conformidad con lo dispuesto en este Título y en los Tratados y Acuerdos internacionales en los que España sea parte, atendiendo a la normativa aplicable en la Unión Europea y a las resoluciones y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de otros organismos internacionales”.

El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) está inspirado en el Registro Internacional del Reglamento de Radiocomunicaciones elaborado por el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, y traslada al ámbito nacional las atribuciones de las diferentes bandas a los servicios contenidos en dicho Reglamento.

De igual modo, recoge las modificaciones que son consecuencia de Decisiones y Recomendaciones de la CEPT, así como otras derivadas de la gestión del espectro a nivel nacional. Por otro lado, incluye notas específicas de Utilización Nacional (UN) aplicables a servicios concretos, así como el tipo de uso de las bandas de frecuencias.

Es decir, que de acuerdo con la reglamentación internacional, las disponibilidades nacionales e internacionales del espectro de frecuencias radioeléctricas y la demanda social, el CNAF podrá establecer, entre otras, las siguientes previsiones:

- La reserva de parte del espectro para servicios determinados.
- Preferencias por razón del fin social del servicio a prestar.
- Delimitación de las partes del espectro de frecuencias radioeléctricas que el Estado se reserva para uso propio o cesión en uso a otras Administraciones.
- Previsión respecto de la utilización en el futuro de las distintas bandas de frecuencias.

La última edición del CNAF fue aprobada en la Orden ITC/3391/2007, de 15 de noviembre.

### **2.2.4. Control e inspección del espectro radioeléctrico**

Según el artículo 44 de la Ley 32/2003, General de Telecomunicaciones, el procedimiento de determinación, control e inspección de los niveles de emisión radioeléctrica es facultad del Estado.

Asimismo, según el artículo 45, apartado 4, de la citada Ley, “con carácter previo a la utilización del dominio público radioeléctrico, se exigirá, preceptivamente, la inspección o el reconocimiento de las instalaciones, con el fin de comprobar que se ajustan

a las condiciones previamente autorizadas. En función de la naturaleza del servicio, de la banda de frecuencias empleada, de la importancia técnica de las instalaciones que se utilicen o por razones de eficacia en la gestión del espectro podrá sustituirse la inspección previa por una certificación expedida por técnico competente.”

# P

CAPITULO  
03

## Procedimientos para garantizar la seguridad de las emisiones radioeléctricas

03



Los efectos por exposición a las emisiones electromagnéticas han sido objeto de numerosos estudios durante los últimos años. Estos trabajos han sido realizados por las Administraciones Públicas, Organismos Internacionales Independientes, los propios Operadores y Fabricantes de equipos. Fruto de estos esfuerzos existen varias normativas, de carácter general y/o específico, que pueden ser utilizadas para que las autoridades competentes establezcan reglamentos de obligado cumplimiento para los operadores de los diversos servicios.

En los siguientes apartados se resumen los aspectos más significativos de las normativas de seguridad existentes, se presentan las comisiones y comités científicos junto con sus trabajos más relevantes, así como los organismos de normalización más destacados y los límites de exposición que especifican los estándares desarrollados por los mismos.

### 3.1. Normativas de seguridad

Las normativas actuales se basan, principalmente, en los estudios realizados con niveles altos de emisiones electromagnéticas considerando únicamente los efectos térmicos. Estos efectos pueden producirse a determinadas frecuencias, niveles de emisión y modulaciones.

El parámetro más comúnmente utilizado para medir los efectos térmicos producidos es la Tasa de Absorción Específica (TAE o SAR, por sus siglas en inglés), que se define como la potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal.

A partir de la relación entre la SAR y el nivel de densidad de potencia del campo electromagnético, las

normativas fijan los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, utilizando unos factores de seguridad muy elevados sobre los niveles para los que aparecen los efectos biológicos señalados.

En este momento, los estudios epidemiológicos existentes no aportan evidencias científicas de que existan riesgos para la salud provocados por radiofrecuencias y microondas, por lo que el cumplimiento de las restricciones básicas y los niveles de referencia establecidos en la normativa vigente se consideran suficientes para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos.

Sin embargo, la validez de las conclusiones es discutida al no haber sido repetidos los experimentos por otros grupos. La mayoría de los científicos considera que los resultados sólo sugieren los efectos, pero no son suficientemente convincentes para restringir la normativa.

### 3.2. Comisiones y Comités científicos

Existen múltiples organismos y comisiones científicas, tanto nacionales como internacionales, que analizan el comportamiento del cuerpo humano ante la exposición a campos electromagnéticos, describiendo los efectos biológicos que se producen y los potenciales efectos sobre la salud.

Algunos de los comités científicos más reconocidos se enumeran a continuación.

#### 3.2.1. ARPANSA

La “Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency” es una agencia gubernamental australiana cuyo

objetivo es la protección de la salud y la seguridad de las personas y del entorno de los efectos de las emisiones radioeléctricas. La ARPANSA es responsable de regular todas las entidades relacionadas con actividades nucleares o de emisiones radioeléctricas del país y llevar a cabo políticas de protección de las mismas.

### 3.2.2. COMAR

El Comité sobre el Hombre y la Radiación (Committee on Man and Radiation) está constituido por un grupo de expertos en temas de salud y seguridad relacionados con los campos electromagnéticos. Es el Comité Técnico de la Sociedad de Ingeniería en Medicina y Biología del IEEE.

### 3.2.3. ICNIRP

La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) es una comisión científica independiente, creada por la Asociación Internacional de Protección Radiológica en 1974 para mejorar la protección frente a las radiaciones no ionizantes en beneficio de las personas y del medio ambiente. La ICNIRP es la organización no gubernamental oficialmente reconocida en materia de radiaciones no ionizantes por la Organización Mundial de la Salud y la Oficina Internacional del Trabajo.

### 3.2.4. National Radiological Protection Board (NRPB)

El Consejo Nacional para la Protección contra la Radiación es una organización independiente que informa al gobierno inglés sobre estándares de protección contra las radiaciones de las ondas electromagnéticas tanto ionizantes como no ionizantes.

### 3.2.5. OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS, o WHO por sus siglas en inglés) se fundó en el año 1948. Es una agencia especial de las Naciones Unidas y está formada por 191 Estados. La OMS colabora activamente con otros organismos internacionales entre los que destaca la ICNIRP, la UIT y la Comisión Europea.

### 3.2.6. The Royal Society of Canada

Es el organismo más antiguo. Fue fundado en el año 1882. Está formado por destacados científicos y expertos canadienses, cuyo objetivo es promover el

aprendizaje y la investigación en las ciencias sociales y naturales y en las humanidades.

### 3.2.7. SCENIHR

Es el Comité Científico de la Unión Europea sobre Nuevos Riesgos Emergentes identificados en la Salud. Sustituye al antiguo CSTEE (Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment). En materia de campos electromagnéticos tiene como actividades principales el seguimiento de la información científica disponible y la valoración de los nuevos riesgos.

## 3.3. Organismos de Normalización

Numerosos organismos trabajan en la elaboración de normativas sobre los límites de exposición a los campos electromagnéticos y sobre diversos métodos de medida y evaluación de los mismos.

Muchos de los estudios realizados no llegan a ser normativas, sino que se quedan en recomendaciones, debido a que los organismos que las han realizado no tienen capacidad para exigir su cumplimiento. Sin embargo, entidades como el CENELEC a nivel europeo o la FCC en Estados Unidos desarrollan normativas de obligado cumplimiento. Estos y otros organismos aparecen recogidos en los siguientes apartados.

### 3.3.1. Australian Communications and Media Authority (ACMA)

La Autoridad Australiana en Comunicaciones y Medios de Comunicación fue creada en julio de 2005 como resultado de la fusión de la Australian Broadcasting Authority y la Australian Communications Authority. La ACMA regula la radiodifusión, las radiocomunicaciones y las telecomunicaciones. También se encarga de los estándares sobre los contenidos de Internet. Asimismo, administra las leyes correspondientes a la protección de los usuarios tanto en salud como en privacidad del servicio.

### 3.3.2. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)

Es miembro del Comité Europeo de Normalización (CEN) y del CENELEC. Es la organización a través

de la cual se canalizan los intereses y la participación de los agentes socioeconómicos de nuestro país en la normalización europea.

### **3.3.3. American National Standard Institute (ANSI)**

El Instituto Nacional Americano de Estándares es una organización privada sin ánimo de lucro fundada en 1918 que administra y coordina la estandarización en Estados Unidos y la conformidad de su cumplimiento.

### **3.3.4. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)**

El Comité Europeo de Estandarización Electrotécnica se constituyó en 1973 como una organización sin ánimo de lucro. Ha sido reconocido por la Comisión Europea de Estandarización en su campo. Elabora estándares que se aplican en toda Europa, aunque la mayoría tienen ámbito internacional, ya que se desarrollan de forma conjunta con la International Electrotechnical Commission (IEC).

### **3.3.5. European Telecommunications Standard Institute (ETSI)**

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones es una organización no lucrativa que se dedica a desarrollar estándares de Telecomunicaciones en función de las necesidades del mercado. Está formada por miembros de 59 países de todo el mundo y representa a la Administración, a los operadores de redes, a los proveedores de servicios, a los fabricantes, a distintas entidades dedicadas a la investigación y a los usuarios.

### **3.3.6. Federal Communications Commission (FCC)**

La Comisión Federal de las Comunicaciones es una agencia gubernamental independiente de los Estados Unidos. Se estableció en 1934, y se encarga de regular las comunicaciones por radio, televisión, cable y satélite. Está organizada en siete departamentos diferentes que establecen y desarrollan programas de regulación.

### **3.3.7. International Electrotechnical Commission (IEC)**

EL IEC es un organismo que genera estándares internacionales en todos los campos de la electrónica, el electromagnetismo, la electroacústica y las telecomunicaciones.

La misión principal del IEC es promover la cooperación internacional para conseguir la estandarización a nivel mundial y asegurar la conformidad con dichos estándares.

### **3.3.8. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos promueve los procesos de ingeniería mediante la creación, desarrollo, integración, compartición y aplicación del conocimiento de las tecnologías electrónicas y de la información para el beneficio de la humanidad.

## **3.4. Normativa técnica**

En respuesta a la creciente preocupación social, numerosos grupos de expertos y organismos de sanidad de todo el mundo han publicado trabajos que analizan la interacción del cuerpo humano y los campos electromagnéticos, y los posibles efectos sobre la salud de la energía de radiofrecuencia.

En los siguientes párrafos se recoge una breve descripción de los trabajos más importantes llevados a cabo por distintas organizaciones en esta materia.

### **3.4.1. A Local Government Official's Guide to Transmitting antenna RF Emission Safety: Rules Procedures, and Ractical Guidance. Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields**

En estos dos informes de la FCC se especifican los límites de exposición a los campos entre 300 kHz y 300 GHz, basándose en los límites establecidos por el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Son de obligado cumplimiento en Estados Unidos.

### **3.4.2. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)**

Estas recomendaciones de la ICNIRP indican unas guías básicas de exposición a los campos electromagnéticos basadas en estudios y análisis científicos, escalando los límites de seguridad a un valor cincuenta veces por debajo de los valores de campo medidos a los que los efectos en los tejidos son observables.

### 3.4.3. Estándares ANSI/IEEE

El estándar C95.1-2005, IEEE Standard for Safety levels with Respect to Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, establece los niveles máximos de exposición a los campos electromagnéticos, y otros estándares como el C95.3-2002, IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz establecen métodos de medida y evaluación de los campos electromagnéticos, así como el tipo de instrumentación a utilizar para realizar dichas medidas.

### 3.4.4. CENELEC – Human Exposure to Electromagnetic Fields – High Frequency (10 kHz to 300 GHz)

Establece los límites de exposición a los campos electromagnéticos hasta frecuencias de 300 GHz. Anuladas en el año 2000 por la CE.

### 3.4.5. ITU-T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición a los campos electromagnéticos

Se establece un método de cálculo y un procedimiento de evaluación de las instalaciones para asegurar que las emisiones radioeléctricas estén por debajo de los límites establecidos por la ICNIRP.

### 3.4.6. Radiation Protection Standard – Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz

Publicado en Mayo de 2002 por la ARPANSA (Australian Radiation Protection and Safety Agency), una entidad australiana que asesora sobre los posibles efectos sobre la salud y el medioambiente de las emisiones radioeléctricas, establece los límites de exposición a los campos electromagnéticos. Incluye además condiciones de protección del público en general y gestión del riesgo para exposición ocupacional, junto con información adicional de medida y cumplimiento de los niveles.

## 3.5. Límites de exposición a los campos electromagnéticos

Los estándares que especifican límites para la exposición a los campos electromagnéticos han sido desarrollados por grupos de expertos que han evaluado y valorado numerosos estudios científicos sobre los

efectos biológicos de los campos electromagnéticos, identificando los niveles de exposición para los que se pueden observar estos efectos en las personas. Todas las recomendaciones incorporan un factor de seguridad sobre estos valores para establecer los límites para la exposición a campos electromagnéticos con objeto de tener un margen de seguridad alto sobre los distintos aspectos que pueden influir, como las condiciones ambientales, la posible mayor sensibilidad térmica de ciertos grupos de población como ancianos, niños y enfermos, diferencias en la absorción de energía electromagnética por individuos de distintas tallas, etc. La mayoría de los trabajos especifican dos tipos de límites, según el carácter de la exposición:

- Exposición controlada u ocupacional: los sujetos son conscientes de la exposición, pueden ejercer control sobre la misma y tomar las precauciones de seguridad necesarias;
- Exposición no controlada: es la exposición del público en general, que no es consciente de su exposición a campos electromagnéticos y no puede ejercer control sobre la misma.

Los factores de seguridad suelen ser de 10 veces para la exposición ocupacional y de 50 veces para la exposición del público en general. Asimismo, en las recomendaciones se definen dos tipos de restricciones:

- Restricciones básicas: son los niveles de exposición a los campos electromagnéticos para los que se pueden observar efectos térmicos en las personas. Se expresan en términos de la densidad de corriente en la cabeza y el tronco, y de la TAE media en todo el cuerpo y la TAE localizada (extremidades);
- Niveles de referencia: son los niveles, en términos de la intensidad de campo eléctrico, la intensidad de campo magnético y la densidad de potencia, utilizados para realizar las medidas experimentales y verificar que se cumplen las restricciones básicas.

El cumplimiento de los niveles de referencia asegura el cumplimiento de las restricciones básicas, pero lo contrario no es cierto: la superación de dichos niveles no implica que no se cumplan las restricciones básicas. En las siguientes tablas se recogen los valores de los niveles de referencia dados por distintas organizaciones en función de la frecuencia del campo al que se está expuesto.

### 3.5.1. ICNIRP

**Tabla 2. Niveles de referencia establecidos por la ICNIRP. Exposición ocupacional**

| Frecuencias      | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0 – 1 Hz         | –                                       | $1,63 \cdot 10^5$                       | –                                                        |
| 1 – 8 Hz         | 20000                                   | $1,63 \cdot 10^5 / f^2$                 | –                                                        |
| 8 – 25 Hz        | 20000                                   | $2 \cdot 10^4 / f$                      | –                                                        |
| 0,025 – 0,82 kHz | $500 / f$                               | $20 / f$                                | –                                                        |
| 0,82 – 65 kHz    | 610                                     | 24,4                                    | –                                                        |
| 0,065 – 1 MHz    | 610                                     | $1,6 / f$                               | –                                                        |
| 1 – 10 MHz       | $610 / f$                               | $1,6 / f$                               | –                                                        |
| 10 – 400 MHz     | 61                                      | 0,16                                    | 10                                                       |
| 400 – 2000 MHz   | $3 \cdot f^{0,5}$                       | $0,008 \cdot f^{0,5}$                   | $f / 40$                                                 |
| 2 – 300 GHz      | 137                                     | 0,36                                    | 50                                                       |

**Tabla 3. Niveles de referencia establecidos por la ICNIRP. Exposición público en general**

| Frecuencias     | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0 – 1 Hz        | –                                       | $3,2 \cdot 10^4$                        | –                                                        |
| 1 – 8 Hz        | 10000                                   | $3,2 \cdot 10^4 / f^2$                  | –                                                        |
| 8 – 25 Hz       | 10000                                   | $4000 / f$                              | –                                                        |
| 0,025 – 0,8 kHz | $250 / f$                               | $4 / f$                                 | –                                                        |
| 0,8 – 3 kHz     | $250 / f$                               | 5                                       | –                                                        |
| 3 – 150 kHz     | 87                                      | 5                                       | –                                                        |
| 0,15 – 1 MHz    | 87                                      | $0,73 / f$                              | –                                                        |
| 1 – 10 MHz      | $87 / f^{0,5}$                          | $0,73 / f$                              | –                                                        |
| 10 – 400 MHz    | 28                                      | 0,073                                   | 2                                                        |
| 400 – 2000 MHz  | $1,375 \cdot f^{0,5}$                   | $0,0037 \cdot f^{0,5}$                  | $f / 200$                                                |
| 2 – 300 GHz     | 61                                      | 0,16                                    | 10                                                       |

Nota: La frecuencia  $f$  viene expresada en la misma unidad que la columna del margen de frecuencias.

### 3.5.2. ANSI/IEEE

**Tabla 4. Valores máximos permitidos establecidos por el ANSI/IEEE. Entorno controlado (exposición ocupacional)**

| Frecuencias MHz | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,1-1,0         | 1842                                    | $16,3 / f_M$                            | $(9000, 100000 / f_M^2)^{**}$                            |
| 1,0-30          | $1842 / f_M$                            | $16,3 / f_M$                            | $(9000 / f_M^2, 100000 / f_M^2)$                         |
| 30 – 100        | 61,4                                    | $16,3 / f_M$                            | $(10, 10000 / f_M^2)$                                    |
| 100 – 300       | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                                       |
| 300 – 3000      | –                                       | –                                       | $f_M / 30$                                               |
| 3000 – 30000    | –                                       | –                                       | 100                                                      |
| 30000-300000    | –                                       | –                                       | 100                                                      |

**Tabla 5. Valores máximos permitidos establecidos por el ANSI/IEEE. Entorno no controlado (exposición público en general)**

| Frecuencias MHz | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,1 - 1,34      | 614                                     | $16,3 / f_M$                            | $(1000, 100000 / f_M^2)^{**}$                            |
| 1,34 - 3        | $823,8 / f_M$                           | $16,3 / f_M$                            | $(1800 / f_M^2, 100000 / f_M^2)$                         |
| 3 - 30          | $823,8 / f_M$                           | $16,3 / f_M$                            | $(1800 / f_M^2, 100000 / f_M^2)$                         |
| 30 - 100        | 27,5                                    | $158,3 / f_M^{1,668}$                   | $(2,9400000 / f_M^{3,336})$                              |
| 100 - 400       | 27,5                                    | 0,0729                                  | 2                                                        |
| 400 - 2000      | –                                       | –                                       | $f_M / 200$                                              |
| 2000 - 5000     | –                                       | –                                       | 10                                                       |
| 5000 - 30000    | –                                       | –                                       | 10                                                       |
| 30000 - 100000  | –                                       | –                                       | 10                                                       |
| 100000-300000   | –                                       | –                                       | $(90 f_M - 7000) / 200$                                  |

Notas:1. \*\* Estos valores de densidad de potencia equivalente, aunque no son apropiados para condiciones de campo cercano, se utilizan como comparación conveniente con valores a frecuencias más altas y se muestran en algunos de los instrumentos empleados para realizar las medidas.

2. La frecuencia  $f_m$  expresada en MHz y  $f_G$ , en GHz.

3. Para la exposición en entornos no controlados, el tiempo de promediado de la columna de la izquierda es para valores de  $IEI^2$ , el de la derecha es para valores de  $IHI^2$ . Para frecuencias superiores a 400 MHz, el tiempo de promediado es para la densidad de potencia  $S$ .

4. Para valores inferiores a 100 kHz, se aplican las restricciones básicas. Cabe destacar que los rangos de frecuencias especificados difieren de los incluidos en la versión anterior de este estándar.

### 3.5.3. ARPANSA

**Tabla 6. Niveles de referencia establecidos por la ARPANSA. Exposición ocupacional**

| Frecuencias     | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 100 kHz – 1 MHz | 614                                     | 1,63/f                                  | –                                                        |
| 1 – 10 MHz      | 614/f                                   | 1,63/f                                  | 1000/f <sup>2</sup>                                      |
| 10 – 400 MHz    | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                                       |
| 400 MHz – 2 GHz | $3,07 \cdot f^{0.5}$                    | $0,00814 \cdot f^{0.5}$                 | $f/40$                                                   |
| 2 GHz – 300 GHz | 137                                     | 0,364                                   | 50                                                       |

Nota: La frecuencia  $f$  viene expresada en MHz.

**Tabla 7. Niveles de referencia establecidos por la ARPANSA. Exposición público en general**

| Frecuencias       | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 100 kHz – 150 kHz | 86,8                                    | 4,86                                    | –                                                        |
| 150 kHz – 1 MHz   | 86,8                                    | 0,729/f                                 | –                                                        |
| 1 – 10 MHz        | $86,8 \cdot f^{0.5}$                    | 0,729/f                                 | –                                                        |
| 10 – 400 MHz      | 27,4                                    | 0,0729                                  | 2                                                        |
| 400 MHz – 2 GHz   | $1,37 \cdot f^{0.5}$                    | $0,00364 \cdot f^{0.5}$                 | $f/200$                                                  |
| 2 – 300 GHz       | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                                       |

### 3.5.4. FCC

**Tabla 8. Niveles de referencia establecidos por la FCC. Exposición ocupacional**

| Frecuencias    | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,3 – 3 MHz    | 614                                     | 1,63                                    | 1000                                                     |
| 3 – 30 MHz     | 1842/f                                  | 4,89/f                                  | 9000/f <sup>2</sup>                                      |
| 30 – 300 MHz   | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                                       |
| 300 – 1500 MHz | –                                       | –                                       | $f/30$                                                   |
| 1,5 – 100 GHz  | –                                       | –                                       | 50                                                       |

**Tabla 9. Niveles de referencia establecidos por la FCC. Exposición público en general**

| Frecuencias    | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,3 – 3 MHz    | 614                                     | 1,63                                    | 1000                                                     |
| 3 – 30 MHz     | 824/f                                   | 2,19/f                                  | 1800/f <sup>2</sup>                                      |
| 30 – 300 MHz   | 27,5                                    | 0,073                                   | 2                                                        |
| 300 – 1500 MHz | –                                       | –                                       | $f/150$                                                  |
| 1,5 – 100 GHz  | –                                       | –                                       | 10                                                       |

Nota: La frecuencia  $f$  viene expresada en la misma unidad que la columna del margen de frecuencias.

### 3.5.5. Ministerio de Salud de Canadá

**Tabla 10. Niveles de referencia establecidos por el Ministerio de Salud de Canadá. Exposición ocupacional**

| Frecuencias    | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,003 – 1 MHz  | 600                                     | 4,9                                     | –                                                        |
| 1 – 10 MHz     | 600/f                                   | 4,9/f                                   | –                                                        |
| 10 – 30 MHz    | 60                                      | 4,9/f                                   | –                                                        |
| 30 – 300 MHz   | 60                                      | 0,163                                   | 10                                                       |
| 300 – 1500 MHz | $3,54 \cdot f^{0.5}$                    | $0,0094 \cdot f^{0.5}$                  | $f/30$                                                   |
| 1,5 – 15 GHz   | 137                                     | 0,364                                   | 50                                                       |
| 15 – 150 GHz   | 137                                     | 0,364                                   | 50                                                       |
| 150 – 300 GHz  | $0,354 \cdot f^{0.5}$                   | $9,4 \cdot 10^{-4} \cdot f^{0.5}$       | $3,33 \cdot 10^{-4} \cdot f$                             |

Nota: La frecuencia  $f$  viene expresada en MHz.

**Tabla 11. Niveles de referencia establecidos por el Ministerio de Salud de Canadá. Exposición público en general**

| Frecuencias    | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m²] |
|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0,003 – 1 MHz  | 280                                     | 2,19                                    | –                                           |
| 1 – 10 MHz     | 280/f                                   | 2,19/f                                  | –                                           |
| 10 – 30 MHz    | 28                                      | 2,19/f                                  | –                                           |
| 30 – 300 MHz   | 28                                      | 0,073                                   | 2                                           |
| 300 – 1500 MHz | $1,585 \cdot f^{0.5}$                   | $0,0042 \cdot f^{0.5}$                  | $f/150$                                     |
| 1,5 – 15 GHz   | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                          |
| 15 – 150 GHz   | 61,4                                    | 0,163                                   | 10                                          |
| 150 – 300 GHz  | $0,158 \cdot f^{0.5}$                   | $4,21 \cdot 10^{-4} \cdot f^{0.5}$      | $6,67 \cdot 10^{-5} \cdot f$                |

### 3.5.6. Tablas comparativas

En función de las tablas anteriores, puede comprobarse que las normas de las instituciones de carácter científico – ICNIRP y ANSI/IEEE – son más detalladas, mientras que las de los reguladores – ARPANSA en Australia, FCC en Estados Unidos y el Ministerio de Salud de Canadá – simplifican las bandas de frecuencia consideradas. En definitiva, las organizaciones normalizadoras, partiendo de las propuestas de las comisiones científicas, elaboran un resumen para facilitar su aplicación.

En la Tabla 12 y en la Tabla 13 se recogen los distintos valores de los niveles de referencia, referidos en términos de densidad de potencia, para frecuencias de telefonía móvil y de acceso fijo inalámbrico para la exposición ocupacional y el público en general.

**Tabla 12. Comparación para varias bandas de frecuencias. Exposición ocupacional**

|           | Telefonía móvil |          | Acceso fijo inalámbrico |          |
|-----------|-----------------|----------|-------------------------|----------|
|           | 900 MHz         | 1800 MHz | 3,5 GHz                 | 26 GHz   |
| ICNIRP    | 22,5 W/m²       | 45 W/m²  | 50 W/m²                 | 50 W/m²  |
| ANSI/IEEE | 30 W/m²         | 60 W/m²  | 100 W/m²                | 100 W/m² |
| ARPANSA   | 22,5 W/m²       | 45 W/m²  | 50 W/m²                 | 50 W/m²  |
| FCC       | 30 W/m²         | 50 W/m²  | 50 W/m²                 | 50 W/m²  |
| CANADÁ    | 30 W/m²         | 50 W/m²  | 50 W/m²                 | 50 W/m²  |

**Tabla 13. Comparación para varias bandas de frecuencias. Exposición público en general**

|           | Telefonía móvil |          | Acceso fijo inalámbrico |         |
|-----------|-----------------|----------|-------------------------|---------|
|           | 900 MHz         | 1800 MHz | 3,5 GHz                 | 26 GHz  |
| ICNIRP    | 4,5 W/m²        | 9 W/m²   | 10 W/m²                 | 10 W/m² |
| ANSI/IEEE | 4,5 W/m²        | 9 W/m²   | 10 W/m²                 | 10 W/m² |
| ARPANSA   | 4,5 W/m²        | 9 W/m²   | 10 W/m²                 | 10 W/m² |
| FCC       | 6 W/m²          | 10 W/m²  | 10 W/m²                 | 10 W/m² |
| CANADÁ    | 6 W/m²          | 10 W/m²  | 10 W/m²                 | 10 W/m² |



CAPITULO  
04

Normativa en materia  
de emisiones  
radioeléctricas

04



A nivel nacional, la normativa en materia de emisiones radioeléctricas está contenida en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las mismas, la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero por la que se establecen condiciones de presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, como desarrollo de lo establecido en la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.

Asimismo, algunas Comunidades Autónomas, como Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, La Rioja y Navarra, y diversos Ayuntamientos han desarrollado normativas que complementan las disposiciones contenidas en la legislación estatal.

El objetivo de los siguientes párrafos es presentar los elementos básicos de estas disposiciones y establecer una comparación entre las distintas normativas.

Por último, se incluyen unas tablas resumen de la legislación en materia de emisiones radioeléctricas que existe en los países miembros de la Unión Europea.

#### 4.1. Real Decreto 1066/2001

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, desarrolla el articulado de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones<sup>1</sup>, regulando el despliegue de las instalaciones radioeléctricas y estableciendo unos criterios de protección de la salud pública.

#### Exposición de motivos

La liberalización de las Telecomunicaciones en España supuso una gran variedad de ofertas de servicios y derivó en la proliferación en el medio urbano y rural de un gran número de infraestructuras radioeléctricas. Este rápido crecimiento ha hecho surgir una preocupación por el tipo, carácter y niveles de emisión de estas instalaciones.

Según la Ley 11/1998 General de Telecomunicaciones (hoy Ley 32/2003), la inspección de las redes de telecomunicaciones corresponde al Ministerio de Ciencia y Tecnología (actualmente el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), que a su vez adjudica, a la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información la competencia para la gestión del dominio público radioeléctrico y la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas, en tanto no se produzca la efectiva constitución de la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones.

Las competencias sobre formas de energía que puedan suponer un riesgo para la salud se atribuyen, a través de la Ley 14/1986 General de Sanidad, al Ministerio de Sanidad y Consumo. Éste, mediante el Real Decreto 1450/2000, asigna a la Dirección General de la Salud Pública la competencia para evaluación, prevención y control sanitario de las radiaciones no ionizantes.

Es por ello que, para conseguir la protección efectiva de la salud pública, ambos Ministerios deben coordinarse y promover la investigación sobre emisiones radioeléctricas y salud humana, basándose en el mayor número posible de fuentes.

(1) "La Ley 11/1998 fue derogada y sustituida por la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones"

Este Real Decreto asume los criterios de protección sanitaria frente a los campos electromagnéticos establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999, recogidos a su vez de la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes).

Del mismo modo, prevé mecanismos de seguimiento de los niveles de exposición mediante la presentación de certificaciones e informes por los operadores de telecomunicaciones, la realización de planes de inspección y la elaboración de un informe anual por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

En los siguientes apartados se hace mención a algunos de los puntos más significativos del presente Reglamento que permiten comprender la filosofía básica del mismo.

#### Disposiciones

- **Artículo único:** Mediante el Real Decreto se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones sobre emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a éstas.
- **Disposición adicional única:** Siguiendo la Recomendación 1999/519/CE del Consejo Europeo, el Ministerio de Sanidad y Consumo elaborará a los tres años de entrada en vigor del Reglamento un informe sobre las experiencias obtenidas en la aplicación del mismo.
- **Disposición final primera:** Los Ministerios de Ciencia y Tecnología y Sanidad y Consumo dictarán las disposiciones necesarias para el desarrollo del Real Decreto según sus respectivas competencias.

#### Extracto del articulado

En las Disposiciones Generales (Capítulo I):

- **Artículo 1:** Se establece que el objeto del Reglamento es el desarrollo de la Ley 11/1998 General de Telecomunicaciones, en lo referente al establecimiento de condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, a la autorización, planificación e inspección de instalaciones, a las restricciones a las emisiones radioeléctricas y la evaluación de equipos y aparatos. También se desarrolla la Ley General de

Sanidad (14/1986, de 25 de julio) en relación con el establecimiento de límites de exposición.

- **Artículo 2:** El ámbito de aplicación incluye las emisiones de energías en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial, y que sean producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones o recibidas por estaciones del servicio de radioastronomía.

El Capítulo II, dedicado a la Protección del Dominio Público Radioeléctrico, contempla las limitaciones y servidumbres para la protección de las instalaciones radioeléctricas indicadas en su primer artículo.

- **Artículo 3:** Podrán imponerse las limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico y las servidumbres que resulten necesarias para la adecuada protección de instalaciones dedicadas al control del espectro radioeléctrico, estaciones de socorro y seguridad, de defensa, las dedicadas al control y seguimiento de satélites y las establecidas para investigación espacial y radioastronomía.

Los límites de exposición para la protección sanitaria y evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas se detallan en el Capítulo III:

- **Artículo 6:** Se establecen restricciones básicas (campos internos) y niveles de referencia (campos externos), según el Anexo II en zonas donde puedan permanecer habitualmente personas y para exposición a emisiones de equipos terminales.
- **Artículo 7:** El Ministerio de Sanidad y Consumo evaluará los riesgos sanitarios de exposición del público a los campos electromagnéticos y adaptará los límites del Anexo II según el progreso científico, teniendo en cuenta el principio de precaución y las evaluaciones realizadas por las organizaciones nacionales e internacionales competentes.

El Capítulo IV hace referencia a la autorización e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición:

- **Artículo 8** (Modificado por el apartado uno de la Disposición final cuarta del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril): Se establecen determinados requisitos para la autorización, criterios de planificación e instalación de estaciones radioeléctricas.
- Los operadores que establezcan redes o presten servicios de radiodifusión sonora y televisión, comunicaciones móviles, radiobúsqueda, servicios

fijo y móvil por satélite, radiodifusión por satélite y acceso vía radio (LMDS), presentarán un estudio detallado realizado por un técnico competente que indique los niveles de exposición en zonas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas fijas, donde puedan permanecer habitualmente personas.

- Los citados operadores presentarán, junto con el estudio un proyecto de instalación de señalización y, en su caso, vallado para restringir el acceso de personal no profesional a zonas donde pueden superarse las restricciones.

- No podrán establecerse nuevas instalaciones radioeléctricas ni modificarse las existentes si ello supone que se rebasen los valores límite.

- En la planificación de nuevas instalaciones se tendrá en cuenta:

- a) Niveles mínimos de potencia compatibles con la calidad de servicio (Control de potencia).

- b) Evitar incidencia del diagrama de radiación sobre los edificios, terrazas o áticos.

- c) Control de la compartición de emplazamientos.

- d) Minimizar niveles de emisión hacia zonas sensibles (escuelas, centros de salud, hospitales o parques públicos).

- **Artículo 9** (Modificado por el apartado dos de la Disposición final cuarta del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril) :

- La inspección y certificación de las instalaciones radioeléctricas es necesaria antes de utilizar el dominio público radioeléctrico.

- Los instaladores deberán estar inscritos en el Registro correspondiente.

- Los servicios técnicos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio elaborarán planes de inspección. Asimismo, los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8, anterior, remitirán a este Ministerio, en el primer trimestre de cada año, una certificación, redactada por técnico competente, del cumplimiento de los límites de

exposición establecidos en la normativa, en el año anterior, en sus instalaciones.

- El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio elaborará y difundirá anualmente un informe sobre exposición a emisiones.

En el Capítulo V, se contempla, entre otras disposiciones, la instalación de estaciones radioeléctricas en un mismo emplazamiento:

- **Artículo 12:** Los operadores se facilitarán mutuamente o a través de un gestor del emplazamiento los datos técnicos necesarios para el estudio de la viabilidad de la compartición.

En la **Disposición Transitoria Única**, acerca de la Certificación y Señalización de instalaciones autorizadas, se determina que en el plazo de nueve meses desde la entrada en vigor de este Reglamento, los operadores deberán enviar al Ministerio de Ciencia y Tecnología una certificación de sus instalaciones y tenerlas todas adecuadas en el plazo de un año.

El Anexo II (Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas) establece:

- Definiciones de las magnitudes físicas utilizadas en la normativa

- Restricciones básicas y niveles de referencia.

- a) Restricciones básicas: Las restricciones a la exposición de los campos electromagnéticos basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Se utilizan en forma de índice de absorción específica de energía (Specific Energy Absorption Rate, SAR) y densidad de potencia.

- b) Niveles de referencia: Se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición, para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas. Sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. El respeto de todos los niveles de referencia asegurará el respeto de las restricciones básicas.

- Si se cumplen los niveles de referencia, se asegura la satisfacción de las restricciones básicas. Si el valor medido sobrepasa el nivel de referencia, debe efectuarse una evaluación detallada para ver si los nive-

les de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

- En el caso de exposición a múltiples fuentes, se empleará una suma ponderada de campos para calcular las restricciones básicas.
- Para terminales móviles (exposición muy localizada) debe verificarse directamente si se cumple la restricción básica apropiada.
- En las siguientes tablas se indican los niveles de referencia que deben cumplir las instalaciones, especificándose dos tipos de límites, uno para la exposición ocupacional y otro para la exposición del público en general.

**Tabla 14. Niveles de referencia. Público en general**

| <b>Público en general</b> |                                                |                                                |                                                    |
|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Frecuencias</b>        | <b>Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m]</b> | <b>Intensidad de campo magnético (H) [A/m]</b> | <b>Densidad de potencia equivalente (S) [W/m²]</b> |
| 0 - 1Hz                   | –                                              | $3,2 \cdot 10^4$                               | –                                                  |
| 1 - 8Hz                   | 10000                                          | $3,2 \cdot 10^4 / f^2$                         | –                                                  |
| 8 - 25Hz                  | 10000                                          | $4000 / f$                                     | –                                                  |
| 0,025 - 0,8kHz            | $250 / f$                                      | $4 / f$                                        | –                                                  |
| 0,8 - 3kHz                | $250 / f$                                      | 5                                              | –                                                  |
| 3 - 150kHz                | 87                                             | 5                                              | –                                                  |
| 0,15 - 1MHz               | 87                                             | $0,73 / f$                                     | –                                                  |
| 1 - 10MHz                 | $87 / f^{0,5}$                                 | $0,73 / f$                                     | –                                                  |
| 10 - 400MHz               | 28                                             | 0,073                                          | 2                                                  |
| 400 - 2000MHz             | $1,375 \cdot f^{0,5}$                          | $0,0037 \cdot f^{0,5}$                         | $f / 200$                                          |
| 2 - 300GHz                | 61                                             | 0,16                                           | 10                                                 |

*Nota: La frecuencia f viene expresada en MHz.*

- En entornos complejos, en los que se da una exposición simultánea a fuentes de múltiples frecuencias, deberán cumplirse los siguientes criterios como restricciones básicas.
- En relación con las densidades de corriente inducida los efectos de estimulación eléctrica, pertinentes entre 1Hz y 10MHz, los niveles de campo deben cumplir las siguientes relaciones:

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{KHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150\text{KHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

donde:

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

$E_{L,i}$ : nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i

$H_j$ : intensidad de campo magnético medido a la frecuencia j

$H_{L,j}$ : nivel de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia j

$a = 87 \text{ V/m}$  y  $b = 5 \text{ A/m}$  ( $6,25 \mu\text{T}$ ).

- Para considerar los efectos térmicos, pertinentes desde los 100 kHz, se debe cumplir:

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100\text{KHz}}^{150\text{KHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>150\text{KHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

donde:

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

$E_{L,i}$ : nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i

$H_j$ : intensidad de campo magnético medido a la frecuencia j

$H_{L,j}$ : nivel de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia j

$c = 87 / f^{1/2} \text{ V/m}$  y  $d = 0,73 / f \text{ A/m}$  (f en MHz).

*Nota: La exposición ocupacional no está contemplada en el Real Decreto 1066/2001, sin embargo se adoptan las recomendaciones del ICNIRP sobre exposición laboral a CEM. Los límites de la tabla 15 están pendientes de la transposición a los Estados miembros antes del 30 de abril de 2012 de la Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos). La citada Directiva permite a los Estados la opción de mantener o adoptar disposiciones más favorables para la protección de los trabajadores, en particular fijando, para los campos electromagnéticos, valores inferiores para los valores que dan lugar a una acción (niveles de referencia) o los valores límites de exposición (restricciones básicas).*

**Tabla 15. Niveles de referencia. Exposición ocupacional**

| Ocupacional     |                                         |                                         |                                             |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| Frecuencias     | Intensidad de campo eléctrico (E) [V/m] | Intensidad de campo magnético (H) [A/m] | Densidad de potencia equivalente (S) [W/m²] |
| 0 - 1Hz         | –                                       | $1,63 \cdot 10^5$                       | –                                           |
| 1 - 8Hz         | 20000                                   | $1,63 \cdot 10^5 / f^2$                 | –                                           |
| 8 - 25Hz        | 20000                                   | $2 \cdot 10^4 / f$                      | –                                           |
| 0,025 - 0,82kHz | $500 / f$                               | $20 / f$                                | –                                           |
| 0,82 - 65kHz    | 610                                     | 24,4                                    | –                                           |
| 0,065 - 1MHz    | 610                                     | $1,6 / f$                               | –                                           |
| 1 - 10MHz       | $610 / f$                               | $1,6 / f$                               | –                                           |
| 10 - 400MHz     | 61                                      | 0,16                                    | 10                                          |
| 400 - 2000MHz   | $3 \cdot f^{0,5}$                       | $0,008 \cdot f^{0,5}$                   | $f / 40$                                    |
| 2 - 300GHz      | 137                                     | 0,36                                    | 50                                          |

## 4.2. Orden CTE/23/2002

La Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, desarrolla el Real Decreto 1066/2001 (puntos 1, 2, 4 y 7 del artículo 8, punto 3 del artículo 9 y apartado 1 de la Disposición Transitoria Única), regulando las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a los que hace referencia.

De esta forma, establece la clasificación de las centrales radioeléctricas, y fija los procedimientos técnicos y administrativos y el método de medida a realizar en cada uno de los emplazamientos de emisiones radioeléctricas.

En los siguientes apartados se citan los puntos más significativos de la presente Orden.

### Tipología de las estaciones radioeléctricas

Las estaciones radioeléctricas se clasifican en función de su potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) y de su ubicación:

- ER1: PIRE >10 W, situadas en suelo urbano;
- ER2: PIRE ≤ 10 W, situadas en suelo urbano;
- ER3: PIRE >10 W, situadas en suelo no urbano, en cuyo entorno existan áreas en las que puedan permanecer habitualmente las personas;
- ER4: PIRE ≤ 10 W, situadas en suelo no urbano, en cuyo entorno existan áreas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

Asimismo, el documento publicado por la SETSI “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y televisión)”, define un nuevo tipo de estación radioeléctrica:

- ER5: estaciones rurales aisladas; es decir, situadas en suelo no urbano y en cuyo entorno no permanezcan habitualmente personas.

### Estudio de niveles de exposición e incorporación en el procedimiento de solicitud de autorización de estaciones radioeléctricas

Como se ha indicado en el apartado 4.1, los operadores que establezcan redes soporte de los servicios enumerados en el artículo 8.1 del Real Decreto 1066/2001 presentarán ante el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, un estudio detallado, realizado por técnico competente, que indique los niveles de exposición a emisiones radioeléctricas en áreas cercanas a sus instalaciones en las que puedan permanecer personas (Formulario A). Dicho estudio será incorporado en el proyecto o propuesta técnica

necesaria para solicitar la autorización para la instalación de la estación. Deberá incluir:

- a) Identificación del técnico competente que los firma.
- b) Visado del Colegio Profesional.
- c) Características técnicas de la estación.
- d) Características del entorno donde se ubica la estación documentado con planos.

Para todas las estaciones se aportarán los valores de los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los niveles de emisión preexistentes, en los puntos que se consideren más desfavorables.

Para las estaciones de tipo ER1 y ER3, se calculará un volumen de referencia en forma de paralelepípedo u otra figura geométrica adecuada. Para las estaciones tipo ER1 y ER2, cuando en un entorno de 100 metros de las mismas existan espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias, centros geriátricos, etc.) el estudio tendrá en consideración la presencia de dichos espacios, para lo que se justificará la minimización de los niveles de exposición.

Para las estaciones ER5<sup>2</sup> no será necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de las estaciones, siendo suficiente la justificación de que el volumen de referencia no incide en zonas con presencia habitual de personas y que el nivel de exposición máximo en zonas donde pudiese haber público es inferior al nivel de decisión. Por tanto no existe un modelo como tal para estas estaciones, siendo sólo necesario incluir las características radioeléctricas de la estación.

#### **Certificación anual de instalaciones**

Los operadores a los que se refiere el artículo 8.1 del Real Decreto 1066/2001, deberán remitir al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por técnico competente de que se han respetado durante el año anterior los límites de exposición establecidos en el Anexo II del Reglamento (Entre paréntesis se indican los formularios

oficiales establecidos por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información para la presentación de las certificaciones en formato electrónico).

- Para las estaciones en proyecto o aquellas que hayan sido modificadas (Formulario A).
- Para las estaciones tipo ER1 y ER3, cuyos valores de los niveles de emisión, comunicados en certificaciones correspondientes a años anteriores, en las áreas del entorno en las que pudieran permanecer personas habitualmente alcancen “los niveles de decisión”, deberán formar parte de la certificación medidas de niveles de emisión radioeléctrica en dichas áreas. (Formulario B).
- Para el resto de las estaciones tipo ER1 y ER3 que no superen dicho niveles, así como para las del tipo ER2 y ER4, deberá figurar en la certificación una constatación de que en el entorno de la estación, en las áreas que pudieran permanecer habitualmente personas, se mantienen los valores de los niveles de emisión por debajo de los límites establecidos. (Formulario C).
- Para las estaciones tipo ER1 y ER2, cuando en un entorno de 100 metros de las mismas existan espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos), la certificación deberá contener medidas de niveles de emisión radioeléctrica en dichas áreas sensibles. (Formulario D).

#### **Instalaciones radioeléctricas en un mismo emplazamiento**

En el supuesto de que varias estaciones radioeléctricas de un mismo operador o de diferentes operadores se ubiquen en el mismo emplazamiento, y lleguen a acuerdos para el intercambio de los datos necesarios para la realización de estudios, o certificaciones, bien directamente o a través del gestor de emplazamiento, se podrán realizar los mismos de forma conjunta para dichas estaciones.

(2) “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y de televisión) Versión 3.2 (7 de enero de 2005). SETSI

### Certificaciones de instalaciones preexistentes

La certificación de conformidad para instalaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad a la entrada en vigor del Real Decreto 1066/2001 deberá ser realizada por técnico competente y visada por el Colegio Profesional.

Asimismo, ha de contener la información descrita en el apartado tercero de esta Orden, con las medidas de los niveles de emisión reales correspondientes, conforme al modelo establecido en el Anexo III de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero

### Anexos

La Orden CTE/23/2002 incluye los siguientes anexos:

#### I. Modelo de certificación de estaciones en proyecto

#### II. Modelo de certificación anual de estaciones instaladas

#### III. Modelo de certificación de estaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad al 1 de octubre de 2001

#### IV. Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión

Los informes de medidas solicitados en las certificaciones correspondientes a los anexos I, II y III han de realizarse de acuerdo con los procedimientos descritos en el anexo IV.

Existen tres fases en el procedimiento de medida y una anterior a las mediciones:

##### · Fase previa a las mediciones

Es necesario reunir toda la información posible acerca de las estaciones radioeléctricas a evaluar y su entorno. Por ejemplo, identificar la presencia de zonas donde habitualmente puedan permanecer las personas, en la dirección de máxima radiación, estimar los efectos sobre la radiación de posibles edificios u otros obstáculos, comprobar que el aparato de medida sea el adecuado y esté calibrado correctamente, etc.

También hay que tener en cuenta que los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001, son los valores RMS imperturbados. Por ello, se utilizarán elementos adicionales para la medida, tales como trípodes no metálicos o mástiles, para separar el equipo de medida del cuerpo del operario y evitar las perturbaciones.

Ha de considerarse si el punto donde se realiza la medida se encuentra en zona de “campo cercano” o de “campo lejano”. A efectos prácticos y para frecuencias inferiores a 1GHz, si la distancia entre el punto de medida y la antena radiante es mayor que  $3\lambda$  (siendo  $\lambda$  la longitud de onda de la frecuencia de trabajo), se considera “campo lejano” y si es menor, “campo cercano”.

En el caso de que el punto de medida estuviese en “campo cercano”, sería necesario verificar las intensidades de campo eléctrico  $E$  (V/m) y magnético  $H$  (A/m), a fin de comparar con los valores establecidos, para cada una de estas magnitudes. Si el punto de medida se encontrase en “campo lejano”, sólo sería necesario medir una de las magnitudes de intensidad de campo, deduciéndose la otra por las expresiones:

$$|E| = |H| \times \eta_0 \quad |H| = \frac{|E|}{\eta_0}$$
$$(\eta_0 = 337\Omega)$$

Se realizará además, la “puesta a cero” del equipo, si éste lo requiere, a fin de garantizar unas mediciones libres de errores. Se considerarán factores como el tipo de servicio a medir, potencias que pueden ser usadas, polarización de las emisiones, directividad, altura, orientación, inclinación y dimensiones de antenas radiantes y, en general, cualquier aspecto radioeléctrico que pueda condicionar el resultado de la medida.

- Fase-1 de medida (vista rápida del ambiente radioeléctrico)

En esta fase, se utilizan equipos de medida de banda ancha con sondas isotrópicas que permiten caracterizar ambientes radioeléctricos de forma rápida, aunque no ofrecen información de cada componente espectral. Los resultados obtenidos en el proceso de medida, para cada magnitud, deberán compararse con los “niveles de decisión”, que se establecen en 6dB por debajo de los niveles de referencia establecidos en el Anexo II del Real Decreto 1066/2001.

El proceso de medida consiste en:

- Recorrer con la sonda el entorno de la estación accesible al público, tomando medidas instantáneas con el fin de identificar los puntos de máxima exposición, variando la altura relativa de la sonda respecto del suelo entre 0 y 2 metros, estimando los más significativos.
- Identificados éstos se realizarán las medidas evitando que la presencia de quien las realiza afecte al resultado. Se tomarán muestras (una por segundo) durante un periodo de 6 minutos y se obtendrá el valor promediado en ese periodo.
- Se medirá la distancia desde el punto de medida a la fuente emisora.

- Se almacenarán y anotarán los valores RMS (valores cuadráticos medios, o en inglés, root mean square) obtenidos de las medidas.

- Si en el momento de la medida la estación no emitiera con su máxima potencia autorizada, se efectuará una extrapolación del valor medido, al objeto de obtener el nivel de exposición en ese punto en el supuesto de que dicha estación emitiese a máxima potencia.

- Comparación de los valores obtenidos de las medidas con los “niveles de decisión”. Si son niveles superiores a los niveles de decisión, será necesario pasar a la fase-2 o a la fase-3, según las circunstancias. En caso contrario, se considerará que la estación cumple los límites del Real Decreto 1066/2001.

Las siguientes figuras ilustran los niveles de decisión con respecto a los de referencia del Real Decreto

- En el caso de intensidad de campo eléctrico (V/m)
- En el caso de densidad de potencia ( $W/m^2$ )

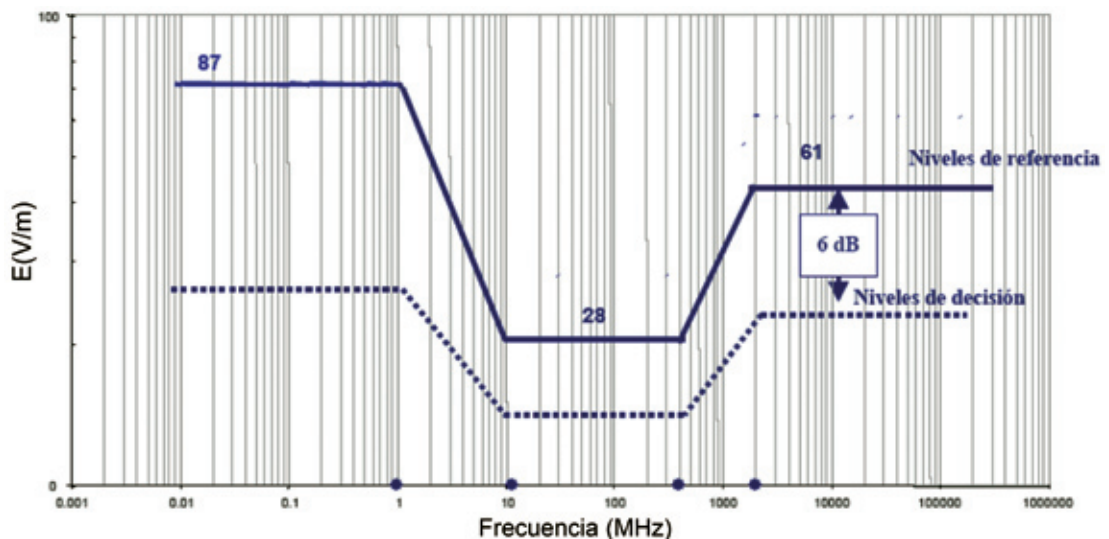


Figura 2. Niveles de referencia y de decisión. Intensidad de campo eléctrico

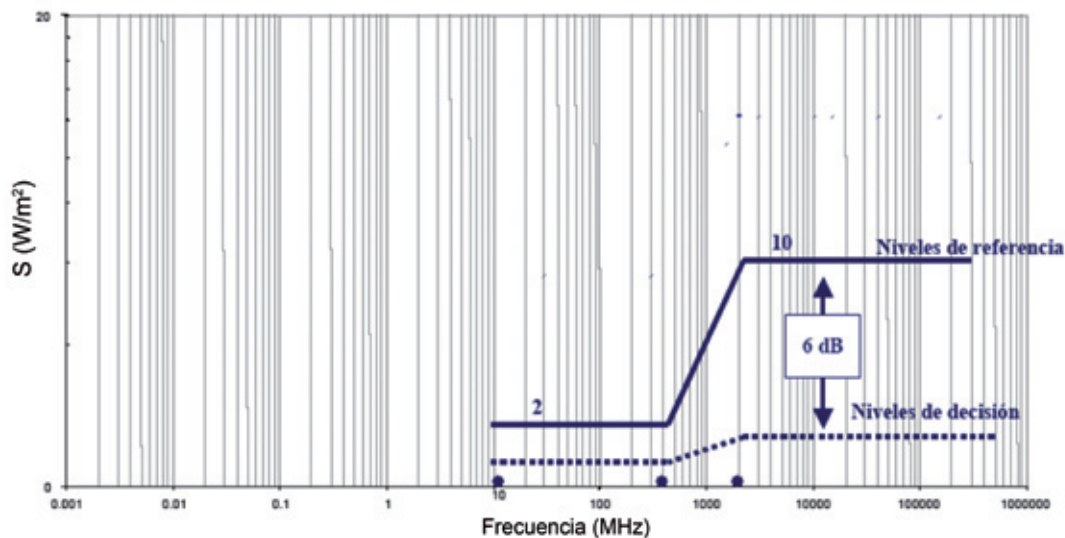


Figura 3. Niveles de referencia y de decisión. Densidad de Potencia

Para una mejor interpretación de los “niveles de decisión” en la comprobación técnica de las emisiones radioeléctricas, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ha distribuido el documento titulado “Notas aclaratorias acerca de los criterios de aplicación de “niveles de decisión” señalados en la Orden Ministerial: CTE/23/2002, de 11 de enero por la

que se establecen las condiciones para la presentación de determinados estudios o certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones”. (Ver Anexo 2.3)

Que para frecuencias ejemplo de diferentes servicios:

Tabla 16. Niveles de referencia y decisión. Intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia

| Servicio                      | Sistema | f(MHz) | Nivel de referencia |        | Nivel de decisión |        |
|-------------------------------|---------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
|                               |         |        | (V/m)               | (W/m²) | (V/m)             | (W/m²) |
| Radiodifusión                 | AM      | 0,5    | 87                  | –      | 43,5              | –      |
|                               |         | 1,5    | 71,03               | –      | 35,5              | –      |
| Radiodifusión                 | FM      | 100    | 28                  | 2      | 14                | 0,5    |
| TV Terrenal                   | UHF     | 470    | 29,8                | 2,35   | 14,9              | 0,59   |
|                               |         | 830    | 39,6                | 4,15   | 19,8              | 1,04   |
| Telefonía móvil               | TACS    | 450    | 29,2                | 2,25   | 14,6              | 0,56   |
| Telefonía móvil               | GSM     | 900    | 41,2                | 4,5    | 20,6              | 1,13   |
| Telefonía móvil               | DCS     | 1800   | 58,3                | 9      | 29,2              | 2,25   |
| Telefonía móvil               | UMTS    | 2000   | 61                  | 10     | 30,5              | 2,5    |
| Telefonía fija<br>inalámbrica | LMDS    | 3500   | 61                  | 10     | 30,5              | 2,5    |
|                               |         | 26000  | 61                  | 10     | 30,5              | 2,5    |

· Fase-2 de medida

Para medidas en banda estrecha, objeto de la Fase-2, se deben emplear analizadores de espectro o receptores de banda ancha selectivos en frecuencia. Tienen una mayor sensibilidad, pero también necesitan un mayor tiempo para realizar la medida y han de utilizarse antenas con características radioeléctricas conocidas, como polarización, impedancia de entrada, ganancia y la atenuación del cable entre la antena y el equipo de medida.

Las medidas se realizarán en la banda de frecuencias comprendida entre 9kHz y 3GHz y consistirán en determinar todas las componentes espectrales significativas, buscando para cada una de ellas el caso peor.

Una vez obtenido el nivel de cada componente espectral se deberá calcular la magnitud adecuada para su comparación con los límites de exposición del Anexo II del Real Decreto 1066/2001.

A efectos de obtener la exposición total de las componentes espectrales significativas, se considerarán las que superen el nivel de 40dB por debajo de valores establecidos en el Anexo II del Real Decreto.

Si en cada punto de medida y considerando la suma de todas las componentes se cumplen los valores es-

tablecidos, se considerará que la estación está adaptada al Real Decreto 1066/2001.

· Fase-3 de medida

Cuando no sea posible realizar las medidas en “campo lejano”, o las fuentes emisoras se encuentren operando fuera del rango de frecuencias de la fase-2, es decir, tengamos señales de frecuencia inferior a 9kHz o superior a 3GHz, se realizarán las medias contempladas en esta fase. Requerirá un análisis más exhaustivo de las emisiones, la utilización del equipamiento de medida apropiado para cada caso y se realizarán medidas de las magnitudes necesarias a fin de documentar técnicamente cada una de las fuentes emisoras y verificar que sus niveles de intensidades de campo eléctrico y magnético presentan valores fácilmente comparables con los niveles de referencia fijados en el Real Decreto.

En esta fase-3 deberán incluirse otro tipo de emisiones, como las emisiones pulsantes (por ejemplo, los sistemas radar) o cualquier otra que por sus especiales características necesite ser analizada de manera singular, debiendo ser señaladas estas circunstancias en el correspondiente informe de medidas.

Con el siguiente diagrama de flujo se ilustra el protocolo de medidas:

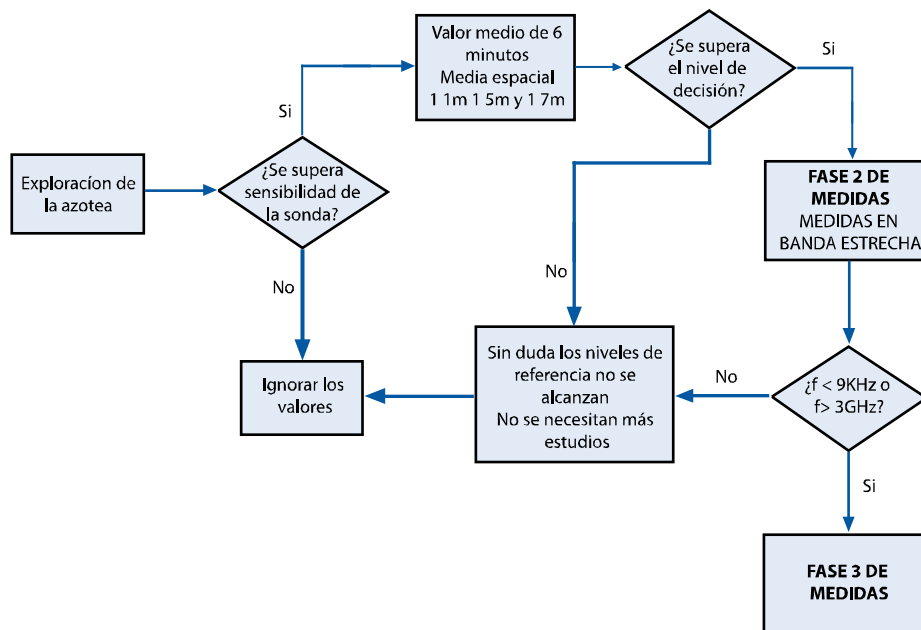


Figura 4. Protocolo de medidas. Diagrama de flujo

Según establece la normativa, los estudios, certificaciones e informes relativos a estaciones radioeléctricas, deben ser visados en el Colegio profesional al que pertenezca el técnico competente que firme los trabajos. Para facilitar la gestión de visado, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación ha desarrollado la plataforma de visado telemático VisaTel® que facilita el visado y la tramitación de estas certificaciones.

### 4.3. Ley 32/2003

La Ley 32/2003, General de Telecomunicaciones sustituye y deroga la Ley 11/1998, de 24 de abril, incorporando a la misma las normas de la Unión Europea en materia de comunicaciones, aprobadas en marzo de 2002. A efectos de este resumen, el interés de la presente Ley reside en los puntos relativos a la regulación de las emisiones radioeléctricas.

En su exposición de motivos se refiere expresamente a este aspecto, estableciéndose como requisito esencial en la prestación de servicios mediante tecnologías que usen el dominio público radioeléctrico, el respeto a los límites de las emisiones radioeléctricas establecidas en la normativa vigente. Los artículos citados a continuación son precisamente los referidos a las infraestructuras de radiocomunicaciones, sus niveles de emisión y su instalación.

#### Extracto del articulado

##### • Artículo 30. Ubicación compartida y uso compartido de la propiedad pública o privada.

1. “Las Administraciones públicas fomentarán la celebración de acuerdos voluntarios entre operadores para la ubicación compartida y el uso compartido de infraestructuras situadas en bienes de titularidad pública o privada”.
3. “El uso compartido se articulará mediante acuerdos entre los operadores. A falta de acuerdo, las condiciones se establecerán mediante resolución de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.”
4. “Cuando en aplicación de lo dispuesto en este artículo se imponga el uso compartido de instalaciones radioeléctricas emisoras pertenecientes a redes públicas de comunicaciones electrónicas y de ello derive

la obligación de reducir los niveles de potencia de emisión, deberán autorizarse más emplazamientos si son necesarios para garantizar la cobertura de la zona de servicio”.

A nivel europeo, son varias las Directivas que tratan el tema de la compartición. Así la Directiva 97/33/CE de Interconexión, en su artículo 11 trata determinados aspectos de la ubicación e instalaciones compartidas.

“Cuando un organismo que preste redes públicas de telecomunicaciones y/o servicios de telecomunicaciones accesibles al público y disfrute, con arreglo a la legislación nacional, de un derecho general a montar instalaciones en un terreno público o privado, o por encima o por debajo del mismo, o pueda beneficiarse de un procedimiento de expropiación o utilización de una propiedad, las autoridades nacionales de reglamentación procurarán que tales instalaciones y propiedad sean compartidas con otros organismos que presten redes y servicios de telecomunicaciones accesibles al público, en particular, cuando unos requisitos esenciales priven a otros organismos de alternativas de acceso viables. Los acuerdos de ubicación o instalaciones compartidas serán normalmente objeto de acuerdo técnico y comercial entre las partes afectadas. La autoridad nacional de reglamentación podrá intervenir para solucionar litigios, según prevé el artículo 9.

En particular, los Estados miembros sólo podrán obligar a celebrar acuerdos de uso compartido de instalaciones y/o propiedad (incluida de ubicación física) transcurrido un período adecuado de consulta pública durante el cual todas las partes interesadas deben tener oportunidad de expresar sus opiniones. Tales acuerdos podrán incluir reglas de prorrateo de los costes del uso compartido de las instalaciones y/o de la propiedad.”

La Directiva 2002/19/CE, relativa a un marco regulador común de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas establece los objetivos de un marco comunitario que regule las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas, entre los que figuran las redes de telecomunicaciones fijas y móviles. En el artículo 12, se establecen las obligaciones relativas al acceso a recursos específicos de las redes y a su utilización. Entre otras cosas se puede imponer al operador que faciliten la ubicación u otras modalidades

de compartición de instalaciones como conductos, edificios y mástiles.

Igualmente, en la Directiva Marco 2002/21/CE para la regulación de redes y servicios de comunicaciones electrónicas señala que el uso compartido de recursos puede resultar beneficioso por motivos de ordenación territorial, de salud pública o medioambientales y las autoridades deben fomentarlo sobre la base de acuerdos voluntarios. En la citada Directiva se explica que si se comparten mástiles o torres, por motivos medioambientales, puede significar una reducción de los niveles máximos de potencia transmitida por cada operador, para no sobrepasar los límites de exposición. Esto puede provocar que sea necesario la instalación de más estaciones base con la finalidad de garantizar la cobertura nacional.

· **Artículo 32. Otras servidumbres y limitaciones a la propiedad.**

1. “Podrán establecerse las limitaciones a la propiedad y a la intensidad del campo eléctrico y las servidumbres que resulten necesarias para la protección radioeléctrica de determinadas instalaciones o para asegurar el adecuado funcionamiento de estaciones o instalaciones radioeléctricas utilizadas para la prestación de servicios públicos, por motivos de seguridad pública o cuando así sea necesario en virtud de acuerdos internacionales, en los términos de la disposición adicional primera y las normas de desarrollo de esta ley”.

Con objeto de realizar una adecuada gestión del dominio público radioeléctrico, se adoptan medidas de protección que garanticen su aprovechamiento óptimo y la calidad de los servicios de radiocomunicaciones.

· **Artículo 44. Facultades del Gobierno para la gestión del dominio público radioeléctrico.**

1.a) “El procedimiento de determinación, control e inspección de los niveles de emisión radioeléctrica tolerable y que no supongan un peligro para la salud pública, en concordancia con lo dispuesto por las recomendaciones de la Comisión Europea. Tales límites deberán ser respetados, en todo caso, por el resto de Administraciones públicas, tanto autonómicas como locales”.

Es decir, la gestión del espectro radioeléctrico es competencia estatal y se ejercerá en concordancia con lo dispuesto por la Normativa de la Unión Europea y las Resoluciones y Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Se establece que el Gobierno dictará el desarrollo reglamentario de las condiciones de gestión, en el que se incluirán los niveles admisibles de emisiones radioeléctricas que no supongan un peligro para la salud pública.

Por otro lado, y en concordancia con el artículo 43, define las limitaciones a la propiedad y servidumbres necesarias para la defensa del dominio público radioeléctrico y protección de las instalaciones.

· **Artículo 47. La Agencia Estatal de Radiocomunicaciones.**

6.b) La Agencia desarrollará “el ejercicio de las funciones atribuidas a la Administración General del Estado en materia de autorización e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los niveles de emisión radioeléctrica permitidos a que se refiere el artículo 44 de esta ley, en el ámbito de la competencia exclusiva que corresponde al Estado sobre las telecomunicaciones, de acuerdo con el artículo 149.1.21ª de la Constitución”.

La Agencia Estatal de Radiocomunicaciones es un organismo público con carácter de organismo autónomo, que se considera como autoridad nacional de reglamentación de las telecomunicaciones. Es el encargado de gestionar y planificar el espectro radioeléctrico.

· **Artículo 53. Infracciones muy graves.**

a) “La realización de actividades sin título habilitante cuando sea legalmente necesario o utilizando parámetros técnicos diferentes de los propios del título y la utilización de potencias de emisión notoriamente superiores a las permitidas o de frecuencias radioeléctricas sin autorización, siempre que, en estos dos últimos casos, se produzcan daños graves a las redes o la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas”.

f) “Efectuar emisiones radioeléctricas que incumplan gravemente los límites de exposición establecidos en la normativa de desarrollo del artículo 44 de esta ley e incumplir gravemente las demás medi-

das de seguridad establecidas en dicha normativa, incluidas las obligaciones de señalización o vallado de las instalaciones radioeléctricas”. El incumplimiento de los niveles establecidos puede dar lugar incluso a una inhabilitación de hasta cinco años del operador responsable.

#### **Disposición adicional duodécima. Despliegue de infraestructuras de radiocomunicación.**

“Se creará un órgano de cooperación con participación de las comunidades autónomas para impulsar, salvaguardando las competencias de todas las administraciones implicadas, el despliegue de las infraestructuras de radiocomunicación, en especial las redes de telefonía móvil y fija inalámbrica, de acuerdo con los principios de seguridad de las instalaciones, de los usuarios y del público en general, la máxima calidad del servicio, la protección del medio ambiente y la disciplina urbanística”.

Esta Disposición supone una novedad con respecto a la antigua Ley de 1998, y contempla la posibilidad de establecer una colaboración administrativa entre distintas autonomías.

De acuerdo a lo establecido en esta disposición adicional, se creó la Comisión Sectorial para el Despliegue de Infraestructuras de Radiocomunicación (CSDIR) de la que forman parte el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), las Comunidades Autónomas, AETIC en representación de los operadores y, como observador, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Como resultado de los trabajos ya concluidos de esta comisión, se elaboró un documento titulado “Código de buenas prácticas para la instalación de infraestructuras de telefonía móvil” (disponible en [www.femp.es](http://www.femp.es)), en el que se dan recomendaciones sobre la instalación e integración en el entorno de las estaciones base de telefonía móvil y se establece un procedimiento para agilizar la concesión de las licencias de obra, instalación, actividad y funcionamiento, por parte de los Ayuntamientos.

#### **4.4. Resolución de 22 de mayo de 2007**

Mediante esta Resolución que entró en vigor 14 de junio de 2007, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información susti-

tuye la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas por una certificación expedida por técnico competente en materia de telecomunicaciones, visada por el colegio oficial correspondiente. A continuación se exponen los casos a los que afecta esta Resolución:

- Estaciones ER2<sup>3</sup> y ER4<sup>4</sup>, definidas en la Disposición Segunda de la Orden CTE/23/2002.
- Estaciones de los Servicios Móviles y Servicio Fijo, exceptuando las de cobertura de las redes públicas de telefonía móvil y de acceso inalámbrico fijo o móvil.
- Estaciones de red de frecuencia única del Servicio de Televisión Digital Terrestre contempladas en la Disposición adicional duodécima del Real Decreto 944/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre, en las que se podrá sustituir la inspección técnica a cargo de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información por la certificación de que la instalación se ajusta al proyecto técnico, firmados ambos por un ingeniero o ingeniero técnico de telecomunicaciones, y visado por el Colegio Oficial correspondiente, siempre que se incluya un certificado de cumplimiento de los umbrales de emisión fijados en el Real Decreto 1066/2001.

Los procedimientos anteriores no eximen de facilitar las inspecciones a los servicios técnicos de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

#### **4.5. Normativa autonómica**

Algunas Comunidades Autónomas han desarrollado normativas específicas sobre la exposición a los campos electromagnéticos que, generalmente, plantean unos valores límite y niveles de referencia mucho más restrictivos que los propuestos en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre de 2001, en oposición a la Recomendación 2 de la Comisión Sectorial para el Despliegue de Infraestructuras de Radiocomunicación, basada en la evidencia científica y sanitaria actual:

(3) Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo urbano con potencia isotrópica radiada equivalente, inferior o igual a 10 W.

(4) Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo no urbano con potencia isotrópica radiada equivalente, inferior o igual a 10 W.

“Que las Administraciones Públicas adopten las iniciativas normativas oportunas para que se fijen límites únicos de exposición a campos electromagnéticos provenientes de estaciones base de telefonía móvil o de otros equipos radioeléctricos.

Estos límites únicos deberían estar referenciado a los establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos”

En los siguientes apartados se analizan los elementos diferenciadores respecto a la legislación estatal y se presenta un análisis comparativo entre las normativas autonómicas y, en algún caso, municipales más destacadas.

límites especiales para aquellos espacios calificados como sensibles (centros sanitarios, escolares y centros asistenciales para personas mayores).

Cataluña, Castilla-La Mancha y Navarra proponen unos valores que suponen, con respecto a los contemplados en la normativa estatal, una reducción de más de un 50% para las frecuencias de telefonía móvil y contemplan también unas distancias de protección y consideraciones adicionales para los espacios sensibles.

Las siguientes tablas ilustran los diferentes valores de niveles máximos de exposición, su particularización para el caso de telefonía móvil y las medidas adoptadas en lo referente a los espacios sensibles.

**Tabla 17. Niveles de referencia. Público en general**

|               |         | Castilla y León        | Castilla-La Mancha     | Cataluña               | La Rioja               | Navarra                | Real Decreto 1066/2001 |
|---------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 10- 400 MHz   | E(V/m)  | 28                     | 19                     | 19                     | 28                     | 19                     | 28                     |
|               | H(A/m)  | 0,073                  | 0,05                   | 0,05                   | 0,073                  | 0,05                   | 0,073                  |
|               | S(W/m²) | 2                      | 0,9                    | 0,9                    | 2                      | 0,9                    | 2                      |
| 400- 2000 MHz | E(V/m)  | $1,375 \cdot f^{1/2}$  | $0,9 \cdot f^{1/2}$    | $0,9 \cdot f^{1/2}$    | $1,375 \cdot f^{1/2}$  | $0,9 \cdot f^{1/2}$    | $1,375 \cdot f^{1/2}$  |
|               | H(A/m)  | $0,0037 \cdot f^{1/2}$ | $0,0025 \cdot f^{1/2}$ | $0,0025 \cdot f^{1/2}$ | $0,0037 \cdot f^{1/2}$ | $0,0025 \cdot f^{1/2}$ | $0,0037 \cdot f^{1/2}$ |
|               | S(W/m²) | $f/200$                | $f/450$                | $f/450$                | $f/200$                | $f/450$                | $f/200$                |
| 2- 300 GHz    | E(V/m)  | 61                     | 41                     | 41                     | 61                     | 41                     | 61                     |
|               | H(A/m)  | 0,16                   | 0,1                    | 0,1                    | 0,16                   | 0,1                    | 0,16                   |
|               | S(W/m²) | 10                     | 4,5                    | 4,5                    | 10                     | 4,5                    | 10                     |

*Nota: La frecuencia f viene expresada en MHz*

#### **Niveles máximos de exposición a los campos electromagnéticos**

Las Comunidades de Castilla y León, Castilla-La Mancha, Cataluña, La Rioja y Navarra han desarrollado normativas propias para regular la instalación y despliegue de las infraestructuras de telecomunicaciones, en materia de emisiones radioeléctricas.

En el caso de Castilla y León y La Rioja, se adoptan los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001, y que corresponden a los propuestos por la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes). Asimismo, se especifican unas distancias de protección que aseguran el cumplimiento de estos valores y definen

Particularizando para las distintas frecuencias en las que trabajan los sistemas de comunicaciones móviles (GSM-900, DCS-1800 y UMTS-2000) se obtienen los valores indicados en la Tabla 18.

En el artículo 8.7.d) del Real Decreto 1066/2001, se menciona la necesidad de minimizar, en la medida de lo posible, los niveles de exposición sobre espacios sensibles, pero sin concretar la manera de hacerlo. Cada Comunidad adopta diferentes medidas para reducirlos y así garantizar una mayor seguridad según se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 18. Niveles de referencia para las distintas frecuencias de móviles**

| Densidad de Potencia (S) (W/m <sup>2</sup> ) |                 |                     |          |          |         |                        |
|----------------------------------------------|-----------------|---------------------|----------|----------|---------|------------------------|
| Frecuencia                                   | Castilla y León | Castilla- La Mancha | Cataluña | La Rioja | Navarra | Real Decreto 1066/2001 |
| 900MHz                                       | 4,5             | 2                   | 2        | 4,5      | 2       | 4,5                    |
| 1800MHz                                      | 9               | 4                   | 4        | 9        | 4       | 9                      |
| 2000MHz                                      | 10              | 4,5                 | 4,5      | 10       | 4,5     | 10                     |

**Tabla 19. Niveles de referencia y medidas adoptadas en espacios sensibles**

| Frecuencia | Castilla y León                 | Castilla- La Mancha           | Cataluña                                                                                                                | La Rioja                      | Navarra                                                                                                | Real Decreto 1066/2001                                                                                                       |
|------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 900 MHz    | S=337,5 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> | S=0,1 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> | En centros escolares se aplicará una distancia de protección 4 veces superior a la establecida en condiciones normales. | S=45 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>  | Deberán reducirse los niveles de referencia. En centros escolares quedan prohibidas las instalaciones. | Las estaciones radioeléctricas deben minimizar, en la mayor medida posible, los niveles de emisión sobre espacios sensibles. |
| 1800 MHz   | S=675 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>   |                               |                                                                                                                         | S=90 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>  |                                                                                                        |                                                                                                                              |
| 2000 MHz   | S=750 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>   |                               |                                                                                                                         | S=100 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> |                                                                                                        |                                                                                                                              |

En las normativas correspondientes a Castilla y León y La Rioja los niveles de referencia se ven reducidos en un 25% y a una décima parte, respectivamente. En Castilla-La Mancha el valor máximo de densidad de potencia queda establecido en 0,1  $\mu$ W/cm<sup>2</sup> (0,001 W/m<sup>2</sup>), siguiendo de esta forma la resolución de la Conferencia Internacional de Salzburgo. Cataluña y Navarra definen restricciones tan sólo en el caso de centros escolares.

A nivel municipal, a título de ejemplo, la ordenanza municipal correspondiente al Ayuntamiento de Zaragoza, establece como límite máximo de densidad de potencia un valor de 0,1 W/m<sup>2</sup> para todas las frecuencias.

Asimismo, a pesar de que no los califica explícitamente como espacios sensibles, establece que no podrá existir ninguna estación de telefonía móvil situada a menos de 100 metros, medidos horizontalmente, de parcelas donde existan guarderías, centros educativos y centros sanitarios.

Igualmente, en la Comunidad Valenciana, la normativa del Ayuntamiento de Valencia, hace referencia a los espacios sensibles y prohíbe que los ejes de apuntamiento de las antenas incidan sobre ellos.

Cabe señalar que, según establece el Código de buenas prácticas para la instalación de infraestructuras de telefonía móvil, publicado por la FEMP, la mejor práctica es que los límites de exposición sean únicos

para todo el territorio y se fijen o modifiquen siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea, las de la Organización Mundial de la Salud y aquellas que puedan emanar de instituciones españolas de referencias comúnmente aceptadas.

#### Distancias de protección

Las distancias de protección son las distancias mínimas al emisor (la antena) que aseguran el cumplimiento de los niveles de referencia. En el Reglamento desarrollado en el Real Decreto 1066/2001 no se hace referencia a estas distancias, pero sí en los puntos 3.1 e) y f) de la disposición tercera de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero de 2002.

En la mayoría de la normativa se define un volumen de protección en el que los niveles de los campos electromagnéticos coinciden con los límites máximos de exposición y en cuyo interior no puede existir una zona abierta de uso continuado para las personas y sin protección de edificaciones. Generalmente el volumen de protección suele consistir en un paralelepípedo trazado a partir del extremo de la antena en la dirección de máxima radiación.

Para calcular las dimensiones del volumen es necesario considerar las potencias radiadas y el tipo de antenas de las estaciones base.

En la normativa catalana se definen distancias de protección superiores a las necesarias para obtener los niveles de emisión considerados anteriormente. Dependiendo de la potencia radiada y del tipo de antena:

- Para potencias radiadas menores de 100W no hay necesidad de mantener ninguna distancia de protección.
- Para potencias radiadas menores de 1000W y antenas sectoriales, el área de protección vendrá dada en forma de paralelepípedo de dimensiones  $a = 10$  m,  $b = 4$  m y  $c = 6$  m:

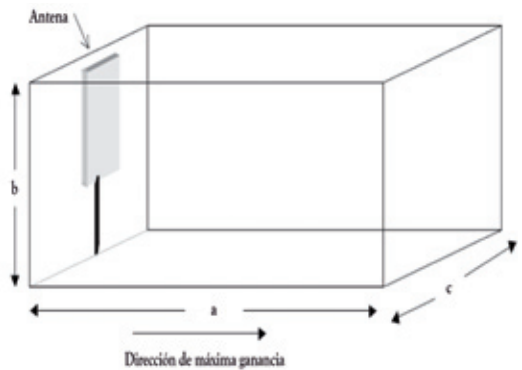


Figura 5. Paralelepípedo de protección

| Tabla 20. Esfera de protección                                    |                        |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Suma de PIRE's en la dirección de máxima radiación del centro (W) | Radio de la esfera (m) |
| 1001 – 2500                                                       | 15                     |
| 2501 – 5000                                                       | 20                     |
| 5001 – 10000                                                      | 25                     |
| 10001 – 50000                                                     | 45                     |
| 50001 – 100000                                                    | 63                     |
| 100001 – 250000                                                   | 90                     |
| 250001 – 500000                                                   | 150                    |
| 500001 – 1000000                                                  | 200                    |
| Más de 1000000                                                    | 250                    |

- Para potencias radiadas superiores a 1000W, o para el resto de antenas, el volumen consiste en una esfera cuyo radio depende de la potencia radiada según se indica en la Tabla 20.

Castilla-La Mancha y Navarra establecen como volumen de protección, independientemente del tipo de antena y de la potencia radiada, el paralelepípedo de la Figura 5, con dimensiones  $a = 10$  m,  $b = 4$  m y  $c = 6$  m.

En La Rioja, en cambio, no se definen volúmenes, tan sólo las distancias en la dirección de máxima radiación, calculadas a partir de la potencia radiada y teniendo en cuenta la frecuencia de emisión como se indica en la Tabla 21.

A partir de estos resultados, se pueden construir los correspondientes paralelepípedos de protección que, como se puede comprobar, serán algo menores que los calculados a partir de la normativa catalana.

Cabe destacar el caso de Santa Cruz de Tenerife, donde la ordenanza municipal desarrollada asigna un paralelepípedo de protección para antenas sectoriales y un cilindro de protección para antenas omnidireccionales:

| Tabla 21. Distancias de protección en metros |            |              |               |           |
|----------------------------------------------|------------|--------------|---------------|-----------|
| Frecuencias                                  |            |              |               |           |
| Potencias                                    | 10-862 MHz | 862-1700 MHz | 1700-2000 MHz | 2-300 GHz |
| Menor de 10 W                                | 0          | 0            | 0             | 0         |
| 10 W – 50 W                                  | 1          | 1            | 1             | 1         |
| 50 W – 100 W                                 | 2          | 1,5          | 1             | 1         |
| 100 W – 200 W                                | 3          | 2            | 1,5           | 1         |
| 200 W – 500 W                                | 5          | 3            | 2             | 2         |
| 500 W – 1 kW                                 | 7          | 5            | 3             | 3         |
| 1 kW – 2 kW                                  | 9          | 6            | 5             | 4         |
| 2 kW – 5 kW                                  | 14         | 10           | 7             | 6         |
| 5 kW – 10 kW                                 | 20         | 14           | 10            | 9         |
| 10 kW – 20 kW                                | 28         | 20           | 14            | 13        |
| 20 kW – 50 kW                                | 45         | 31           | 17            | 20        |
| 50 kW – 100 kW                               | 63         | 43           | 31            | 28        |
| 100 kW – 200 kW                              | 90         | 61           | 44            | 40        |
| 200 kW – 500 kW                              | 141        | 96           | 69            | 63        |

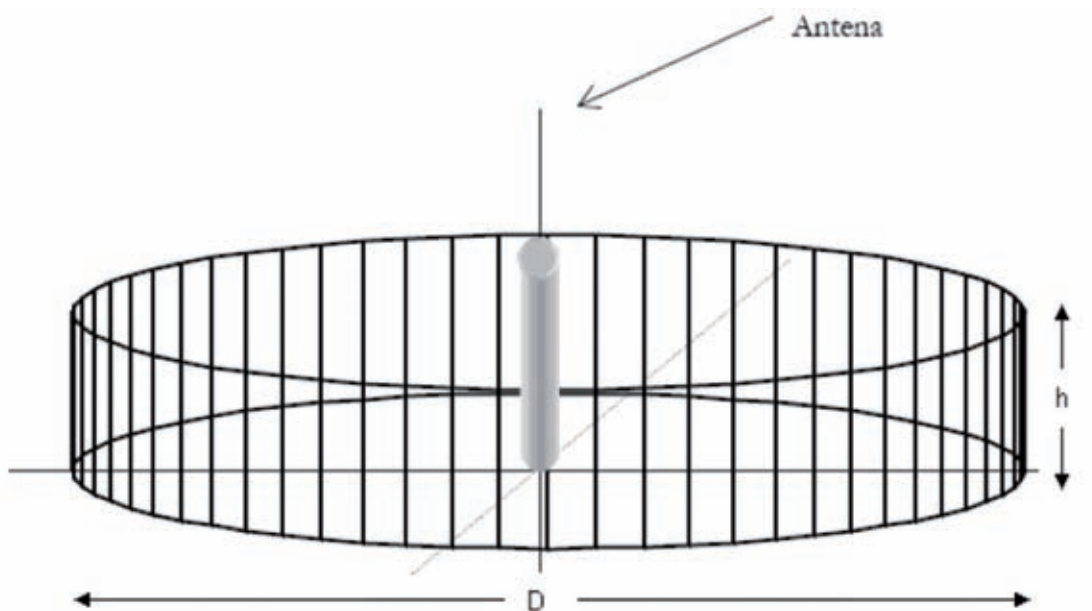


Figura 6 Cilindro de protección

Teniendo en cuenta la potencia radiada, las dimensiones que definen cada volumen son:

#### 4.6. Normativa a nivel europeo

En las siguientes tablas se recoge la normativa existente en los países miembros de la Unión Europea, indicando los niveles de referencia en términos de densidad de potencia para la exposición del público en general.

Tabla 22. Dimensiones de los volúmenes de protección

| Tipo antena                        | Dimensiones del volumen de protección para una potencia radiada superior a 100W e inferior a 300W  |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omnidireccional o de baja ganancia | Cilindro: $D = 3\text{m}$ y $h = 2\text{m}$                                                        |
| Sectorial o de alta ganancia       | Paralelepípedo: $a = 4\text{m}$ , $b = 2\text{m}$ y $c = 1,5\text{m}$                              |
| Tipo antena                        | Dimensiones del volumen de protección para una potencia radiada superior a 300W e inferior a 1000W |
| Omnidireccional o de baja ganancia | Cilindro: $D = 8\text{m}$ y $h = 4\text{m}$                                                        |
| Sectorial o de alta ganancia       | Paralelepípedo: $a = 12\text{m}$ , $b = 4\text{m}$ y $c = 6\text{m}$                               |

Tabla 23. Valores de referencia en países miembros de la Unión Europea

| <b>País</b>       | <b>Margen de frecuencias</b> | <b>Densidad de potencia[S] (W/m²)</b>                                           | <b>Norma</b>                                                       | <b>Observaciones</b>                                                                                             |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alemania</b>   | 400 –2000 MHz                | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10       | Orden 26 BlmSchV                                                   | Existe normativa específica para el rango de frecuencias de 50kHz- 50MHz para protección de marcapasos cardiacos |
|                   | 2 – 10 GHz                   | 10                                                                              |                                                                    |                                                                                                                  |
| <b>Austria</b>    | -                            | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10       | ÖNORM 1119<br>(0-30 kHz)<br>ÖNORM 1120<br>(30 kHz-300 GHz)         | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                |
| <b>Bélgica</b>    | 400 –2000 MHz                | f/800<br>f = 900 MHz, S = 1,125<br>f = 1800 MHz, S = 2,25<br>f = 2 GHz, S = 2,5 | Real Decreto, de 10 de agosto de 2005                              | Normativa 4 veces más estricta que en la Recomendación Europea 199/519/EC, basada en el ICNIRP                   |
|                   | 2 – 10 GHz                   | 2,5                                                                             |                                                                    |                                                                                                                  |
| <b>Dinamarca</b>  | 400 –2000 MHz                | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10       | -                                                                  | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                |
|                   | 2 – 10 GHz                   | 10                                                                              |                                                                    |                                                                                                                  |
| <b>España</b>     | 400 –2000 MHz                | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10       | Real Decreto 1066/2001                                             | Medidas adicionales en espacios sensibles                                                                        |
|                   | 2 – 10 GHz                   | 10                                                                              |                                                                    |                                                                                                                  |
| <b>Eslovaquia</b> | 400 –2000 MHz                | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10       | Decreto del Ministerio de Sanidad nº 123/1993 (enmienda pendiente) | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                |
|                   | 2 – 10 GHz                   | 10                                                                              |                                                                    |                                                                                                                  |

Continúa ➔

| (Continuación)   |                       |                                                                           |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| País             | Margen de frecuencias | Densidad de potencia[S] (W/m <sup>2</sup> )                               | Norma                                                                                            | Observaciones                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Eslovenia</b> | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Decreto del Medio Ambiente relativo a la radiación electromagnética en el medio natural y vivo   | Combinación de la normativa ENV 50166 y de la Recomendación Europea 1999/519/EC. Se establecen medidas adicionales de protección: en zonas especialmente vulnerables, se aplican criterios 10 veces más estrictos |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Estonia</b>   | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | No hay traducción del estonio de regulación relativa a emisiones electromagnéticas               | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                                                                 |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Finlandia</b> | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Ordenanza relativa al control de emisiones electromagnéticas (en vigor a partir de mayo de 2002) | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                                                                 |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Francia</b>   | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Decreto nº 2002-775, de 2 de mayo de 2002                                                        | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                                                                 |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Grecia</b>    | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Acta 1105/Vol.B/6-9-2000<br>Acta 514/Vol.B/25-4-2002                                             | Adopta los niveles de referencia de la Recomendación Europea 1999/519/EC y añade parámetros adicionales de seguridad cuando los niveles de exposición del público alcanzan el 80% de los valores de referencia    |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Holanda</b>   | 400–2000 MHz          | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | -                                                                                                | Legislación en preparación. Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                                     |
|                  | 2–10 GHz              | 10                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                   |

→ Continúa

| (Continuación)     |                       |                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| País               | Margen de frecuencias | Densidad de potencia[S] (W/m <sup>2</sup> )                               | Norma                                                          | Observaciones                                                                                                                                                       |
| <b>Hungría</b>     | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Ordenanza ESzCsM 63/2004 (VII.26), de 26 de junio              | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Irlanda</b>     | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Ley de telecomunicaciones y Acta de Planificación y Desarrollo | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Italia</b>      | 3 – 3000 MHz          | 1                                                                         | Decreto del Presidente del Consejo de                          | Se definen tres cantidades: límites de exposición (valores que no pueden ser superados), niveles de atención (límites en espacios sensibles) y objetivos de calidad |
|                    | 3 – 300 GHz           | 4                                                                         |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Letonia</b>     | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | LVS ENV 50166-1 (0-10kHz)                                      | Actualmente no existe legislación específica. Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                     |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        | LVS ENV 50166-2 (10kHz-300GHz)                                 |                                                                                                                                                                     |
| <b>Luxemburgo</b>  | 400 –2000 MHz         | E = 3V/m, lo que equivale a S = 0,024                                     | Nota de prensa                                                 | Normativa europea más restrictiva                                                                                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            |                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Portugal</b>    | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Regla administrativa nº 1421/2004, de 23 de noviembre          | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Reino Unido</b> | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | Documentos de la NRPB. En revisión                             | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        |                                                                |                                                                                                                                                                     |
| <b>Suecia</b>      | 400 –2000 MHz         | f/200<br>f = 900 MHz, S = 4,5<br>f = 1800 MHz, S = 9<br>f = 2 GHz, S = 10 | SSI FS 2002:3                                                  | Se adoptan los límites establecidos en la Recomendación Europea 1999/519/EC, basados en el ICNIRP                                                                   |
|                    | 2 – 10 GHz            | 10                                                                        |                                                                |                                                                                                                                                                     |

*Nota: La frecuencia f viene expresada en MHz.*

#### 4.7. Normativa en otros países

A continuación se muestran las normativas existentes en materia de emisiones radioeléctricas en EEUU,

Canadá, Rusia, China, Japón, Australia y Nueva Zelanda, indicando los niveles de referencia en términos de densidad de potencia para la exposición del público en general:

| Tabla 24. Normativa en otros países |                       |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| País                                | Margen de frecuencias | Densidad de potencia[S] (W/m²)                                                                                                                                            | Norma                                                                                                          |
| EEUU                                | 400 –2000 MHz         | $f/150$<br>$f = 900 \text{ MHz}, S = 6$<br>$f = 1800 \text{ MHz}, S = 12$<br>$f = 2 \text{ GHz}, S = 13,33$                                                               | Se adoptan los valores especificados en el estándar ANSI/IEEE C95.1-1991                                       |
|                                     | 2 – 10 GHz            | $f/150$                                                                                                                                                                   |                                                                                                                |
| Canadá                              | 400 –2000 MHz         | $f/150$<br>$f = 900 \text{ MHz}, S = 6$<br>$f = 1800 \text{ MHz}, S = 12$<br>$f = 2 \text{ GHz}, S = 13,33$                                                               | Safety Code 6. Límites de la exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (3 kHz – 300 GHz) |
|                                     | 2 – 10 GHz            | 10                                                                                                                                                                        |                                                                                                                |
| Rusia                               | 400 –2000 MHz         | $0,1 \text{ si } t_{\text{exposición}} = 8\text{h}$<br>$1 \text{ si } t_{\text{exposición}} \leq 2\text{h}$<br>$10 \text{ si } t_{\text{exposición}} \leq 20 \text{ min}$ | Normas estatales GOST y normas sanitarias SanPiN                                                               |
|                                     | 2 – 10 GHz            |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                |
| Japón                               | 400 –2000 MHz         | $f/150$<br>$f = 900 \text{ MHz}, S = 6$<br>$f = 1800 \text{ MHz}, S = 12$<br>$f = 2 \text{ GHz}, S = 13,33$                                                               | Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields                             |
|                                     | 2 – 10 GHz            | 10                                                                                                                                                                        |                                                                                                                |
| China                               | 400 –3000 MHz         | 0,4                                                                                                                                                                       | GB8702-88, Estándar para la Protección contra los Campos Electromagnéticos                                     |
|                                     | 3 – 10 GHz            | $f/7500$                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |
| Australia                           | 400 –2000 MHz         | $f/200$<br>$f = 900 \text{ MHz}, S = 4,5$<br>$f = 1800 \text{ MHz}, S = 9$<br>$f = 2 \text{ GHz}, S = 10$                                                                 | Radiation Protection Standard for aximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz           |
|                                     | 2 – 10 GHz            | 10                                                                                                                                                                        |                                                                                                                |
| Nueva Zelanda                       | 400 –2000 MHz         | $f/200$<br>$f = 900 \text{ MHz}, S = 4,5$<br>$f = 1800 \text{ MHz}, S = 9$<br>$f = 2 \text{ GHz}, S = 10$                                                                 | Estándar NZS 2772.1:1999                                                                                       |
|                                     | 2 – 10 GHz            | 10                                                                                                                                                                        |                                                                                                                |

Nota: La frecuencia  $f$  viene expresada en MHz.





CAPITULO  
05

Conceptos básicos.  
Distancias de  
protección y zonas de  
exclusión



### 5.1. Telefonía móvil. Cálculo de volúmenes de referencia

El cálculo de volúmenes de referencia en los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico ha sido analizado con suficiente detalle en el informe del COIT<sup>5</sup>.

Para estos sistemas, una superficie de protección fácil de calcular es el paralelepípedo que contiene a la superficie límite. Para los sistemas que estamos considerando viene definido por las siguientes cantidades:

- Profundidad en la dirección de radiación:  $L_{m1}$
- Profundidad en la dirección opuesta:  $L_{m2}$
- Anchura:  $L_H$
- Altura hacia arriba:  $L_{V1}$
- Altura hacia abajo:  $L_{V2}$

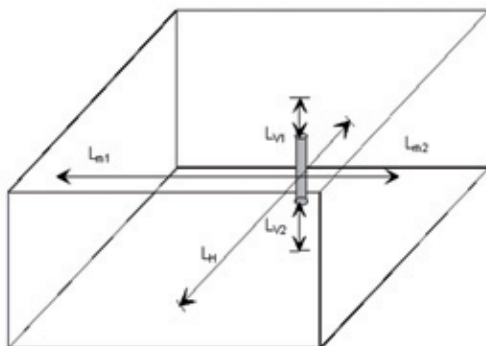


Figura 7. Paralelepípedo de referencia

Su cálculo es inmediato a partir del diagrama de radiación de la antena. Para ello, se determinan, numérica o gráficamente, los ángulos,  $\Theta_H$ ,  $\Theta_A$ ,  $\Theta_{V1}$  y  $\Theta_{V2}$  en que la proyección sobre el eje del corte correspondiente del diagrama de radiación es máxima (Figura 8).

Las expresiones a utilizar son:

$$L_{m1} = D_{\max}$$

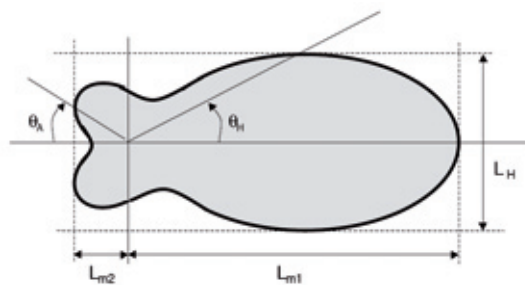
$$L_{m2} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_A)} \cdot \cos(\theta_A)$$

$$L_H = 2 \cdot D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_H)} \cdot \sin(\theta_H)$$

$$L_{V1} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_{V1})} \cdot \sin(\theta_{V1})$$

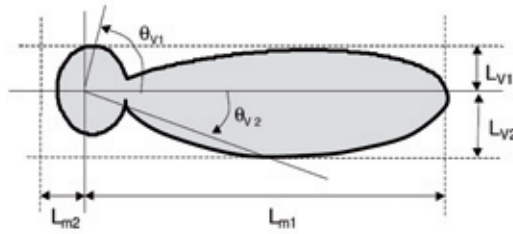
$$L_{V2} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_{V2})} \cdot \sin(\theta_{V2})$$

siendo  $D_{\max}$  la distancia de referencia y  $G(\theta)$  la ganancia de potencia de la antena normalizada.



a) Corte plano horizontal

(5) "Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico" editado por el COIT (Octubre 2001)



b) Corte plano vertical

**Figura 8. Cálculo del paralelepípedo de referencia a partir del diagrama de radiación de la antena. (Diagramas de campo normalizado en unidades naturales)**

Hay que resaltar que este diagrama de radiación sobre el que se calcula el paralelepípedo debe estar normalizado a la ganancia máxima de la antena y ser un diagrama lineal, no en dB.

No obstante, puede utilizarse el diagrama de radiación en dB. Para las antenas examinadas, los errores cometidos no son significativos.

El cálculo de la distancia de referencia ( $D_{\max}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$D_{\max} = \left[ \frac{\text{PIRE}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\max}} \right]^{1/2}$$

siendo  $S_{\max}$  la densidad de potencia máxima permitida a la frecuencia de trabajo.

En el caso de que existan reflectores en el haz principal cerca de la antena, se puede utilizar una expresión más conservadora que considere las posibles reflexiones sobre el mismo:

$$D_{\max} = \left[ \frac{M \cdot \text{PIRE}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\max}} \right]^{1/2}$$

donde:

M:

- es 4 si se considera la reflexión total de un rayo.
- es 2,56 si se consideran las condiciones de reflexión típicas.
- es 1 si no se considera ninguna reflexión

PIRE: es el producto de  $P_{\max} \cdot G(\Theta, \Phi)$

$P_{\max}$ : es la potencia máxima de transmisión

$G(\Theta, \Phi)$ : es la ganancia de la antena

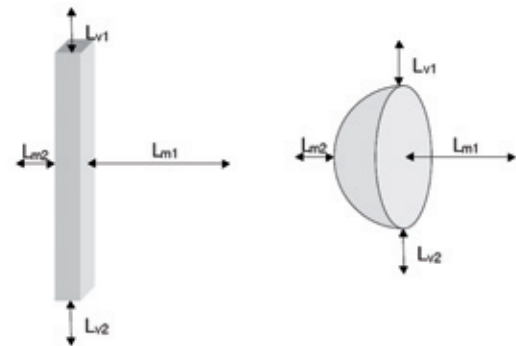
$S_{\max}$ : es la densidad de potencia máxima permitida para las frecuencias de trabajo.

Nótese que las expresiones anteriores suponen que  $D_{\max}$  es suficientemente elevado como para que se pueda suponer que se está en condiciones de campo lejano. Si la PIRE es baja puede ocurrir que el límite de exposición se alcance en un punto muy próximo a la antena, en el que aún no se haya formado el frente de ondas característico de dicha situación. En este caso puede definirse  $D_{\max}$  por caracterización experimental o por estimaciones teóricas basadas en simulaciones electromagnéticas.

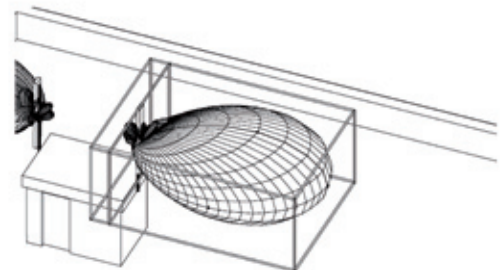
Una vez calculados los valores de los parámetros anteriores, las dimensiones del paralelepípedo se establecerán a partir de las dimensiones físicas de las antenas, tal como se muestra en la Figura 9.

De esta forma se garantiza que el paralelepípedo de referencia contiene a la antena.

El paralelepípedo se orientará según la máxima radiación de la antena en horizontal y teniendo en cuenta, en vertical, el downtilt con que se ha instalado como muestra la Figura 10.



**Figura 9. Dimensiones del paralelepípedo de referencia para dos antenas distintas**



**Figura 10. Situación del paralelepípedo de referencia**

### 5.1.1. Campo lejano / campo cercano

En los párrafos anteriores se ha puesto de manifiesto la problemática del campo lejano / campo cercano.

En la región de campo cercano o próximo, las características de los campos electromagnéticos son muy complejas. La densidad de potencia media en esta región varía inversamente con la distancia a la antena (D), es decir, según aumenta la distancia a la antena la densidad de potencia disminuye con el inverso de dicha distancia.

Por el contrario, lejos de la antena se alcanzan las condiciones de campo lejano. En la región de campo lejano, la estructura del campo electromagnético es más sencilla – onda plana – y la densidad de potencia decrece inversamente con el cuadrado de la distancia. Es la situación de campo lejano la que normalmente se emplea para predecir la cobertura de una estación base.

Un modelo propuesto para estimar la densidad de potencia en campo próximo es el denominado modelo cilíndrico<sup>6</sup>. Para antenas sectoriales, este modelo cilíndrico podría expresarse matemáticamente:

$$S = \frac{360^0}{\theta_{BW-H}} \cdot \frac{P_{IN}}{2\pi \cdot D \cdot L}$$

donde:

S: densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>)

P<sub>IN</sub>: potencia neta de entrada a la antena (W)

D: distancia a la antena (radio del cilindro) (m)

L: altura de la antena (m)

θ<sub>BW-H</sub>: anchura a 3 dB del lóbulo principal en el plano horizontal (°)

Para el cálculo de la potencia total de entrada a la antena deberá tenerse en cuenta el número total de canales transmitidos por esa antena, la potencia máxima de transmisión por canal y las pérdidas de los cables y el combinador. Por lo tanto, si no se conoce podría calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$P_{IN} = \frac{P_{CANAL} \cdot N}{L_{CABLES} \cdot L_{COMBINADOR}}$$

donde:

N: número de canales transmitidos por esa antena (es decir, en ese sector).

P<sub>CANAL</sub>: potencia por canal (W/canal)

L<sub>CABLES</sub>: pérdidas o atenuación de los cables que conectan el transmisor/es y la antena. Este dato debe convertirse a factor lineal si aparece en dB, mediante la expresión:

$$L_{CABLES}(\text{factor}) = 10^{\frac{L_{CABLES}(\text{dB})}{10}}$$

L<sub>COMBINADOR</sub>: pérdidas o atenuación del combinador. Este dato debe convertirse a factor lineal si aparece en dB, mediante la expresión:

$$L_{COMBINADOR}(\text{factor}) = 10^{\frac{L_{COMBINADOR}(\text{dB})}{10}}$$

Por lo tanto, a partir de la expresión del cálculo de la densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>) para campo cercano y lejano, la primera descrita anteriormente y la segunda en el apartado anterior, y que resumimos a continuación:

· Campo cercano<sup>7</sup>: 
$$S = \frac{360^0}{\theta_{BW-H}} \cdot \frac{P_{IN}}{2\pi \cdot D \cdot L}$$

· Campo lejano: 
$$S = \frac{P_{IN} \cdot G_i}{4\pi \cdot D^2} = \frac{PIRE}{4\pi \cdot D^2}$$

Se calcularán las dos distancias (en metros) para las cuales la densidad de potencia toma el valor límite. Tendríamos, por tanto:

· Campo cercano (CC):

$$D_{LIM-CC} = \left( \frac{360^0}{\theta_{BW-H}} \right) \cdot \frac{P_{IN}}{2\pi \cdot S_{LIM} \cdot L}$$

· Campo lejano (CL):

$$D_{LIM-CL} = \sqrt{\frac{P_{IN} \cdot G_i}{4\pi \cdot S_{LIM}}} = \sqrt{\frac{PIRE}{4\pi \cdot S_{LIM}}}$$

(6) Este modelo fue propuesto por la FCC en el Boletín número 65 de la OET: "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields", página 32.

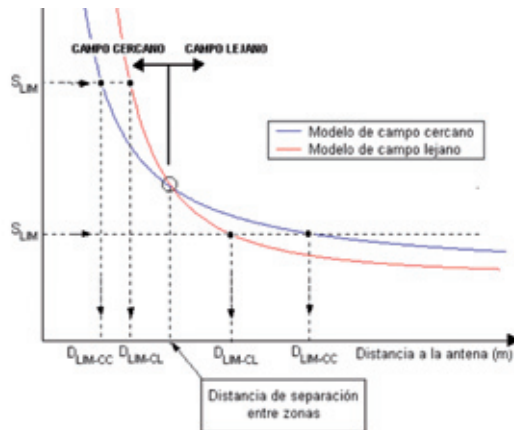
(7) De acuerdo a los límites de ICNIRP y la Recomendación del Consejo Europeo, en condiciones de campo cercano para evaluar la exposición de un modo riguroso deben medirse el campo eléctrico y el campo magnético por separado, siendo la densidad de potencia un mero parámetro indicativo. Sin embargo, otras normas como FCC evalúan únicamente la densidad de potencia. A efectos de estimación de la exposición y cálculo de distancias de protección, el análisis adoptado puede considerarse lo suficientemente preciso y realista.

Una forma sencilla de resolver la situación anterior es aplicar la siguiente “regla”: se tomará como distancia de protección la menor de las dos distancias calculadas. Es decir, independientemente de si se está en condiciones de campo cercano o campo lejano, la distancia de protección (en metros) en la dirección de máxima radiación puede obtenerse como:

$$D_{PROTECCION} = \min \{ D_{LIM-CC}; D_{LIM-CL} \}$$

Cuya explicación puede observarse gráficamente en la figura siguiente.

Para un mismo valor de densidad de potencia límite ( $S_{LIM}$ ) siempre se tienen dos distancias según el modelo empleado. En la zona de campo cercano debe tomarse la distancia de protección de campo cercano ( $D_{LIM-CC}$ ), y en la zona de campo lejano debe tomarse la distancia de protección de campo lejano ( $D_{LIM-CL}$ ). En ambas zonas, la distancia adecuada es la menor de las dos.



**Figura 11. Comparación de los modelos de campo cercano y campo lejano**

Otra solución sencilla, cuando la distancia de referencia calculada por las expresiones anteriores sea menor que la distancia de campo próximo,  $D_{CP}$ , es tomar como distancia de referencia:

$$D_{max} = D_{CP} \cong \text{dimensión mayor de la antena}$$

ya que los niveles de potencia emitidos fuera de esta distancia coinciden sensiblemente con los calculados mediante el diagrama de radiación, aunque la estructura de campo lejano no esté formada.

### 5.1.2. Cálculo del paralelepípedo de referencia con datos de las hojas características de la antena

En apartados anteriores se ha propuesto un método para el cálculo del paralelepípedo de referencia suponiendo conocido el diagrama de radiación de la antena. Si este no se conociese, los datos que normalmente sí proporcionan todos los fabricantes de antenas son: ganancia de la misma, anchura de los lóbulos principales a 3 dB, tanto en el plano horizontal como en el vertical, nivel de lóbulos secundarios y relación front-back.

En este caso, el procedimiento que se propone seguir se describe seguidamente:

#### Parámetros de la antena transmisora:

$G_i$ : ganancia respecto a la antena isotrópica en la dirección de máxima radiación. Este dato debe convertirse a factor lineal si aparece en dBi, mediante la expresión:

$$G_i(\text{factor}) = 10^{\frac{G_i(\text{dBi})}{10}}$$

$\Phi_{BW-H}$ : anchura del lóbulo principal a 3 dB en el plano horizontal (en °); también denominada anchura de lóbulo de potencia mitad (HPBW) en el plano horizontal o abertura horizontal de la antena.

$\Phi_{BW-V}$ : anchura del lóbulo principal a 3 dB en el plano vertical (en °); también denominada anchura de lóbulo de potencia mitad (HPBW) en el plano vertical o abertura vertical de la antena.

L: longitud de apertura de antena: en la práctica, la altura de la antena (en m).

$\Phi_{TILT}$ : ángulo de inclinación de la antena medido desde la línea horizontal hacia abajo (en °).

NL: nivel de lóbulos secundarios (dB)

FB: relación front/back (dB)

El primer paso consistirá en calcular la distancia máxima de referencia, utilizando la fórmula propuesta en apartados anteriores. Para la dirección de máxima radiación, tendríamos:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{M \cdot PIRE}{4\pi \cdot S_{max}}}$$

por lo tanto, la dimensión máxima del paralelepípedo será  $L_{m1} = d_{max}$

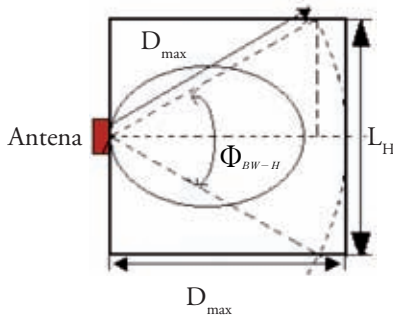
Para el cálculo de las otras dimensiones del paralelepípedo, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$L_{max} = D_{max} \cdot \sqrt{FB}$$

$$L_H = 2 \cdot D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right)}$$

$$L_{V1} = L_{V2} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right)}$$

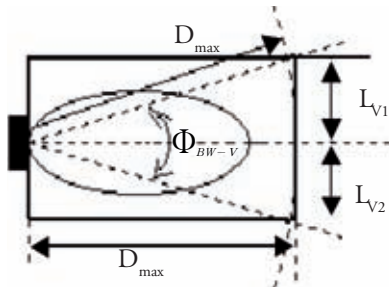
tal como se indica en las figuras siguientes:



$$L_H = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right)}$$

#### Diagrama de radiación horizontal

Figura 12. Cálculo del paralelepípedo de referencia (vista superior)

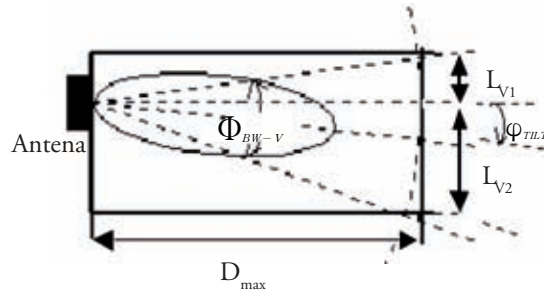


$$L_{V1} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right)}$$

#### Diagrama de radiación vertical

Figura 13. Cálculo del paralelepípedo de referencia (vista lateral)

Junto con el diagrama de radiación vertical, también debe considerarse la posibilidad de que la antena esté inclinada hacia abajo (downtilt), con lo cual, las dimensiones del paralelepípedo se ven afectadas de la forma que se indica en la siguiente figura:



$$L_{V1} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} - \Phi_{TILT}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} - \Phi_{TILT}\right)}$$

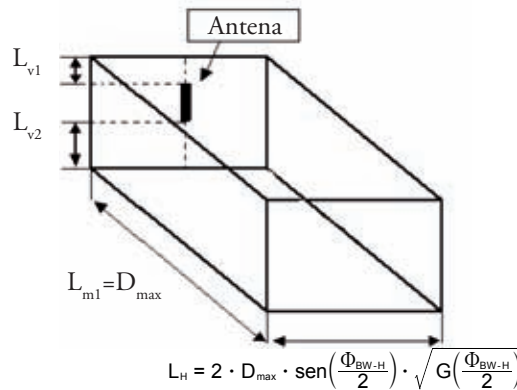
$$L_{V2} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} + \Phi_{TILT}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} + \Phi_{TILT}\right)}$$

#### Diagrama de radiación vertical con "Downtilt"

Figura 14. Cálculo del paralelepípedo con "downtilt" (vista lateral)

Siendo precisos, cuando existe downtilt, el rectángulo de exclusión definido en la Figura 13 aparecería igualmente inclinado hacia abajo un ángulo  $\Phi_{TILT}$ . Sin embargo, a efectos prácticos es más conveniente emplear el rectángulo especificado en la Figura 14, con lados completamente horizontales y verticales.

Como resultado, para una antena sectorial podemos definir el siguiente volumen de protección, a partir de las dimensiones externas de la antena para  $L_{V1}$  y  $L_{V2}$ , y del centro geométrico para  $L_{m1}$  y  $L_{m2}$ , de acuerdo con el criterio de la Figura 15. Tendríamos por tanto el siguiente volumen de protección:



$$L_{V1} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} - \Phi_{TILT}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} - \Phi_{TILT}\right)}$$

$$L_{V2} = D_{max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} + \Phi_{TILT}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2} + \Phi_{TILT}\right)}$$

Figura 15. Volumen de exclusión para una antena sectorial

### 5.1.3. Ejemplo práctico

En este ejemplo, se procederá a calcular el paralelepípedo de referencia para el caso de la antena MY-1718, de Moyano Sistemas Radiantes. Se realizará un cálculo en tres casos diferentes, según los datos de que se disponga:

- Utilizando el diagrama de radiación de la antena, en dB.
- Utilizando el diagrama de radiación de la antena, en unidades naturales.
- Con los datos típicos que normalmente suministra el fabricante en las hojas de características

Los datos disponibles para el cálculo del paralelepípedo de referencia serían:

Potencia máxima de transmisión:  $P_{\max} = 20\text{W}$   
 Ganancia máxima de la antena:  $G_{\max} = 17.5\text{dB}$   
 Relación front/back caso peor:  $\text{FB} = 25\text{dB}$   
 Ancho del haz a 3dB (plano horizontal):  $\theta = 60^\circ$

Se utilizará un coeficiente  $M=2.56$  (caso de reflexión típica) y un valor para la densidad máxima permitida de  $S_{\max} = 4.5\text{ W/m}^2$ , correspondiente a un sistema de telefonía móvil GSM-900.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, el valor de PIRE vendrá dado por:

$$\text{PIRE} = 20 \times 10^{17.5/10} = 1124.68\text{ W}$$

y el valor de la distancia máxima de referencia es:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 1124.68}{4 \cdot \pi \cdot 4.5}} = 7.13\text{ m}$$

Procederemos seguidamente a calcular el volumen de referencia en los tres casos descritos.

#### a) Diagramas de radiación, con valores en dB

Teniendo en cuenta las fórmulas del apartado 5.1, que se reproducen a continuación por comodidad:

$$L_{m1} = D_{\max}$$

$$L_{m2} = D_{\text{atrás}} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_A)} \cdot \cos\theta_A$$

$$L_H = D_{\text{lateral}} = 2D_{\max} \sqrt{G(\theta_H)} \cdot \sin\theta_H$$

$$L_{V1} = D_{\text{arriba}} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_{V1})} \cdot \sin\theta_{V1}$$

$$L_{V2} = D_{\text{abajo}} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_{V2})} \cdot \sin\theta_{V2}$$

y los diagramas de radiación de la Figura 16, obtenemos, según el método descrito, los valores de los ángulos correspondientes  $\theta_A$ ,  $\theta_H$ ,  $\theta_{V1}$  y  $\theta_{V2}$ , y los valores del diagrama de radiación para los mismos. Estos datos se resumen en la siguiente tabla:

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| $G(\theta_A) = -26\text{dB}$    | $\theta_A = 60^\circ$      |
| $G(\theta_H) = -10\text{dB}$    | $\theta_H = 65^\circ$      |
| $G(\theta_{V1}) = -18\text{dB}$ | $\theta_{V1} = 42.5^\circ$ |
| $G(\theta_{V2}) = -20\text{dB}$ | $\theta_{V2} = 47.5^\circ$ |

por tanto, las dimensiones del paralelepípedo serían:

$$L_{m1} = D_{\max} = 7.13\text{ m}$$

$$L_{m2} = D_{\text{atrás}} = 7.135 \cdot 5.011 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5 = 0.18\text{ m}$$

$$L_H = 2 D_{\text{lateral}} = 2 \cdot 7.135 \cdot 0.316 \cdot 0.906 = 4.08\text{ m}$$

$$L_{V1} = D_{\text{arriba}} = 7.135 \cdot 0.1258 \cdot 0.6755 = 0.606\text{ m}$$

$$L_{V2} = D_{\text{abajo}} = 7.135 \cdot 0.1 \cdot 0.737 = 0.526\text{ m}$$

#### b) Diagramas de radiación, en unidades naturales.

En este caso, y utilizando los diagramas de radiación de la Figura 17, se obtienen los valores de los ángulos y del diagrama para los mismos que se muestran en la siguiente tabla:

|                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| $G(\theta_A) = -25\text{dB}$    | $\theta_A = 0^\circ$     |
| $G(\theta_H) = -4\text{dB}$     | $\theta_H = 40^\circ$    |
| $G(\theta_{V1}) = -18\text{dB}$ | $\theta_{V1} = 45^\circ$ |
| $G(\theta_{V2}) = -14\text{dB}$ | $\theta_{V2} = 30^\circ$ |

y aplicando las fórmulas ya comentadas tendríamos:

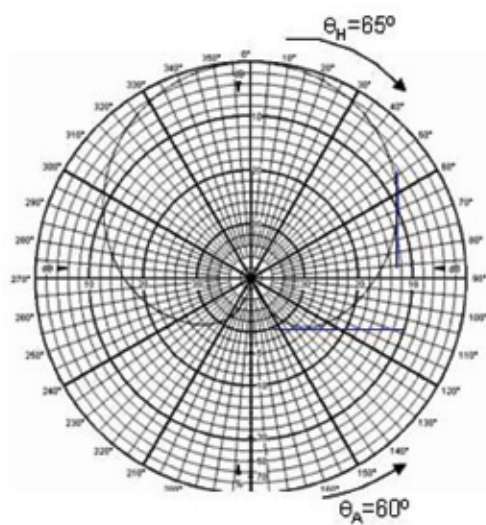
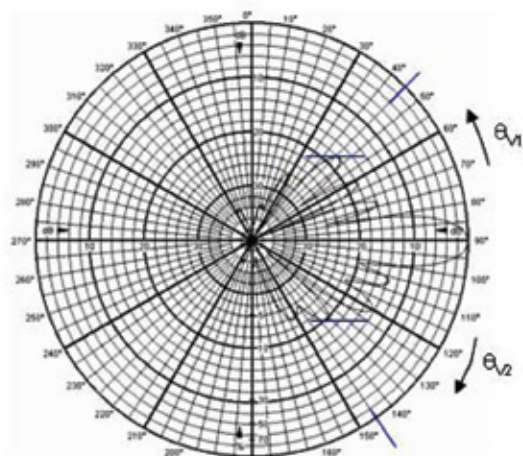
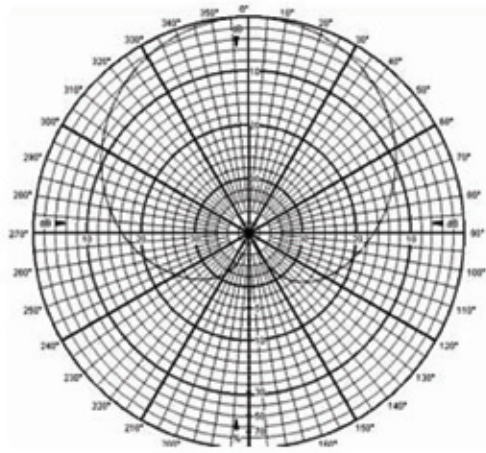
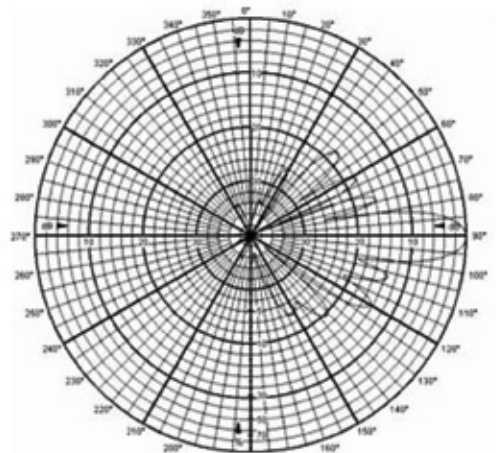
$$L_{m1} = D_{\max} = 7.13\text{ m}$$

$$L_{m2} = D_{\text{atrás}} = 7.135 \cdot 0.056 \cdot 1 = 0.401\text{ m}$$

$$L_H = 2 D_{\text{lateral}} = 2 \cdot 7.135 \cdot 0.630 \cdot 0.642 = 5.78\text{ m}$$

$$L_{V1} = D_{\text{arriba}} = 7.135 \cdot 0.1258 \cdot 0.707 = 0.635\text{ m}$$

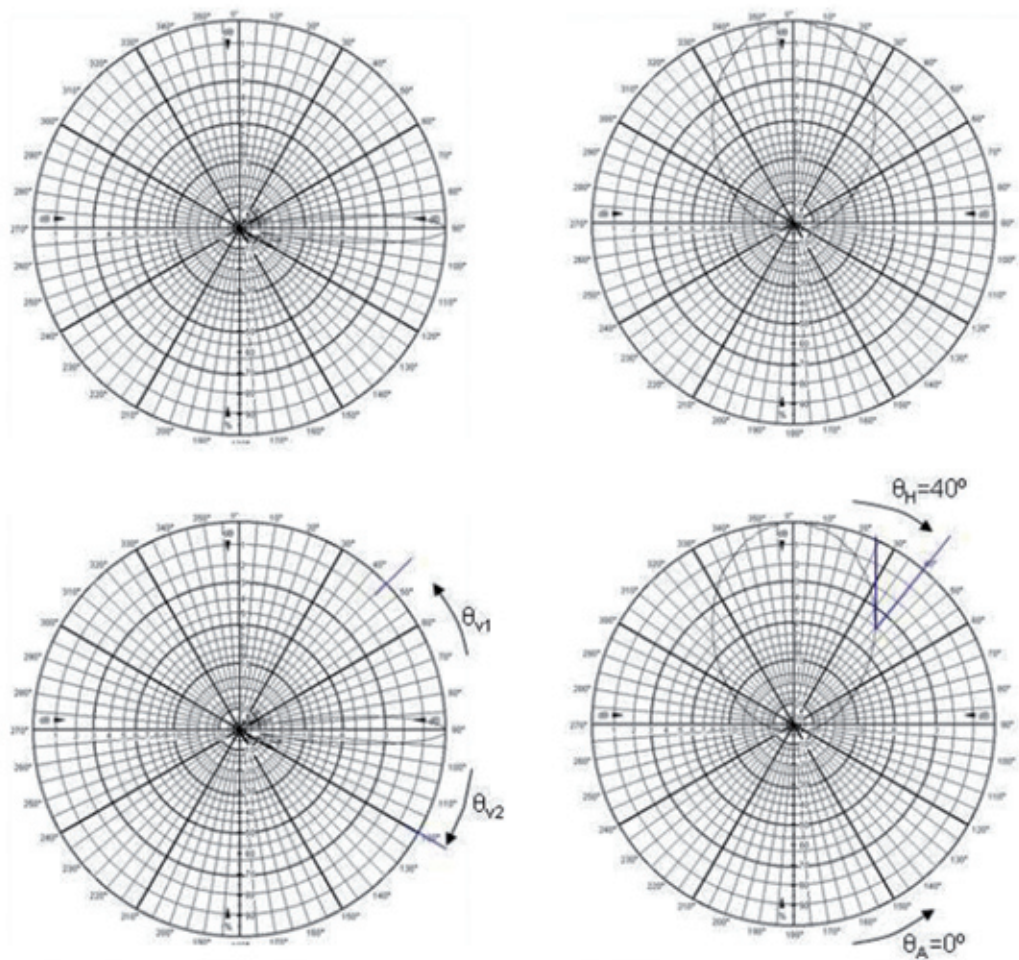
$$L_{V2} = D_{\text{abajo}} = 7.135 \cdot 0.199 \cdot 0.5 = 0.711\text{ m}$$



Corte vertical (dB)

Corte horizontal (dB)

Figura 16. Diagramas de radiación (valores de campo en dB)



Corte vertical (lin)

Corte horizontal (lin)

Figura 17. Diagramas de radiación (valores de campo en unidades naturales)

c) Datos típicos de las hojas de características de la antena.

Para este caso, los datos de los que se dispone son:

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| Relación front/back (FB) = +25 dB                                          |
| Ancho de haz entre extremos a -3 dB (plano horizontal) $\theta = 60^\circ$ |
| Ancho de haz entre extremos a -3 dB (plano vertical) $\nu = 7^\circ$       |

La distancia máxima de referencia sería la misma que en casos anteriores:

$$L_{m1} = D_{max} = 7.13 \text{ m}$$

y los valores del resto de parámetros vendrían dados por:

$$L_{m2} = D_{max} \cdot \sqrt{FB} = 7,135 \cdot 0,0562 = 0,401 \text{ m}$$

$$L_H = 2D_{max} \cdot \sin(\theta/2) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2 \cdot 7,135 \cdot 0,5 \cdot 0,707 = 5,04 \text{ m}$$

$$L_{V1} = L_{V2} = D_{max} \cdot \sin(\nu/2) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 7,135 \cdot 0,061 \cdot 0,707 = 0,307 \text{ m}$$

Finalmente, en el siguiente cuadro se resumen los resultados obtenidos:

|          | Diagrama en dB | Diagrama lineal | Relación F/B |
|----------|----------------|-----------------|--------------|
| $L_{m1}$ | 7,135 m        | 7,135 m         | 7,135 m      |
| $L_{m2}$ | 0,18 m         | 0,40 m          | 0,40 m       |
| $L_H$    | 4,08 m         | 5,78 m          | 5,04 m       |
| $L_{V1}$ | 0,606 m        | 0,635 m         | 0,307 m      |
| $L_{V2}$ | 0,526 m        | 0,711 m         | 0,307 m      |

## 5.2. Sistemas de AM, FM y TV. Cálculo de volúmenes de referencia

### 5.2.1. Introducción

El CNAF establece los servicios de radiodifusión terrestre de carácter privativo en las bandas siguientes:

Tabla 25. Bandas de los servicios de radiodifusión terrestre

| Frecuencia inferior ( $\lambda$ superior) | Frecuencia superior ( $\lambda$ inferior) |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 526,5 kHz (569,8 m)                       | 1606,5 kHz (186,7 m)                      |
| 9400 kHz (31,9 m)                         | 9500 kHz (31,6 m)                         |
| 87,5 MHz (3,43 m)                         | 108 MHz (2,78 m)                          |
| 174 MHz (1,72 m)                          | 223 MHz (1,35 m)                          |
| 470 MHz (63,8 cm)                         | 790 MHz (38,0 cm)                         |
| 790 MHz (38,0 cm)                         | 830 MHz (36,1 cm)                         |
| 830 MHz (36,1 cm)                         | 862 MHz (34,8 cm)                         |

Centraremos nuestra atención en la banda comprendida entre 500 kHz y 1000 MHz. De entre dichas frecuencias cabe distinguir aquéllas situadas por debajo de 30 MHz, en las que se ubican las transmisiones de radiodifusión sonora en modulación de amplitud, y las superiores a dicho valor, que incluyen los servicios con modulación de frecuencia y los de televisión terrestre, en consideración al tipo de propagación en que se basa la difusión: predominantemente de onda superficial en las primeras y de rayo directo en las segundas, y al tipo de antena que, como consecuencia de ello, se utiliza habitualmente, a saber, a nivel de suelo para las primeras y elevadas sobre el mismo en las segundas.

El Real Decreto 1066/2001 sobre Medidas de Protección establece, a través de los límites de exposición, otro tipo de división, ya que separa las frecuencias de la forma siguiente: de 150 kHz a 1 MHz, de 1 a 10 MHz, de 10 a 400 MHz y de 400 a 1000 MHz, de forma que el perfil de límites toma el aspecto:

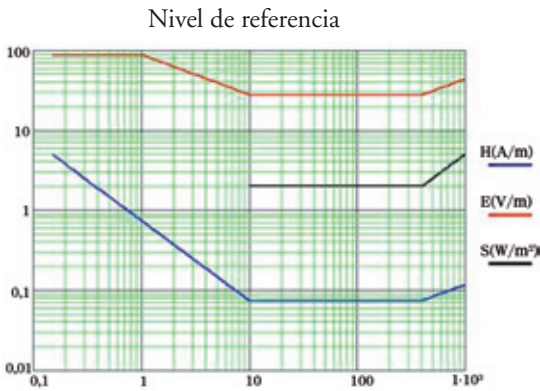


Figura 18. Niveles de referencia de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia

De las gráficas cabe inferir un primer resultado de interés fundamental: por debajo de 10 MHz los niveles de referencia no cumplen la relación correspondiente a la aproximación de campo lejano, siendo E mucho más restrictivo, lo que habrá de tomarse en consideración en los apartados posteriores.

Por otra parte la Orden CTE/23/2002 recomienda el uso de una distancia de tres longitudes de onda como límite para la utilización de la aproximación de campo lejano<sup>8</sup>, por lo que interesa hacer algunas consideraciones aplicables a nuestro caso.

En la siguiente gráfica se ha representado la distancia de campo lejano en función de la frecuencia, es decir, la distancia mínima a la que son aplicables las relaciones de onda plana entre E, H y S. Naturalmente los valores de estas magnitudes tienden a ser tanto mayores cuanto mayor sea la potencia radiada y más próximos nos encontremos a la antena. Resulta evidente que en las frecuencias más bajas (longitudes de onda muy grandes) y para potencias moderadas, los niveles de referencia se alcanzan muy por debajo de la distancia a la que puede usarse la aproximación de campo lejano.

Es posible establecer un criterio para decidir si la distancia de cumplimiento permite o no usar las aproximaciones de campo lejano sin más que calcular, a cada frecuencia, qué PIRE se requiere para que los límites de referencia se alcancen justamente a tres longitudes de onda. Este valor de PIRE crítica (en kW) se ha representado en la misma gráfica, de tal manera que, a una frecuencia dada, una PIRE inferior a la crítica, implica que no es posible usar la aproximación de campo lejano. Puede verse, por ejemplo, que

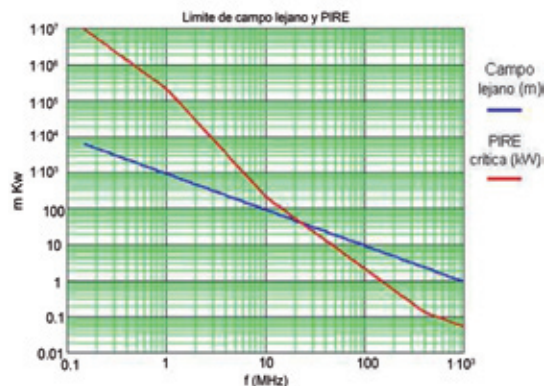


Figura 19. Relación entre PIRE crítica y campo lejano

un servicio a 1 MHz nunca permite un tratamiento con aproximación de campo lejano, mientras que uno a 100 MHz requiere tan sólo una PIRE de 2 kW para poder usar tal aproximación.

Conocida la banda de frecuencias del servicio de interés y estimada la PIRE de la instalación bajo análisis, es posible situar un punto en el diagrama anterior. Si se encuentra por encima de la gráfica de PIRE crítica estaremos en condiciones de admitir como válidas las aproximaciones de campo lejano. En caso contrario habrán de usarse criterios basados en un análisis más refinado.

Tanto el RD 1066/2001 como la Orden CTE/23/2002 que lo complementa, establecen la necesidad de realizar estimaciones de los niveles esperados de intensidades de campo con el fin de determinar las zonas en las que se incumplan, en su caso, los niveles de referencia. Por otra parte, la planificación de medidas de acuerdo con cualquier protocolo de determinación experimental de dichas intensidades, también contemplada en la legislación, debe basarse en un pre-cálculo, que ayude a diferenciar las zonas de supuesto incumplimiento, de aquellas en las que los valores de las intensidades van a estar claramente por debajo de los niveles de referencia, disminuyendo así el esfuerzo de medida.

Para aquellas situaciones en las que se prevea la validez de las aproximaciones de campo lejano para la estimación de las distancias de seguridad, el procedimiento de cálculo no diferirá de aquél que se viene aceptando para otros servicios, como los de telefonía móvil. Pero cuando se estime que las distancias de seguridad sean inferiores a tres longitudes de onda, se requerirán técnicas de cálculo diferentes, adecuadas a esta situación.

El cálculo de las intensidades de campo producidas por un sistema radiante en su entorno próximo exige:

- Un conocimiento bastante detallado de la configuración del propio sistema y el escenario en que está ubicado, y
- El uso de procedimientos matemáticos sofisticados. No sólo resulta imposible contemplar aquí cada uno de los sistemas radiantes utilizados en la práctica, sino que los cálculos correspondientes, caso de que fuesen realizables, caerían claramente fuera del objetivo de este documento.

(8) En lo que sigue, se interpretará que dicha distancia está referida al punto más próximo de la estructura radiante.

Sin embargo, es posible extraer conclusiones de interés general del análisis de situaciones que, si bien no son sino modelos simplificados, constituyen aproximaciones razonables a las reales más comúnmente utilizadas.

La traslación de los criterios explicados para el cálculo de volúmenes de referencia a los sistemas de radiodifusión, tanto de AM como de FM, y televisión no es fácil. Los criterios y técnicas aquí presentadas han sido extraídos del informe encargado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT) al Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos de la E.T.S.I. Telecomunicación de la UPM<sup>9</sup>. Las conclusiones extraídas del citado informe indican que:

- En los sistemas de radiodifusión AM, no es posible establecer un volumen de referencia, salvo que el sistema radiante se pueda asemejar a un monopolo. En tal caso, el volumen de protección sería el resultante de envolver los campos E y H calculados, véase el citado informe. En caso contrario, sería necesario proceder a la medida del campo eléctrico y magnético para verificar el cumplimiento de la estación radioeléctrica.
- En el caso de sistemas de radiodifusión FM y radiotelevisión, se podrían aplicar similares criterios a los utilizados en telefonía móvil para el cálculo de volúmenes de protección. Sin embargo, al utilizar estos sistemas antenas con diagramas de radiación diferentes, resulta conveniente la adopción de volúmenes más adecuados.

En el apartado 5.2.2 se mostrará el procedimiento para el cálculo de los volúmenes de protección para este tipo de sistemas. En los ejemplos que se mostrarán en los siguientes apartados, se verá la aplicación de los criterios desarrollados.

### 5.2.2. Volúmenes de protección para los sistemas de FM y TV. Criterios de cálculo

Consideremos un servicio en la banda de 100 MHz ( $\lambda \approx 3\text{m}$ ) con una PIRE de 71 kW. Puesto que este valor está por encima de la PIRE crítica de 2 kW, dada en la gráfica de la Figura 19, podemos manejar en este caso, al menos en principio, los conceptos de campo lejano. Consideremos que la antena está constituida por seis dipolos eléctricos verticales de longitud  $\lambda/2$  con sus centros separados  $\lambda$ . La antena mide

entonces  $5,5 \lambda$ , es decir, unos 16,5 m, y la superficie distante  $3\lambda$  se esquematiza como en la figura:

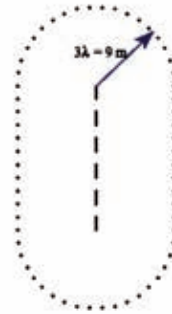


Figura 20. Antena compuesta por 6 dipolos

Despreciando cualquier efecto del entorno, el diagrama de radiación normalizado,  $F(\theta)$ , tiene la forma:

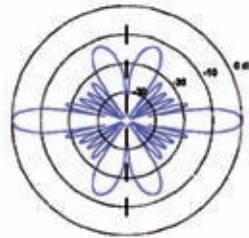


Figura 21. Diagrama de radiación normalizado

siendo la directividad de la antena de unos 10 dB y el ancho del lóbulo principal de unos  $9,5^\circ$ .

El primer lóbulo secundario se encuentra en las proximidades de  $\theta=20^\circ$  y su nivel es de unos 13 dB por debajo del principal.

La densidad de potencia especificada por los niveles de referencia en la banda en consideración es de  $2\text{W}/\text{m}^2$ , luego la superficie de protección, centrada en el centro de la agrupación de dipolos, tiene la forma:

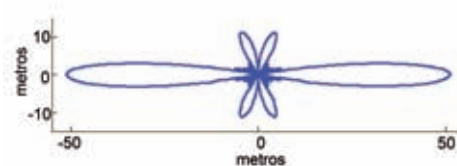


Figura 22. Superficie de protección centrada en la agrupación de dipolos

(9) "Informe sobre la evaluación del cumplimiento de límites de exposición en instalaciones de radiodifusión y televisión", Juan E. Page y Jaime Esteban. Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. ETSIT (UPM)

siendo sólo válida, en principio, la parte de la misma que se encuentra en el exterior de la superficie de campo lejano.

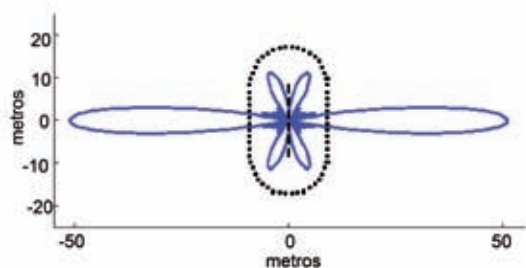


Figura 23. Superficie de protección: campo lejano

Para tener en cuenta la zona en la que no es aplicable la aproximación de campo lejano envolvemos el diagrama en una superficie convexa y tendremos una estimación de la superficie de protección válida en todos los puntos del espacio.

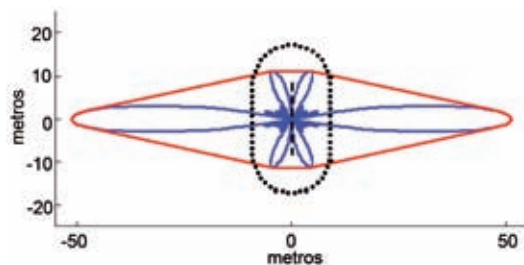


Figura 24. Superficie de protección: todos los puntos del espacio

Si no se dispone del diagrama de radiación pero se conoce la dirección de apuntamiento del lóbulo principal, su ancho y el nivel del mayor de los lóbulos secundarios, es posible simular un diagrama de radiación como:

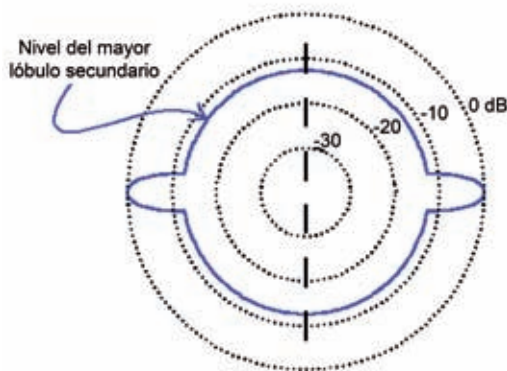


Figura 25. Diagrama de radiación simulado a partir del lóbulo principal

Y con este esquema se calcula la superficie de protección:

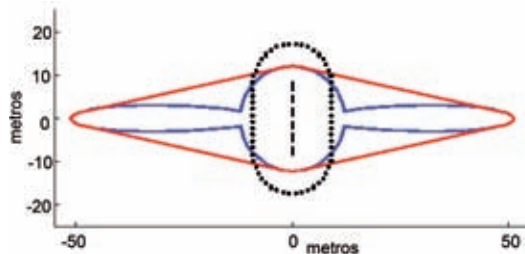


Figura 26. Superficie de protección calculada a partir del diagrama de radiación simulado

Naturalmente, las superficies de protección resultantes pueden convertirse en formas más sencillas, como cilindros o esferas, siempre que contengan a las obtenidas con este procedimiento.

Si la antena está suficientemente alta sobre el suelo, digamos  $10\lambda$ , no es necesario ningún cálculo adicional y bastará con realizar medidas de confirmación de campo eléctrico (o magnético) en aquellas zonas exteriores a la superficie de protección y próximas a la misma, en las que se estime posible la presencia habitual de personas. Tales medidas deberán ser especialmente cuidadosas en el caso de que dichas zonas se encuentren a distancias a la antena del orden de  $3\lambda$ , debiendo, en caso de duda, recurrirse a la medida tanto del campo eléctrico como del magnético.

Si la altura de la antena no es suficiente, por ejemplo  $4\lambda$ , es posible realizar una estimación del efecto del suelo extendiendo la superficie de protección hasta el nivel de éste por proyección de la superficie obtenida considerando la antena aislada. El volumen así determinado puede utilizarse para estimar la región en que ha de medirse, en este caso forzosamente tanto el campo eléctrico como el magnético, bien entendido que, cuanto más próxima está la antena al suelo, mayor es la posibilidad de que se supere el nivel de referencia en el exterior del volumen.

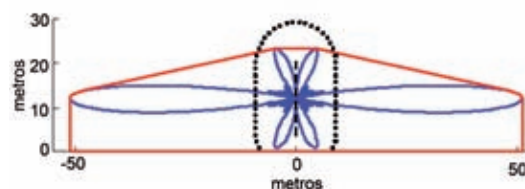
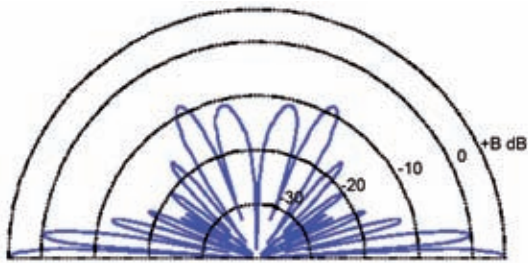


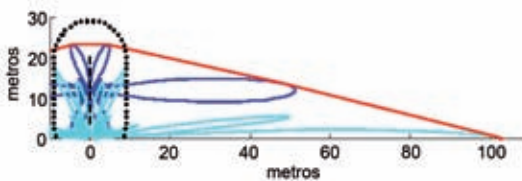
Figura 27. Superficie de protección: estimación del efecto del suelo

Alternativamente puede calcularse el diagrama de radiación corregido por el efecto del suelo, lo que requiere multiplicar el original, sea el verdadero o un modelo, por el factor de corrección indicado en la página 21 del informe encargado por el COIT al Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos de la E.T.S.I. Telecomunicación<sup>10</sup>. En este caso el diagrama corregido será el siguiente:



**Figura 28. Diagrama de radiación corregido por el efecto del suelo**

Se dibujan entonces ambas superficies de protección, la de la antena aislada, centrada en su centro, y la corregida, centrada en el suelo bajo la antena, y se dibuja la envolvente convexa de ambas. Por mayor claridad, y dada la simetría de la figura, se ha representado sólo parte de ella:



**Figura 29. Superficie de protección corregida**

Este procedimiento proporciona una mejor estimación de la superficie de protección, a costa de un mayor esfuerzo de cálculo, pero ha de tenerse en cuenta que el factor de corrección del suelo depende del tipo de antena (el utilizado sólo es válido para aquellas que soportan únicamente corrientes verticales al suelo) y su cálculo puede llegar a ser bastante complicado

### 5.2.3. Ejemplo de cálculo de volúmenes de referencia para sistemas de FM y Televisión

#### Ejemplo 1

Supongamos que tenemos una antena formada por una agrupación de 8 dipolos de longitud  $\lambda/2$  cuyos centros están separados  $\lambda$ , funcionando a una fre-

cuencia de 99 MHz. Por tanto,  $\lambda = 3,03$  m, y el tamaño de la antena es de  $7,5\lambda = 22,725$  m.

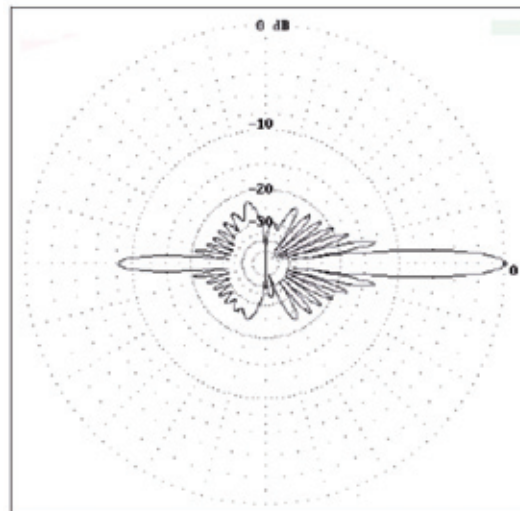
La distancia de campo lejano viene dada por  $3\lambda = 9,09$  m, según la Orden CTE/23/2002.

La altura del punto medio de la agrupación es de 40 metros, y la estación emite con una PIRE de 15 kW.

Para la banda de frecuencia considerada, el nivel de referencia es  $S_{\max} = 2 \text{ W/m}^2$ , de donde se obtiene una distancia de referencia:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{\text{PIRE}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\max}}} = 24,43 \text{ m}$$

El diagrama de radiación de la antena en el plano vertical se muestra en la Figura 30:



**Figura 30. Diagrama de radiación de la agrupación de dipolos (dB). Plano vertical**

Las dimensiones del paralelepípedo de referencia las calcularemos a partir de las mismas expresiones utilizadas para el caso de las estaciones base de telefonía móvil:

$$D_{\text{adelante}} = D_{\max} = 24,43 \text{ m}$$

$$D_{\text{atras}} = D_{\max} \cdot \sqrt{F(180^\circ)} = 8,18 \text{ m}$$

(10) "Informe sobre la evaluación del cumplimiento de límites de exposición en instalaciones de radiodifusión y televisión". Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. Universidad Politécnica de Madrid. Juan E. Page y Jaime Esteban. Abril 2002

Para calcular las alturas hacia arriba y hacia abajo hay que tener en cuenta los lóbulos secundarios del diagrama:

| Tabla 26. Ejemplo 1. Cálculo de la proyección vertical |                 |                                   |                     |
|--------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| $\theta$                                               | $F(\theta)$     | $D_{\max} \cdot \sqrt{F(\theta)}$ | Proyección vertical |
| 0°                                                     | 1               | 24,43 m                           | 0                   |
| 13°                                                    | $10^{-13/10}$   | 5,47 m                            | 1,23 m              |
| 20°                                                    | $10^{-17,5/10}$ | 3,26 m                            | 1,11 m              |
| 30°                                                    | $10^{-20/10}$   | 2,44 m                            | 1,22 m              |
| 40°                                                    | $10^{-23/10}$   | 1,73 m                            | 1,11 m              |
| 50°                                                    | $10^{-23/10}$   | 1,73 m                            | 1,33 m              |
| 60°                                                    | $10^{-23/10}$   | 1,73 m                            | 1,50 m              |
| 75°                                                    | $10^{-30/10}$   | 0,77 m                            | 0,74 m              |
| 105°                                                   | $10^{-23/10}$   | 1,73 m                            | 1,67 m              |
| 180°                                                   | $10^{-8,5/10}$  | 9,18 m                            | 0                   |

La proyección vertical se calcula por la expresión  $D_{\max} \cdot \sqrt{F(\theta)} \cdot \text{sen}(\theta)$ . La tabla sólo llega hasta el lóbulo que está a 105°, ya que a partir de ese punto las proyecciones verticales siempre van a ser inferiores a la obtenida para ese ángulo. Además, el diagrama es prácticamente simétrico para los ángulos entre 180° y 360°, por lo que no hace falta calcularlo para estos ángulos.

Las dimensiones del paralelepípedo vendrían dadas por:

$$\begin{aligned} L_{m1} &= D_{\max} = 24,43\text{m} \\ L_{m2} &= D_{\text{atrás}} = 9,18\text{m} \\ L_{v1} &= D_{\text{arriba}} = 1,67\text{m} \\ L_{v2} &= D_{\text{abajo}} = 1,67\text{m} \end{aligned}$$

El paralelepípedo de protección se muestra en la Figura 31:

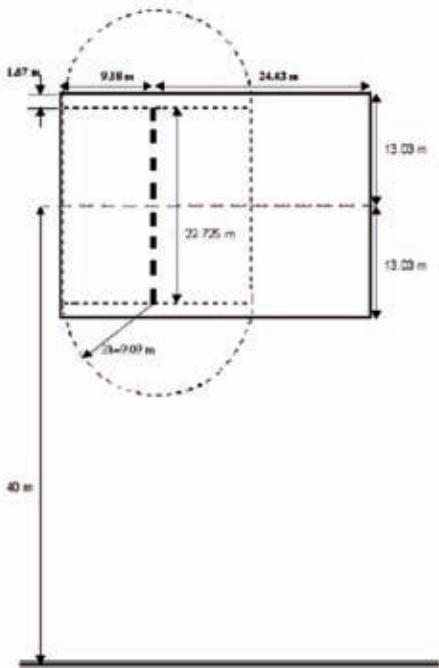


Figura 31. Paralelepípedo de referencia para el sistema considerado

**Ejemplo 2**

Consideremos un sistema de radiodifusión en FM, trabajando también a 99 MHz, pero en este caso la antena es una agrupación de 4 dipolos en  $\lambda/2$  separados  $\lambda$ . Suponiendo la misma altura y PIRE, tendremos una distancia de referencia  $D_{\max} = 24,43$  m.

El diagrama de radiación de la antena es, en este caso,  $3,5\lambda = 10,6$  metros. El diagrama de radiación en el plano vertical de la agrupación de dipolos se muestra en la figura adjunta:

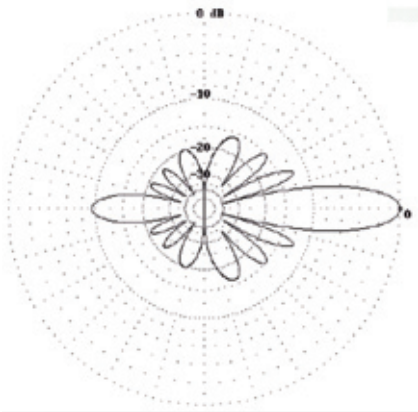


Figura 32. Diagrama de radiación de la agrupación de dipolos (dB). Plano vertical

Procediendo como en el ejemplo anterior, tendríamos:

$$D_{\text{adelante}} = D_{\text{max}} = 24,43\text{m}$$

$$D_{\text{atras}} = D_{\text{max}} \cdot \sqrt{F(180^\circ)} = 8,18\text{m}$$

Para los lóbulos secundarios tenemos:

| Tabla 27. Ejemplo 2. Cálculo de la proyección vertical |                 |                                         |                     |
|--------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|---------------------|
| $\theta$                                               | $F(\theta)$     | $D_{\text{max}} \cdot \sqrt{F(\theta)}$ | Proyección vertical |
| $0^\circ$                                              | 1               | 24,43 m                                 | 0                   |
| $22^\circ$                                             | $10^{-12,5/10}$ | 5,79 m                                  | 2,17 m              |
| $40^\circ$                                             | $10^{-15/10}$   | 4,34 m                                  | 2,79 m              |
| $65^\circ$                                             | $10^{-16/10}$   | 3,97 m                                  | 3,51 m              |
| $112^\circ$                                            | $10^{-23/10}$   | 2,44 m                                  | 2,26 m              |
| $135^\circ$                                            | $10^{-22/10}$   | 1,94 m                                  | 1,37 m              |
| $155^\circ$                                            | $10^{-21/10}$   | 2,17 m                                  | 0,92 m              |
| $180^\circ$                                            | $10^{-9,5/10}$  | 8,18 m                                  | 0                   |

Por la simetría del diagrama de radiación se pueden omitir los valores correspondientes a los ángulos entre  $180^\circ$  y  $360^\circ$ .

Se observa que el lóbulo que determina la altura del paralelepípedo por producir una proyección vertical mayor es el que está a unos  $65^\circ$ . Esta proyección vertical es  $D_{\text{max}} \cdot \sqrt{F(\theta)} \cdot \text{sen}(\theta)$ .

Las dimensiones del paralelepípedo de protección vendrían dadas por:

$$\begin{aligned} L_{m1} &= D_{\text{max}} = 24,43\text{m} \\ L_{m2} &= D_{\text{atras}} = 8,18\text{m} \\ L_{v1} &= D_{\text{arriba}} = 3,51\text{m} \\ L_{v2} &= D_{\text{abajo}} = 3,51\text{m} \end{aligned}$$

El citado paralelepípedo se muestra en la Figura 33:

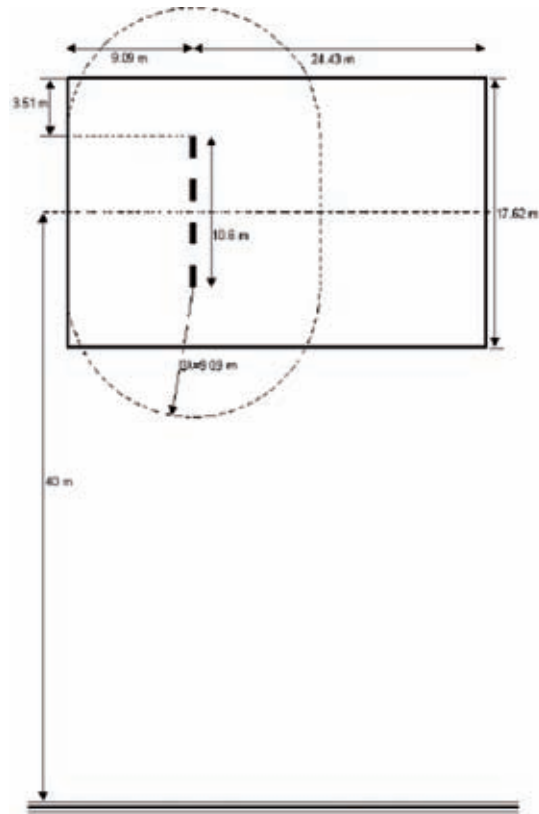


Figura 33. Paralelepípedo de referencia para el sistema considerado

### Ejemplo 3

Supóngase, en este caso, una estación de televisión que trabaja a una frecuencia de 600 MHz, y cuya antena tiene el diagrama de radiación, en el plano vertical, que se muestra en la figura adjunta:

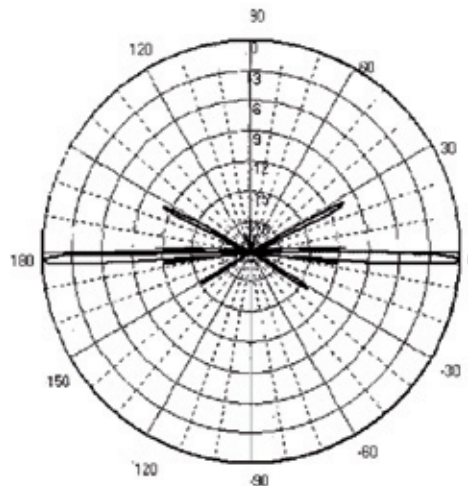


Figura 34. Diagrama de radiación de la antena. Plano vertical

A esa frecuencia, la longitud de onda es  $\lambda = 50$  cm. Suponiendo que la antena está formada por 6 dipolos de longitud  $\lambda/2$  con sus centros separados  $\lambda$ , el tamaño de la antena es de 2,75 metros. La zona de  $3\lambda$  es en este caso de 1,50 metros.

Si la PIRE radiada por la estación es de 150 kW, teniendo en cuenta que el nivel de referencia para esta frecuencia es  $S_{\max} = 3 \text{ W/m}^2$ , tenemos que:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{\text{PIRE}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\max}}} = 63 \text{ m}$$

Podemos formar de nuevo una tabla como la siguiente, teniendo en cuenta los lóbulos secundarios del diagrama de radiación:

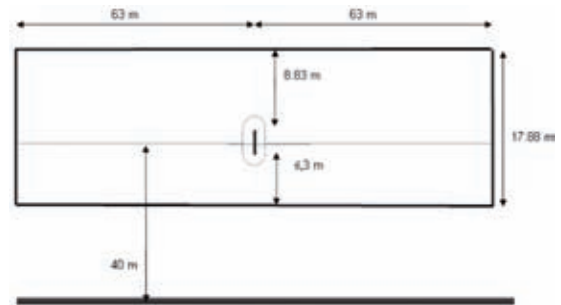
**Tabla 28. Ejemplo 3. Cálculo de la proyección vertical**

| $\theta$     | $F(\theta)$     | $D_{\max} \cdot \sqrt{F(\theta)}$ | Proyección vertical |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| $2^\circ$    | $10^{-11/10}$   | 17,76 m                           | 0,62 m              |
| $28^\circ$   | $10^{-10,5/10}$ | 18,81 m                           | 8,83 m              |
| $153^\circ$  | $10^{-11/10}$   | 17,76 m                           | 8,06 m              |
| $178^\circ$  | $10^{-11/10}$   | 17,76 m                           | 0,62 m              |
| $-178^\circ$ | 1               | 63 m                              | -2,2 m              |
| $-150^\circ$ | $10^{-15/10}$   | 11,2 m                            | -5,6 m              |
| $-30^\circ$  | $10^{-14/10}$   | 12,6 m                            | -6,3 m              |
| $-7,5^\circ$ | $10^{-12/10}$   | 15,75 m                           | -2,1 m              |
| $-2^\circ$   | 1               | 63 m                              | -2,2 m              |

De donde obtendríamos las dimensiones del paralelepípedo, que vendrían dadas por:

$$\begin{aligned} L_{m1} &= D_{\max} = 63 \text{ m} \\ L_{m2} &= D_{\text{atrás}} = 63 \text{ m} \\ L_{v1} &= D_{\text{arriba}} = 8,83 \text{ m} \\ L_{v2} &= D_{\text{abajo}} = 6,3 \text{ m} \end{aligned}$$

La Figura 35 muestra el paralelepípedo de protección, insertado en el sistema radiante.



**Figura 35. Paralelepípedo de referencia para el sistema radiante considerado**

### 5.3. Entornos complejos: Múltiples emisores/frecuencias

Una situación muy frecuente es la exposición simultánea a emisiones electromagnéticas de diferentes frecuencias. Por ejemplo, una persona puede verse sometida al mismo tiempo a emisiones procedentes de una estación base GSM-900, procedentes de una emisora de radio FM y procedentes de una emisora de TV.

Por otro lado, la tendencia actual a la agrupación y compartición de infraestructuras, entre los operadores de telefonía móvil en un mismo emplazamiento, hará que en una misma torre a diferentes alturas existan antenas transmitiendo emisiones de frecuencia 900 MHz (GSM-900), emisiones de frecuencia 1800 MHz (GSM-1800) y emisiones de frecuencia 2000 MHz (UMTS).

En estos casos, debe tenerse en cuenta la suma de los efectos de cada una de estas exposiciones sobre el individuo sometido simultáneamente a todas las emisiones.

La forma de cuantificar la **exposición total** y el cumplimiento o no con los límites normativos se realiza de la siguiente forma para emisiones simultáneas con frecuencias comprendidas entre 10 MHz y 300 GHz:

• Para el campo eléctrico E:

$$\sum_{i > 10 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

Y para el campo magnético H:

$$\sum_{j > 10 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

O bien:

· Para la densidad de potencia  $S$ :

$$\sum_{k>10\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_k}{S_{L,k}} \leq 1$$

donde:

$E_i$  : nivel de campo eléctrico (V/m) a la frecuencia “i”.

$H_j$  : nivel de campo magnético (A/m) a la frecuencia “j”.

$S_k$  : nivel de densidad de potencia ( $\text{W/m}^2$ ) a la frecuencia “k”.

$E_{L,i}$  : límite para el campo eléctrico (V/m) a la frecuencia “i”.

$H_{L,j}$  : límite para el campo magnético (A/m) a la frecuencia “j”.

$S_{L,k}$  : límite para la densidad de potencia ( $\text{W/m}^2$ ) a la frecuencia “k”.

A modo de ejemplo:

En cierta localización, a cierta distancia de una serie de antenas transmisoras de servicios de radiocomunicaciones, se miden cuatro emisiones:

| Tabla 29. Cálculo de la exposición total |                  |                                                 |                             |                |
|------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Servicio                                 | Frecuencia (MHz) | Densidad de potencia medida ( $\text{mW/m}^2$ ) | Límite ( $\text{mW/cm}^2$ ) | Exposición (%) |
| Radio FM                                 | 89,503           | 0,075                                           | 0,2                         | 37,5%          |
| TV                                       | 665,015          | 0,105                                           | 0,3325                      | 31,59%         |
| GSM-900                                  | 955,013          | 0,086                                           | 0,4775                      | 18,01%         |
| GSM-1800                                 | 1774             | 0,074                                           | 0,887                       | 8,34%          |
| EXPOSICIÓN TOTAL:                        |                  |                                                 |                             | 95,44%         |

Como la exposición total es menor que el 100%, en ese punto de observación (donde estaría expuesto un individuo) se cumplen los límites normativos de exposición (ICNIRP, Recomendación de Consejo, Real Decreto 1066/2001).

O bien, recurriendo a las expresiones matemáticas anteriores:

$$\sum_{k>10\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \frac{E_k}{E_{L,k}} = \frac{0,075}{0,2} + \frac{0,105}{0,3325} + \frac{0,086}{0,4775} + \frac{0,074}{0,887} = 0,9544 \leq 1$$

Debe insistirse en que se trata de una suma de exposiciones y no una suma de potencias radiadas (PIREs) de las distintas fuentes de diferentes frecuencias (cada fuente se encuentra a diferente distancia del punto de observación, y a cada una de ellas le es aplicable un límite de exposición según su frecuencia de emisión).

La evaluación del nivel de exposición total en un determinado punto del espacio debe realizarse mediante la técnica anterior: suma de exposiciones ponderada según el límite respectivo a cada frecuencia. Previamente se habrá estimado o medido individualmente la exposición generada por cada emisión (cada frecuencia individual). Para la estimación de cada exposición individual pueden emplearse las expresiones y modelos vistos en apartados anteriores en términos de densidad de potencia.

La presencia de varias fuentes de emisión de diferentes frecuencias convierte a la localización a analizar en un escenario complejo. En este caso, la definición de zonas de exclusión es muy complicada (habría que recurrir a modelos por ordenador) y cada punto de observación deberá evaluarse como se ha descrito. En caso de dudas, deberá realizarse una caracterización mediante mediciones in-situ. En relación con los efectos de estimulación eléctrica, pertinentes entre 1 Hz y 10 MHz, los niveles de campo deben cumplir las siguientes relaciones:

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{KHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150\text{KHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

donde:

$E_i$  : intensidad de campo eléctrico medido a la frecuencia “i”.

$E_{L,i}$  : nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia “i”.

$H_j$  : intensidad de campo magnético medido a la frecuencia “j”.

$H_{L,j}$  : nivel de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia “j”.

$a = 87 \text{ V/m}$  y  $b = 5 \text{ A/m}$  ( $6,25\mu\text{T}$ ).

Para considerar los efectos térmicos, pertinentes desde los 100 kHz, se debe cumplir:

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>150\text{KHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100\text{KHz}}^{150\text{KHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>150\text{KHz}}^{300\text{GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

donde:

$E_i$  : intensidad de campo eléctrico medido a la frecuencia “i”.

$E_{L,i}$  : nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia “i”.

$H_j$  : intensidad de campo magnético medido a la frecuencia “j”.

$H_{L,j}$  : nivel de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia “j”.

$c = 87/f^{1/2} \text{ (V/m)}$  y  $d = 0,73/f \text{ (A/m)}$ , con  $f$  en MHz.

CAPITULO  
06

Fundamentos técnicos  
de la metodología  
de medidas  
de emisiones  
radioeléctricas

06



La realización de medidas de los niveles de emisión de las estaciones radioeléctricas exige poseer unos conocimientos previos del entorno de medida y de los equipos de telecomunicaciones que permitan ejecutar el procedimiento de medida de forma correcta y uniforme. Para llegar a este conocimiento, en este punto vamos a analizar las características de los distintos tipos de estaciones de radiocomunicaciones y sistemas radiantes más comunes que podemos encontrar.

## 6.1. Tipos de estaciones radioeléctricas

En primer lugar consideremos los distintos tipos de estaciones radioeléctricas que podemos encontrar de forma más habitual. Básicamente son tres tipos:

- Telefonía móvil: son las más comunes; trabajan en frecuencias de 900MHz y 1800 MHz para el GSM, y en 2000-2100 MHz para otros sistemas como el UMTS. Emplean potencias de emisión de decenas de vatios, con antenas de alta ganancia.
- Radiodifusión: existen 3 tipos con frecuencias de trabajo de 500-1500 kHz para la onda media, 3-30 MHz para onda corta y 88-108MHz para frecuencia modulada. Emplean potencias muy altas de varios kilovatios con sistemas radiantes de baja ganancia en general, salvo en los emisores de FM que pueden emplear antenas directivas de ganancia media.
- Televisión: trabajan principalmente en la banda de UHF, de 400 a 800 MHz. Emplean potencias muy

altas, de decenas de Kw, y antenas que pueden llegar a ser bastante directivas.

Estos tres bloques constituyen el 95 % de las estaciones de radiocomunicaciones que nos podemos encontrar. El resto corresponde principalmente a emisores de radio móvil privada para aplicaciones de servicios que se concentran en las bandas de VHF y UHF, enlaces punto a punto de microondas, estaciones de satélite y otros servicios que se concentran principalmente en las bandas de microondas de 2 a 14 GHz.

### 6.1.1. Estaciones de Telefonía móvil

Como hemos dicho las estaciones de telefonía móvil son las más abundantes. Estas estaciones emplean, como elementos radiantes, conjuntos de antenas de alta ganancia cuya disposición varía mucho en función del lugar de instalación y las necesidades de cobertura. Puesto que las características y situación de las antenas afectan notablemente al proceso de medida y certificación vamos a analizar los tipos más comunes.

Para ello hemos clasificado las antenas en 4 categorías:

1. Torres.
2. Mástiles.
3. Estructuras múltiples.
4. Microbases

#### Torres

Estructuras que integran antenas de telefonía móvil de 900, 1800 Mhz, radioenlaces y antenas para sistemas de distribución por microondas. Generalmente las antenas de telefonía móvil se sitúan 5-10 m por encima de la azotea, existiendo únicamente radioen-

laces y antenas en una altura de 1-2 m sobre la azotea. Este tipo de antenas se suele encontrar en edificios de oficinas o propietarios de los operadores, pues exigen una instalación compleja del sistema radiante.

#### Mástiles

Son antenas que constan de un único mástil con una altura de 4-6m sobre el que se instalan las antenas. Se suelen situar en el lugar más elevado de la azotea del edificio, y no suelen plantear problemas por sí solas. En muchos casos se complementan con más antenas instaladas de forma muy diversa, para conseguir la cobertura deseada. Este tipo, puede plantear problemas pues estas antenas suplementarias se instalan a baja altura sobre la azotea, de forma muy aleatoria y muchas veces en las proximidades de terrazas, o adosadas a los edificios.

#### Estructuras múltiples

Son muy frecuentes y variadas. Se adaptan a la estructura de la fachada y se sitúan a baja altura (1-2m) sobre la azotea. Son las que más problemas plantean al situarse al borde de las azoteas y muchas veces justo encima de las terrazas de los últimos pisos, o a corta distancia de edificios cercanos.

#### Microbases

Corresponden a transmisores de telefonía móvil de pequeña potencia que se instalan generalmente en locales comerciales a nivel de suelo. Su objetivo es completar la cobertura de los transmisores situados en las azoteas por lo que su número aumenta rápidamente. Emplean antenas de reducidas dimensiones difíciles de localizar, pues las antenas se integran muy bien en la fachada de edificios, carteles de comercios, etc. Las antenas se sitúan siempre en alturas de entre 3-5 metros y emplean potencias bajas, de entre 1 y 10 w.

Cabe resaltar que sobre este tipo no existe una preocupación generalizada pues el público en general no identifica estas antenas con las de telefonía móvil.

En la Figura 36 se muestran diferentes tipos de estaciones de telefonía móvil. En primer lugar podemos observar una torre de telefonía móvil con múltiples sistemas de telefonía móvil y enlaces punto a punto de microondas; un mástil con tres paneles radiantes de GSM; varios mástiles con paneles distribuidos en una azotea y finalmente la antena de una microbase de reducidas dimensiones situada a 2 m sobre el nivel del suelo.

#### 6.1.2. Radiodifusión

Los transmisores de radiodifusión son otro conjunto de estaciones cuyos niveles de emisión puede ser necesario medir y que presentan unas características diferenciadas con respecto a las estaciones de telefonía móvil.

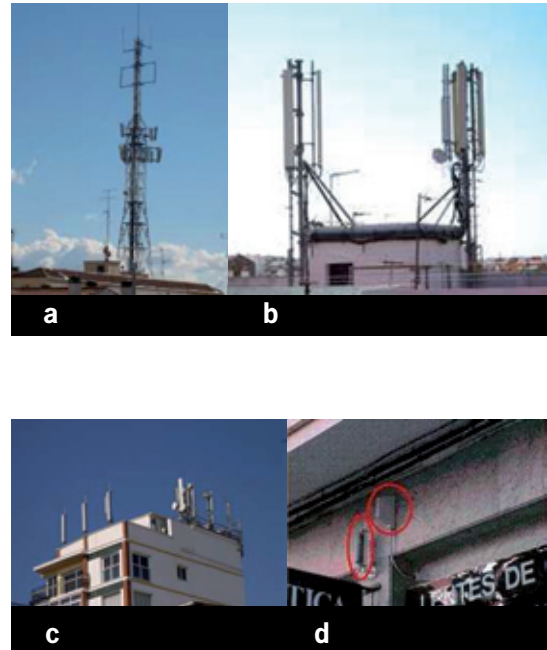


Figura 36. Ejemplos de antenas de telefonía móvil

Estos transmisores emplean potencias muy altas, decenas de kilovatios, combinadas con sistemas radiantes de grandes dimensiones.

Fundamentalmente las frecuencias de trabajo se sitúan en las bandas de HF, de 1 a 30 MHz, o en la banda de VHF 88 – 108 MHz. Las antenas empleadas en radiodifusión se pueden agrupar en dos tipos:

- Mástiles radiantes que cubren las bandas de onda media/onda corta.
- Arrays de dipolos que se emplean para las emisoras de frecuencia modulada.

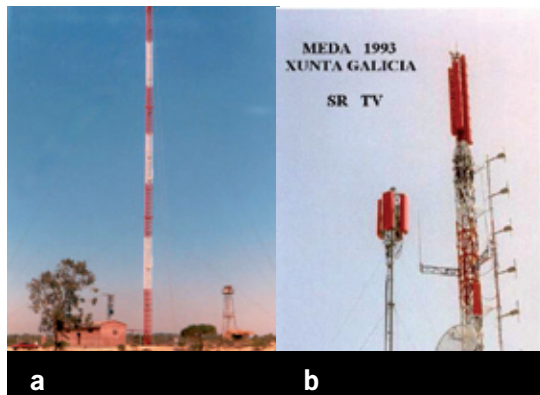
Los mástiles empleados en las frecuencias bajas son antenas cuya longitud es igual a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda de emisión. Puesto que a estas frecuencias la longitud de onda es muy grande, estas antenas tienen longitudes de decenas de metros de altura. En la Figura 37.a se muestra uno de estos mástiles para una emisora de onda media. Por sus dimensiones se

suelen instalar a las afueras de las ciudades en terrenos despejados.

El segundo tipo está constituido por las antenas de las emisoras de FM. Estas emisoras trabajan en frecuencias en torno a los 100 MHz donde la longitud de onda es de 3 m, lo que permite el empleo de dipolos de media longitud de onda agrupados en arrays como se muestra en la Figura 37.b. Este tipo de antenas es de dimensiones más reducidas y se pueden instalar tanto en zonas despejadas como en edificios situados en el casco urbano.

### 6.1.3. Televisión

El tercer tipo de estaciones de frecuente utilización son los transmisores de televisión, que se han vuelto muy abundantes en los últimos tiempos con el aumento de canales de televisión pública, privada y la introducción de la televisión digital (DVB).

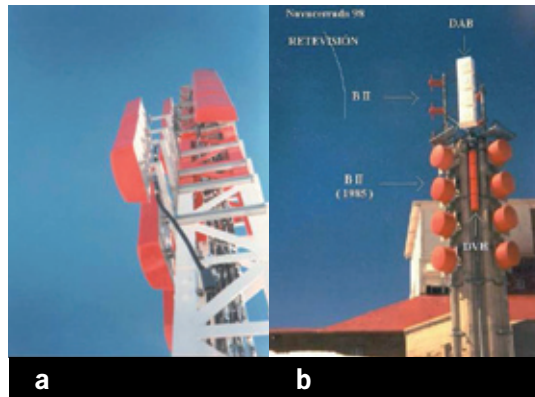


**Figura 37. Antenas de radiodifusión. a) Antena de onda media b) Antena de FM.**

Estos transmisores, al igual que los de radiodifusión, emplean potencias del orden de kilovatios y trabajan fundamentalmente en la banda UHF, de 470 a 820 MHz. Las antenas empleadas son de dimensiones más reducidas que las de radiodifusión en FM y similares a las empleadas en telefonía móvil.

Las antenas de los emisores de TV están constituidas por paneles radiantes agrupados formando arrays. Puesto que normalmente los transmisores de TV se sitúan a las afueras de las ciudades las antenas emplean configuraciones de paneles de cobertura de 90°-120° orientados en las direcciones adecuadas para conseguir la cobertura deseada, tal y como se muestra en la Figura 38.a.

También es habitual que en una misma torre se instalen antenas para varios transmisores de TV de diferentes bandas, como se muestra en la Figura 38.b, o para transmisores de FM y TV conjuntamente.



**Figura 38. Antenas de Televisión**

## 6.2. Fundamentos técnicos de la metodología de las medidas radioeléctricas

La realización de medidas de los niveles de emisión de una estación radioeléctrica requiere la realización de una serie de pasos previos que permitan garantizar la correcta ejecución de la medida. Estos pasos se describen a continuación.

### 6.2.1. Consideraciones generales

Evaluar el cumplimiento de los niveles de referencia en un cierto lugar requiere asegurar que los valores de las intensidades de campo y la densidad de potencia, promediados espacialmente en el área y temporalmente en el intervalo fijado por la normativa, no superan los máximos que se especifican en ella. Puesto que los niveles de referencia especifican valores eficaces de las intensidades de campo eléctrico y magnético y densidad de potencia, es necesario medir las dos intensidades de campo, calcular la densidad de potencia, y promediar y comparar con los máximos permitidos en cada caso.

Para medir las intensidades de campo eléctrico y magnético se requiere un sensor, en general, distinto para cada una de ellas, conectado a un medidor que presente el resultado. El cálculo de la densidad de potencia debe realizarse a partir de las intensidades

de campo medidas y requiere información adicional de éstas.

Puesto que las intensidades de campo son vectores que varían con el tiempo su medida es equivalente, en principio, a la medida de tres magnitudes escalares (tensiones o corrientes). Para medir una intensidad el sensor debe discriminar entre tres direcciones espaciales ortogonales y el medidor registrar la variación temporal de cada una de estas componentes. Esto significa un importante problema de medida, que se simplifica si se dispone de información previa de la señal a medir.

Por ello conviene responder algunas preguntas esenciales antes de establecer la estrategia de evaluación del cumplimiento de normas. ¿Se requiere una evaluación básica o detallada? ¿Permite el escenario simplificar la medida o no?

Con la evaluación básica se pretende obtener una estimación razonable de los valores eficaces de las intensidades que se producen en un lugar y en un intervalo de tiempo, sin intentar determinar otros aspectos, entre ellos, contenido espectral, origen en una o más fuentes, contribución de cada una de ellas. No permite el cálculo de la densidad de potencia, pero sí de una cota superior. Conforme se requiere información más detallada la medida se complica.

Un escenario que permite simplificar la medida es aquél en el que pueden admitirse como válidas las aproximaciones de: señal sinusoidal pura, campo lejano y espacio libre. Esto significa que tenemos una fuente predominante monocromática, estamos en una zona de evaluación lejos de la fuente y no existen obstáculos relevantes en la zona.

En otros escenarios la medida se complica. Por ejemplo, en presencia de obstáculos importantes en las proximidades del escenario de medida y/o si existen emisiones procedentes de varios puntos, el campo en un punto es el resultado de la superposición de una onda directa desde cada antena y una o más ondas reflejadas. Cada componente tiene las propiedades de campo lejano en espacio libre pero el conjunto no tiene tales propiedades. La situación es similar a lo que ocurre en las proximidades de la antena. Sin embargo, se puede intentar discernir entre las diversas ondas que constituyen el campo total utilizando un sensor con directividad y orientándolo en diversas direcciones hasta encontrar valores máximos, lo que

permite aplicar a cada onda componente las relaciones de campo lejano en espacio libre por ejemplo, basta medir una intensidad de campo para cada una de ellas.

No debe olvidarse que cada componente tiene su polarización y que las reflexiones la alteran. Si el sensor direccional es sensible a la polarización, al proceso de seleccionar las direcciones desde las que llega cada onda hay que añadir otro proceso de identificación de polarización. Si el sensor no está conectado a un medidor en el dominio de la frecuencia, como por ejemplo un analizador de espectros, no se puede discriminar la contribución de cada uno de los emisores.

Como conclusión puede decirse que la problemática de medida en zonas no muy alejadas de la antena es complicada, ya que muy cerca de la antena:

- No se cumple ninguna relación sencilla entre intensidades de campo. Por tanto hay que medir E y H.
- La densidad de potencia no se obtiene directamente de los valores eficaces de las intensidades, aunque suministran una cota superior.
- Las variaciones espaciales del campo son muy rápidas, lo que significa que hay que medir con mucha resolución espacial.

En este caso, los problemas que se plantean son:

- El campo puede no ser suficientemente uniforme en la región ocupada por el sensor, con lo que el sensor no está funcionando en la forma en que se hizo la calibración y no mide adecuadamente.
- El sensor puede afectar a la antena, por ejemplo, alterar la corriente en uno de los elementos radiantes que la componen y, por tanto, la antena produce un campo distinto del que producía sin sensor.
- La antena puede afectar a la impedancia del sensor, con lo que el calibrado del sensor deja de ser válido

En vista de lo anterior, queda claro que es imprescindible realizar, y repetir periódicamente, una calibración absoluta del conjunto sensor-medidor. La calibración requiere generar unas intensidades perfectamente controladas, lo que exige disponer de una instrumentación complicada, incluso en banda estre-

cha. La calibración ha de ser realizada por un centro especializado.

Incluso con una calibración adecuada han de tenerse en cuenta diversos errores de medida:

- El propio error de calibración.
- Efecto de la frecuencia.
- Linealidad del detector.
- Error de polarización.
- Efecto de la temperatura.

### 6.2.2. Metodología de evaluación

El primer paso consiste en hacer una evaluación del lugar o emplazamiento a medir y realizar un juicio de qué nivel de complicación presenta el emplazamiento. Si está lejos de la fuente y los obstáculos no le parecen importantes, utilice una sonda detectora de banda ancha e independiente de la polarización (Fase-1 de la Orden CTE/23/2002), y evalúe la región de interés situando la sonda durante un par de minutos en diversos puntos e identificando aquellos en los que la lectura del medidor sea más importante. La existencia de variaciones rápidas con la posición le indica que su escenario no es simple y deberá hacer medidas más precisas.

Sitúese en los puntos de mayor intensidad y mida a diversas alturas manteniendo el sensor en cada una de ellas durante el tiempo que especifica la norma (6 minutos). Por lo general, las muestras se tomarán a

tres alturas diferentes: 1.1 m, 1.5 m y 1.7 m. Aleje el sensor de su cuerpo y otros objetos de presencia no permanente. Si sabe que hay una fuente predominante y conoce su posición, no se interponga entre ella y el sensor. Si no dispone de esta información, mida en cada punto situándose en diversas posiciones, como se muestra en la Figura 39.

La intensidad de campo que deberá utilizar en cálculos posteriores será la media de los valores obtenidos en cada punto:

$$E_{\text{promediado espacial}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 E_i^2}{3}}$$

$$H_{\text{promediado espacial}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 H_i^2}{3}}$$

Repita la medida a diversas horas, si estima que las fuentes no transmiten uniformemente durante el día. Aleje el sensor de su cuerpo y otros objetos de presencia no permanente. Si sabe que hay una fuente predominante y conoce su posición, ¡no se interponga entre ella y el sensor!, si no dispone de esta información, ¡mida en cada punto situándose en diversas posiciones!

Si se produce un valor próximo a los límites establecidos en la normativa y desea identificar su procedencia necesita una antena directiva y un analizador de espectros (Fase-2 de la Orden CTE/23/2002). Tras situarse en un punto, deberá girarlo respecto de tres ejes ortogonales. Anote para qué orientación se produce el máximo de cada componente del espectro recibido y las amplitudes máximas de las mismas.

Si a una cierta frecuencia ha observado un valor netamente predominante asociado a una cierta orientación, utilícelo para comparar con los niveles dados en la normativa aplicando para ello las relaciones de onda plana. Si ha encontrado varios valores comparables haga la suma cuadrática y úsela en la comparación. Repita el proceso para cada una de las frecuencias que haya observado en el espectro y realice las sumas pesadas respecto de los límites tal como se especifica en la propia normativa.

En los siguientes apartados se exponen en detalle las fases de medida descritas en la Orden CTE/23/2002 que se han mencionado anteriormente.

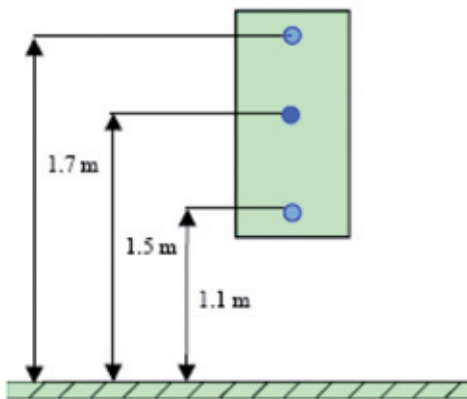


Figura 39. Elección de los puntos de medida.

**a) Fase-1: Vista rápida del ambiente radioeléctrico.**

Es el método menos preciso pero el más rápido para validar emplazamientos. Se obtendrá el nivel total de radiación electromagnética presente en el emplazamiento para su comparación con los niveles de decisión.

*Equipos de medida*

Se utilizan equipos de medida de banda ancha con sondas isotrópicas, capaces de medir en los tres ejes del espacio sin necesidad de girar la sonda, que permiten caracterizar ambientes radioeléctricos de forma rápida, aunque no ofrecen información acerca de cada componente espectral.

Este tipo de equipos están constituidos por un sensor de banda ancha con detección directa, adecuado a una de las intensidades de campo, y un medidor que registre el valor eficaz de la intensidad y haga, en su caso, los promedios de las medidas obtenidas. La otra intensidad y la densidad de potencia se obtendrán a partir de la intensidad de campo medida.

Un sensor de banda ancha es una estructura que se introduce en el campo, obteniéndose en él un campo interno que depende tanto de la E como de la H que había antes de ponerlo. En la mayor parte de los casos este campo interno produce una corriente en un conductor, que es la que se utiliza para cuantificar la medida.

Si dicha corriente procede predominantemente del E pre-existente se tiene un sensor de campo eléctrico. El ejemplo más conocido es un trozo corto de conductor delgado (dipolo eléctrico) en el que se produce una corriente proporcional a la componente de E en la dirección del conductor. La medida depende de la posición del sensor, por tanto, se requerirán tres situados en direcciones ortogonales en el mismo punto del espacio.

Si la corriente procede predominantemente del H pre-existente se tiene un sensor de campo magnético. El ejemplo más conocido es una pequeña espira de conductor delgado (dipolo magnético) en la que se produce una corriente proporcional a la componente de H en dirección perpendicular al plano de la espira. La medida depende de la posición del sensor, luego se requieren tres situados en planos ortogonales en el mismo punto del espacio. Las sondas comercia-

les incorporan tres dipolos ortogonales que permiten la realización espacial de la medida.

*Procedimiento de medida*

Las medidas en banda ancha determinan el nivel de señal electromagnética presente en un determinado lugar.

Se recogen señales dentro de un gran margen de frecuencias, normalmente desde 100 MHz a 3 GHz, por lo que resulta imprescindible escoger la sonda de medida más adecuada a la frecuencia bajo estudio.

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2}$$

$$H = \sqrt{\sum_{i=1}^n H_i^2}$$

Los valores obtenidos para cada banda se utilizan para calcular el nivel total:

Siendo n el número de sondas utilizadas para cubrir el margen de frecuencia total de estudio y  $E_i$ ,  $H_i$  los valores obtenidos con cada sonda. El valor total obtenido siempre será por exceso, ya que las bandas de sondas contiguas se solapan y las expresiones anteriores no excluyen este hecho.

Para adquirir cada uno de los valores se toma una muestra por segundo durante un periodo de 6 minutos y después se obtiene el valor promediado en ese periodo.

Los valores obtenidos se deben comparar con los niveles de decisión. En esta fase los niveles de decisión se calculan restando 6 dB a los niveles de referencia dados en el Anexo II del Real Decreto 1066/2001.

Si el nivel total de exposición electromagnética obtenido está por debajo del nivel de decisión, se puede considerar que el sistema radioeléctrico o la zona de estudio están adaptados a las exigencias del Real Decreto.

Si alguno de los valores obtenidos en el proceso de medida supera los niveles de decisión, deberá procederse a la realización de nuevas mediciones en la Fase-2 o en la Fase-3, en función de las circunstancias que se aprecien en cada caso.

Gráficamente la Fase-1 de medida podría describirse así:

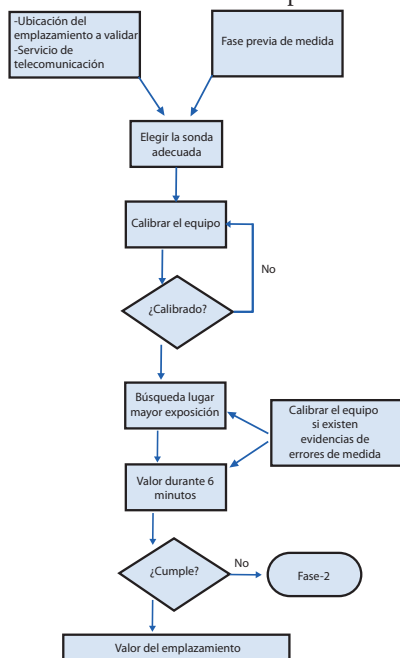


Figura 40. Fase-1 de medidas

#### b) Fase-2: Medida selectiva en frecuencia.

Cuando el nivel obtenido en las medidas de la Fase-1 se acerca al límite legal (1/4 del mismo según el Real Decreto 1066/2001, es decir, 6 dB por debajo) se requiere una evaluación detallada basada en una antena directiva calibrada y un analizador de espectro.

##### Equipos de medida

Según se ha mencionado anteriormente, en esta fase se deben utilizar analizadores de espectro o receptores de banda ancha selectivos en frecuencia, junto con la antena más adecuada. Este tipo de equipos tienen una mayor sensibilidad y son capaces de medir con gran precisión, pero necesitan de un mayor tiempo para realizar la medida y deben emplearse antenas cuyas características radioeléctricas estén definidas (polarización, ganancia, atenuación, en función de la frecuencia, del cable entre la antena y el equipo de medida...).

Un analizador de espectro presenta el contenido de frecuencias de la señal que suministra el sensor y la amplitud relativa de cada componente del espectro. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el analizador de espectro no da información de fase, por lo que su uso no permite reconstruir la variación temporal de la señal. Sólo un medidor en el dominio del tiempo permitiría disponer de

información suficiente para conocer la variación temporal de la señal.

Una antena directiva mide el campo en muchos puntos a la vez, en cada uno de los cuales hay, en general, un valor distinto. La aportación de cada punto la corrige en fase y suma, por lo que hay que tener mucho cuidado con la interpretación de la medida obtenida. Sólo en el caso de que el campo que se mide corresponda a una situación en la que sean válidas las aproximaciones de campo lejano, es posible una interpretación sencilla (se analiza como la incidencia de una onda plana sobre la antena y es relativamente fácil de manejar).

##### Procedimiento de medida

Las medidas se realizarán en la banda de trabajo comprendida entre los 9 kHz y los 3 GHz y, siempre que sea posible, en campo lejano. Consistirán en determinar todas las componentes espectrales significativas, buscando para cada una de ellas el caso peor, esto es, maximizar su nivel en función de la orientación y polarización de la antena.

A efectos de obtener la exposición total de las componentes espectrales significativas, se considerarán las que superen el nivel de 40 dB por debajo de los valores establecidos en el Anexo II del Real Decreto 1066/2001. En cada nivel obtenido se debe calcular el nivel de campo eléctrico E con ayuda de la siguiente expresión, que en unidades logarítmicas es:

$$E \text{ dB (V/m)} = N + FA + AT$$

Siendo:

N: nivel leído en el receptor (en dBV), realizando las conversiones oportunas si fuera necesario.

FA: factor de antena.

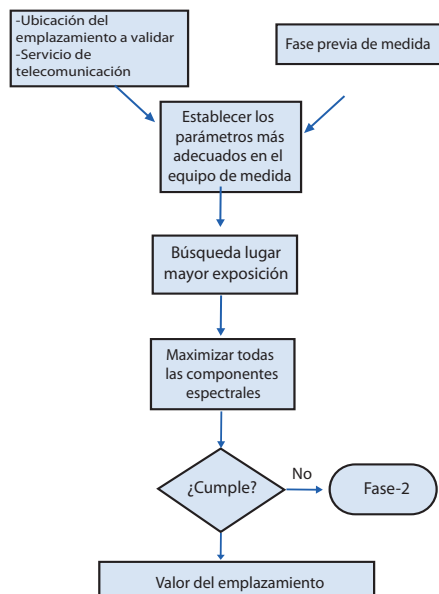
AT: atenuación del cable.

Si, con el sumatorio de los niveles correspondientes a las componentes espectrales consideradas en cada punto de medida, se cumplen las condiciones requeridas, podrán considerarse el sistema radioeléctrico o la zona en estudio, adaptados a las exigencias del Reglamento.

Las medidas en banda estrecha nos permiten conocer el nivel de emisión radioeléctrica producido por una estación transmisora en concreto y dentro de su

rango de frecuencias. Complementa a las medidas de banda ancha en el caso de que existan distintas estaciones transmisoras muy próximas.

Gráficamente el proceso correspondiente a la Fase-2 sería el siguiente:



**Figura 41. Fase-2 de medidas**

### c) Fase-3: Investigación detallada.

En esta fase se incluyen las medidas que por sus especiales características necesitan ser analizadas de manera singular, por ejemplo, para casos en los que las fuentes emisoras se encuentren fuera del rango de frecuencias de 9 kHz a 3 GHz, o sea imposible realizar las medidas en condiciones de campo lejano, o se trate de emisiones pulsantes, por ejemplo, sistemas radar.

#### Equipos de medida

Los equipos de medida serán iguales a los utilizados en la Fase-2 y en algunos casos los de la Fase-1. Debe tenerse en cuenta que en situaciones de campo cercano serán necesarios sensores de campo eléctrico y magnético, pues ambas intensidades deben medirse por separado. En el caso de emisiones pulsantes o señales de características especiales que así lo requieran, se recomienda el uso de medidores en el dominio del tiempo para realizar un análisis previo.

#### Procedimiento de medida

En aquellos puntos donde no se cumple la condición de campo lejano, es necesario medir las dos compo-

nentes de campo electromagnético (E y H), puesto que no existe entre ellas ninguna relación de carácter general. Una vez obtenidos los valores se deben comparar por separado con los niveles de referencia. Si se encuentran por debajo de estos, se considerará que el emplazamiento es válido.

En el caso de señales pulsantes hay que tener en cuenta que la medida de este tipo de señales es muy complicada, ya que típicamente son señales de muy alta frecuencia y con una duración muy corta (T segundos).

El filtro del equipo debe dejar pasar la mayor parte de la energía del pulso, por lo que se toma como ancho de banda:  $BW = 4/T$  Hz. A continuación se miden varias rotaciones de la antena hasta que se establece la señal y se obtiene el valor de pico que no deberá sobrepasarse:

$$E_{\text{pico}} < E_{\text{referencia}} \times 32 \quad S_{\text{pico}} < S_{\text{referencia}} \times 1000$$

Con ayuda de estas expresiones se validará el emplazamiento.

Si se trata del caso en que todas las anteriores fases de validación han fallado, habrá que realizar una investigación más detallada sobre aquellas componentes espectrales que han superado el nivel de referencia. Para ello se tomarán medidas de las tres componentes ortogonales del campo electromagnético, usando a continuación las siguientes expresiones:

$$E_T = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2}$$

$$H_T = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$$

Estos valores totales se compararán con los niveles de referencia con objeto de validar el emplazamiento bajo estudio.

## 6.3. Ejemplos de medidas

En este apartado se presenta la realización de los cálculos previos a la realización de medidas de una estación de picocélulas.

### 6.3.1. Ejemplo práctico: medidas en Fase 1

En este caso vamos a considerar como estación de pruebas una microbase de telefonía móvil situada en

suelo urbano y con potencia menor de 10W. Se trata por lo tanto de una estación tipo ER2. Sus parámetros principales son los de la tabla siguiente:

| Tabla 30. Parámetros generales de la estación de pruebas |                    |
|----------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Frecuencia de Transmisión (MHz)</b>                   | 900                |
| <b>Ganancia (dBi)</b>                                    | 7 (factor: 5)      |
| <b>Número de canales</b>                                 | 1                  |
| <b>Potencia por Canal (W)</b>                            | 2                  |
| <b>Pérdidas cables (dB)</b>                              | 0,5 (factor: 1,12) |
| <b>Pérdidas combinador (dB)</b>                          | 0 (factor: 1)      |

Con los datos de la estación vamos a calcular en primer lugar la potencia a la entrada de la antena:

$$P_{IN} = \frac{P_{CANAL} \cdot N}{L_{CABLES} \cdot L_{COMBINADOR}} = \frac{2 \cdot 1}{1,12 \cdot 1} = 1,78W$$

Conociendo la potencia de entrada a la antena, la PIRE se obtiene multiplicando la potencia de entrada a la antena por la ganancia de la antena:

$$PIRE = P_{IN} \cdot G_{ANTENA} = 1,78 \cdot 5 = 8,9 W$$

Una vez calculada la PIRE vamos a calcular la distancia de referencia. Empleando la expresión definida en el RD para una frecuencia de 900 MHz tenemos:

$$S_{max} (W/m^2) = \frac{f(MHz)}{200}$$

$$S_{max} (f = 900MHz) = \frac{900}{200} = 4,5 W/m^2 (RD1066/2001)$$

Por lo tanto, el nivel de referencia es de:

$$S_{max} = 4,5 W/m^2$$

$$E_{max} = 41,2 V/m$$

Una vez calculados los niveles de referencia es necesario determinar si las medidas se van a realizar en campo cercano o en campo lejano. Para ello empleamos el procedimiento de cálculo descrito en el punto 5.1.1 empleando los niveles de  $P_{IN}$  y nivel de referencia calculados previamente. Para el ejemplo en cuestión los cálculos son:

· Campo cercano (CC):

$$D_{LIM-CC} = \left( \frac{360^\circ}{\theta_{BW-H}} \right) \cdot \frac{P_{IN}}{2 \cdot \pi \cdot S_{LIM}} \cdot L \left( \frac{360^\circ}{90^\circ} \right) \cdot \frac{1,78}{2 \cdot \pi \cdot 4,5 \cdot 0,2} = 1,26m$$

· Campo lejano (CL):

$$D_{LIM-CL} = \sqrt{\frac{P_{IN} \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot S_{LIM}}} = \sqrt{\frac{PIRE}{4 \cdot \pi \cdot S_{LIM}}} = \sqrt{\frac{8,9}{4 \cdot \pi \cdot 4,5}} = 0,39m$$

De estos niveles se toma como distancia de protección la menor de las dos distancias calculadas, que en este caso corresponde a la de campo lejano:  $D_{LIM-CL}$ .

A continuación es necesario calcular la distancia de referencia, que corresponde a la esfera límite que marca los niveles de exposición al público:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{M \cdot PIRE}{4 \cdot \pi \cdot S_{max}}}$$

Empleando los datos obtenidos anteriormente:

$$PIRE = 8,9W$$

$$S_{max} = 4,5 W/m^2$$

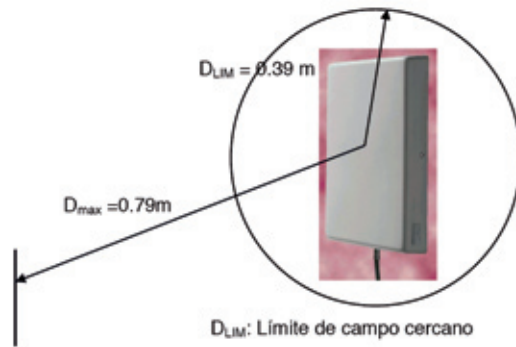
Y considerando que en zonas próximas a la antena existe reflexión total de un rayo, lo que supone un parámetro  $M = 4$ , obtenemos una distancia alrededor de la dirección del haz principal de:

$$D_{max} = 0,79 m$$

Y en zonas del haz principal donde consideramos  $M = 2$ , la distancia es de:

$$D_{max} = 0,56 m$$

En la figura siguiente se representan las distancias máxima de referencia y la separación de campo cercano/campo lejano para la antena del ejemplo que está constituida por un panel radiante:

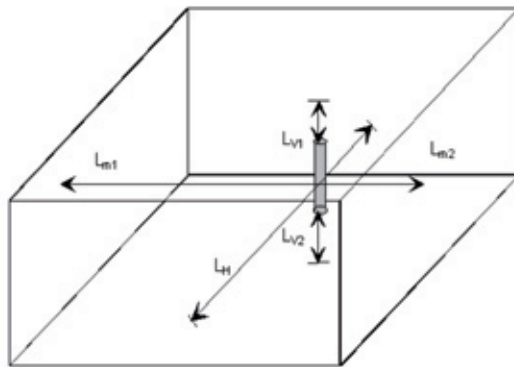


**Figura 42. Distancia de referencia y límite de campo cercano**

Cálculo de los volúmenes de referencia

En este punto vamos a calcular las dimensiones del paralelepípedo de referencia definido en el punto 5.1.2. Estas dimensiones son:

- Profundidad en la dirección de radiación ( $L_{m1}$ )
- Profundidad en la dirección opuesta ( $L_{m2}$ )
- Anchura ( $L_H$ )
- Altura hacia arriba ( $L_{V1}$ )
- Altura hacia abajo ( $L_{V2}$ )



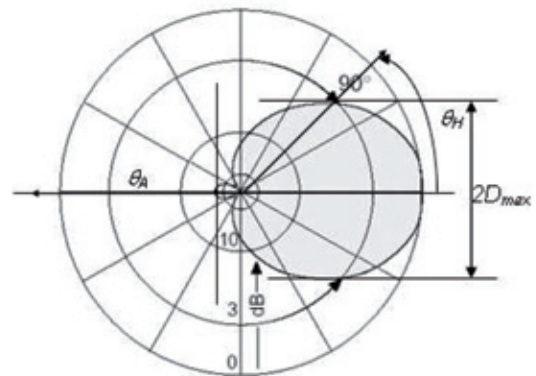
**Figura 43. Definición de las dimensiones del paralelepípedo de referencia**

El cálculo de los volúmenes de referencia se puede realizar a partir del diagrama de radiación de la antena o por medio de los datos de catálogo de la misma. En este punto vamos a realizar los cálculos por ambos procedimientos.

Cálculo de los volúmenes de referencia por medio del diagrama de radiación

Los fabricantes de antenas suministran de forma más general los diagramas de radiación vertical y horizontal de las antenas, por lo que el procedimiento de cálculo del paralelepípedo de referencia se basa generalmente en estos datos.

Consideremos los diagramas de radiación horizontal y vertical de la antena del ejemplo cuya banda de trabajo es de 870 – 960 MHz con una ganancia de 7 dBi.



**Figura 44. Diagrama de radiación horizontal**

De este diagrama podemos obtener el nivel de lóbulos secundarios y la apertura del lóbulo principal para una caída de 3 dB en la ganancia:

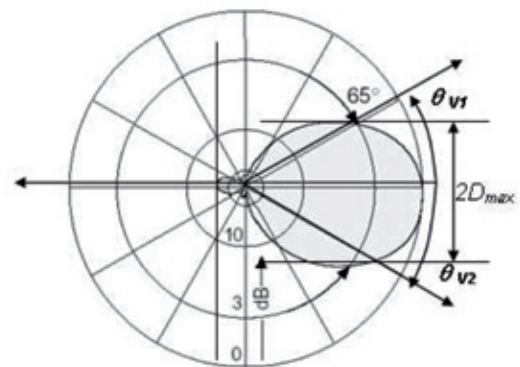
$$\theta_A=0 \text{ y } G(\theta_A) = -17 \text{ dB (0,02)}$$

$$\theta_H=0 \text{ y } G(\theta_H) = -3 \text{ dB (0,5)}$$

$$L_{m1} = D_{\max} = 0,79\text{m}$$

$$L_{m2} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_A)} \cdot \cos(\theta_A) = 0,111\text{m}$$

$$L_H = 2 \cdot D_{\max} \cdot \sqrt{G(\theta_H)} \cdot \sin(\theta_H) = 0,79\text{m}$$



**Figura 45. Diagrama de radiación vertical**

Del diagrama de radiación vertical obtenemos la abertura vertical de la antena a - 3 dB:

$$\Theta_{V1} = 32,5^\circ \text{ y } G(\Theta_{V1}) = -3 \text{ dB (0,5)}$$

$$\Theta_{V2} = 32,5^\circ \text{ y } G(\Theta_{V2}) = -3 \text{ dB (0,5)}$$

Y con estos valores calculamos las dimensiones verticales del paralelepípedo:

$$L_{V1} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\Theta_{V1})} \cdot \sin(\Theta_{V1}) = 0,3 \text{ m}$$

$$L_{V2} = D_{\max} \cdot \sqrt{G(\Theta_{V2})} \cdot \sin(\Theta_{V2}) = 0,3 \text{ m}$$

Resumiendo el proceso de cálculo, a partir del diagrama de radiación de la antena obtendríamos los valores de los ángulos de abertura horizontal, vertical y de lóbulos secundarios:

$$\begin{array}{ll} \Theta_A = 0^\circ & G(\Theta_A) = -17 \text{ dB} \\ \Theta_H = 45^\circ & G(\Theta_H) = -3 \text{ dB} \\ \Theta_{V1} = 32,5^\circ & G(\Theta_{V1}) = -3 \text{ dB} \\ \Theta_{V2} = 32,5^\circ & G(\Theta_{V2}) = -3 \text{ dB} \end{array}$$

Con estos datos, aplicando las expresiones descritas calculamos las dimensiones del paralelepípedo:

$$L_{m1} = D_{\max} = 0,79 \text{ m}$$

$$L_{m2} = 0,79 \cdot 0,141 \cdot 1 = 0,111 \text{ m}$$

$$L_H = 2 D_{\text{lateral}} = 2 \cdot 0,79 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 0,79 \text{ m}$$

$$L_{V1} = D_{\text{arriba}} = 0,79 \cdot 0,707 \cdot 0,537 = 0,3 \text{ m}$$

$$L_{V2} = D_{\text{abajo}} = 0,79 \cdot 0,707 \cdot 0,537 = 0,3 \text{ m}$$

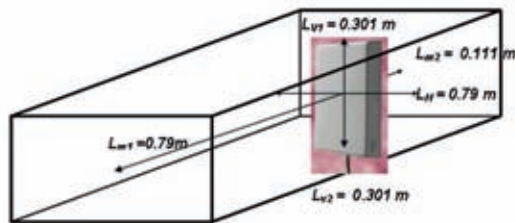


Figura 46. Paralelepípedo de referencia para la antena considerada

#### Cálculo de los volúmenes de referencia por medio de los datos de catálogo de la antena

El procedimiento de cálculo del paralelepípedo se abrevia notablemente si se dispone de los datos de catálogo de la antena.

•  $G_i(\text{dB})$ : Ganancia respecto a la antena isotrópica en la dirección de máxima radiación.

•  $\Phi_{BW-H}(\circ)$ : anchura del lóbulo principal a 3 dB en el plano horizontal; también denominada anchura de lóbulo de potencia mitad (HPBW) en el plano horizontal o abertura horizontal de la antena.

•  $\Phi_{BW-V}(\circ)$ : anchura del lóbulo principal a 3 dB en el plano vertical; también denominada anchura de lóbulo de potencia mitad (HPBW) en el plano vertical o abertura vertical de la antena.

•  $L$  (m): longitud de abertura de antena. En la práctica, la altura de la antena.

•  $\Phi_{TILT}(\circ)$ : ángulo de inclinación de la antena medido desde la línea horizontal hacia abajo.

•  $NL$  (dB): nivel de lóbulos secundarios.

•  $FB$  (dB): relación front/back.

Tabla 31. Parámetros principales de la antena

| Tabla 31. Parámetros principales de la antena |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| $G_i(\text{dB})$                              | 7     |
| $\Phi_{BW-H}(\circ)$                          | 90    |
| $\Phi_{BW-V}(\circ)$                          | 65    |
| $L$ (m)                                       | 0,205 |
| $\Phi_{TILT}(\circ)$                          | 0     |
| $NL$ (dB)                                     | 17    |
| $FB$ (dB)                                     | 17    |

Empleando las expresiones descritas en el punto

$$L_{m2} D_{\max} \cdot \sqrt{FB}$$

$$L_H = 2 \cdot D_{\max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-H}}{2}\right)}$$

$$L_{V1} = L_{V2} = D_{\max} \cdot \sin\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right) \cdot \sqrt{G\left(\frac{\Phi_{BW-V}}{2}\right)}$$

5.1.2 calculamos las dimensiones del paralelepípedo:

Ejemplo de cálculo para la antena analizada:

$$L_{m1} = D_{\max} = 0,79\text{m}$$

$$L_{m2} = D_{\max} \cdot \sqrt{FB} = 0,79 \cdot 0,141 = 0,111\text{m}$$

$$L_H = 2D_{\max} \cdot \sin(\theta/2) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2 \cdot 0,79 \cdot 0,707 \cdot 0,707 = 0,79\text{m}$$

$$L_{V1} = L_{V2} = D_{\max} \cdot \sin(\nu/2) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,79 \cdot 0,537 \cdot 0,707 = 0,3\text{m}$$

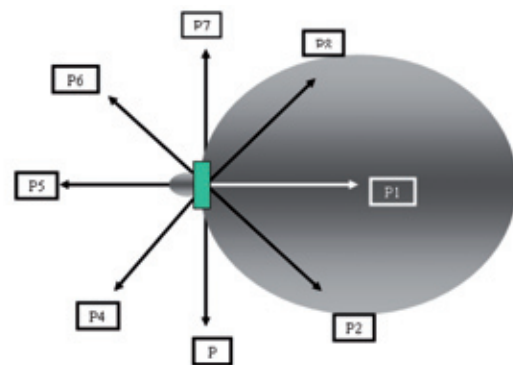
**Tabla 32. Resumen de los parámetros de la estación**

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>Sistema/Sector</b>                            | GSM 900    |
| <b>Número de Antenas por Sector</b>              | 1          |
| <b>Número de Antenas Transmisoras por Sector</b> | 1          |
| <b>Altura del Sector sobre el Terreno (m)</b>    | 2          |
| <b>Frecuencia de Transmisión (MHz)</b>           | 900        |
| <b>Polarización</b>                              | V          |
| <b>Tipo de Ganancia</b>                          | Isotrópica |
| <b>Valor de Ganancia (dBi)</b>                   | 7          |
| <b>Tipo de Potencia Radiada</b>                  | PIRE       |
| <b>Potencia Máxima por Portadora (W)</b>         | 2          |
| <b>Número de Portadoras</b>                      | 1          |
| <b>Potencia Máxima Total (W)</b>                 | 2          |
| <b>Acimut de Máxima Radiación (°)</b>            | 0          |
| <b>Apertura Horizontal del Haz (°)</b>           | 90         |
| <b>Apertura Vertical del Haz (°)</b>             | 65         |
| <b>Inclinación del Haz (°)</b>                   | 0          |
| <b>Nivel de Lóbulos Secundarios(dB)</b>          | 17         |
| <b>Relación delante-atrás(dB)</b>                | 17         |
| <b>Dimensión Máxima de la Antena(m)</b>          | 0.031      |

En la Tabla 32 se resumen las características principales de la estación analizada. Con estos datos y con las dimensiones del paralelepípedo de referencia calculadas podemos pasar a la realización de medidas en Fase 1. En esta situación podemos plantear la realización de la medida tomando puntos equiespaciados alrededor de la antena como se muestra en la Figura 47. Las medidas se deben realizar fuera de la zona de campo cercano y del paralelepípedo de referencia. Esta zona viene marcada por una circunferencia de radio 0,79 m.

Con los resultados obtenidos de las medidas rellenamos la Tabla 33 y comparamos la medida con los niveles de decisión obtenidos restando 6 dB a los niveles de referencia. Si no sobrepasan los niveles de decisión en ningún punto, concluimos la fase de medidas.

Si se sobrepasan en algún punto, hay que proceder a la realización de medidas en Fase 2 empleando un analizador de espectros y una antena calibrada. Esto permite analizar si en los puntos donde se sobrepasan los niveles de decisión es debido a la estación objeto de la medida.



**Figura 47. Puntos de medida para antena direccional**

En la Tabla 33 se muestran los resultados calculados para la estación con los parámetros de la Tabla 32 y en función del diagrama de radiación de la antena. Los valores se han calculado para una distancia de 1 m que es la elegida para la realización de las medidas y está fuera de la zona de campo cercano y del paralelepípedo de referencia.

Tabla 33. Resultados de las medidas

| PUNTO DE MEDIDA |           |           | Hora de Inicio de cada medición | Unidad (W/m <sup>2</sup> o V/m) | Nivel de referencia | Nivel de decisión (-6 dB) | Valor medio promediado | Valor calculado D=1 m zona despejada | Diferencia | ¿Espacio Sensible? SI/NO |
|-----------------|-----------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------------|
| Punto de medida | Dist. (m) | Acim. (°) |                                 |                                 |                     |                           |                        |                                      |            |                          |
| 1               | 1         | 0         | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 2,83                                 |            | NO                       |
| 2               | 1         | 45        | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 1,42                                 |            | NO                       |
| 3               | 1         | 90        | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 0,06                                 |            | NO                       |
| 4               | 1         | 135       | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 0                                    |            | NO                       |
| 5               | 1         | 180       | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 0,06                                 |            | NO                       |
| 6               | 1         | 225       | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 0                                    |            | NO                       |
| 7               | 1         | 270       | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 0,06                                 |            | NO                       |
| 8               | 1         | 315       | –                               | W/m <sup>2</sup>                | 4,5                 | 1,125                     |                        | 1,42                                 |            | NO                       |



CAPITULO  
07

Ejemplos prácticos



Existen diversos programas informáticos que sirven de ayuda para la simulación de los niveles de emisión de los emplazamientos radioeléctricos, y que son útiles en una primera fase de certificación de las estaciones radioeléctricas.

Los ejemplos que a continuación se presentan han sido realizados con uno de estos programas, el EMIRAD, un software para el análisis de los niveles de emisión en emplazamientos de sistemas de radiocomunicación desarrollado en el marco de un convenio de colaboración entre el Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid y la Junta de Comunidades de Castilla -La Mancha.

## 7.1. Ejemplo 1: Sistema UMTS

En este ejemplo se ubicarán en el emplazamiento tres antenas de telefonía móvil UMTS, localizadas en un mástil a una altura de 30 metros del suelo.

Se trata de una estación de tipo ER1 (estación radioeléctrica ubicada en suelo urbano con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 W), por lo que será necesario definir los volúmenes de protección de las antenas.

Los datos de las características radioeléctricas de las estaciones obtenidas del fabricante son las siguientes:

**Tabla 34. Características Radioeléctricas de las estaciones UMTS**

| Frecuencia de Transmisión (MHz)         | 2100 |
|-----------------------------------------|------|
| Ganancia (dBi)                          | 18   |
| Potencia Máxima por Portadora (W)       | 10   |
| Potencia Máxima a entrada de Antena (W) | 10   |
| Apertura Horizontal del Haz (°)         | 63   |
| Apertura Vertical del Haz (°)           | 6.5  |
| Nivel de Lóbulos Secundarios (dB)       | 18   |
| Relación delante-atrás (dB)             | 25   |
| Inclinación del Haz (°)                 | 4    |
| Dimensión Máxima de la Antena (m)       | 1.3  |

Los datos relativos a la ubicación de las antenas en el emplazamiento se presentan en la tabla adjunta:

**Tabla 35. Ubicación en el emplazamiento de las estaciones UMTS**

| Altura de la antena sobre el terreno (m) | 30    |       |      |
|------------------------------------------|-------|-------|------|
| Posición X(m)                            | 1.91  | -2.27 | 0.83 |
| Posición Y(m)                            | -2.02 | -0.72 | 1.2  |
| Acimut de Máxima Radiación (°)           | 310   | 200   | 50   |

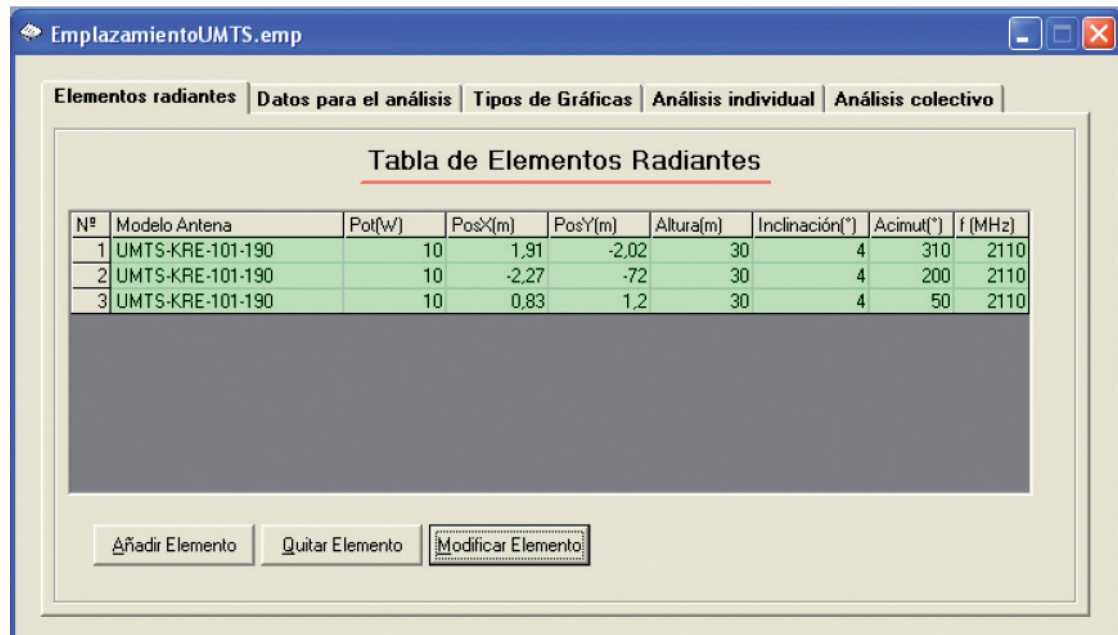


Figura 48. Tabla de elementos radiantes

Los datos introducidos quedarán finalmente almacenados en la lista de elementos radiantes, que se presenta en la figura:

ción de antenas manuales. En la figura 49 se presentan los diagramas de radiación horizontal y vertical de las antenas usadas en el ejemplo.

#### 7.1.1. Definición de las antenas

Los diagramas de radiación proporcionados por el fabricante y las características de las antenas que se muestran en las tablas del apartado anterior, se introducen en el programa a través del diálogo de defini-

#### 7.1.2. Definición de la zona de cálculo

Para definir este apartado se seleccionará la longitud y anchura de la zona de cálculo, que en el caso de estudio será una zona de 60 x 60 metros. Junto a esto se fijará una resolución para realizar los cálculos cada

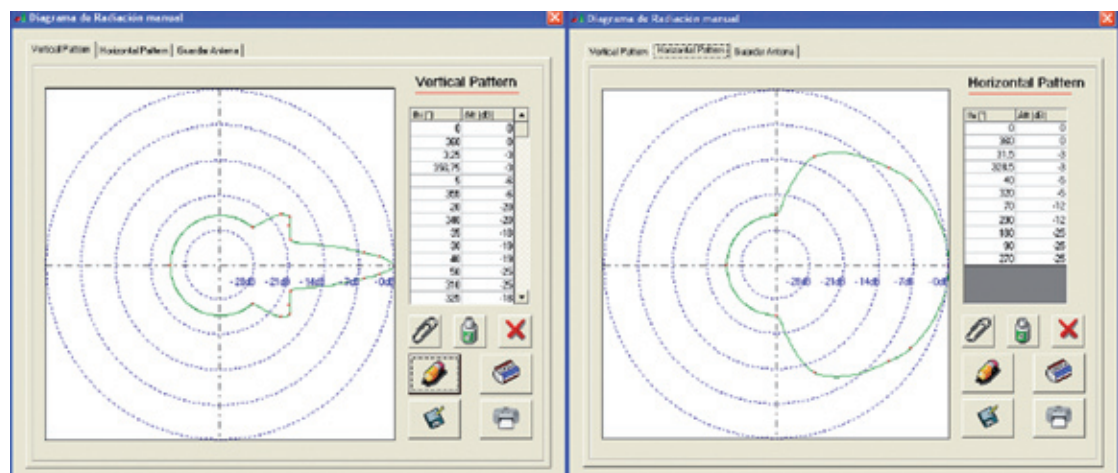


Figura 49. Diagramas de radiación vertical y horizontal de la antena UMTS

The screenshot shows the 'EmplazamientoUMTS.emp' software window with the following settings:

- Elementos radiantes** | **Datos para el análisis** | **Tipos de Gráficas** | **Análisis individual** | **Análisis colectivo**
- Dimensiones de la superficie de cálculo**: X(m) = 60, Y(m) = 60
- Coeficiente de Reflexión**: M = 1
- Resoluciones en distancia**: Resolución en el eje X (m) = 0.3, Resolución en el eje Y (m) = 0.3
- Zoom de Análisis** (checked): Posición X (m) = 0, Posición Y (m) = 0, Longitud X (m) = 10, Longitud Y (m) = 10

Figura 50. Datos de análisis y definición de la zona de cálculo

0.3 metros en el eje 'x' y en el eje 'y', y un valor de coeficiente de reflexión de 1, correspondiente a una ausencia de reflexiones.

### 7.1.3. Cálculo de niveles de emisión

Con estos datos se realizan las simulaciones, obteniéndose resultados tales como la distribución de densidad de potencia y de campo eléctrico sobre la superficie total, las líneas de nivel de densidad de potencia y de campo eléctrico para una altura sobre

la azotea y los perfiles de accesibilidad para un acimut dado.

Las cinco medidas obligatorias que hay que llevar a cabo en el emplazamiento han sido realizadas para cinco ángulos de acimut diferentes: 10°, 60°, 170°, 270° y 350°. En las gráficas que se presentan a continuación se pueden observar los perfiles de accesibilidad calculados por el programa para cada ángulo de acimut en el emplazamiento:

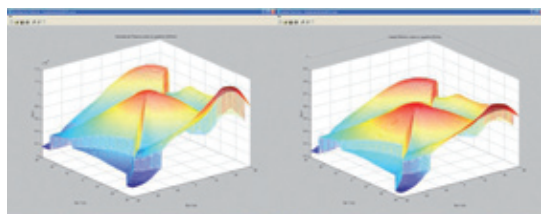


Figura 51. Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el Emplazamiento

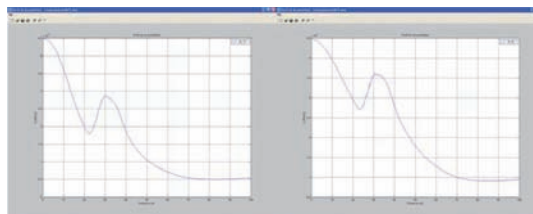


Figura 53 A. Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 10°, 60°

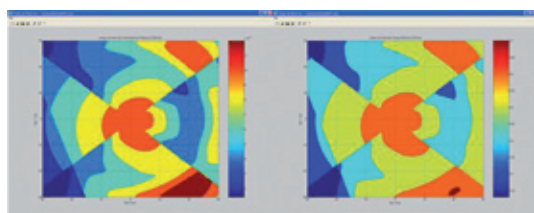


Figura 52. Líneas de Nivel de Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros

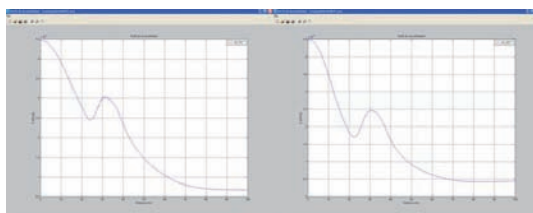


Figura 53 B. Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 170°, 270°

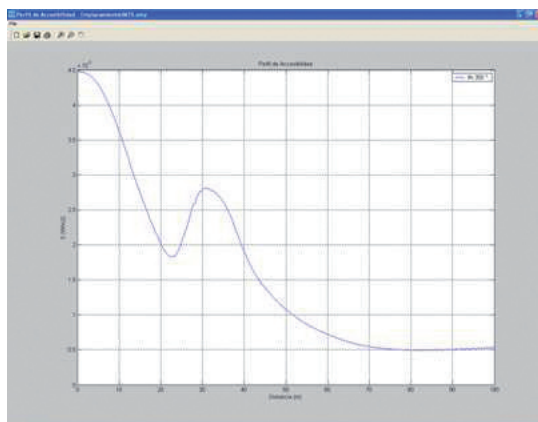


Figura 53C. Perfil de Accesibilidad para Ángulo de 350º

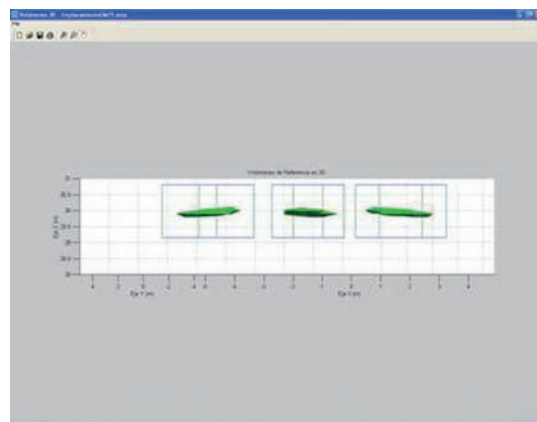


Figura 55. Diferentes vistas de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento

### 7.1.4. Volúmenes de protección

Finalmente se han de calcular los volúmenes de referencia de cada elemento radiante. Para cada una de las antenas el programa puede calcular su volumen de referencia de forma independiente, fijándose los niveles de referencia de acuerdo al RD 1066/2001, a límites establecidos por las diferentes Comunidades Autónomas (Castilla La Mancha, Cataluña y Navarra) o de forma manual, y calculándose el paralelepípedo a partir del volumen mínimo, de la ley de cada Comunidad Autónoma o de unos datos de referencia introducidos por el usuario. En el ejemplo propuesto, los niveles de referencia se fijarán de acuerdo al Real Decreto y los paralelepípedos serán calculados tomando como referencia el volumen mínimo.

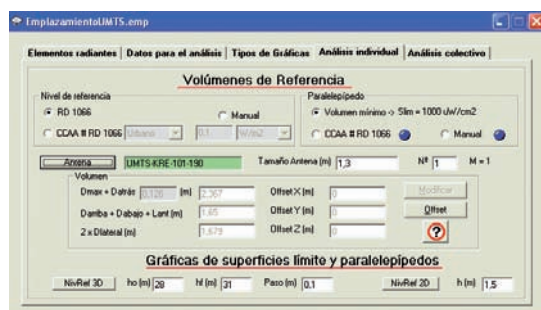


Figura 54. Análisis individual de las antenas UMTS

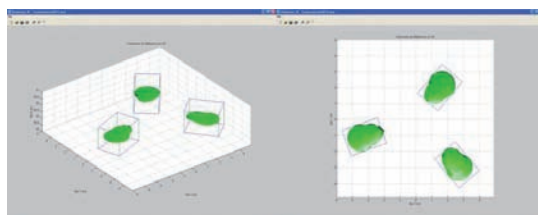


Figura 56. Análisis colectivo de los elementos radiantes presentes en el emplazamiento

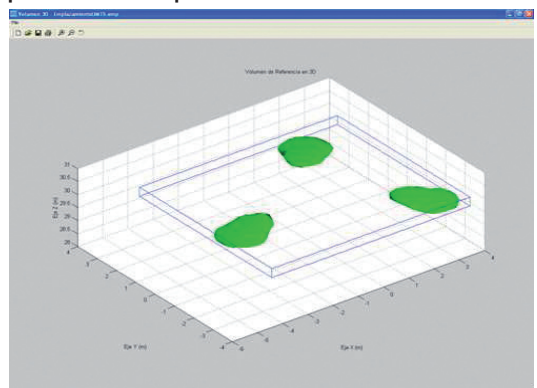


Figura 57. Paralelepípedo de referencia del emplazamiento y las antenas propuestas resultante del análisis colectivo de los elementos radiantes

Además del estudio de los elementos radiantes individualmente, el programa es capaz de llevar a cabo

## 7.2. Ejemplo 2: Sistemas FM, TV y GSM

### 7.2.1. Definición del Emplazamiento

En este ejemplo, se ubicarán en el emplazamiento antenas de telefonía móvil GSM, de radiodifusión sonora FM y de televisión terrestre. Todas ellas estarán situadas a diferentes alturas sobre un mástil que soporta diversas antenas de radiocomunicación.

Se trata de un emplazamiento de tipo ER3 (estación radioeléctrica en suelo no urbano con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 W, en cuyo entorno existen áreas en las que pueden permanecer habitualmente personas).

Al existir tres tipos de antenas diferentes, se presentan a continuación tres tablas con las características radioeléctricas disponibles de los tres tipos de sistemas:

| Sistema                                | GSM   |    |
|----------------------------------------|-------|----|
| Número de Antenas                      | 2     |    |
| Frecuencia de Transmisión(MHz)         | 958.8 |    |
| Ganancia(dBi)                          | 18    |    |
| Potencia Máxima por Portadora(W)       | 3.9   |    |
| Potencia Máxima a entrada de Antena(W) | 7.8   |    |
| Apertura Horizontal del Haz (°)        | 65    |    |
| Apertura Vertical del Haz (°)          | 6.5   |    |
| Nivel de Lóbulos Secundarios(dB)       | 18    |    |
| Relación delante-atrás(dB)             | 15    | 14 |
| Inclinación del Haz(°)                 | 30    |    |
| Dimensión Máxima de la Antena(m)       | 0.75  |    |

| Sistema                                | Televisión |        |        |
|----------------------------------------|------------|--------|--------|
| Número de Antenas                      | 3          |        |        |
| Modelo de Antena                       | Tipo 1     | Tipo 2 |        |
| Frecuencia de Transmisión(MHz)         | 519.25     | 743.25 | 535.25 |
| Ganancia(dBi)                          | 15.65      | 15.65  | 18.05  |
| Potencia Máxima por Portadora(W)       | 7943       | 7943   | 794.7  |
| Potencia Máxima a entrada de Antena(W) | 15886      | 15886  | 794.7  |
| Apertura Horizontal del Haz (°)        | 236        | 236    | 60     |
| Apertura Vertical del Haz (°)          | 5          | 5      | 15     |
| Inclinación del Haz(°)                 | 0          |        |        |
| Dimensión Máxima de la Antena(m)       | 0.75       |        |        |

| Sistema                                | FM      |  |
|----------------------------------------|---------|--|
| Número de Antenas                      | 1       |  |
| Frecuencia de Transmisión(MHz)         | 97.75   |  |
| Ganancia(dBi)                          | 9.05    |  |
| Potencia Máxima por Portadora(W)       | 3974.2  |  |
| Potencia Máxima a entrada de Antena(W) | 11922.6 |  |
| Apertura Horizontal del Haz (°)        | 360     |  |
| Apertura Vertical del Haz (°)          | 18      |  |
| Inclinación del Haz(°)                 | 0       |  |
| Dimensión Máxima de la Antena(m)       | 2.7     |  |

Los datos relativos a la ubicación de las antenas en el emplazamiento serán los siguientes:

**Tabla 39. Ubicación en el emplazamiento de las estaciones GSM**

|                                         |       |       |
|-----------------------------------------|-------|-------|
| Sistema                                 | GSM   |       |
| Altura de la antena sobre el terreno(m) | 27    |       |
| Posición X(m)                           | -1.75 | -1.75 |
| Posición Y(m)                           | 2     | 1     |
| Acimut de Máxima Radiación (°)          | 260   |       |

**Tabla 40. Ubicación en el emplazamiento de las estaciones de Televisión**

|                                         |            |    |       |
|-----------------------------------------|------------|----|-------|
| Sistema                                 | Televisión |    |       |
| Altura de la antena sobre el terreno(m) | 77         | 77 | 37    |
| Posición X(m)                           | 0          | 0  | -1.25 |
| Posición Y(m)                           | 0          | 0  | 2     |
| Acimut de Máxima Radiación (°)          | 120        |    |       |

**Tabla 41. Ubicación en el emplazamiento de las estaciones de Radiodifusión FM**

|                                         |                     |  |  |
|-----------------------------------------|---------------------|--|--|
| Sistema                                 | FM                  |  |  |
| Altura de la antena sobre el terreno(m) | 60                  |  |  |
| Posición X(m)                           | 0                   |  |  |
| Posición Y(m)                           | 0                   |  |  |
| Acimut de Máxima Radiación (°)          | 0 (Omnidireccional) |  |  |

Se introducirán los datos presentados anteriormente en la tabla de elementos radiantes del programa, como se muestra en la figura capturada.

Emplazamiento M-GSM-TV.emp

Elementos radiantes | Datos para el análisis | Tipos de Gráficas | Análisis individual | Análisis colectivo

**Tabla de Elementos Radiantes**

| Nº | Modelo Antena | Pos(x)  | Pos(y) | Altura(m) | Inclinación(°) | Acimut(°) | f (MHz) |
|----|---------------|---------|--------|-----------|----------------|-----------|---------|
| 1  | TV1-CERCON    | 15886   | 0      | 77        | 0              | 120       | 519.25  |
| 2  | TV1-CERCON    | 15886   | 0      | 77        | 0              | 120       | 743.25  |
| 3  | TV2-CERCON    | 794.7   | -1.25  | 37        | 0              | 120       | 536.25  |
| 4  | FM-CERCON     | 11922.6 | 0      | 60        | 0              | 0         | 97.75   |
| 5  | GSM-CERCON    | 7.8     | -1.75  | 27        | 1              | 260       | 958.8   |
| 6  | GSM-CERCON    | 7.8     | 2      | 1         | 3              | 90        | 958.8   |

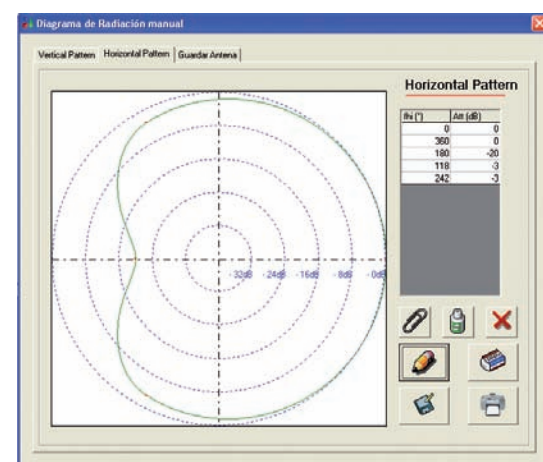
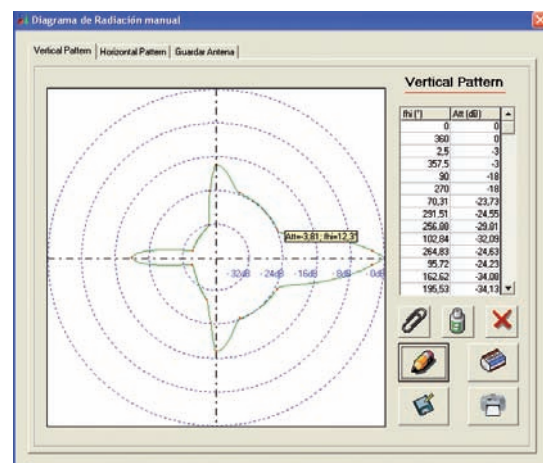
Añadir Elemento | Quitar Elemento | Modificar Elemento

**Figura 58. Tabla de elementos radiantes**

### 7.2.2. Definición de antenas

Como ya se ha comentado, en este ejemplo de emplazamiento, no se trabajará con un único tipo de antenas, sino que existen varios modelos. En las figuras siguientes se presentan, para las antenas de televisión y de radiodifusión sonora, los diagramas de radiación horizontal y vertical de cada tipo de antena, que han sido generados con el programa a partir de los datos obtenidos del fabricante usando la opción de añadir antena manualmente.

El diagrama de radiación 3D de las antenas GSM se ha conseguido como resultado de introducir los valores definidos por el fabricante en la herramienta de generación automática de antenas del programa utilizado para la simulación.



**Figura 59. Diagramas de radiación vertical y horizontal de antenas de Televisión tipo 1**

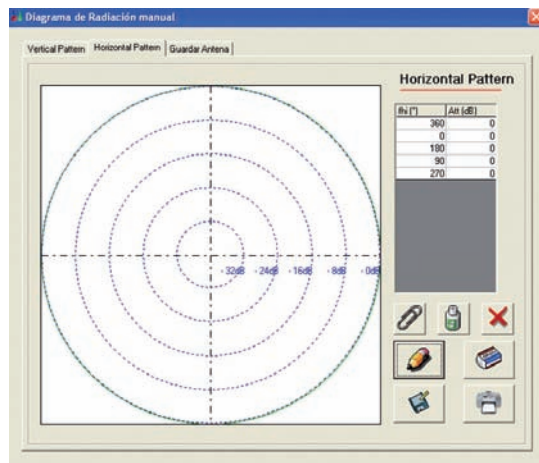
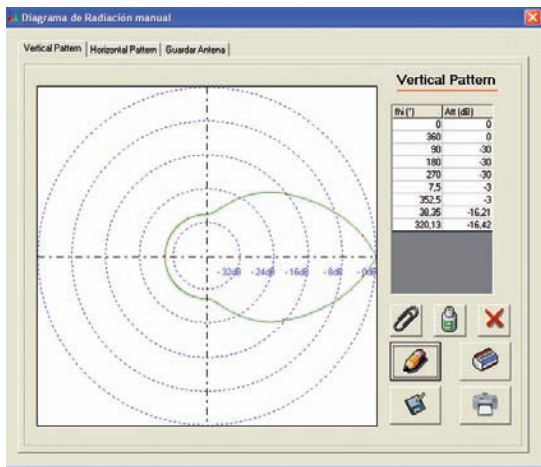


Figura 61 B. Diagramas de radiación horizontal de la antena de Radiodifusión FM

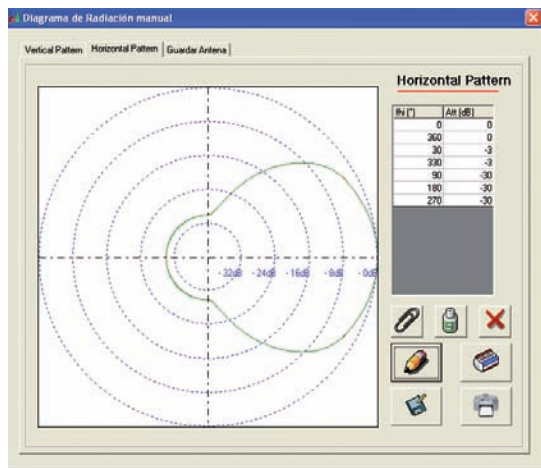


Figura 60. Diagramas de radiación vertical y horizontal de la antena de Televisión tipo 2

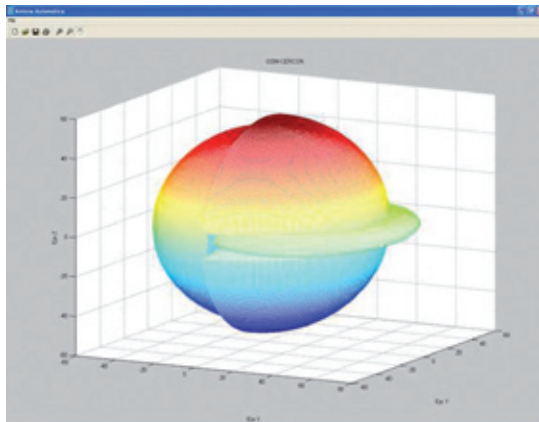


Figura 62. Diagramas de radiación 3D de las antenas de Telefonía Móvil GSM

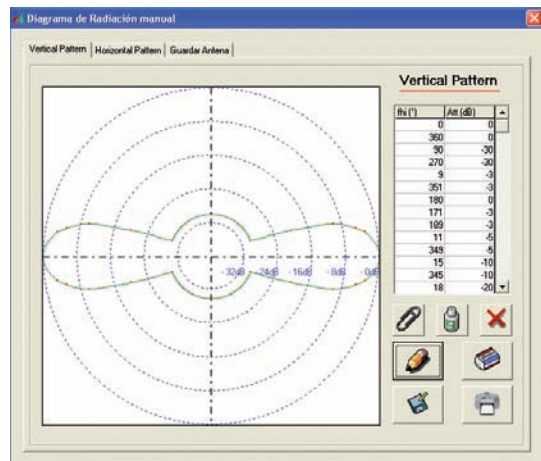


Figura 61 A. Diagramas de radiación vertical de la antena de Radiodifusión FM

### 7.2.3. Definición de la zona de cálculo

Se seleccionará para este ejemplo una zona de cálculo de 400 metros de ancho y 400 metros de largo, una resolución de 0,5 metros en el eje X y en el eje Y, y un coeficiente de reflexión de valor 4, correspondiente a una reflexión total.

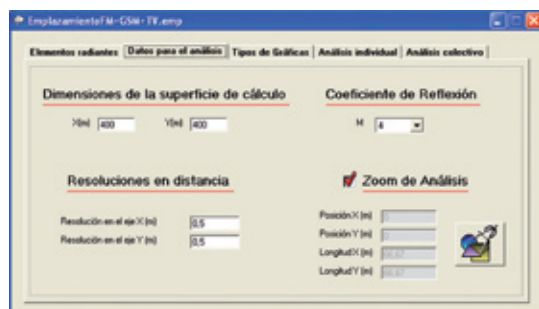


Figura 63. Datos de análisis y definición de la zona de cálculo

#### 7.2.4. Cálculo de niveles de emisión

En las figuras siguientes se presentan los resultados correspondientes al ejemplo desarrollado. Así, se pueden observar la distribución de densidad de potencia y de campo eléctrico sobre la superficie total, las líneas de nivel de densidad de potencia y de campo eléctrico para una altura sobre la azotea y los perfiles de accesibilidad para un acimut dado.

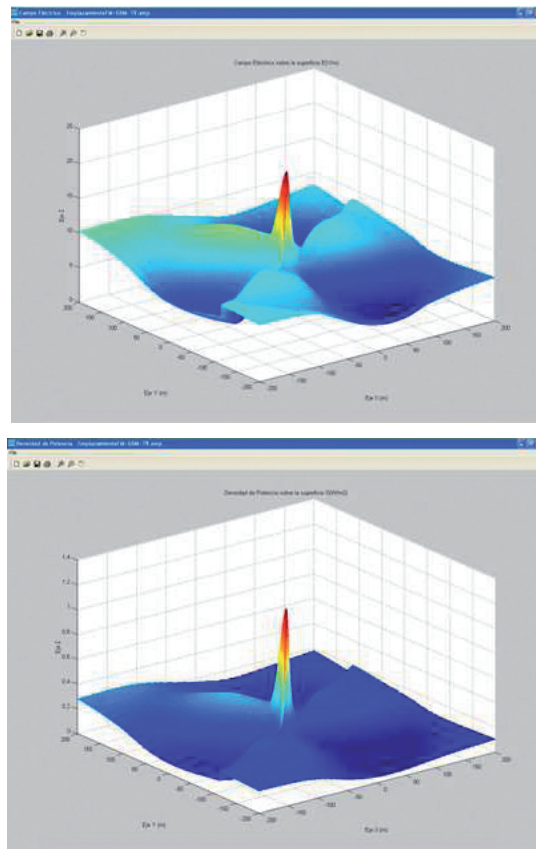


Figura 64. Densidad de Potencia y Campo Eléctrico en el Emplazamiento

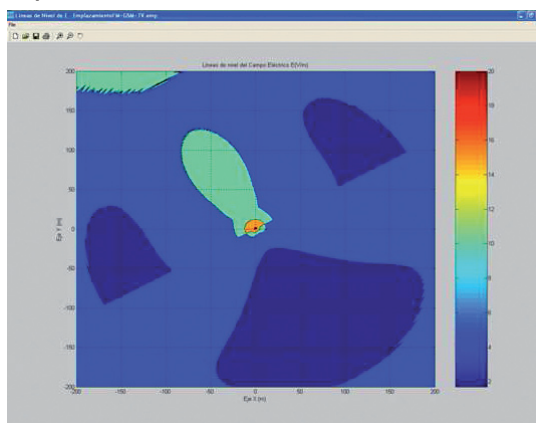


Figura 65 A. Líneas de Nivel de Densidad de Potencia en el Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros

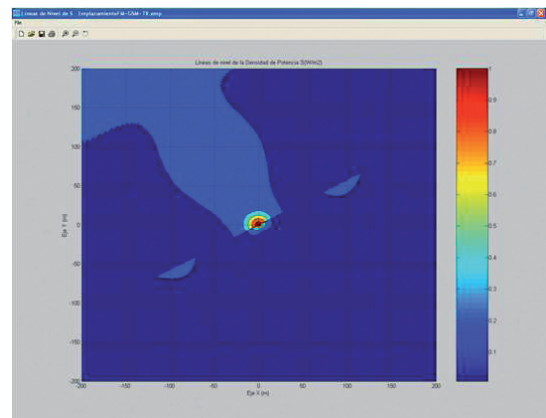
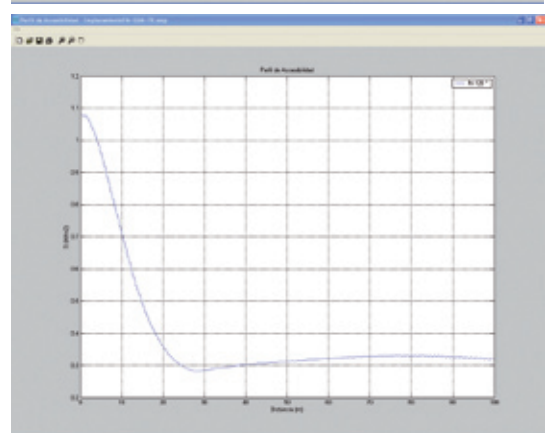
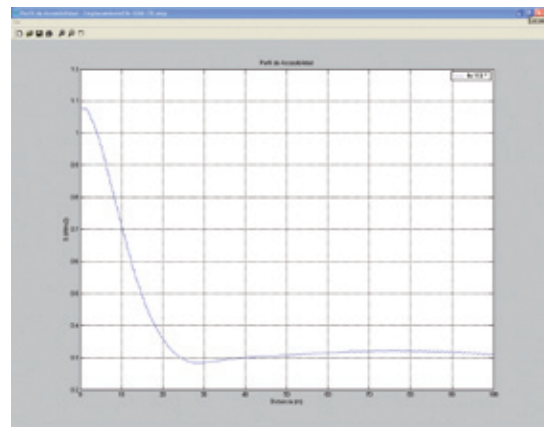


Figura 65 B. Líneas de Nivel de Campo Eléctrico en el Emplazamiento para una altura sobre la azotea de 2 metros

Las cinco medidas establecidas como obligatorias que hay que realizar en el emplazamiento se han llevado a cabo para ángulos de acimut 113°, 120°, 140°, 174° y 215°. En las gráficas adjuntas se pueden observar los perfiles de accesibilidad calculados por el programa para cada ángulo de acimut de los anteriormente mencionados.



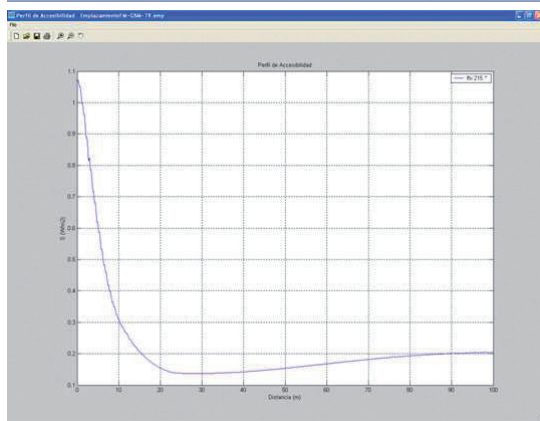
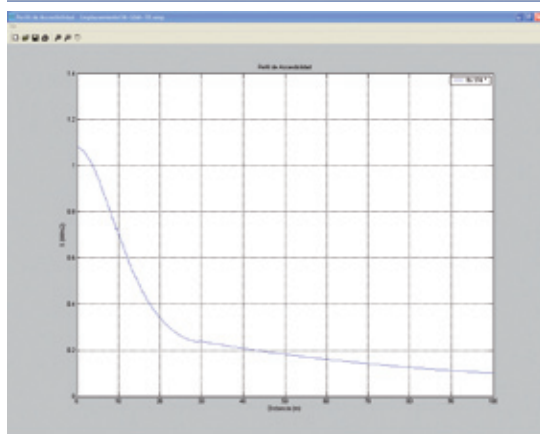
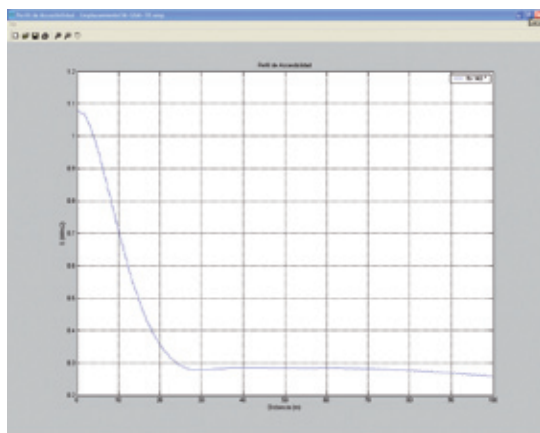


Figura 66. Perfil de Accesibilidad para Ángulos de 113°, 120°, 140°, 174° y 215°

### 7.2.5. Volúmenes de protección

Los volúmenes de referencia de cada elemento radiante se obtendrán partiendo de los niveles de referencia fijados en el Real Decreto y los paralelepípedos serán calculados tomando como referencia el volumen mínimo. A continuación se presentan los valores numéricos asociados a los paralelepípedos de cada elemento radiante estudiado y distintas vistas

de los volúmenes de referencia en el entorno del emplazamiento.



Figura 67. Análisis individual de la antena de Televisión N°1



Figura 68. Análisis individual de la antena de Televisión N°2

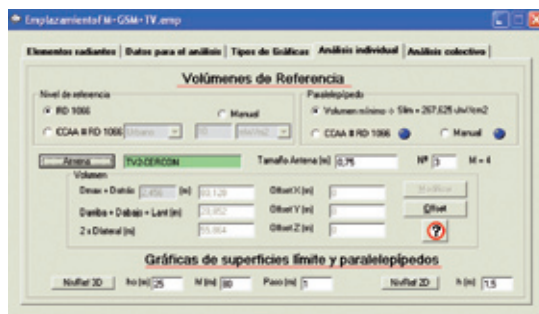


Figura 69. Análisis individual de la antena de Televisión N°3



Figura 70. Análisis individual de la antena de Radiodifusión FM

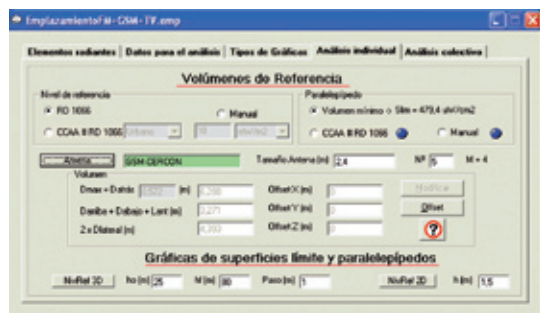


Figura 71. Análisis individual de la antena de Telefonía Móvil GSM Nº1



Figura 72. Análisis individual de la antena de Telefonía Móvil GSM Nº2

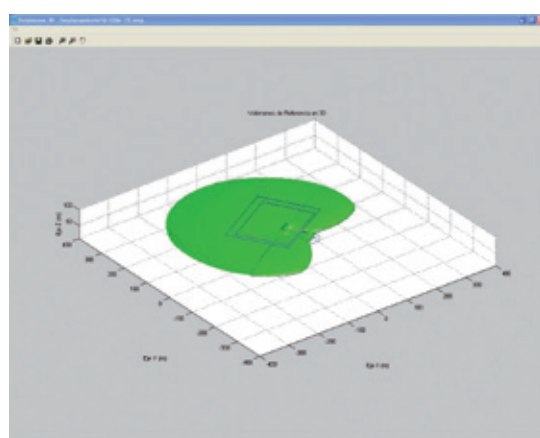


Figura 73 A. Vista 1 de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento

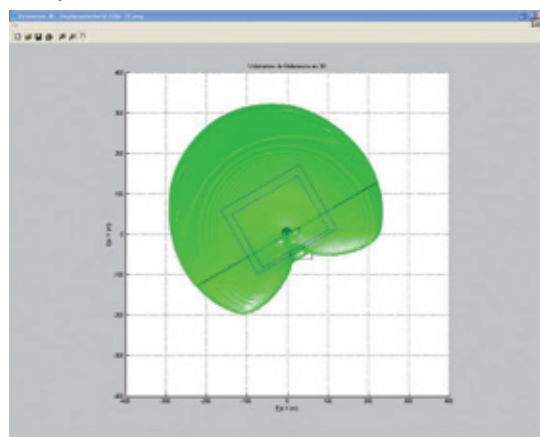


Figura 73 B. Vista 2 de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento

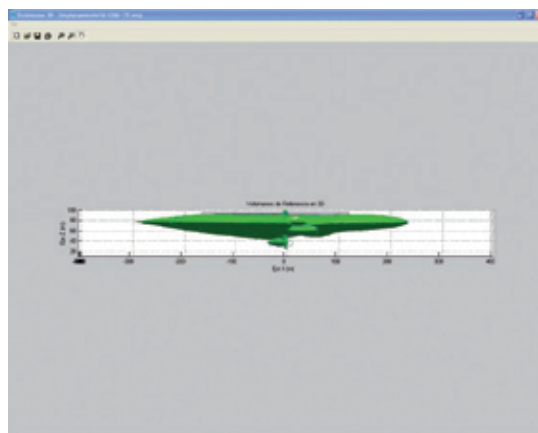


Figura 73 C. Vista 3 de los paralelepípedos de referencia en el emplazamiento

El análisis colectivo de todos los elementos radiantes proporciona como resultados las figuras siguientes, donde se presentan los valores numéricos asociados al paralelepípedo de referencia, y el paralelepípedo resultante del análisis del caso de estudio:



Figura 74. Análisis colectivo de los elementos radiantes presentes en el emplazamiento

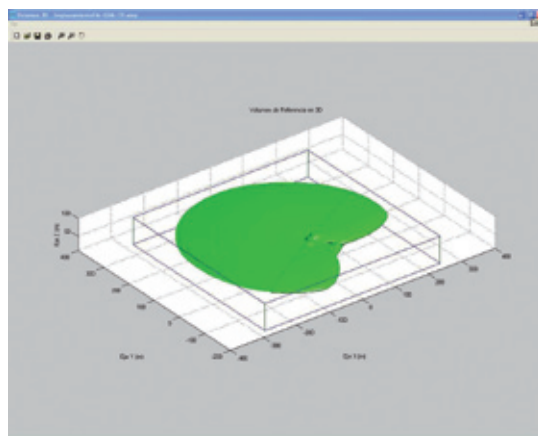


Figura 75. Paralelepípedo de referencia del emplazamiento y las antenas propuestas resultante del análisis colectivo de los elementos radiantes

# IN

CAPITULO  
08

Instrumentación

08



En los siguientes apartados se muestra una amplia gama de equipamiento de medida de emisiones radioeléctricas de diferentes empresas y fabricantes. La instrumentación abarca todos los rangos de frecuencia, así como la posibilidad de realizar distintos tipos de medida.

### 8.1. Instrumentación para medidas en banda ancha

#### 8.1.1. Medidores de campo

Las siguientes tablas recogen los distintos tipos de medidores de campo que existen actualmente en el mercado.

En la primera de ellas se muestra la instrumentación para la medida de emisiones radioeléctricas en baja frecuencia.

Todos los medidores tienen la característica de ser portátiles. Los modelos de NARDA-STTS incorporan además una sonda isotrópica.

Asimismo, cabe señalar que el ELT-400 está disponible con diferentes modos de operación, según sea el estándar objeto de estudio. En este caso, se han recogido las especificaciones del modo de operación correspondiente a la recomendación ICNIRP. Existen también modelos compatibles con los estándares alemanes BGV B11 EXP1, BGV B11 EXP2 y BGV B11 2H/D.

Por otro lado, mencionar que la diferencia entre los dos modelos de medidores de PCE Group consiste en que el G28 presenta la posibilidad de medir en los tres ejes del espacio, mientras que el 823 solamente en uno.

**Tabla 42. Medidores de campo. Baja frecuencia.**

| Fabricante | Modelo  | Campo | Ancho de Banda                               | Rango de medida                                                     |
|------------|---------|-------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| NARDA-STTS | EFA-200 | B     | 5 Hz – 32 kHz                                | 4 nT – 32 mT                                                        |
|            | EFA-300 | E / B | (banda ancha)/<br>15 Hz – 2 kHz (paso banda) | 4 nT–<br>32 mT (B)<br>0,7 V/m –<br>100 kV/m(E)                      |
|            | ETM-1   | B     | 0 Hz                                         | 19,99/<br>199,9 /<br>1999 mT                                        |
|            | ELT-400 | B     | 1 Hz – 400 kHz                               | Hasta 320µT<br>(público en general)<br>hasta 80 mT<br>(ocupacional) |
|            | EHP-50C | E / H | 5 Hz – 100 kHz                               | 1 kV/m -<br>100 kV/m(E)<br>0.1 mT -<br>10 mT (B)                    |
|            | EHP-200 | E / H | 9 kHz – 30 MHz                               | 0,02 V/m<br>-1000 V/m(E)<br>0, 6 mA/m –<br>300 A/m ( H)             |
|            | 480823  | B     | 30 –300 Hz                                   | 0.01 a<br>19,99µT                                                   |
| Extech     | 823     | B     | 30 –300 Hz                                   | 20 / 200 /<br>2000 µT                                               |
| PCE Group  | G28     | B     | 30 – 300<br>Hz                               | 20 / 200 /<br>2000 µT                                               |

En la siguiente tabla se muestran los medidores de campo de las empresas NARDA-STTS y PMM para la realización de medidas en alta frecuencia. Estos medidores no incorporan sondas. Dependiendo de la banda de frecuencia al medir será necesario el uso de

un tipo u otro de sonda. Los distintos tipos de sonda se describen en el apartado siguiente.

| Tabla 43. Medidores de campo. Alta frecuencia |             |           |                         |                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------|-------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fabricante                                    | Modelo      | Campo     | Ancho de Banda          | Rango de medida                                                                                                                                  |
| NARDA-STS                                     | 8511        | E / H     | 300 (100) kHz - 100 MHz | (sonda)                                                                                                                                          |
|                                               | 8513        | E / H     | 10 MHz- 42 MHz          | (sonda)                                                                                                                                          |
|                                               | NBM - 550   | E         | 100 kHz- 60GHz          | (sonda)                                                                                                                                          |
|                                               | NBM - 520   | E / H     |                         |                                                                                                                                                  |
|                                               | 8201        | radiación | 2.45 GHz                | 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ - 20 $\text{mW}/\text{cm}^2$ (sonda 8221)<br>50 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ - 20 $\text{mW}/\text{cm}^2$ (sonda 8223) |
|                                               | 8217        | radiación | 2.45 GHz                | 0.5 - 10.0 $\text{mW}/\text{cm}^2$                                                                                                               |
| PMM                                           | PMM – 8053B | E / H     | (sonda)                 | (sonda)                                                                                                                                          |

8.1.2. Sondas

A continuación se muestran las sondas correspondientes a los modelos NBM, 8712, 8715 y 8718B de NARDA-STS y PMM-8053B de PMM:

| Tabla 44. Sondas para NBM (NARDA-STS). |       |                     |                 |
|----------------------------------------|-------|---------------------|-----------------|
| Modelo                                 | Campo | Rango de frecuencia | Rango de medida |
| EF5091                                 | E     | 300 MHz – 50 GHz    | 8-614 V/m       |
| EF1891                                 | E     | 3 MHz -18 GHz       | 0,6 -1000 V/m   |
| EF0391                                 | E     | 100 kHz-3 GHz       | 0,2 -320 V/m    |
| HF0191                                 | H     | 27 MHz -1 GHz       | 0,018 – 16 A/m  |
| HF3061                                 | H     | 300 kHz- 30 MHz     | 0,012-16 A/m    |

| Tabla 45. Sondas de campo eléctrico y magnético para 8712, 8715 y 8718B (NARDASTS). |       |                     |                                                                                    |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Modelo                                                                              | Campo | Rango de frecuencia | Rango de medida                                                                    | Conformada |
| 8782D                                                                               | E     | 3 kHz- 1 MHz        | 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -200 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>0,61 V/m - 868 V/m   |            |
| 8764D                                                                               | E     | 100 kHz- 300 MHz    | 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -200 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>19,4 V/m - 868 V/m   |            |
| 8760D                                                                               | E     | 300 kHz- 3 GHz      | 0,05 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -100 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>0,5 V/m - 19,4 V/m  |            |
| 8761D                                                                               | E     |                     | 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -20 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>6,13 V/m - 274 V/m     |            |
| 8762D                                                                               | E     |                     | 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -200 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>19,4 V/m- 868 V/m    |            |
| AB742D                                                                              | E     |                     | SEGÚN ESTÁNDAR                                                                     | X          |
| B8742D                                                                              | E     |                     | SEGÚN ESTÁNDAR                                                                     | X          |
| 8752D                                                                               | H     | 300 kHz- 10 MHz     | 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -200 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>0,0515 A/m- 2,31 A/m |            |
| 8754D                                                                               | H     |                     | 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -2 $\text{W}/\text{cm}^2$<br>0,163 A/m- 7,29 A/m       |            |
| A8732D                                                                              | H     | 300 kHz- 200 MHz    | SEGÚN ESTÁNDAR                                                                     | X          |
| 8731D                                                                               | H     | 10 MHz- 300 MHz     | 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -20 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>0,0163 A/m- 0,729 A/m  |            |
| 8733D                                                                               | H     |                     | 50 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -100 $\text{mW}/\text{cm}^2$<br>0,0364 A/m- 1,64 A/m  |            |

**Tabla 46. Sondas para EMR-200 y EMR-300 (NARDA-STs).**

| Modelo | Campo | Ancho de banda   | Rango de medida                                                               |
|--------|-------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 8C     | E     | 100 kHz – 3 GHz  | 0,6 – 800 V/m<br>0,0001 – 170 mW/cm <sup>2</sup>                              |
| 18C    | E     | 100 kHz – 3 GHz  | 0,2 – 320 V/m<br>0,00001 – 27 mW/cm <sup>2</sup>                              |
| 9C     | E     | 3 MHz – 18 GHz   | 0,8 – 1000 V/m<br>0,00002 – 265 mW/cm <sup>2</sup>                            |
| 33C    | E     | 300 MHz – 50 GHz | 8 – 614 V/m<br>17 µW/cm <sup>2</sup> – 100 mW/cm <sup>2</sup>                 |
| 25C    | E     | 300 kHz – 40 GHz | FCC 1996 (ocupacional)<br>Japan RCR-STD-38                                    |
| 26C    |       |                  | ICNIRP 1998 (ocupacional)<br>CENELEC ENV 50166-2 1995<br>Canada Safety Code 6 |
| 13C    | H     | 3 kHz – 3 MHz    | 0,25 – 250 A/m                                                                |
| 12C    | H     | 300 kHz – 30 MHz | 0,022 – 17 A/m                                                                |
| 10C    | H     | 27 MHz – 1 GHz   | 0,025 – 16 A/m                                                                |
| 14C    | H     | 100 MHz – 1 GHz  | 0,008 – 5 A/m                                                                 |

Como puede observarse en la Tabla 47, algunas de las sondas se describen como “conformadas”. Este tipo de sondas está preparado para medir respecto al límite prefijado por un determinado estándar y permite evaluar la conformidad de un determinado emplazamiento de manera más fiable, obteniéndose como resultado de la medida un valor en tanto por ciento respecto al límite de densidad de potencia establecido (el 100%).

**Tabla 47. Sondas para PMM-8053B (PMM).**

| Modelo         | Campo | Ancho de banda     | Rango de medida                                                                   |
|----------------|-------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| EP-105         | E     | 100 kHz -1000 MHz  | 0,05 -50 V/m                                                                      |
| EP-300         | E     | 100 kHz – 3 GHz    | 0.1 – 300 V/m                                                                     |
| EP-330         | E     | 100 kHz – 3 GHz    | 0.3 – 300 V/m                                                                     |
| EP-301         | E     | 100 kHz – 3 GHz    | 1 – 1000 V/m                                                                      |
| EP-183         | E     | 1 MHz – 18 GHz     | 0.8 – 800 V/m                                                                     |
| EP-408         | E     | 1 MHz – 40 GHz     | 0.8 – 800 V/m                                                                     |
| EP-44M         | E     | 100 kHz -800 MHz   | 0,25- 250 V/m                                                                     |
| EP-33M         | E     | 700 MHz – 3 GHz    | 0.3 – 300 V/m                                                                     |
| EP-33A         | E     | 925 MHz -960 MHz   | 0,03- 30 V/m                                                                      |
| EP-33B         | E     | 1805 MHz -1880 MHz | 0,03 – 30 V/m                                                                     |
| EP-33C         | E     | 2110 MHz- 170MHz   | 0,03 – 30 V/m                                                                     |
| HP-032         | H     | 0,1 -30 MHz        | 0,01 – 20 A/m                                                                     |
| HP-102         | H     | 30-1000 MHz        | 0,01 – 20 A/m                                                                     |
| HP-050         | B     | 10 Hz-5 kHz        | 10 nT-40 µT                                                                       |
| HP-051         | B     | 10 Hz-5 kHz        | 50 nT-200 µT                                                                      |
| EHP50A/<br>B/C | E/B   | 5 Hz-100 kHz       | A 100 V-<br>100 kV/m<br>10nT-<br>10 mT<br><br>B/C 10 mV/m-<br>100KV/m<br>1nT-10mT |

## 8.2. Instrumentación para medidas en banda estrecha

### 8.2.1. Antenas

En este apartado se presentan las antenas proporcionadas por Anritsu, ETS Lindgren y Rohde&Schwarz. Es importante elegir la más adecuada según el margen de frecuencias de interés para la realización de la medida.

**Tabla 48. Instrumentación de Anritsu para antenas**

| Tipo                 | Modelo   | Ancho de banda |
|----------------------|----------|----------------|
| Dipole antenna       | MP534A/B | 25 – 520 MHz   |
|                      | MP651A/B | 470 – 1700 MHz |
|                      | MP663A   | 300 – 1000 MHz |
| Log-periodic antenna | MP635A   | 80 – 1000 MHz  |
|                      | MP666A   | 200 – 2000 MHz |

Tabla 49. Instrumentación de ETS Lindgren para antenas

| Tipo                         | Modelo    | Ancho de banda    | P <sub>DC,max</sub> | Z ( $\Omega$ ) | G (dB)            | BW              |
|------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| BiConiLog                    | 3140B     | 26 MHz – 3 GHz    | 1 kW                | 50             | 10@ 200MHz- 2GHz  | 60 <sup>a</sup> |
|                              | 3142C     | 26 MHz – 3 GHz    | 1 kW                | 50             | 5@ 150MHz- 2GHz   | 60 <sup>a</sup> |
|                              | 3149      | 26 MHz – 6 GHz    | 1 kW                | 50             |                   | 60 <sup>a</sup> |
| LogPeriodic                  | 3144      | 80 MHz – 2 GHz    | 2 kW                | 50             | 4-6@ 200MHz- 2GHz | 60 <sup>a</sup> |
|                              | 3147      | 200 MHz – 5 GHz   | 80 W                | 50             | 5@ 200MHz- 5GHz   |                 |
|                              | 3148      | 200 MHz – 2 GHz   | 1 kW                | 50             | 4-6@ 200MHz- 2GHz | 50 <sup>a</sup> |
|                              | 3150      | 100 MHz – 1GHz    | 2 kW                | 50             |                   |                 |
|                              | 3151      | 20 MHz – 200 MHz  |                     | 50             |                   |                 |
| Double-Ridged Waveguide Horn | 3106B     | 200 MHz – 2,5 GHz | 800                 | 50             | 6 @ 2GHz          | 40 <sup>a</sup> |
|                              | 3115      | 750 MHz – 18 GHz  | 500 W               | 50             | 10 @ 2- 14GHz     | 40 <sup>a</sup> |
|                              | 3116      | 18 GHz- 40 GHz    | 50 W                | 50             |                   |                 |
|                              | 3117      | 1 GHz – 18 GHz    | 300 W               | 50             |                   |                 |
| Diagonal Dual Polarized Horn | 3164-03   | 400 MHz – 6 GHz   | 200 W               | 50             | 5-12              | 8@600MHz-3GHz   |
|                              | 3164-04   | 700 MHz – 6 GHz   | 10                  | 50             | 6-18              |                 |
| Octave                       | 3160-01   | 0,96– 1,46 GHz    | 550 W               | 50             | 16,5              |                 |
| Bandwith                     | 3160-02   | 1,12 – 1,70 GHz   | 550 W               | 50             | 16,3              |                 |
| Pyramidal                    | 3160-03   | 1,70 – 2,60 GHz   |                     | 50             | 16,3              |                 |
|                              | 3160-04   | 2,60 – 3,95 GHz   |                     | 50             | 16,7              |                 |
| Horn Antennas                | 3160-05   | 3,95 – 5,85 GHz   |                     | 50             | 16,7              |                 |
|                              | 3161-01   | 1 – 2 GHz         | 500 W               | 50             | 16,3              |                 |
|                              | 3161-02   | 2 GHz – 4 GHz     | 250 W               | 50             | 17,5              |                 |
|                              | 3161-03   | 4 GHz – 8 GHz     | 250 W               | 50             | 17,5              |                 |
| Dipoles                      | 3127-1880 | 1870 MHz-1890 MHz | 1 W                 | 50             | 1                 |                 |
| Dipoles                      | 3127-836  | 826 MHz - 846 MHz | 1 W                 | 50             |                   |                 |
| Conical Log                  | 3101      | 200 MHz – 1 GHz   | 100 W               | 50             | 2-3               |                 |
| Espiral                      | 3102      | 1 GHz – 10 GHz    | 50 W                | 50             | 2-3               |                 |
|                              | 3103      | 100 MHz – 1 GHz   | 100 W               | 50             | 3 @ 200M-1G       |                 |

**Tabla 50. Instrumentación de Rohde&Schwarz para antenas.**

| Modelo     | Ancho de banda                | Ganancia (dB)                                       | Estacionaria | Polarización |
|------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|
| AK451      | 5 -30 MHz (Tx) 2-30 MHz (Rx)  | 6-12,5 (5 - 30 MHz)                                 | SÍ           | H            |
| AK471      | 7 - 30 MHz (Tx) 5 -30 MHz(Rx) | 0 -6 (7 MHz-8 MHz)                                  | SÍ           | H            |
| HL210A3    | 1,5-30 MHz                    | 8 -10,5 (1,5 MHz-2 MHz)<br>10,5 – 12 (2MHz - 30 Hz) | SÍ           | V            |
| HL410A3    | 1,5-30 MHz                    | 7,5 a 1,5 MHz<br>8-12 (1,6-30 MHz)                  | SÍ           | H            |
| HE200      | 20 MHz-30 GHz                 | 15 – 10 (0,5 – 3 GHz)                               | NO           | H/V          |
| HE200HF    | 20 MHz-3 GHz                  | DEPENDE                                             | NO           | H/V          |
| HE309      | 20 MHz – 1 GHz                | 15 – 2                                              | SÍ           | V            |
| HE202      | 200 MHz – 1 GHz               | 7 – 11                                              | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HE302      | 20 MHz – 500 MHz              | 10 (100 – 500 MHz)                                  | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HE314A1    | 20 MHz – 500 MHz              | 7 (100 – 500 MHz)                                   | SÍ           | H            |
| HE402      | 20 MHz - 87 MHz               | 5                                                   | SÍ           | LINEAL       |
| HL033      | 80 MHz – 2 GHz                | 6,5                                                 | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HL223      | 200 MHz – 1,3 GHz             | 6                                                   | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HL040      | 400 MHz – 3 GHz               | 5 – 7                                               | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HL007A2    | 80 MHz – 1,3 GHz              | 6                                                   | SÍ           | H/V          |
| HL050      | 850 MHz- 26,5 GHz             | 8,5                                                 | SÍ/NO        | LINEAL       |
| HL024S7,S8 | 1GHz – 18 GHz                 | 6                                                   | SÍ           | H/V          |
| HL024S9    | 1GHz – 18 GHz                 | 6                                                   | SÍ           | H/V/CIRCULAR |

### 8.2.2. Analizadores de espectro

Los analizadores de espectro permiten realizar medidas en detalle, caracterizando cada componente espectral. Este tipo de equipos tienen una mayor sensibilidad y son capaces de medir con gran precisión, pero necesitan de un mayor tiempo para realizar la medida y deben emplearse antenas cuyas características radioeléctricas estén definidas (polarización, impedancia de entrada, ganancia y atenuación, en función de la frecuencia, del cable entre la antena y el equipo de medida).

#### a) Portátiles.

Existen múltiples modelos de analizadores de espectros. En este apartado señalaremos los de carácter portátil, más apropiados para realizar medidas in situ.

Las siguientes tablas corresponden a los modelos de analizadores que ofrecen, entre otros, los fabricantes Advantest, Anritsu, B&K Precision, Tektronix, Willtek y Rohde&Schwarz.

Tabla 51. Analizadores de espectro portátiles de Advantest

| Modelo | Ancho de banda  | $Z_{in}(\Omega)$ | RBW            | Polarización                                                                                 |
|--------|-----------------|------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| U3661  | 9 kHz- 26,5 GHz | 50               | 1 kHz – 3 MHz  | -132 dBm + 3f(GHz) dB                                                                        |
| U3641  | 9 kHz – 3 GHz   | 75               |                | -135 dBm + 4,3f(GHz) dB                                                                      |
| U3641N |                 |                  |                | -22 dB $\mu$ V + 3f(GHz) dB                                                                  |
| U3741  | 9 kHz – 3 GHz   | 50/75            | 100 Hz a 1MHz  | -138 dBm + 3f (GHz) dB<br>-27 dB $\mu$ V + 3f (GHz) dB                                       |
| U3751  | 9 kHz – 8 GHz   | 50               | 30 Hz – 3 MHz  | -138 dBm + 3f (GHz) dB<br>(f $\leq$ 3.1 GHz)<br>-139 dBm + 1.3f (GHz) dB<br>(f $\geq$ 3 GHz) |
| U3771  | 9 kHz- 31,8 GHz | 50               | 100 Hz – 3 MHz | -138 dBm + 3f(GHz) dB                                                                        |
| U3772  | 9 kHz – 43 GHz  |                  |                |                                                                                              |

Tabla 52\_A. Analizadores de espectro portátiles de Anritsu

| Modelo                 | Frecuencia         | RBW             | Nivel de ruido   |
|------------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| <b>Spectrum Master</b> |                    |                 |                  |
| MS2711B                | 100 kHz – 3 GHz    | 10 kHz – 1 MHz  | -115 dBm         |
| MS2711D                | 100 kHz – 3 GHz    | 100 Hz – 1 MHz  | -135 dBm         |
| MS2721A                | 100 kHz – 7,1 GHz  | 10 Hz – 3 MHz   | -153 dBm @ 1 GHz |
| <b>Site Master</b>     |                    |                 |                  |
| S113C                  | 2 MHz – 1600 MHz   | N/A             | +10 dBm / +17dBm |
| S114C                  | 100 kHz – 1,6 GHz  | 10 kHz – 1 MHz  | +10 dBm / +17dBm |
| S251C                  | 625 MHz – 2,5 GHz  | N/A             | +10 dBm / +17dBm |
| S331D                  | 25 MHz – 4 GHz     | N/A             | -5 dBm / +17 dBm |
| S332D                  | 100 kHz – 3 GHz    | 100 kHz – 1 MHz | -5 dBm / +17 dBm |
| S810C                  | 3,3 GHz – 10,5 GHz | N/A             | -10 dBm          |
| S820C                  | 3,3 GHz – 20 GHz   | N/A             | -10 dBm          |

Tabla 52\_B. Analizadores de espectro portátiles de Anritsu

| Modelo                   | Frecuencia        | RBW            | Nivel de ruido      |
|--------------------------|-------------------|----------------|---------------------|
| <b>Cell Master</b>       |                   |                |                     |
| MT8212B                  | 25 MHz – 4 GHz    | 100 Hz – 1 MHz | -135 dBm            |
| <b>UMTS Master</b>       |                   |                |                     |
| MT8220A                  | 100 kHz – 7,1 GHz | 10 Hz – 3 MHz  | -153 dBm @ 1 GHz    |
| <b>Spectrum Analyzer</b> |                   |                |                     |
| MS2651B                  | 9 kHz – 3 GHz     | 1 kHz – 5 MHz  | -110dBm @ 1 GHz     |
| MS2661B                  |                   |                | -115dBm @ 1 GHz     |
| MS2661C                  | 9 kHz – 3 GHz     | 30 Hz          | -130 dBm            |
| MS2663C                  | 9 kHz – 8,1 GHz   | 30 Hz          | -130 dBm            |
| MS2665C                  | 9 kHz – 21,2 GHz  | 30 Hz          | -130 dBm            |
| MS2667C                  | 9 kHz – 30 GHz    | 10 Hz          | -135 dBm            |
| MS2668C                  | 9 kHz – 40 GHz    | 10 Hz          | -135 dBm            |
| MS2681A                  | 9 kHz – 3 GHz     | 1 Hz – 20 MHz  | -148.3 dBm variable |
| MS2683A                  | 9 kHz – 7,8 GHz   | 1 Hz – 20 MHz  | -146.5 dBm variable |
| MS2687B                  | 9 kHz – 30 GHz    | 1 Hz – 20 MHz  | -146.5 dBm variable |

Tabla 53. Analizadores de espectro portátiles de B&amp;K Precision.

| Modelo | Frecuencia       | RBW           | Nivel de ruido |
|--------|------------------|---------------|----------------|
| 2650   | 50 kHz – 3,3 GHz | 3 kHz – 3 MHz | -110 dBm       |
| 2658   | 50 kHz – 8,5 GHz | 3 kHz – 3 MHz | -110 dBm       |

| Tabla 54. Analizadores de espectro portátiles de Agilent Technologies |                  |            |                   |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------|------------|-------------------|
| Modelo                                                                | Frecuencia       | RBW        | Nivel de ruido    |
| 8560EC                                                                | 30 Hz – 2,9 GHz  | 1Hz – 1MHz | -151 dBm @ 1 GHz  |
| 85601EC                                                               | 30 Hz – 6,5 GHz  |            | <=-145dBm @ 1 GHz |
| 8562EC                                                                | 30 Hz – 13,2 GHz |            | -151 dBm @ 1GHz   |
| 8563EC                                                                | 30 Hz – 26,5 GHz |            | -149 dBm @ 1 GHz  |
| 8564EC                                                                | 30 Hz – 40 GHz   |            | -145 dBm @ 1 GHz  |
| 8565EC                                                                | 30 Hz – 50 GHz   |            | -145 dBm @ 1 GHz  |

| Tabla 55. Analizadores de espectro portátiles de Tektronix y Willtek. |                 |                  |                |                |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| Fabricante                                                            | Modelo          | Frecuencia       | RBW            | Nivel de ruido |
| Tektronix                                                             | NetTek Analyzer | 30 MHz – 2,5 GHz | 100 Hz – 6 MHz | -114 dBm       |
| Willtek                                                               | 9101            | 100kHz – 4 GHz   | 10 kHz – 1 MHz | -116 dBm       |

| Tabla 56. Analizadores de espectro portátiles de Rohde&Schwarz. |                 |                                                                 |                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Modelo                                                          | Frecuencia      | RBW                                                             | Nivel de ruido                        |
| FSH3                                                            | 100 kHz – 3 GHz | 1 kHz – 1 MHz (modelo .13)<br>100 Hz – 1MHz (modelos .03 y .23) | -114 dBm @ 1 kHz<br>-135 dBm @ 100 Hz |
| FSH6                                                            | 100 kHz – 6 GHz | 100 Hz – 1 MHz                                                  | -135 dBm @ 100 Hz                     |
| FSH300                                                          | 9 kHz – 3 GHz   | 200 Hz – 1 MHz                                                  | -120 dBm                              |
| FSL3                                                            | 9 kHz – 3 GHz   | 300 Hz – 10 MHz                                                 | -117 dBm                              |
| FSL6                                                            | 9 kHz – 6 GHz   |                                                                 |                                       |

#### b) De laboratorio

A continuación se presentan los modelos de analizadores de espectro que ofrecen Advantest, Rohde&Schwarz, Agilent Technologies y otros distribuidores disponibles en Europa:

| Tabla 57. Analizadores de espectro fijos de Advantest |                  |                  |               |                         |
|-------------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|-------------------------|
| Modelo                                                | Ancho de banda   | $Z_{in}(\Omega)$ | RBW           | Nivel de ruido          |
| R3172                                                 | 9 kHz – 26,5 GHz | 50               | 1 kHz – 3 MHz | -132 dBm + 3 f (GHz) dB |
| R3182                                                 | 9 kHz – 26,5 GHz | 50               | 1 kHz – 3 MHz | -132 dBm + 3 f (GHz) dB |
| R3131A                                                | 9 kHz – 26,5 GHz | 50               | 300 Hz – 1MHz | -113 dBm + 2f(GHz) dB   |
| R3477                                                 | 9 kHz – 13,5 GHz | 50               | 1 Hz - 10 MHz | -168 dBm a 1 GHz        |
| R3671                                                 | 20 Hz - 13 GHz   | 50               | 1 Hz - 10 MHz | -158 dBm a 1 GHz        |
| R3681                                                 | 20 Hz - 32 GHz   | 50               | 1 Hz - 10 MHz | -158 dBm a 1GHz         |

| Tabla 58. Analizadores de espectros PSA Series Spectrum Analyzer de Agilent Technologies |                  |        |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|----------------|
| Modelo                                                                                   | Frecuencia       | RBW    | Nivel de ruido |
| E4443A                                                                                   | 3 Hz – 6,7 GHz   | 10 MHz | -155 dBm       |
| E4445A                                                                                   | 3 Hz – 13,2 GHz  | 10 MHz | -155 dBm       |
| E4440A                                                                                   | 3 Hz – 26,5 GHz  | 10 MHz | -155 dBm       |
| E4447A                                                                                   | 3 Hz – 42,98 GHz | 10 MHz | -155 dBm       |
| E4446A                                                                                   | 3 Hz – 44 GHz    | 10 MHz | -154 dBm       |
| E4448A                                                                                   | 3 Hz – 50 GHz    | 10 MHz | -154 dBm       |

| Tabla 59. Analizadores de espectros MXA Signal Analyzer N9020A de Agilent Technologies |                  |        |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|----------------|
| Modelo                                                                                 | Frecuencia       | RBW    | Nivel de ruido |
| N9020A-503                                                                             | 20 Hz - 3.6 GHz  | 10 MHz | <-149 dBm      |
| N9020A-508                                                                             | 20 Hz - 8.4 GHz  | 10 MHz | <-149 dBm      |
| N9020A-513                                                                             | 20 Hz - 13.6 GHz | 10 MHz | <-149 dBm      |
| N9020A-526                                                                             | 20 Hz - 26.5 GHz | 10 MHz | <-149 dBm      |

**Tabla 60. Analizadores de espectro fijos de Rohde&Schwarz**

| Modelo  | Frecuencia       | RBW            | Nivel de ruido |
|---------|------------------|----------------|----------------|
| FMU36   | DC-36 MHz        |                | <- 151,5 dBm   |
| FSUP8   | 20 Hz – 8 GHz    | 1 Hz – 50 MHz  | <-140 dBm      |
| FSUP 26 | 20 Hz – 26,5 GHz |                | <-135 dBm      |
| FSUP 50 | 20 Hz – 50 GHz   |                | <-118 dBm      |
| FSMR3   | 20 Hz – 3,6 GHz  | 10 Hz – 50 MHz | <-142 dBm      |
| FSMR26  | 20 Hz – 26,5 GHz |                | <-138 dBm      |
| FSMR50  | 20 Hz – 50 GHz   |                | <-120 dBm      |
| FSP8    | 20 Hz – 8 GHz    | 10 Hz – 50 MHz | <-140 dBm      |
| FSP26   | 20 Hz – 26,5GHz  |                | <-135 dBm      |
| FSP50   | 20 Hz – 50 GHz   |                | <-118 dBm      |
| FSQ 3   | 20 Hz – 8 GHz    | 10 Hz – 50 MHz | <-152dBm       |
| FSQ 8   | 20 Hz – 8 GHz    |                | <-149 dBm      |
| FSQ 26  | 20 Hz – 26,5 GHz |                | <-143 dBm      |
| FSQ 40  | 20 Hz – 40 GHz   |                | <-135dBm       |
| FSU3    | 20 Hz – 3,6 GHz  | 10 Hz – 50 MHz | <-152 dBm      |
| FSU8    | 20 Hz – 8 GHz    |                | <-150 dBm      |
| FSU26   | 20 Hz – 26,5 GHz |                | <-150 dBm      |
| FSU43   | 20 Hz – 43 GHz   |                | <-133 dBm      |
| FSU46   | 20 Hz – 46 GHz   |                | <-133 dBm      |
| FSU50   | 20 Hz – 50 GHz   |                | <-128 dBm      |
| FSU67   | 20 Hz – 67 GHz   |                | <-120 dBm      |

**Tabla 61. Analizadores de espectro fijos de Anritsu y Tektronix y BK Precision**

| Fabricante   | Modelo   | Frecuencia          | RBW          | Nivel de ruido   |
|--------------|----------|---------------------|--------------|------------------|
| Anritsu      | MS2781B  | 100 Hz – 8 GHz      | 0,1Hz- 8MHz  | -147 dBm @ 1 GHz |
| Tektronix    | RSA6100A | 10 MHz – 3 GHz      | 1 Hz – 10MHz | -147 dBm @ 3 GHz |
|              | RSA3300A | DC – 3 GHz          |              | -150 dBm @ 3 GHz |
|              | RSA3408A | DC – 8 GHz          |              |                  |
| BK Precisión | 2625     | 0,15 MHz – 1,05 GHz | 20Hz– 400kHz | -99 dBm          |
| BK Precisión | 2630     |                     |              |                  |
| BK Precisión | 2635     |                     |              |                  |

### 8.2.3. Receptores EMI

Un receptor EMI es un tipo especial de analizador de espectro que consta de un preselector de frecuencia a la entrada. De esta forma, es posible adecuar el nivel de atenuación en cada punto de medida y no en banda ancha, como hacen los analizadores de espectro habituales. Asimismo, la preselección permite proteger al equipo de medida de saturaciones debidas a la

existencia de señales de niveles altos fuera de la banda de trabajo, evitando así la obtención de resultados de medida erróneos. La siguiente tabla presenta los receptores EMI distribuidos por Rohde&Schwarz:

**Tabla 62. Receptores EMI de Rohde&Schwarz.**

| Modelo  | Frecuencia       | RBW            | Nivel de ruido   |
|---------|------------------|----------------|------------------|
| ESCI    | 9 kHz – 3 GHz    | 10 Hz – 3 MHz  | -155 dBm @ 10 Hz |
| ESIB 7  | 20 Hz – 7 GHz    | 1 Hz – 10 MHz  | <-74dBm          |
| ESIB 26 | 20 Hz – 26,5 GHz |                | <-135 dBm        |
| ESIB 40 | 20 Hz – 40 GHz   |                | <-116 dBm        |
| ESU8    | 20 Hz – 8 GHz    | 10 Hz – 10 MHz | < 22 dBμV        |
| ESU26   | 20 Hz – 26,5 GHz |                | < 25 dBμV        |
| ESU40   | 20 Hz – 40 GHz   |                | < 29 dBμV        |

En España también se pueden adquirir diferentes modelos de Dynamic Sciences International. Sus características son las siguientes:

**Tabla 63. Receptores EMI de Dynamic Sciences International**

| Modelo     | Frecuencia      | RBW              | Nivel de ruido                                                                                         |
|------------|-----------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DSI2020    | 1 kHz – 2 GHz   | 100 Hz – 120 kHz | 10 dB                                                                                                  |
| DSI 600    | 20 Hz – 2 GHz   | 10 Hz – 15 MHz   | 20 Hz- 20 kHz                                                                                          |
|            | 20 Hz- 12,5 GHz |                  | <12 dB                                                                                                 |
|            | 20 Hz -26,5 GHz |                  | 20 kHz-600 MHz                                                                                         |
|            | 20 Hz – 40 GHz  |                  | <9dB<br>600 MHz- 2GHz<br><12dB<br>2 GHz-26,5 GHz<br><20dB<br>26,5 GHz-40 GHz<br><34 dB                 |
| DSI 600- 4 | 20 Hz – 4 GHz   | Hasta 1 kHz      | 20 Hz- 20 kHz<br><12 dB<br>20 kHz-600 MHz<br><9 dB<br>600 MHz- 2GHz<br><12 dB<br>2 GHz- 4 GHz<br><20dB |
| DSI 450    | 1 kHz – 4 GHz   | 1 kHz            | 1 kHz- 20 kHz<br><12 dB<br>20 kHz-600 MHz<br><9dB<br>600 MHz- 2GHz<br><12dB<br>2 GHz-4 GHz<br><20dB    |

### 8.2.4. Receptor de banda ancha selectivo en frecuencia

Además de los analizadores de espectro, se pueden emplear equipos de banda ancha selectivos en frecuencia para caracterizar las diferentes componentes espectrales.

El fabricante NARDA-STS ofrece el modelo SRM-3000, que permite realizar análisis tanto temporales como espectrales y el EHP-200. En las siguientes tablas se presentan sus características:

**Tabla 64. Receptor de banda ancha selectivo en frecuencia.**

| Modelo   | Rango de frecuencias | RBW                            | Rango de medida                   |
|----------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| SRM-3000 | 100 kHz – 3 GHz      | 1 kHz<br>5 MHz<br>(según modo) | -27 dBm - +23 dBm                 |
| EHP-200  | 9 kHz-30 MHz         | Hasta 1 kHz                    | 0.02-1000 V/m<br>0.6 mA/m-300 A/m |

### 8.3. Seguridad personal

Es necesario garantizar la seguridad del personal cuyas zonas de trabajo son susceptibles de ser perturbadas por emisiones radioeléctricas, como por ejemplo, operadores, instaladores y personal de mantenimiento de infraestructuras de telefonía móvil.

Existen diversos tipos de medidas que se pueden llevar a cabo para controlar la exposición en entornos ocupacionales, como el empleo de trajes protectores o el uso de monitores personales de campos electromagnéticos.

Los monitores personales son equipos de prevención que avisan al usuario mediante una señal acústica o visual de que se están superando los máximos de exposición permitidos. En las siguientes tablas se muestra el equipamiento de seguimiento personal proporcionado por Antennessa y NARDA-STS:

**Tabla 65. Equipos de seguimiento personal de Antennessa.**

| Modelo         | Ancho de Banda    | Sonda isotrópica | Campo |
|----------------|-------------------|------------------|-------|
| EME SPY 120    | 80 MHz – 3500 MHz | SÍ               | E     |
| EME GUARD 3140 | 27 MHz – 5 GHz    |                  |       |

Estos modelos cumplen con las recomendaciones internacionales de la Directiva 2004/40/EC.

**Tabla 66. Equipos de seguimiento personal de NARDA-STS.**

| Modelo               | Ancho de Banda    | Sonda isotrópica | Campo |
|----------------------|-------------------|------------------|-------|
| Nardalert XT 8860    | 100 kHz – 100 GHz | NO               | E     |
| Nardalert XT 8861    | 10 MHz – 100 GHz  |                  |       |
| Nardalert XT 8862    | 100 kHz – 100 GHz |                  |       |
| Nardalert XT 8864    |                   |                  |       |
| RadMan               | 1 MHz – 40 GHz    | SÍ               | E / H |
| RadMan XT            |                   |                  |       |
| RadMan XT ELF Immune | 27 MHz – 40 GHz   |                  |       |

### 8.4. Estaciones de monitorización de campos electromagnéticos

Los fabricantes NARDA-STS y PMM ofrecen soluciones para realizar la monitorización remota de campos electromagnéticos en cualquier localización.

Las estaciones remotas son autónomas y pueden medir de manera continua la señal electromagnética del entorno. El resultado de las mediciones se transmite vía GSM a un centro de control donde se monitorizan y procesan los resultados. El rango de frecuencias y el tipo de campo dependen de las sondas que se utilicen. A continuación se presentan las principales características de los modelos Narda Area Monitor System 2600, de NARDA-STS, y PMM 8055, de PMM y de la empresa WaveControl.

**Tabla 67. Estaciones de monitorización remota**

| Modelo                         | Ancho de Banda                 | Rango de medida  | Memoria        |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------|
| Narda Area Monitor System 2600 | 20 Hz – 18 GHz (sonda)         | (sonda)          | Hasta 18 meses |
| PMM 8055S                      | 5 Hz – 40 GHz (sonda)          | (sonda)          | Hasta 18 meses |
| SMP WaveControl                | GSM 900, DCS (GSM 1800) y UMTS | 0,06 - 61 V/m    | Hasta 8 horas  |
| SMRF WaveControl               | GSM900, DCS (GSM1800) y UMTS   | 0,2 V/m – 30 V/m | Hasta 24 horas |

Narda posee otra serie de monitores entre los que destacan los siguientes modelos:

- Monitor de áreas multibanda AMB 8057: capaz de registrar y monitorizar de forma continua y remota campos eléctricos o magnéticos en cuatro bandas simultáneas como radio/TV, GSM, UMTS, líneas de alta tensión, etc. entre 50 Hz y 3 GHz dependiendo de la sonda.
- Monitor de áreas selectivo AMS8060: registra y monitoriza campos de alta frecuencia, desde los 75 MHz hasta 3 GHz con un analizador de espectro interno y una antena triaxial.
- SMARTS II: monitor de vigilancia con rango de medida de 2 MHz a 100 GHz

En las Tablas 68 y 69 se muestran las diferentes sondas disponibles para los modelos de NARDA y PMM:

## 8.5. Software de simulación

Además de medir las emisiones radioeléctricas, es interesante, desde el punto de vista de planificación y despliegue de las redes de comunicación, hacer una evaluación previa de las posibles emisiones radioeléctricas de la red que se desee desplegar.

La empresa Antennessa ha realizado un software de simulación para la evaluación de la exposición humana a los campos electromagnéticos emitidos por antenas de comunicaciones inalámbricas y radiodifusión. Dicho programa se denomina “EMF Visual”. Este software es rápido y sirve para predecir y analizar la conformidad de la exposición simulada a los estándares, tanto para el público en general como para trabajadores situados en las inmediaciones de las antenas.

Asimismo, NARDA-STS ha desarrollado el software de simulación EFC- 400 que permite generar, de forma rápida y sencilla, gráficos de campo para equipos de alta y baja frecuencia. Los resultados de la simulación pueden verse gráficamente, como intensidad de campo o como densidad de flujo, y también expresarse como tantos por ciento de los valores especificados en las normas aplicables.

**Tabla 68. Sondas para System 2600 (NARDA-STS).**

| Modelo | Campo | Ancho de Banda  | Rango de medida    |
|--------|-------|-----------------|--------------------|
| 330    | E     | 500 kHz – 3 GHz | 0.3 – 300 V/m      |
| 309    | E     | 1 MHz – 18 GHz  | 0.8 – 800 V/m      |
| 305    | H     | 20 Hz – 3 kHz   | 10 nT – 40 $\mu$ T |

**Tabla 69. Sondas para PMM-8055S (PMM).**

| Modelo | Campo | Ancho de Banda                                            | Rango de medida     |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| EP-33A | E     | 925MHz-960 MHz                                            | 0.03 – 30 V/m       |
| EP-33B | E     | 1805 MHz-1880 MHz                                         | 0.03 – 30 V/m       |
| EP-33C | E     | 2110-2170 MHz                                             | 0.03 – 30 V/m       |
| EP-33M | E     | 700 MHz – 3 GHz                                           | 0.3 – 300 V/m       |
| EP-44M | E     | 100 kHz – 800 MHz                                         | 0.25 – 250 V/m      |
| EP-105 | E     | 100 kHz – 1 GHz                                           | 0.05 – 50 V/m       |
| EP-301 | E     | 100 kHz – 3 GHz                                           | 1-1000 V/m          |
| EP-183 | E     | 1 MHz – 18 GHz                                            | 0.8 – 800 V/m       |
| EP-408 | E     | 1 MHz – 40 GHz                                            | 0.8 – 800 V/m       |
| HP-032 | H     | 0,1 – 30 MHz                                              | 0.01 – 20 A/m       |
| HP-102 | H     | 30 MHz – 1 GHz                                            | 0.01 – 20 A/m       |
| HP-050 | H     | 10 Hz – 5 kHz                                             | 10 nT – 40 $\mu$ T  |
| HP-051 | H     | 10 Hz – 5 kHz                                             | 50 nT – 200 $\mu$ T |
| EP3DB  | E     | 100 kHz – 3 GHz/<br>100 kHz -800 MHz                      | 0.25 – 250 V/m      |
| EP3TB  | E     | 100 kHz - 3 GHz/<br>100 kHz - 860 MHz/<br>925 MHz - 3 GHz | 0.5 – 300 V/m       |
| EP300  | E     | 100 kHz – 3 GHz                                           | 0.1 – 300 V/m       |

Existen 4 versiones del EFC-400:

- EFC-400PS, que permite realizar la simulación para representar los campos de líneas de alta tensión, líneas de alimentación aéreas para tranvías y ferrocarriles, líneas de metro y suburbano, redes de suministro eléctrico en barcos, aeronaves, etc., cables subterráneos, estaciones transformadoras y de conmutación y sistemas de distribución de alta tensión. Además calcula los niveles de ruido de los equipos de alta tensión.
- EFC-400ST, simula los campos electromagnéticos generados por estaciones transformadoras.
- EFC-400TC, para representar los campos creados por estaciones base de telefonía móvil, teléfonos móviles, transmisores de radio y TV, equipos de radar, radioaficionados, equipos de onda media y onda corta y radioenlaces.
- EFC-400EP, para el cálculo y simulación de campos electromagnéticos.

· Rohde&Schwarz: <http://www.rohde-schwarz.es>

· Wavecontrol: <http://www.wavecontrol.com>

· Willtek: <http://www.willtek.com>

## 8.6. Direcciones Web de interés

A continuación se incluyen las páginas Web de los fabricantes anteriormente mencionados:

· Advantest: <http://www.advantest.com>

· Agilent Technologies: <http://www.agilent.com>

· Anritsu: <http://www.anritsu.com>

· Antennessa: <http://www.antennessa.com>

· B&K Precision: <http://www.bkprecision.com>

· Extech Instruments: <http://www.extech.com>

· ETS-Lindgren: <http://www.ets-lindgren.com>

· Narda-STS: <http://www.narda-sts.com>

· PCE Group Ibérica: <http://www.pce-iberica.es/index.htm>

· PMM: <http://www.pmm.it>

· Tektronix: <http://www.tek.com>



**ANEXO  
OI**

**Modelos de certificados  
de conformidad y  
estudios para la  
certificación  
de estaciones  
radioeléctricas**



### Anexo 1.1. Normas de visado y modelos para la certificación de estaciones radioeléctricas

Desde el 3 de septiembre de 2007, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) ha puesto en funcionamiento un procedimiento de presentación telemática de las certificaciones de estaciones radioeléctricas del servicio de telefonía móvil. En el registro telemático del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo a lo establecido en el R. D. 1066/2001, de 28 de septiembre y la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero.

Un criterio básico que se ha tenido en cuenta en la definición de este procedimiento ha sido evitar la duplicidad de datos que actualmente se da al presentar estas certificaciones en ambos formatos pdf y xml, pudiendo haber discrepancias entre ambos documentos.

Este procedimiento básicamente consiste en lo siguiente:

- La SETSI ha elaborado unos nuevos formularios, en formato xml, que incluyen los datos de la estación, requeridos en los modelos de certificación establecidos en la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero (datos del emplazamiento, características radioeléctricas de la estación, resultados de las medidas y datos de espacios sensibles). Estos formularios están publicados en la web de la SETSI.
- Los colegiados firmantes de las certificaciones remitirán al COIT, a través de la Plata-

forma VisaTel®, dos ficheros: un documento xml (formulario de la SETSI) y un documento pdf, si lo requiere la certificación según la orden CTE/23/2002, que contendrá la información de planimetría, reportaje gráfico, certificados de calibración, técnicas de minimización de niveles, cálculos de volúmenes de referencia, etc.

- Estos son validados en su estructura y algunos datos de contenido en una aplicación on-line que tiene disponible el Ministerio para los Operadores. Esta misma validación la realizará la plataforma VisaTel® previamente al permitir la solicitud del visado de estos documentos xml.

- Al aprobar el visado, el COIT realizará las siguientes operaciones:

o Inserción de la firma XADES (protocolo de firma electrónica para formatos XML) del ingeniero de revisión del Colegio en el documento xml o Inserción de la firma electrónica del ingeniero de revisión del Colegio y del sello de visado (marca de agua) en el documento pdf de información adicional.

o Construcción de un xml que llevará incrustado, en base 64, el documento pdf visado

o Generación de un certificado completo siguiendo los modelos del COIT, personalizado para cada operador, para las certificaciones de emisiones radioeléctricas, con el sello de visado, que

pueda ser presentado a otros organismos o entidades que no solicitan el documento xml, sino un documento completo pdf, como es el caso de las corporaciones municipales, comunidades de propietarios, etc.

- Una vez descargados del histórico los documentos anteriores visados, el operador los depositará en el registro telemático del MITYC.

El COIT ha realizado las adaptaciones necesarias en la plataforma VisaTel® También está previsto, aplicar este procedimiento a la presentación de las certificaciones, firmadas por técnico competente, que sustituyen a la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de las estaciones tipos ER2 y ER4, de acuerdo a lo establecido en la Resolución de 22 de mayo de 2007 de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información. (B.O.E. de 13 de junio de 2007) En el Anexo 2 se incluyen las siguientes notas aclaratorias, distribuidas por la SETSI, sobre la cumplimentación de estos formularios:

- NOTAS ACLARATORIAS PARA LA UNIFICACIÓN DE CRITERIOS EN LA TRAMITACIÓN DE SOLICITUDES DE APROBACIÓN DE MEMORIAS TÉCNICAS DE ESTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL
- NOTAS ACLARATORIAS ACERCA DE LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE “NIVELES DE DECISIÓN” SEÑALADOS EN LA ORDEN MINISTERIAL

· CTE/23/2002, DE 11 DE ENERO.

#### **Certificación de estaciones en proyecto**

Según establece el apartado 1 del artículo 8 del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, (modificado por el apartado Uno de la Disposición Final cuarta del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril):

“Los operadores que establezcan las redes o presten los servicios que se relacionan a continuación deberán presentar un estudio detallado, firmado por un técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica, en áreas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas fijas, en las que puedan permanecer habitualmente personas. Dichas redes o servicios son los siguientes:

- a) Redes de difusión de los servicios de radiodifusión sonora y televisión.
- b) Servicios de telefonía móvil automática analógica.
- c) Servicio de telefonía móvil automática GSM
- d) Servicio de comunicaciones móviles personales DCS-1800.
- e) Servicio de comunicaciones móviles de tercera generación.
- f) Servicio de radiobúsqueda.
- g) Servicio de comunicaciones móviles en grupo cerrado de usuarios.
- h) Redes del servicio fijo por satélite, del servicio móvil por

satélite y del servicio de radiodifusión por satélite.

i) Servicio de acceso vía radio LMDS.”

#### **Certificación anual de estaciones radioeléctricas**

Según el apartado 3 del artículo 9 del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre (modificado por el apartado Dos de la disposición final cuarta del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril):

“(…) los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8 deberán remitir al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por un técnico competente de que se han respetado los límites de exposición establecidos en el anexo II durante el año anterior.”

La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) facilita a los operadores obligados a realizar la citada certificación los formularios informáticos, en formato .XML, en los que requiere se le presenten los datos correspondientes a las citadas estaciones para introducirlos en su base de datos.

El COIT, con objeto de facilitar a sus colegiados el trabajo de elaboración de las citadas certificaciones, ha elaborado los modelos de certificación adjuntos, que corresponden a los casos especificados en el apartado cuarto de la Orden CTE/23/2002 (ver capítulo 4.2 – Certificación de instalaciones, de este manual), junto con las Normas de Visado específicas de estos trabajos. Los archivos informáticos de estos modelos pueden ser

descargados de la Web del COIT por los colegiados.

Con relación al cumplimiento de esta certificación anual queremos señalar que la norma atribuye al facultativo competente que la firma la responsabilidad exclusiva de lo que certifica, razón por la cual, este Colegio Oficial entiende que su realización implica, además de disponer de la última certificación realizada para el emplazamiento correspondiente, la visita a dichos emplazamientos, para comprobar que no han aparecido nuevas fuentes de emisiones, que puedan aumentar el nivel de emisión total, que no hay nuevos espacios sensibles en el entorno de las estaciones que haya que tener en cuenta para minimizar los niveles de emisión sobre los mismos, que no se han producido modificaciones en el entorno arquitectónico que puedan requerir la revisión de los volúmenes de referencia calculados, etc., llevando a cabo su trabajo con plena libertad para decidir las comprobaciones a realizar y los medios necesarios para ello.



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

**MODELO DE CERTIFICACIÓN ANUAL DE ESTACIONES INSTALADAS**

Estaciones puestas en servicio o cuyas características hayan sido modificadas en el año anterior

(Punto c del apartado cuarto de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero)

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas (“Boletín Oficial del Estado” del 29)

**CERTIFICA:**

Que en cumplimiento del punto c) del apartado cuarto de la Orden por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, han sido efectuadas las mediciones siguientes para las correspondientes estaciones:

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES**

(Facilitadas por el operador)

| 1. Datos del Emplazamiento                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Código del emplazamiento                                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| Operador Nombre o razón social)                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| ¿Es un emplazamiento compartido? (Si/No)                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| 2. Características Generales (utilizar una columna por estación)                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| Código Estación                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Sistema                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Estación                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 3. Características radioeléctricas de las estaciones                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |
| Las características radioeléctricas de la estación instalada son las mismas especificadas en la última certificación de la estación, cuyos datos son los siguientes:<br>Colegio profesional:<br>Nº de visado: |  |  |  |  |  |  |

Fecha:

Firma y sello del colegiado

Visado del Colegio Oficial de Ingenieros  
de Telecomunicación

#### 4. Cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica.

##### MEDIDAS FASE 1

|                                                                                                                                                                                  |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Equipo de medida utilizado</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup> :<br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |          |          |                                 |                                             | <b>Datos de las mediciones</b><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br>Nº total de mediciones: |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| <b>Sonda de banda ancha</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :                                                                                                   |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Longitud del cable(m):                                                                                                                                                           |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Rango de frecuencias <sup>2</sup> :                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Resolución <sup>2</sup> :                                                                                                                                                        |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Sensibilidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Planicidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                        |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Fecha de última calibración*:                                                                                                                                                    |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas                                                                                                                 |          |          | Hora de inicio de cada medición | Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m) | Nivel de Referencia (1)                                                                                                           | Nivel de decisión (2) | Valor medido promediado (3) | Valor calculado (4) | Diferencia: (2) - (3) (5) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) |
| Punto de medida                                                                                                                                                                  | Dist (m) | Acim (°) |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 2                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 3                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 4                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 5                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 6                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 7                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 8                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 9                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 10                                                                                                                                                                               |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

##### Notas aclaratorias:

- (1) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (2) Según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden
- (3) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel preexistente.
- (4) Rellenar únicamente para el caso de estaciones de nueva instalación.
- (5) Caso de resultar la diferencia negativa deberán realizarse mediciones en FASE-2.

<sup>2</sup>Cumpliméntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

## MEDIDAS FASE 2/3

|                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| <b><u>Equipo de medida utilizado</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección:                                 |  |  |  | <b><u>Datos de las mediciones</u></b><br><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br><br>Nº total de mediciones: |  |  |  |  |  |  |
| <b><u>Antena utilizada</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :<br>Tipo de antena <sup>2</sup> :<br>Rango de frecuencia <sup>2</sup> :<br>Factor de antena <sup>2</sup> :<br>Longitud de cable (m): |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |

| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas |          |          | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia a medida (1) | Nivel de Referencia (V/m) (2) | Nivel de Referencia (A/m) (3) | Valor medido (V/m) (4) | Valor medido (A/m) (5) | ¿Supera el nivel 40dB inferior al nivel de referencia? (SI/NO) (6) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) (7) |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Punto de medida                                                  | Dist (m) | Acim (º) |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 1                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 2                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 3                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 4                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 5                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 6                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 7                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 8                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 9                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 10                                                               |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2), (3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.
- (7) Rellénese un registro por cada medición llevada a cabo.

### 5. Información Adicional

**Es válida la documentación incluida en la certificación de la estación proyectada.es la siguiente**

<sup>2</sup>Cumpléntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.





colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

**MODELO DE CERTIFICACIÓN ANUAL DE ESTACIONES INSTALADAS**

Estaciones que alcanzan el nivel de decisión (Punto d del apartado cuarto de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero)

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas (“Boletín Oficial del Estado” del 29)

**CERTIFICA:**

Que en cumplimiento del punto d) del apartado cuarto de la Orden citada en el apartado primero, se han efectuado las medidas siguientes para las correspondientes estaciones.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES**  
(Facilitadas por el operador)

| 1. Datos del Emplazamiento                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Código del emplazamiento                                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| Operador Nombre o razón social)                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| ¿Es un emplazamiento compartido? (Si/No)                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| 2. Características Generales (utilizar una columna por estación)                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| Código Estación                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Sistema                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Estación                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 3. Características radioeléctricas de las estaciones                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |
| Las características radioeléctricas de la estación instalada son las mismas especificadas en la última certificación de la estación, cuyos datos son los siguientes:<br>Colegio profesional:<br>Nº de visado: |  |  |  |  |  |  |

Fecha:  
Firma y sello del colegiado

Visado del Colegio Oficial de Ingenieros  
de Telecomunicación

#### 4. Cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica.

##### MEDIDAS FASE 1

|                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Equipo de medida utilizado</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |          |          |                                 |                                             | <b>Datos de las mediciones</b><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br>Nº total de mediciones: |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| <b>Sonda de banda ancha</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :                                                                                                 |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Longitud del cable(m):                                                                                                                                                         |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Rango de frecuencias <sup>2</sup> :                                                                                                                                            |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Resolución <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Sensibilidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                    |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Planicidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Fecha de última calibración*:                                                                                                                                                  |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas                                                                                                               |          |          | Hora de inicio de cada medición | Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m) | Nivel de Referencia (1)                                                                                                           | Nivel de decisión (2) | Valor medido promediado (3) | Valor calculado (4) | Diferencia: (2) - (3) (5) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) |
| Punto de medida                                                                                                                                                                | Dist (m) | Acim (°) |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 1                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 2                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 3                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 4                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 5                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 6                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 7                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 8                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 9                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 10                                                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                   |                       |                             |                     |                           |                                                      |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

##### Notas aclaratorias:

- (1) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (2) Según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden
- (3) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel preexistente.
- (4) Rellenar únicamente para el caso de estaciones de nueva instalación.
- (5) Caso de resultar la diferencia negativa deberán realizarse mediciones en FASE-2.

<sup>2</sup>Cumplimentese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

## MEDIDAS FASE 2/3

|                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b><u>Equipo de medida utilizado</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección:                                 |  |  |  | <b><u>Datos de las mediciones</u></b><br><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br><br>Nº total de mediciones: |  |  |  |  |  |  |  |
| <b><u>Antena utilizada</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :<br>Tipo de antena <sup>2</sup> :<br>Rango de frecuencia <sup>2</sup> :<br>Factor de antena <sup>2</sup> :<br>Longitud de cable (m): |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |

| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas |          |          | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia a medida (1) | Nivel de Referencia (V/m) (2) | Nivel de Referencia (A/m) (3) | Valor medido (V/m) (4) | Valor medido (A/m) (5) | ¿Supera el nivel 40dB inferior al nivel de referencia? (SI/NO) (6) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) (7) |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Punto de medida                                                  | Dist (m) | Acim (º) |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 1                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 2                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 3                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 4                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 5                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 6                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 7                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 8                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 9                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 10                                                               |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2), (3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.
- (7) Rellénese un registro por cada medición llevada a cabo.

<sup>2</sup>Cumpléntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

**5. Información Adicional**

- **La información adicional que difiere de la incluida en la última certificación de la estación es la siguiente:**

*(Cumplimentese sólo cuando el colegiado lo considere necesario)*

**PLANOS ESQUEMÁTICOS DE SITUACIÓN**

<Planos descritos en los puntos 2 y 3 del apartado 3.1 de la Orden Ministerial CTE/23/2002 de 11 de enero.>

**PLANOS EN PLANTA**

<Planos en planta descritos en el punto 1 del apartado 3.1 de la citada Orden.>

**PLANOS EN ALZADO**

<Planos en alzado descritos en el punto 1 del apartado 3.1 de la citada Orden.>

**FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE PERSPECTIVA**

<Fotografías y esquemas que con carácter opcional se quieran entregar. Se recomienda no incluir más de 4.>

**OTROS DOCUMENTOS**

<Documentos sobre cálculo de paralelepípedos y técnicas de minimización de niveles de exposición.>

<Diagramas de radiación<sup>2</sup> y certificados de calibración<sup>2</sup>.>



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

**MODELO DE CERTIFICACIÓN ANUAL DE ESTACIONES INSTALADAS**

Resto de estaciones (Punto e del apartado cuarto de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero)

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas (“Boletín Oficial del Estado” del 29)

**CERTIFICA:**

Que en cumplimiento del punto e) del apartado cuarto de la Orden ya citada, el resto de estaciones tipo ER1 y ER3 no incluidas en el apartado dos anterior (*del Anexo II de dicha Orden*) y las del tipo ER2 y ER4 del mismo operador y sistema, (*según listado adjunto*), mantiene niveles de emisión inferior a los límites establecidos en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1066/2001.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES**

(Facilitadas por el operador)

| 1. Datos del Emplazamiento (repetir para cada emplazamiento) |                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|
| Código del emplazamiento                                     | Ver listado adjunto |
| Operador (Nombre o razón social)                             |                     |

Fecha:

Firma y sello del colegiado

Visado del Colegio Oficial de Ingenieros  
de Telecomunicación

## LISTADO DE EMPLAZAMIENTOS CERTIFICADOS

PROVINCIA:

[illegible]

| Resumen de estaciones |          |
|-----------------------|----------|
| Tipo                  | Cantidad |
| ER1                   |          |
| ER2                   |          |
| ER3                   |          |
| ER4                   |          |



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

**MODELO DE CERTIFICACIÓN ANUAL DE ESTACIONES INSTALADAS**

Estaciones con espacios sensibles

(Punto f del apartado cuarto de la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero)

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas (“Boletín Oficial del Estado” del 29)

**CERTIFICA:**

Que en cumplimiento del punto f) del apartado cuarto de la Orden precitada, se han efectuado las preceptivas mediciones con los resultados siguientes:

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES**

(Facilitadas por el operador)

| 1. Datos del Emplazamiento                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Código del emplazamiento                                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| Operador (Nombre o razón social)                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| ¿Es un emplazamiento compartido? (Si/No)                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |
| 2. Características Generales (utilizar una columna por estación)                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| Código Estación                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Sistema                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de Estación                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 3. Características radioeléctricas de las estaciones                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |
| Las características radioeléctricas de la estación instalada son las mismas especificadas en la última certificación de la estación, cuyos datos son los siguientes:<br>Colegio profesional:<br>Nº de visado: |  |  |  |  |  |  |

Fecha:

Firma y sello del colegiado

Visado del Colegio Oficial de Ingenieros  
de Telecomunicación

#### 4. Cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica.

##### MEDIDAS FASE 1

|                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Equipo de medida utilizado</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |          |          |                                 | <b>Datos de las mediciones</b><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br>Nº total de mediciones: |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| <b>Sonda de banda ancha</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :                                                                                                 |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Longitud del cable(m):                                                                                                                                                         |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Rango de frecuencias <sup>2</sup> :                                                                                                                                            |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Resolución <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Sensibilidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                    |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Planicidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Fecha de última calibración*:                                                                                                                                                  |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas                                                                                                               |          |          | Hora de inicio de cada medición | Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m)                                                                                       | Nivel de Referencia (1) | Nivel de decisión (2) | Valor medido promediado (3) | Valor calculado (4) | Diferencia: (2) - (3) (5) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) |
| Punto de medida                                                                                                                                                                | Dist (m) | Acim (°) |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 1                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 2                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 3                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 4                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 5                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 6                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 7                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 8                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 9                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 10                                                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

##### Notas aclaratorias:

- (1) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (2) Según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden
- (3) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel preexistente.
- (4) Rellenar únicamente para el caso de estaciones de nueva instalación.
- (5) Caso de resultar la diferencia negativa deberán realizarse mediciones en FASE-2.

<sup>2</sup>Cumplimentese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

## MEDIDAS FASE 2/3

|                                                                                                                                                                                           |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b><u>Equipo de medida utilizado</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |  |  |  | <b><u>Datos de las mediciones</u></b><br><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br><br>Nº total de mediciones: |  |  |  |  |  |  |  |
| <b><u>Antena utilizada</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie2:<br>Tipo de antena2:<br>Rango de frecuencia2:<br>Factor de antena2:<br>Longitud de cable (m):                     |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |

| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas |          |          | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia a medida (1) | Nivel de Referencia (V/m) (2) | Nivel de Referencia (A/m) (3) | Valor medido (V/m) (4) | Valor medido (A/m) (5) | ¿Supera el nivel 40dB inferior al nivel de referencia? (SI/NO) (6) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) (7) |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Punto de medida                                                  | Dist (m) | Acim (º) |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 1                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 2                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 3                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 4                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 5                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 6                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 7                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 8                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 9                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 10                                                               |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2), (3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.
- (7) Rellénese un registro por cada medición llevada a cabo.

<sup>2</sup>Cumpléntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

### 5. Información Adicional (Cumpléntese si el colegiado lo considera necesario)

<Se adjuntarán Planos o croquis en los que se identifiquen los puntos en los que se han realizado las medidas.>

## Anexo 1.2. Informe técnico de medidas de una estación base existente para comprobar su adecuación a los límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

### Informe técnico de medidas de una estación base existente para comprobar su adecuación a los límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001.

Recomendaciones sobre su contenido

|                                                              |                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dirección de la estación base                                | Calle:<br>Población:<br>Término municipal:<br>Código Postal:<br><b>Provincia:</b>                    |
| Peticionario de informe:                                     | Nombre:<br>Calle:<br>Población:<br>Término municipal:<br>Código postal:<br>Provincia:                |
| Datos del Autor                                              | Nombre:<br>Calle:<br>Población:<br>Código postal:<br>Provincia:<br>Número de Colegiado:<br>Teléfono: |
| Visado del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación | Firma y sello del Colegiado                                                                          |

#### · INTRODUCCIÓN. OBJETO DEL INFORME

Se incluirá en este apartado el objeto del informe, datos sobre la persona o entidad que lo ha solicitado y cual es el motivo. También sería bueno indicar si hay algún conflicto por el que se solicita.

#### · PLANO DE SITUACIÓN

Normalmente, este tipo de informes los pedirá un ayuntamiento, una comunidad de vecinos próxima a la estación base o un colegio que se encuentre en sus proximidades. El plano indicado podrá ser un plano de callejero en el que se indique la situación de la estación base y la situación del edificio o zona en la que se van a realizar las medidas descritas. Por ejemplo:



**Modelo 1** (Aplicable a los estudios y las certificaciones de Estaciones ya instaladas, cuyas ediciones se lleven a cabo en FASE-1).

| <b>Datos de las Mediciones.</b>    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Código de Estación:                |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
| Fecha de realización:              |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
| Técnico responsable:               |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
| Nº Total de mediciones: (*)        |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
| Identificación del punto de medida | Hora de inicio de cada medición | Nivel de referencia (W/m <sup>2</sup> )<br>(1) | Nivel de Referencia (V/m)<br>(2) | Nivel de decisión (W/m <sup>2</sup> )<br>(3) | Nivel de decision (V/m)<br>(4) | Valor medido promediado<br>(5) | Valor calculado<br>(6) | Diferencia (3)-(5) o (4)-(5)<br>(7) |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |
|                                    |                                 |                                                |                                  |                                              |                                |                                |                        |                                     |

**Notas aclaratorias:**

- (1), (2) Según R.D. 106612001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.  
 (3), (4) Según se señala en el procedimiento para la realización de las medidas de emisión.  
 (5) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo. Señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel pre existente.  
 (6) Rellenar únicamente para el caso de estaciones de nueva instalación.  
 (7) Caso de resultar la diferencia negativa, deberán realizarse mediciones en FASE-2.

**Características técnicas de los instrumentos de medida. Fase 1.**

|                                              |  |
|----------------------------------------------|--|
| <b>Equipo de medida</b>                      |  |
| Marca y modelo                               |  |
| Nº de serie                                  |  |
| Descripción                                  |  |
| Rango de frecuencia                          |  |
| <b>Sonda de banda ancha</b>                  |  |
| Marca y modelo                               |  |
| Nº de serie                                  |  |
| Descripción                                  |  |
| Rango de frecuencia                          |  |
| Rango de nivel                               |  |
| Resolución                                   |  |
| Sensibilidad (Valor del umbral de detección) |  |
| Isotropicidad                                |  |
| Planicidad                                   |  |
| Error absoluto @ 50MHz 20V/m                 |  |
| Error por temperatura                        |  |

**Modelo 2** (Aplicable a las certificaciones de estaciones ya instaladas, cuyas mediciones se lleven a cabo en FASE-2 o FASE-3).

| <b>Datos de las Mediciones.</b>    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Código de Estación:                |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
| Fecha de realización:              |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
| Técnico responsable:               |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
| Nº Total de mediciones: (*)        |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
| Identificación del punto de medida | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia Medida<br>(1) | Nivel de referencia (V/m)<br>(2) | Nivel de referencia (A/m)<br>(3) | Valor medido (V/m)<br>(4) | Valor medido (A/m)<br>(5) | Supera el nivel de 40dB inferior al nivel de referencia SI o NO<br>(6) |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |
|                                    |                                 |                          |                                  |                                  |                           |                           |                                                                        |

**Notas aclaratorias:**

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2), (3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo a rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.

**Características técnicas de los instrumentos de medida. Fase 2 ó Fase 3.**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Equipo de medida</b>       |  |
| Marca y modelo                |  |
| Nº de serie                   |  |
| Descripción                   |  |
| Rango de frecuencia           |  |
| Error de frecuencia           |  |
| Rango de nivel                |  |
| Ruido inherente               |  |
| Respuesta en frecuencia       |  |
| Error total en amplitud       |  |
| Error por temperatura         |  |
| Valor del umbral de detección |  |
| <b>Antenas</b>                |  |
| Marca y modelo                |  |
| Nº de serie                   |  |
| Fecha de próxima calibración  |  |
| Tipo de antena                |  |
| Rango de frecuencia           |  |
| Longitud del cable (metros)   |  |

### Anexo 1.3. Modelo de certificación de estaciones en proyecto



colegio oficial  
ingenieros de telecomunicación

Uso exclusivo para certificados visados en el COIT

#### MODELO DE CERTIFICACIÓN DE ESTACIONES EN PROYECTO

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas (“Boletín Oficial del Estado” del 29) y del apartado tercero de la Orden por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones,

#### CERTIFICA:

Que la estación proyectada cuyas características se especifican a continuación cumple los límites de exposición establecidos en el anexo II del mencionado Reglamento de acuerdo con los cálculos técnicos efectuados al respecto.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES

(Facilitadas por el operador)

| 1. Características Generales                                 |                             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Código Estación                                              |                             |
| Tipo de Sistema                                              |                             |
| Operador (Nombre o razón social)                             |                             |
| Tipo de Estación                                             |                             |
| 2. Datos Correspondientes al Emplazamiento                   |                             |
| Código del emplazamiento                                     |                             |
| Situación/Dirección                                          |                             |
| Población                                                    |                             |
| Término municipal                                            |                             |
| Provincia                                                    |                             |
| Latitud                                                      |                             |
| Longitud                                                     |                             |
| Cota del terreno sobre el nivel del mar (m)                  |                             |
| Emplazamiento compartido (SI/NO)                             |                             |
| Fecha                                                        |                             |
| Visado del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación | Firma y sello del colegiado |

| 3. Características radioeléctricas de las estaciones (este apartado se rellenará para cada uno de los sectores de radiación de cada una de las estaciones del emplazamiento) |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| Código de la estación                                                                                                                                                        |  |  |  |  |
| Sistema/Sector                                                                                                                                                               |  |  |  |  |
| Nº de antenas por sector <sup>2</sup>                                                                                                                                        |  |  |  |  |
| Nº de antenas transmisoras por sector <sup>2</sup>                                                                                                                           |  |  |  |  |
| Altura de la antena sobre el terreno (m)                                                                                                                                     |  |  |  |  |
| Frecuencia de Transmisión                                                                                                                                                    |  |  |  |  |
| Unidad de Frecuencia                                                                                                                                                         |  |  |  |  |
| Polarización                                                                                                                                                                 |  |  |  |  |
| Tipo Ganancia                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Valor Ganancia (dB)                                                                                                                                                          |  |  |  |  |
| Tipo Potencia Radiada                                                                                                                                                        |  |  |  |  |
| Potencia máxima por Portadora                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Unidad de Pot. máxima por Portadora                                                                                                                                          |  |  |  |  |
| Nº Portadoras                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Potencia máxima Total                                                                                                                                                        |  |  |  |  |
| Unidad Potencia máxima Total                                                                                                                                                 |  |  |  |  |
| Acimut de máxima radiación (grados)                                                                                                                                          |  |  |  |  |
| Apertura horizontal del Haz (grados)                                                                                                                                         |  |  |  |  |
| Apertura vertical del Haz (grados)                                                                                                                                           |  |  |  |  |
| Inclinación del Haz (grados)                                                                                                                                                 |  |  |  |  |
| Nivel lóbulos secundarios (dB)                                                                                                                                               |  |  |  |  |
| Relación delante-atrás (dB) <sup>2</sup>                                                                                                                                     |  |  |  |  |
| Dimensión máxima de la antena (m) <sup>2</sup>                                                                                                                               |  |  |  |  |

\* Se adjunta diagrama de radiación de la antena<sup>2</sup>

Se repetirá esta tabla de características por cada estación incluida en esta certificación.

<sup>2</sup> Cumpliméntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

#### 4. Cálculo de los niveles de exposición radioeléctrica.

##### MEDIDAS FASE 1

|                                                                                                                                                                                |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Equipo de medida utilizado</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |          |          |                                 | <b>Datos de las mediciones</b><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br>Nº total de mediciones: |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| <b>Sonda de banda ancha</b><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :                                                                                                 |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Longitud del cable(m):                                                                                                                                                         |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Rango de frecuencias <sup>2</sup> :                                                                                                                                            |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Resolución <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Sensibilidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                    |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Planicidad <sup>2</sup> :                                                                                                                                                      |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Fecha de última calibración*:                                                                                                                                                  |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas                                                                                                               |          |          | Hora de inicio de cada medición | Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m)                                                                                       | Nivel de Referencia (1) | Nivel de decisión (2) | Valor medido promediado (3) | Valor calculado (4) | Diferencia: (2) - (3) (5) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) |
| Punto de medida                                                                                                                                                                | Dist (m) | Acim (°) |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 1                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 2                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 3                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 4                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 5                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 6                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 7                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 8                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 9                                                                                                                                                                              |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |
| 10                                                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                                                                                                                   |                         |                       |                             |                     |                           |                                                      |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

##### Notas aclaratorias:

- (1) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (2) Según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden
- (3) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel preexistente.
- (4) Rellenar únicamente para el caso de estaciones de nueva instalación.
- (5) Caso de resultar la diferencia negativa deberán realizarse mediciones en FASE-2.

<sup>2</sup>Cumplimentese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

## MEDIDAS FASE 2/3

|                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b><u>Equipo de medida utilizado</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Rango de frecuencias <sup>2</sup><br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección:                                 |  |  |  | <b><u>Datos de las mediciones</u></b><br><br>Código de estación:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br><br>Nº total de mediciones: |  |  |  |  |  |  |  |
| <b><u>Antena utilizada</u></b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie <sup>2</sup> :<br>Tipo de antena <sup>2</sup> :<br>Rango de frecuencia <sup>2</sup> :<br>Factor de antena <sup>2</sup> :<br>Longitud de cable (m): |  |  |  |                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |

| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas |          |          | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia a medida (1) | Nivel de Referencia (V/m) (2) | Nivel de Referencia (A/m) (3) | Valor medido (V/m) (4) | Valor medido (A/m) (5) | ¿Supera el nivel 40dB inferior al nivel de referencia? (SI/NO) (6) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) (7) |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Punto de medida                                                  | Dist (m) | Acim (º) |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 1                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 2                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 3                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 4                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 5                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 6                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 7                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 8                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 9                                                                |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |
| 10                                                               |          |          |                                 |                         |                               |                               |                        |                        |                                                                    |                                                          |

\*Se adjunta copia del certificado de calibración<sup>2</sup>

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2), (3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.
- (7) Rellénese un registro por cada medición llevada a cabo.

<sup>2</sup>Cumpléntese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

**5. Información Adicional**

## PLANOS ESQUEMÁTICOS DE SITUACIÓN

<Planos descritos en los puntos 2 y 3 del apartado 3.1 de la Orden Ministerial CTE/23/2002 de 11 de enero.>

## PLANOS EN PLANTA

<Planos en planta descritos en el punto 1 del apartado 3.1 de la citada Orden.>

## PLANOS EN ALZADO

<Planos en alzado descritos en el punto 1 del apartado 3.1 de la citada Orden.>

## FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS DE PERSPECTIVA

<Fotografías y esquemas que con carácter opcional se quieran entregar. Se recomienda no incluir más de 4.>

## OTROS DOCUMENTOS

<Documentos sobre cálculo de paralelepípedos y técnicas de minimización de niveles de exposición.>

<Diagramas de radiación<sup>2</sup> y certificados de calibración<sup>2</sup>.>

<sup>2</sup>Cumplimentese si el Ingeniero de Telecomunicación lo considera necesario en el procedimiento de certificación seguido.

#### Anexo 1.4. Modelos de Certificación Sustitutoria a la inspección previa.



colegio oficial  
ingenieros de telecomunicación

#### CERTIFICACIÓN SUSTITUTIVA DE LA INSPECCIÓN PREVIA A LA PUESTA EN SERVICIO DE ESTACIÓN RADIOELÉCTRICA PARA SISTEMAS GSM, DCS, UMTS y LMDS

Don/doña <Nombre colegiado>, Ingeniero de Telecomunicación, N.I.F. <NIF colegiado>, con número de Colegiado <Nº colegiado>, en cumplimiento del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas ("Boletín Oficial del Estado" de 29 de septiembre), de la Orden CTE/23/2002, de 11 de Enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones ("Boletín Oficial del Estado" de 12 de Enero de 2002) y de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución de 22 de mayo de 2007 ("Boletín Oficial del Estado" del 13 de junio), de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

#### CERTIFICA:

Que la estación cuyas características se especifican a continuación ha sido instalada de conformidad con las características indicadas en el correspondiente proyecto de instalación aprobado por la Administración, cuyos datos se indican más abajo y cumple los límites de exposición establecidos en el anexo II del mencionado Reglamento de acuerdo con los resultados de las mediciones y comprobaciones detalladas a continuación:

| 1. Características Generales                            |              |
|---------------------------------------------------------|--------------|
| Código de expediente (facilitado por la Administración) |              |
| Operador (Nombre o razón social)                        |              |
| Código Estación                                         |              |
| Tipo de Sistema (GSM, DCS, UMTS, LMDS, etc.)            |              |
| Tipo de Estación (ER2,ER4)                              |              |
| Fecha de autorización                                   |              |
| Proyecto técnico                                        | Colegio      |
|                                                         | Nº de visado |

| 2. Datos del Emplazamiento               |  |
|------------------------------------------|--|
| Código del emplazamiento                 |  |
| Operador (Nombre o razón social)         |  |
| ¿Es un emplazamiento compartido? (Si/No) |  |
| Tipo de vía                              |  |
| Denominación (vía)                       |  |
| Nº Portal                                |  |
| Población                                |  |

Referencia de la concesión administrativa:

Este Certificado carece de validez sin el visado del Colegio profesional correspondiente

| 3. Características radioeléctricas      |  |  |  |  |
|-----------------------------------------|--|--|--|--|
| Sistema/Sector                          |  |  |  |  |
| Frecuencia de transmisión               |  |  |  |  |
| Unidad de frecuencia                    |  |  |  |  |
| Valor de ganancia de antena (dB)        |  |  |  |  |
| Tipo Potencia Radiada                   |  |  |  |  |
| Unidad de potencia máxima por portadora |  |  |  |  |
| Nº Portadoras                           |  |  |  |  |
| Potencia máxima total                   |  |  |  |  |
| Unidad Potencia máxima total            |  |  |  |  |

| 4. Informe de Medidas                                                                                                                         |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Equipo de medida utilizado</b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Nº de serie:<br>Fecha de última calibración*:<br>Valor del umbral de detección: |          |          |                                 |                                             | <b>Datos de las mediciones</b><br><br>Código de emplazamiento:<br>Fecha de realización:<br>Técnico responsable:<br><br>Nº total de mediciones: |                       |                             |                       |                                                          |
| <b>Antena utilizada</b><br><br>Marca:<br>Modelo:<br>Longitud de cable (m):                                                                    |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas                                                                              |          |          | Hora de inicio de cada medición | Unidad empleada (W/m <sup>2</sup> ) ó (V/m) | Nivel de Referencia (1)                                                                                                                        | Nivel de decisión (2) | Valor medido promediado (3) | Diferencia: (2) - (3) | ¿El punto corresponde a un Espacio Sensible? (SI/NO) (7) |
| Punto de medida                                                                                                                               | Dist (m) | Acim (º) |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| 1                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| 2                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| 3                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| 4                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |
| 5                                                                                                                                             |          |          |                                 |                                             |                                                                                                                                                |                       |                             |                       |                                                          |

Notas aclaratorias:

- (1) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (2) Según se señala en el procedimiento para la realización de medidas de emisión de la Orden CTE/23/2002, de 11 de Enero.
- (3) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral".

Fecha:  
Firma y sello del colegiado

Visado del Colegio Oficial de Ingenieros  
de Telecomunicación

**Referencia de la concesión administrativa:**

Este Certificado carece de validez sin el visado del Colegio profesional correspondiente



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

**CERTIFICACIÓN DE FIN DE OBRA SUSTITUTIVA DE LA INSPECCIÓN PREVIA A LA “PUESTA EN SERVICIO” DE ESTACIÓN REEMISORA DE TDT EN RED DE FRECUENCIA UNICA.**

Don/Doña , Ingeniero de Telecomunicación NIF , con nº de colegiado , en cumplimiento de lo contenido en las siguientes disposiciones reglamentarias:

- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre (BOE 29-09-2001) por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de enero (BOE 12-01-2002) por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.
- Real Decreto 944/2005, de 29 de julio (BOE 30-07-2005) por el que se aprueba el plan técnico nacional de la televisión digital terrestre.
- Orden Ministerial ICT/2212/2007, de 12 de julio (BOE 20-07-2007) por la que se establecen obligaciones y requisitos para los gestores de múltiples digitales de la televisión digital terrestre y por la que se crea y regula el registro de parámetros de información de los servicios de televisión digital terrestre.
- Resolución de 22 de mayo de 2007 (BOE 13-06-2007) de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información por la que se sustituye la Inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas por una Certificación expedida por Técnico competente.

**CERTIFICA:**

Que la estación cuyas características y medidas se especifican a continuación ha sido instalada de conformidad con el correspondiente proyecto de instalación y cumple los límites de exposición radioeléctrica establecidos en el Anexo II del mencionado Reglamento relativo a la protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

| IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN |                                                         |                             |            |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|
| Nombre:                          |                                                         | Denominación de la emisión: |            |
| Longitud:    °   '   "           | Latitud:    °   '   "                                   | Cota:            m          | Provincia: |
| Término municipal:               |                                                         | Código Postal:              |            |
| Datos del Proyecto:              | Número de visado:                                       |                             |            |
|                                  | Número de expediente administrativo:                    |                             |            |
|                                  | Fecha de aprobación por la Administración (si procede): |                             |            |

| IDENTIFICACIÓN DE LOS INTERVINIENTES EN LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN |                        |                               |                     |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Promotor de la instalación:                                            | Nombre:                |                               |                     |
|                                                                        | Dirección:             |                               |                     |
|                                                                        | Población:             |                               | Código Postal:      |
|                                                                        | Municipio:             |                               | Provincia:          |
|                                                                        | Persona de contacto:   |                               |                     |
| Proyectista:                                                           | Nombre:                |                               |                     |
|                                                                        | Dirección:             |                               | Código Postal:      |
|                                                                        | Población:             | Provincia:                    | Correo Electrónico: |
|                                                                        | Titulación:            |                               | Nº de colegiado:    |
| Director de obra:                                                      | Nombre:                |                               |                     |
|                                                                        | Dirección:             |                               | Código Postal:      |
|                                                                        | Población:             | Provincia:                    | Correo Electrónico: |
|                                                                        | Titulación:            | Ingeniero de Telecomunicación | Nº de colegiado:    |
| Empresa Instaladora:                                                   | Nombre o Razón Social: |                               |                     |
|                                                                        | Dirección:             |                               | Código Postal:      |
|                                                                        | Población:             |                               | Provincia:          |
|                                                                        | Nº Registro SETSI:     | Correo Electrónico:           |                     |



# colegio oficial ingenieros de telecomunicación

## CARACTERÍSTICAS DE LAS EMISIONES

|                                          |                                             |            |       |       |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|-------|-------|
| Tipo de emisión TDT:                     | Nacional                                    | Autonómica | Local | Móvil |
| Canal de emisión del múltiple digital 1: | Centro de procedencia de la señal primaria: |            |       |       |
|                                          | Operador de la red de difusión:             |            |       |       |
|                                          | Entidades de TV habilitadas:                |            |       |       |
| Canal de emisión del múltiple digital 2: | Centro de procedencia de la señal primaria: |            |       |       |
|                                          | Operador de la red de difusión:             |            |       |       |
|                                          | Entidades de TV habilitadas:                |            |       |       |
| Canal de emisión del múltiple digital 3: | Centro de procedencia de la señal primaria: |            |       |       |
|                                          | Operador de la red de difusión:             |            |       |       |
|                                          | Entidades de TV habilitadas:                |            |       |       |
| Canal de emisión del múltiple digital n: | Centro de procedencia de la señal primaria: |            |       |       |
|                                          | Operador de la red de difusión:             |            |       |       |
|                                          | Entidades de TV habilitadas:                |            |       |       |

|                                                |                     |                    |  |
|------------------------------------------------|---------------------|--------------------|--|
| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO TRANSMISOR |                     |                    |  |
| Marca:                                         | Modelo:             | Nº serie:          |  |
| Potencia nominal: W                            | Potencia trabajo: W |                    |  |
| Tipo de cable transmisor-sistema radiante:     | Longitud cable: m   | Pérdidas cable: dB |  |
| Cancelación de ecos (si procede):              |                     |                    |  |

|                                                                             |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|-------------------------------------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|
| SISTEMA RADIANTE                                                            |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Tipo de mástil:                                                             |      |      |      |                           |      |      |      | Altura del mástil:                        |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Tipo de antena:                                                             |      |      |      | Marca:                    |      |      |      | Modelo:                                   |      |      |      | Ganancia: |      |      |      |      |      |
| Altura antena: m                                                            |      |      |      | Altura efectiva máxima: m |      |      |      | Número de elementos:                      |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Ángulo azimut H: °                                                          |      |      |      | Ángulo elevación V: °     |      |      |      | Directividad:                             |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Diagrama de radiación horizontal (dB):                                      |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| 0°                                                                          | 10°  | 20°  | 30°  | 40°                       | 50°  | 60°  | 70°  | 80°                                       | 90°  | 100° | 110° | 120°      | 130° | 140° | 150° | 160° | 170° |
| 180°                                                                        | 190° | 200° | 210° | 220°                      | 230° | 240° | 250° | 260°                                      | 270° | 280° | 290° | 300°      | 310° | 320° | 330° | 340° | 350° |
| Diagrama de radiación vertical (dB):                                        |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| 0°                                                                          | 10°  | 20°  | 30°  | 40°                       | 50°  | 60°  | 70°  | 80°                                       | 90°  | 100° | 110° | 120°      | 130° | 140° | 150° | 160° | 170° |
| 180°                                                                        | 190° | 200° | 210° | 220°                      | 230° | 240° | 250° | 260°                                      | 270° | 280° | 290° | 300°      | 310° | 320° | 330° | 340° | 350° |
| Otras antenas instaladas sobre el mismo soporte:                            |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Tipo de descargador electrostático:                                         |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Toma de tierra para el mástil: Ω                                            |      |      |      |                           |      |      |      | Sección del cable de puesta a tierra: mm² |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Señalización diurna:                                                        |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Señalización nocturna:                                                      |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |
| Distancia aproximada a la línea aérea de transporte de energía mas próxima: |      |      |      |                           |      |      |      |                                           |      |      |      |           |      |      |      |      |      |



colegio oficial  
ingenieros de telecomunicación

| CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas de puesta a tierra de la instalación (se incluirán los valores medidos de la toma de tierra) |
| Sistema de alimentación de energía de la instalación:                                                 |
| Sistema de alimentación de reserva de la instalación:                                                 |
| Sistema de protección contra incendios de la instalación:                                             |
| Sistema de protección contra intrusión de la instalación:                                             |

#### ZONA DE COBERTURA

Medidas de intensidad de campo dentro del sector de radiación del sistema radiante. Se debe buscar el punto cuya intensidad de campo (en  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ) se acerque a  $3 + 20 \log f$  ( $f$  en MHz) y calcular la distancia en km en línea recta al transmisor. Las medidas se harán utilizando una antena de tipo logarítmico periódica situada sobre un mástil de 10 m, en lugares lo mas despejado posible.

Se medirá la tasa de error (BER) para cada una de las medidas de intensidad de campo realizadas.

Los datos se proporcionaran con arreglo a la siguiente tabla:

| Acimut<br><br>(°) | Distancia<br><br>(km) | Nivel de intensidad de campo (dB(μV/m)) y<br>tasa de error (BER) |     |              |     |              |     |              |     | Localidades |
|-------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-------------|
|                   |                       | C1                                                               |     | C2           |     | C3           |     | C4           |     |             |
|                   |                       | dB<br>(μV/m)                                                     | BER | dB<br>(μV/m) | BER | dB<br>(μV/m) | BER | dB<br>(μV/m) | BER |             |
|                   |                       |                                                                  |     |              |     |              |     |              |     |             |
|                   |                       |                                                                  |     |              |     |              |     |              |     |             |
|                   |                       |                                                                  |     |              |     |              |     |              |     |             |
|                   |                       |                                                                  |     |              |     |              |     |              |     |             |
|                   |                       |                                                                  |     |              |     |              |     |              |     |             |

Se realizarán medidas, al menos, cada  $10^\circ$  dentro del sector definido por el sistema radiante y una medida en cada una de las localidades incluidas en la zona de cobertura.

Municipios incluidos en la zona de cobertura (con indicación de si la cobertura es total o parcial), estimación de la población incluida en la zona de cobertura, mapa del servicio geográfico nacional de la escala adecuada. Se especificarán las señales analógicas de TV presentes en la zona de cobertura.



| MEDIDAS DE NIVELES DE EXPOSICIÓN                                                                        |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Modelo 1 (Aplicable a certificaciones de estaciones instaladas, cuyas mediciones se realicen en FASE-1) |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
| Equipo de medida utilizado:                                                                             |            | Marca:                          |                                | Modelo:                       |                              | Nº Serie:                   |                             |                                  |
|                                                                                                         |            | Fecha última calibración:       |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            | Valor del umbral de detección:  |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
| Antena utilizada:                                                                                       |            | Marca:                          |                                | Modelo:                       |                              | Longitud de cable:          |                             |                                  |
| Datos de las Mediciones:                                                                                |            | Código de Estación:             |                                |                               |                              | Fecha de realización:       |                             |                                  |
|                                                                                                         |            | Técnico responsable:            |                                |                               |                              | Nº Total de mediciones (*): |                             |                                  |
| Localización del punto de medida respecto del soporte de antenas.                                       |            | Hora de inicio de cada medición | Nivel de referencia (W/m²) (1) | Nivel de referencia (V/m) (2) | Nivel de decisión (W/m²) (3) | Nivel de decisión (V/m) (4) | Valor medido promediado (5) | Diferencia (3)-(5) o (4)-(5) (6) |
| Distancia (m)                                                                                           | Acimut (°) |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
| (7)                                                                                                     |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |
|                                                                                                         |            |                                 |                                |                               |                              |                             |                             |                                  |

Notas aclaratorias:

- (1), (2) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (3), (4) Según se señala en el procedimiento para la realización de las medidas de emisión.
- (5) En las unidades señaladas en (1) o en (2), si las mediciones estuviesen por debajo del umbral de detección del equipo señálese "< umbral". Para las estaciones proyectadas indíquese el nivel preexistente.
- (6) Caso de resultar la diferencia negativa, deberán realizarse mediciones en FASE-2.
- (\*) (7) Rellénesse un registro por cada medición llevada a cabo. El número de éstas no será inferior a cinco.



## colegio oficial ingenieros de telecomunicación

Modelo 2 (Aplicable a certificaciones de estaciones instaladas, cuyas mediciones se realicen en FASE-2 ó 3)

|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|--|
| Equipo de medida utilizado:                                      |            |                                 | Marca:                         |                               | Modelo                        |                        | Nº Serie:                   |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 | Fecha última calibración:      |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 | Valor del umbral de detección: |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
| Antena utilizada:                                                |            | Marca:                          |                                | Modelo                        |                               | Longitud de cable:     |                             |                                                                        |  |
| Datos de las Mediciones:                                         |            |                                 | Código de Estación:            |                               |                               |                        | Fecha de realización:       |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 | Técnico responsable:           |                               |                               |                        | Nº Total de mediciones (*): |                                                                        |  |
| Localización del punto de media respecto del soporte de antenas. |            | Hora de inicio de cada medición | Frecuencia de medida (1)       | Nivel de referencia (V/m) (2) | Nivel de referencia (A/m) (3) | Valor medido (V/m) (4) | Valor medido (A/m) (5)      | Supera el nivel de 40 dB inferior al nivel de referencia (SI o NO) (6) |  |
| Distancia (m)                                                    | Acimut (°) |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
| (7)                                                              |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |
|                                                                  |            |                                 |                                |                               |                               |                        |                             |                                                                        |  |

### Notas aclaratorias:

- (1) Indíquese la frecuencia del máximo de señal en la banda analizada.
- (2),(3) Según R.D. 1066/2001, de 28 de septiembre, en función de la frecuencia.
- (4) En las mismas unidades señaladas en (2).
- (5) Sólo a rellenar en las mediciones de campo cercano.
- (6) Señálese SI o NO según proceda.
- (\*) (7) Rellénese un registro por cada medición llevada a cabo.

### Observaciones:

|                                          |                             |
|------------------------------------------|-----------------------------|
|                                          |                             |
| Firma y sello de la empresa instaladora: | Firma del director de obra: |

Firmado:

D/Dª.

Ingeniero

Colegiado número:

En , a de . de 200



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

**CERTIFICADO DE RED RADIOELÉCTRICA DEL SERVICIO FIJO DE BANDA ANCHA EN  
RÉGIMEN DE AUTOPRESTACIÓN**

D/D<sup>a</sup> , con NIF:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN, Colegiado N°

**CERTIFICA:**

Que he efectuado el reconocimiento técnico de la instalación de la Red Radioeléctrica Privada, cuyos datos se consignan a continuación:

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

|                             |    |    |
|-----------------------------|----|----|
| Denominación de la emisión: |    |    |
| Frecuencias (MHz):          |    |    |
| Compartición de Frecuencias | SI | NO |

**DATOS DE LA RED**

**ESTACIONES FIJAS DE LA RED**

|                                                  |  |                        |                                |                              |           |    |    |
|--------------------------------------------------|--|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------|----|----|
| <b>ESTACIÓN N° 1:</b>                            |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Emplazamiento:                                   |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Localidad:                                       |  | C.P.:                  | Provincia:                     |                              |           |    |    |
| Coordenadas geográficas:                         |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Cota (m.):                                       |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Tipo de estación:                                |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Distancia Base – Repetidor (Km):                 |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Frecuencia de transmisión (MHz):                 |  |                        | Frecuencia de recepción (MHz): |                              |           |    |    |
| Potencia radiada aparente máxima autorizada (w): |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Tipo de antena:                                  |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Ganancia de antena (dBd):                        |  |                        | Azimut (°):                    |                              |           |    |    |
| Altura de la antena sobre el suelo (m):          |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Línea de transmisión:                            |  | Longitud (m):          |                                | Pérdidas (dB):               |           |    |    |
| Otras pérdidas (dB):                             |  | Pérdidas totales (dB): |                                |                              |           |    |    |
| Potencia de salida del equipo transmisor (w):    |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Marca y modelo:                                  |  |                        | N° de serie                    |                              |           |    |    |
| Marcación: CA:                                   |  | CE:                    |                                | N° del Organismo Notificado: |           |    |    |
| Toma de tierra:                                  |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Protección contra descargas:                     |  |                        |                                |                              |           |    |    |
| Señalización del mástil:                         |  | Diurna:                | SI                             | NO                           | Nocturna: | SI | NO |
| Vallado de la instalación:                       |  | SI                     |                                | NO                           |           |    |    |

CONCLUSIONES:

- La instalación se ha realizado con arreglo a lo indicado en el escrito de autorización provisional de montaje, por la empresa instaladora de telecomunicación , con número de registro
- Todos los equipos disponen del marcado “CE” y la declaración de conformidad del fabricante, en cumplimiento del Real Decreto 1890/2000 sobre compatibilidad electromagnética.
- Lo que a los efectos reglamentarios y para uso exclusivo de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información se acredita por la presente certificación.

En ., a . de de 200

Firmado:

D/Dª,

Ingeniero de Telecomunicación

Colegiado número:



colegio oficial  
**ingenieros de telecomunicación**

**CERTIFICADO DE RED RADIOELÉCTRICA DEL SERVICIO MÓVIL O FIJO DE BANDA ESTRECHA EN RÉGIMEN DE AUTOPRESTACIÓN**

D/D<sup>a</sup> \_\_\_\_\_, con NIF:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN, Colegiado N° \_\_\_\_\_

**CERTIFICA:**

Que he efectuado el reconocimiento técnico de la instalación de la Red Radioeléctrica Privada, cuyos datos se consignan a continuación:

|                                                         |              |                             |
|---------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Referencia:                                             |              |                             |
| Titular:                                                |              |                             |
| Domicilio:                                              |              |                             |
| Situación del expediente:                               |              |                             |
| Nueva instalación                                       | Modificación | Renovación con modificación |
| Fecha autorización provisional de montaje:              |              |                             |
| Fecha de visado de la solicitud de Título habilitante:  |              |                             |
| Número de visado de la solicitud de título habilitante: |              |                             |

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

|                                  |                  |    |
|----------------------------------|------------------|----|
| Denominación de la emisión:      |                  |    |
| Frecuencias (MHz):               |                  |    |
| Compartición de Frecuencias      | SI               | NO |
| Subtono de apertura de red (Hz): | Tono CCIR:       |    |
| Temporización (s.):              | Inhibición (s.): |    |

Referencia de la concesión administrativa:

Este Certificado carece de validez sin el visado del Colegio profesional correspondiente

|                                                  |                        |                                |    |
|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|----|
| ESTACIÓN Nº 1:                                   |                        |                                |    |
| Emplazamiento:                                   |                        |                                |    |
| Localidad:                                       | C.P.:                  | Provincia:                     |    |
| Coordenadas geográficas:                         |                        |                                |    |
| Cota (m.):                                       |                        |                                |    |
| Tipo de estación:                                |                        |                                |    |
| Distancia Base – Repetidor (Km):                 |                        |                                |    |
| Frecuencia de transmisión (MHz):                 |                        | Frecuencia de recepción (MHz): |    |
| Potencia radiada aparente máxima autorizada (w): |                        |                                |    |
| Tipo de antena:                                  |                        |                                |    |
| Ganancia de antena (dBd):                        |                        | Azimut (º):                    |    |
| Altura de la antena sobre el suelo (m):          |                        |                                |    |
| Línea de transmisión:                            | Longitud (m):          | Pérdidas (dB):                 |    |
| Otras pérdidas (dB):                             | Pérdidas totales (dB): |                                |    |
| Potencia de salida del equipo transmisor (w):    |                        |                                |    |
| Toma de tierra:                                  |                        |                                |    |
| Protección contra descargas:                     |                        |                                |    |
| Señalización del mástil:                         | Diurna:                | SI                             | NO |
|                                                  | Nocturna:              | SI                             | NO |
| Vallado de la instalación:                       | SI                     | NO                             |    |

## ESTACIONES MÓVILES

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Frecuencia de transmisión (MHz): | Frecuencia de recepción (MHz): |
| Número de estaciones móviles:    | Potencia (w):                  |

## ESTACIONES PORTÁTILES

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Frecuencia de transmisión (MHz): | Frecuencia de recepción (MHz): |
| Número de estaciones portátiles: | Potencia (w):                  |

## EQUIPOS QUE COMPONEN LA RED

## ESTACIONES FIJAS

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Marca y modelo:    | Nº Serie:                    |
| Marcación: CA: CE: | Nº del Organismo Notificado: |

#### ESTACIONES MÓVILES

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Marca y modelo:               |                              |
| Marcación: CA:            CE: | Nº del Organismo Notificado: |
| Números de serie:             |                              |

#### ESTACIONES PORTÁTILES

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Marca y modelo:               |                              |
| Marcación: CA:            CE: | Nº del Organismo Notificado: |
| Números de serie:             |                              |

#### CONCLUSIONES:

- La instalación se ha realizado con arreglo a lo indicado en el escrito de autorización provisional de montaje, por la empresa instaladora de telecomunicación      , con número de registro
- Todos los equipos disponen del marcado “CE” y la declaración de conformidad del fabricante, en cumplimiento del Real Decreto 1890/2000 sobre compatibilidad electromagnética.
- Lo que a los efectos reglamentarios y para uso exclusivo de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información se acredita por la presente certificación.

En      , a      de      . de 200

Firmado:

D/D<sup>a</sup>.

Ingeniero de Telecomunicación

Colegiado número:

Referencia de la concesión administrativa:

Este Certificado carece de validez sin el visado del Colegio profesional correspondiente



**ANEXO  
02**

**Explicación de los  
requerimientos para la  
certificación de  
de estaciones  
radioeléctricas**



## Anexo 2.1. Tipos de estaciones radioeléctricas

Dependiendo del tipo de estación base, la documentación a adjuntar será:

### 1. ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS DE TIPO ER 1:

- a) Características del entorno documentado con planta de su situación que abarcará un radio mínimo de 50 metros.

Se debe incluir una descripción del emplazamiento indicando número de antenas y su altura, desde la parte más baja de los elementos radiantes, sobre el suelo o zonas accesibles por personas. Además se deben adjuntar planos de situación identificando la estación base con un radio mínimo de 50 metros.

- b) Características técnicas de la estación en el formato del Anexo I.

Ver página correspondiente para su cumplimentación.

- c) Planos en planta y alzado, representando la disposición de la estación en su entorno, en las direcciones de máxima emisión de las antenas hacia las áreas más cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente las personas.

Se adjuntarán los planos en planta y alzado de la terraza, azotea o la zona en la que esté la estación base. Estos planos deberán estar acotados, y en ellos se indicarán las zonas de permanencia del público en general y aquellas que se consideren inaccesibles o de acceso restringido.

- d) Fotografías y esquemas de perspectiva ilustrativos de la estación y su entorno (opcional).

- e) Caracterización de un volumen de referencia. Integración del volumen de referencia en los planos de disposición de la estación del apartado c).

Para la caracterización del volumen de referencia ver el capítulo 5 del presente documento. Una vez obtenidas las dimensiones del volumen de referencia, se integrará en los planos en planta y alzado del apartado c).

- f) Indicar la señalización, en su caso, y, si procede, el vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona comprendida dentro del volumen de referencia.

- g) Medida de los niveles de emisión. Deben señalarse los puntos de medida en los planos de planta y alzado de la estación del apartado c). Cumplimiento del Anexo II del Real Decreto, Informe de medidas en el formato de los Modelos 1 o 2 de la Orden.

Se procederá a la realización de medidas tal y como indica el procedimiento de certificación del COIT. Además se incluirán los puntos de medida en el plano de planta de la estación base y se recopilarán en el informe de medidas los resultados obtenidos. El plano en planta de la estación base deberá incluir el origen sobre el que se han medido las distancias y los ángulos.

- h) Protocolo de medidas empleado.

Se adjuntará el protocolo de medidas utilizado.

i) Si en un entorno de 100 metros existen espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos), el estudio tendrá en consideración la presencia de dichos espacios, para lo que se justificará la minimización de los niveles de exposición sobre los mismos y se aportarán los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los preexistentes en dichos espacios.

Se hará un estudio de la zona en la que se encuentra instalada la estación base. Si, en un radio de 100 metros aparece algún centro considerado sensible, deberán realizarse medidas incluyéndose en la certificación los valores máximos de emisión radioeléctrica estimados teóricamente y los resultados de las medidas efectuadas.

j) Cuando los terminales de abonado a los que se da servicio desde la estación radioeléctrica requieran la instalación de una estación fija de abonado exterior, el estudio deberá justificar que las normas generales de instalación de dichos terminales fijos garantizan el cumplimiento de los límites de exposición establecidos en el Reglamento.

## 2. ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS DE TIPO ER 2:

a) Características del entorno documentado con planta de su situación. Se incluirá un plano esquemático de la situación de la estación, con referencia a las áreas cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente las personas.

Se debe incluir una descripción del emplazamiento indicando número de antenas y su altura, desde la parte más baja de los elementos radiantes, sobre el suelo o zonas accesibles por personas. Se incluirá un plano esquemático de la instalación indicando dichas distancias.

b) Características técnicas de la estación en el formato del Anexo I.

Ver página correspondiente para su cumplimentación.

c) Caracterización del volumen de referencia. Integración en el plano esquemático y acreditación de que se han instalado de forma que no son accesibles.

Para la caracterización del volumen de referencia ver el capítulo 5. Una vez obtenidas las dimensiones del volumen de referencia se integrará en los planos en planta y alzado del apartado c).

d) Medidas de los niveles de emisión. Deben señalarse los puntos de medida en los planos de planta y alzado de la estación del apartado a). Cumplimentación del Anexo III, Informe de medidas.

Se procederá a la realización de medias tal y como indica el procedimiento de certificación del COIT. Además se incluirán los puntos de medida en el plano de planta de la estación base y se recopilarán en el informe de medidas los resultados obtenidos.

El plano en planta de la estación base deberá incluir el origen sobre el que se han medido las distancias y los ángulos.

e) Protocolo de medidas empleado.

Se adjuntará el protocolo de medidas utilizado.

f) Si en un entorno de 100 metros existen espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parque públicos y residencias o centros geriátricos), el estudio tendrá en consideración la presencia de dichos espacios, para lo que se justificará la minimización de los niveles de exposición sobre los mismos y se aportarán los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los preexistentes en dichos espacios.

Se hará un estudio de la zona en la que se encuentra instalada la estación base. Si, en un radio de 100 metros aparece algún centro considerado sensible, deberán realizarse medidas incluyéndose en la certificación los valores máximos de emisión radioeléctrica estimados teóricamente y los resultados de las medidas efectuadas.

### 3. ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS DE TIPO ER 3:

a) Características del entorno donde se ubica la estación, documentado con planos en escala 1:50.000.

Se debe incluir una descripción del emplazamiento indicando número de antenas y su altura, desde la parte más baja de los elementos radiantes, sobre el suelo o zonas accesibles por personas. Además, se deben adjuntar planos de situación identificando la estación base en escala no superior a 1:50.000.

b) Características técnicas de la estación en el formato del Anexo I.

Ver página correspondiente para su cumplimentación.

c) Planos de la estación en planta y alzado, en los que se ubicará la estación indicando la altura respecto del suelo del punto más bajo de los elementos radiantes.

Se adjuntarán los planos en planta y alzado de la terraza, azotea o la zona en la que esté la estación base. Estos planos deberán estar acotados, y en ellos se indicarán las zonas de permanencia del público en general y aquellas que se consideren inaccesibles o de acceso restringido.

d) Caracterización de un volumen de referencia integrándolo en los planos del apartado c).

Para la caracterización del volumen de referencia ver el capítulo 5. Una vez obtenidas las dimensiones del volumen de referencia se integrará en los planos en planta y alzado del apartado c).

e) Indicar la señalización, en su caso, y, si procede, el vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona comprendida dentro del volumen de referencia.

f) Medidas de los niveles de emisión. Deben señalarse los puntos de medida en los planos de planta y alzado de la estación del apartado c). Cumplimentación del Anexo III, Informe de medidas.

Se procederá a la realización de medidas tal y como indica el procedimiento de certificación del COIT. Además se incluirán los puntos de medida en el plano de planta de la estación base y se recopilarán en el informe de medidas los resultados obtenidos. El plano en planta de la estación base deberá incluir el origen sobre el que se han medido las distancias y los ángulos.

g) Protocolo de medidas empleado.

Se adjuntará el protocolo de medidas utilizado.

#### 4. ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS DE TIPO ER 4:

**a) Características del entorno donde se ubica la estación, documentado con planos en escala 1:50.000. Se incluirá un plano esquemático de la situación, con referencia a las áreas cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente personas.**

Se debe incluir una descripción del emplazamiento indicando número de antenas y su altura, desde la parte más baja de los elementos radiantes, sobre el suelo o zonas accesibles por personas. Además, se deben adjuntar planos de situación identificando la estación base en escala no superior a 1:50.000. También se incluirá un plano esquemático de la instalación señalando las distancias a las que puedan permanecer habitualmente las personas.

**b) Características técnicas de la estación en el formato del Anexo I.**

Ver página correspondiente para su cumplimentación.

**c) Planos de la estación en planta y alzado, en los que se ubicará la estación indicando la altura respecto del suelo del punto más bajo de los elementos radiantes.**

Se adjuntarán los planos en planta y alzado de la terraza, azotea o la zona en la que esté la estación base. Estos planos deberán estar acotados, y en ellos se indicarán las zonas de permanencia del público en general y aquellas que se consideren inaccesibles o de acceso restringido.

**d) Caracterización de un volumen de referencia integrándolo en los planos del apartado c).**

Para la caracterización del volumen de referencia ver el capítulo 5. Una vez obtenidas las dimensiones del volumen de referencia se integrará en los planos en planta y alzado del apartado c).

**e) Indicar la señalización, en su caso, y, si procede, el vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona comprendida dentro del volumen de referencia.**

**f) Medidas de los niveles de emisión. Deben señalarse los puntos de medida en los planos de planta y alzado de la estación del apartado c). Cumplimentación del Anexo III, Informe de medidas.**

Se procederá a la realización de medidas tal y como indica el procedimiento de certificación del COIT. Además se incluirán los puntos de medida en el plano de planta de la estación base y se recopilarán en el informe de medidas los resultados obtenidos.

El plano en planta de la estación base deberá incluir el origen sobre el que se han medido las distancias y los ángulos.

**g) Protocolo de medidas empleado.**

Se adjuntará el protocolo de medidas utilizado.

## 5. ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS DE TIPO ER 5:

Este es un nuevo tipo de estaciones definido por la SETSI en el documento “Normas básicas para la realización de proyectos técnicos de estaciones de radiodifusión (sonora y televisión)”, denominada ER5 (estaciones rurales aisladas; es decir, situadas en suelo no urbano y en cuyo entorno no permanezcan habitualmente personas).

Para las estaciones ER5 no será necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de las estaciones, siendo suficiente la justificación de que el volumen de referencia no incide en zonas con presencia habitual de personas y que el nivel de exposición máximo en zonas donde pudiese haber público es inferior al nivel de decisión. Por tanto, no existe un modelo de certificación como tal para estas estaciones, siendo sólo necesario incluir las características radioeléctricas de la estación.

**a) Características del entorno donde se ubica la estación, documentado con planos en escala 1:50.000. Se incluirá un plano esquemático de la situación, con referencia a las áreas cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente personas.**

Se debe incluir una descripción del emplazamiento indicando número de antenas y su altura, desde la parte más baja de los elementos radiantes, sobre el suelo o zonas accesibles por personas. Además, se deben adjuntar planos de situación identificando la estación base en escala no superior a 1:50.000. También se incluirá un plano esquemático de la instalación señalando las distancias a las que puedan permanecer habitualmente las personas.

**b) Características radioeléctricas de la estación en el formato del Anexo I.**

Ver página correspondiente para su cumplimentación.

**c) Planos de la estación en planta y alzado, en los que se ubicará la estación indicando la altura respecto del suelo del punto más bajo de los elementos radiantes.**

Se adjuntarán los planos en planta y alzado de la terraza, azotea o la zona en la que esté la estación base. Estos planos deberán estar acotados, y en ellos se indicarán las zonas de permanencia del público en general y aquellas que se consideren inaccesibles o de acceso restringido.

**d) Caracterización de un volumen de referencia integrándolo en los planos del apartado c).**

Para la caracterización del volumen de referencia ver el capítulo 5. Una vez obtenidas las dimensiones del volumen de referencia se integrará en los planos en planta y alzado del apartado c).

**e) Indicar la señalización, en su caso, y, si procede, el vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona comprendida dentro del volumen de referencia.**

## **Anexo 2.2. Criterios para la tramitación de solicitudes de aprobación de memorias técnicas de estaciones de telefonía móvil**

La SETSI ha distribuido un documento aclaratorio para la tramitación de solicitudes de aprobación de memorias técnicas de estaciones de telefonía móvil<sup>11</sup>. A continuación se presentan algunos de los aspectos más significativos de éste.

### **Modificación de estaciones previamente autorizadas**

La documentación que se aporte debe contener por un lado, los Códigos de estación y emplazamientos correctos (coincidentes con la ya autorizada con anterioridad) con el fin de poderlas relacionar, así como, todos los datos completos de como quedará la estación una vez realizada dicha modificación.

Por tanto, es imprescindible que la documentación presentada reúna todas las características de la estación y no sólo aquellos parámetros técnicos que se han modificado.

### **Criterios en la presentación de las solicitudes**

1. La documentación en formato electrónico debería limitarse a un fichero PDF previamente visado por el Colegio Profesional con todos los aspectos globales de la Memoria Técnica y un fichero XML con los parámetros que posibiliten la creación automática de los expedientes, eliminando todos aquellos archivos de imágenes y otros conceptos que se vienen incluyendo y se encuen-

tren recogidos dentro de aquel fichero PDF.

2. En cuanto al formato de escritura de la documentación del fichero XML, todos los campos deben venir cumplimentados con letras Mayúsculas y con la acentuación correspondiente.

3. Los planos incluidos en el fichero PDF deben contener una representación cartográfica que permita la correcta determinación de las coordenadas de la estación.

4. Las coordenadas de las estaciones deben indicarse con la precisión dada por las centésimas de segundo y con el Datum ED-50.

5. El campo Situación debe quedar vacío en la presentación de los distintos Operadores de Telefonía Móvil, ya que su uso se restringe a indicar el Nombre que da la Jefatura provincial a dicho emplazamiento con el fin de poder identificar ese emplazamiento para los distintos operadores.

6. En cuanto a la dirección postal de la estación se aplicarán los siguientes criterios:

a. Si la dirección es conocida se indicará el valor correspondiente al Tipo de Vía sin repetirlo en el campo Nombre\_Vía, indicando el número solamente en el campo de Número\_Portal.

b. Si la dirección NO es conocida, se grabará VP en el campo Tipo de Vía e indicar un texto que pueda identificar la dirección correcta en el

campo Nombre\_Vía, dejando en blanco el campo Número\_Portal.

c. En el caso de que se trate de un Polígono Industrial se cumplimentará Vacío el campo de Tipo de Vía, indicando en el campo Nombre\_Vía el Polígono y la Parcela.

7. Relacionado con el campo de Emplazamiento Compartido se cumplimentará con S cuando en ese mismo emplazamiento exista alguna otra estación ya sea del mismo u otro operador, o bien se pretenda instalar varias estaciones en el mismo, y con N en caso contrario.

8. En cuanto a los parámetros grabados en el elemento Antena se han venido detectando algunos errores que deben ser corregidos tanto en el documento PDF de la Memoria Técnica como en el XML. Sobre este aspecto cabe indicar lo siguiente: Definir todas las antenas como Directivas con la Polarización correcta y teniendo en cuenta que la Altura de la Antena debe venir indicada desde el Suelo hasta el Centro Eléctrico de la misma.

9. En relación con el elemento Transmisor se ha detectado la falta de NO incluir la Unidad de Potencia de Equipo/Portadora la cual debe ser siempre Z; El valor de Potencia Radiada debe ser la Suma Total del campo para el número total de las Portadoras de dicho transmisor. Por último en lo

<sup>(11)</sup> "Notas aclaratorias para la unificación de criterios en la tramitación de solicitudes de aprobación de memorias técnicas de estaciones de telefonía móvil." Subdirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico, Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

relativo al Horario de Codificación debe indicarse en todos los casos la sigla I.

10. Debido a un error cometido por la SETSI se ha indicado en toda la documentación presentada a los operadores que la Diferencia a cumplir se debía calcular entre el Valor de Referencia y el Valor Calculado (Medido + Nueva Contribución), lo cual debe corregirse para sustituir el Valor de Referencia por el Valor de Decisión con los criterios indicados en el documento “NOTAS ACLARATORIAS ACERCA DE LOS CRITERIOS DE APLICACIÓN DE NIVELES DE DECISIÓN SEÑALADOS EN LA ORDEN MINISTERIAL”.

### Parámetros erróneos subsanables

Como criterio general tiene validez la Memoria Técnica (formato PDF) frente al fichero XML, por lo que los errores que afecten a este documento no pueden ser subsanados y necesitan la presentación de un nuevo documento firmado y visado.

Son subsanables los errores tipográficos aparecidos en RENAPE (trans-

posición del fichero XML) cuyos datos sean correctos en el correspondiente fichero de la Memoria Técnica en PDF, además de la propia corrección de las coordenadas para adaptarlas al Datum ED-50.

### Anexo 2.3. Criterios de aplicación de “niveles de decisión”

La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información ha elaborado unas notas aclaratorias<sup>12</sup> para la presentación por parte de los operadores de telefonía móvil o LMDS, de los estudios técnicos sobre niveles de emisiones, anexos a los proyectos de instalaciones de nuevas estaciones base. A continuación se exponen algunas de las cuestiones de interés tratadas en el documento, dadas su especial relevancia.

En la medida de emisiones radioeléctricas, los “niveles de decisión” marcan el límite para saber cuándo deben realizarse medidas en “fase 2”. Los niveles de decisión están establecidos en 6 dB inferiores a los niveles de referencia fijados en el RD 1066/2001. En la siguiente tabla se muestran los niveles de referencia y de decisión

para algunos de los Servicios de Radiocomunicación más típicos.

Como criterio general se establece que los “niveles de decisión” que deberán ser tenidos en cuenta para decidir si deben realizarse medidas en “fase 2”, serán los más restrictivos que correspondan a los diferentes Servicios instalados en el emplazamiento de la nueva estación.

Si no existen Servicios de Radiocomunicaciones en el emplazamiento, se fijarán como los más restrictivos los correspondientes a los Servicios instalados en la nueva estación y si los “niveles de decisión” de los Servicios a instalar son menores que los que corresponden a los Servicios ya instalados, prevalecerá el nivel más restrictivo de estos últimos. Para ilustrar esta explicación, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información ha elaborado una tabla explicativa de la casuística.

(12) “Notas aclaratorias acerca de los criterios de aplicación de “niveles de decisión” señalados en la orden ministerial: CTE/23/2002, del 11 de enero por la que se establecen las condiciones para la presentación de determinados estudios o certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones”. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

| SERVICIO      |                | Frecuencia significativa de trabajo | Valor de Referencia |        | Valor de Decisión |        |
|---------------|----------------|-------------------------------------|---------------------|--------|-------------------|--------|
|               |                |                                     | (V/m)               | (W/m²) | (V/m)             | (W/m²) |
| Radiodifusión | FM             | 100 MHz                             | 28                  | 2      | 14                | 0.5    |
| Telefonía     | GSM            | 900 MHz                             | 41.25               | 4.5    | 20.63             | 1.13   |
| Móvil         | DCS            | 1800 MHz                            | 58.34               | 9      | 29.17             | 2.25   |
|               | UMTS           | 2000 MHz                            | 61                  | 10     | 30.5              | 2.5    |
| LMDS          | Banda Inferior | 3400 MHz                            | 61                  | 10     | 30.5              | 2.5    |
|               | Banda superior | 26000 MHz                           | 61                  | 10     | 30.5              | 2.5    |

| Sistema a Instalar | Antenas existentes en el emplazamiento de este u otro operador |     |     |           | Valor de Referencia |                     | Valor de Decisión |                     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|-----|-----|-----------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|                    | FM                                                             | GSM | DCS | UMTS/LMDS | (V/m)               | (W/m <sup>2</sup> ) | (V/m)             | (W/m <sup>2</sup> ) |
| UMTS/LMDS          | SÍ                                                             | —   | —   | —         | 28                  | 2                   | 14                | 0.5                 |
|                    | NO                                                             | SÍ  | —   | —         | 41.25               | 4.5                 | 20.63             | 1.13                |
|                    | NO                                                             | NO  | SÍ  | —         | 58.34               | 9                   | 29.17             | 2.25                |
|                    | NO                                                             | NO  | NO  | —         | 61                  | 10                  | 30.5              | 2.5                 |
| DCS                | SÍ                                                             | —   | —   | —         | 28                  | 2                   | 14                | 0.5                 |
|                    | NO                                                             | SÍ  | —   | —         | 41.25               | 4.5                 | 20.63             | 1.13                |
|                    | NO                                                             | NO  | —   | —         | 58.34               | 9                   | 29.17             | 2.25                |
| GSM                | SÍ                                                             | —   | —   | —         | 28                  | 2                   | 14                | 0.5                 |
|                    | NO                                                             | —   | —   | —         | 41.25               | 4.5                 | 20.63             | 1.13                |
| FM                 | —                                                              | —   | —   | —         | 28                  | 2                   | 14                | 0.5                 |

Nota: “—” representa indiferente.

Asimismo, cuando los servicios de Inspección o de Comprobación técnica de la DGTel y TI detecten niveles de emisiones, en medidas de “fase 1”, superiores a los más restrictivos (14 V/m o 0,5 W/m<sup>2</sup>) para cualquier emplazamiento, independientemente del servicio del que se trate, se llevarán a cabo mediciones en “fase 2”, y se identificará a la/s emisión/es causantes de estos valores, procediendo en cada caso, según corresponda, a los efectos de aplicación del régimen sancionador.

ANEXO  
03

## Glosario de acrónimos



|                                                                                             |                                                                                    |                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACMA.</b> Australian Communications and Media Authority                                  | <b>GSM.</b> Global System for Mobile communications                                | <b>SETSI.</b> Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información |
| <b>AENOR.</b> Asociación Española de Normalización y Certificación                          | <b>HF.</b> High Frequency                                                          | <b>SHF.</b> Superhigh Frequency                                                               |
| <b>AM.</b> Amplitud Modulada                                                                | <b>ICNIRP.</b> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection       | <b>TAE.</b> Tasa de Absorción Específica                                                      |
| <b>ANSI.</b> American National Standard Institute                                           | <b>IEC.</b> International Electrotechnical Commission                              | <b>TV.</b> Televisión                                                                         |
| <b>ARPANSA.</b> Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency                   | <b>IEEE.</b> Institute of Electrical and Electronics Engineers                     | <b>UHF.</b> Ultra High Frequency                                                              |
| <b>CENELEC.</b> Comité Européen de Normalisation Electrotechnique                           | <b>ITU.</b> International Telecommunication Union                                  | <b>UIT.</b> Unión Internacional de Telecomunicaciones                                         |
| <b>CEPT.</b> Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications | <b>LF.</b> Low Frequency                                                           | <b>UMTS.</b> Universal Mobile Telecommunications System                                       |
| <b>CERP.</b> Comité Européen de Réglementation Postale                                      | <b>LMDS.</b> Local Multipoint Distribution Service                                 | <b>VHF.</b> Very High Frequency                                                               |
| <b>CNAE.</b> Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias                                   | <b>MF.</b> Medium Frequency                                                        | <b>VLF.</b> Very Low Frequency                                                                |
| <b>COIT.</b> Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación                              | <b>NCRP.</b> National Council on Radiation Protection and Measurements             |                                                                                               |
| <b>COMAR.</b> Committee on Man and Radiation                                                | <b>NRPB.</b> National Radiological Protection Board                                |                                                                                               |
| <b>DCS.</b> Digital Cellular System                                                         | <b>OET.</b> Office of Engineering and Technology                                   |                                                                                               |
| <b>ECC.</b> Electronic Communications Committee                                             | <b>OMS.</b> Organización Mundial de la Salud                                       |                                                                                               |
| <b>EHF.</b> Extremely High Frequency                                                        | <b>PIRE.</b> Potencia isotrópica radiada equivalente                               |                                                                                               |
| <b>ERO.</b> European Radiocommunications Office                                             | <b>RD.</b> Real Decreto                                                            |                                                                                               |
| <b>ETSI.</b> European Telecommunications Standard Institute                                 | <b>RF.</b> Radio Frecuencia                                                        |                                                                                               |
| <b>FCC.</b> Federal Communications Commission                                               | <b>RSC.</b> Royal Society of Canada                                                |                                                                                               |
| <b>FM.</b> Frecuencia Modulada                                                              | <b>SAR.</b> Specific Absorption Rate                                               |                                                                                               |
|                                                                                             | <b>SCENIHR.</b> Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks |                                                                                               |



ANEXO  
04

## Referencias bibliográficas



“Código de buenas prácticas para el despliegue de infraestructuras de Telefonía Móvil”. Federación Española de Municipios y Provincias. Año 2005.

“Country Reports on EMF and Health: Sources, Regulations, and Risk Communication Approaches”. EIS-EMF. Diciembre 2005.

“Curso sobre medidas radioeléctricas”. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Enero 2002.

“Curso sobre legislación, protocolo de certificación y medidas prácticas de estaciones radioeléctricas”. Tercera edición. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Junio 2003.

“Decreto 40/2002, de 21 de julio, de Ordenación de instalaciones de radiocomunicaciones en el ámbito de la Comunidad Autónoma de la Rioja”. BOR núm. 99, de 15 de agosto de 2002.

“Decreto 148/2001, de 29 de mayo, de ordenación ambiental de las instalaciones de telefonía móvil y otras instalaciones de radiocomunicación”. DOGC núm. 3404, de 7 de junio de 2001.

“Decreto 267/2001, de 29 de noviembre, relativo a la instalación de infraestructuras de radiocomunicación”. BOCyL núm. 233, de 30 de noviembre de 2001.

“Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos)”. Par-

lamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. Año 2004.

“Electromagnetic Fields and Radiation. Human Bioeffects and Safety”. University of Ottawa. Riadh W. Y. Habash. Año 2002.

“European Information System on Electromagnetic Fields Exposure and Health Impacts: Final Report”. Febrero 2005

“Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields”. Federal Communications Commission, OET Bulletin 65. Ed. 97-01. Agosto 1997.

“Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields”. ITU-T Rec. K.52. Ginebra, febrero 2000.

“Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields”. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación No-Ionizante). Health Physics 74: 494-522, 1998.

“Human exposure to electromagnetic fields High Frequency (10 kHz to 300 kHz)”. European Committee for Electrotechnical Standardization. European Prestandard, ENV 50166-2. Enero 1995.

“IEEE Std. C95.1, 2005 – IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz”. Año 2006.

“Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic

fields (0 Hz to 300 GHz)”. Comisión Europea. Año 2002.

“Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico”. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, F. Pérez, J.E. Page, J.I. Alonso, J. Esteban y M. Díaz. Octubre 2001.

“Informe sobre la evaluación del cumplimiento de límites de exposición en instalaciones de radiodifusión y televisión”. Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. Universidad Politécnica de Madrid. Juan E. Page y Jaime Esteban. Abril 2002

“Informe sobre la exposición humana a las emisiones electromagnéticas generadas por instalaciones de telefonía móvil”. Diputación Foral de Bizkaia. LABEIN Centro Tecnológico, J.E. Rodríguez. Octubre 2001.

“Ley 8/2001, de 28 de junio, para la ordenación de las Instalaciones de Radiocomunicación en Castilla-La Mancha”. DOCM núm. 78, de 10 de julio de 2001.

“Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones”. BOE núm. 264, de 4 de noviembre de 2003 y BOE núm. 68, de 19 de marzo de 2004.

“National Guidelines for Managing the Effects of Radiofrequency Transmitters”. Ministry for the Environment, in partnership with the Ministry of Health. New Zealand. Diciembre 2000.

“Niveles de exposición al público en general a campos electromagnéticos desde 0 Hz hasta 300 GHz”. Recomendación del Con-

sejo de la Unión Europea, 12 de julio. 1999/519/CE, Diario Oficial nº L199 del 30 de julio de 1999.

“Notas aclaratorias acerca de los criterios de aplicación de “niveles de decisión” señalados en la orden ministerial: CTE/23/2002, del 11 de enero por la que se establecen las condiciones para la presentación de determinados estudios o certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones”. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

“Notas aclaratorias para la unificación de criterios en la tramitación de solicitudes de aprobación de memorias técnicas de estaciones de telefonía móvil.” Subdirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico, Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

“Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones”. BOE núm. 11, de 12 de enero de 2002 y BOE núm. 117, de 16 de mayo de 2002.

“Protocolo de medida de emisiones radioeléctricas (9 kHz – 300 GHz)”. Informe sobre la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de estaciones de radiocomunicación, abril 2003. SETSI

“Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisio-

nes radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas”. BOE núm. 234, de 29 de septiembre de 2001, BOE núm. 257, de 26 de octubre de 2001 y BOE núm. 93, de 18 de abril de 2002.

“Recomendaciones para facilitar e impulsar el despliegue de infraestructuras de red de radiocomunicación”. Comisión Sectorial para el Despliegue de Infraestructuras de Radiocomunicación. Año 2004.

“Seguridad electromagnética en telemedicina”. Instituto de Salud Carlos III, Área de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información. Victoria Ramos González. Año 2004.

“UNE 215001:2004 Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión”.

“UNE-EN 50357:2004 Evaluación de la exposición humana a los campos electromagnéticos emitidos por los dispositivos utilizados para la Vigilancia Electrónica de Artículos (EAS), Identificación por Radiofrecuencia (RFID) y aplicaciones similares”.

“UNE-EN 50364:2003 Limitación de la exposición humana a los campos electromagnéticos emitidos por los dispositivos que funcionan en el rango de frecuencias de 0 Hz a 10 GHz, utilizados para la Vigilancia Electrónica de Artículos (EAS), Identificación por radiofrecuencia (RFID) y aplicaciones similares”.

“UNE-EN 50371:2003 Norma genérica para demostrar el cum-

plimiento de aparatos eléctricos y electrónicos de baja potencia con las restricciones básicas relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (10 MHz - 300 GHz). Público en general”.

ANEXO  
05

Disposiciones  
normativas sobre  
emisiones  
radioeléctricas



A continuación se incluyen los textos, publicados en el B.O.E, de las siguientes disposiciones que regulan la exposición a las emisiones radioeléctricas:

- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas”. BOE núm. 234, de 29 de septiembre de 2001, BOE núm. 257, de 26 de octubre de 2001 y BOE núm. 93, de 18 de abril de 2002.
- Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones”. BOE núm. 11, de 12 de enero de 2002 y BOE núm. 117, de 16 de mayo de 2002.
- Disposición final cuarta del Real Decreto 424/2005, de 15 de abril, por el que se aprueba el Reglamento sobre las condiciones para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, el servicio universal y la protección de los usuarios, que modifica el apartado 1 del artículo 8 y el apartado 3 del artículo 9 del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.
- Resolución de 22 de mayo de 2007, de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, por la que se sustituye la inspección previa al uso del dominio público radioeléctrico de determinadas estaciones radioeléctricas por una certificación expedida por técnico competente.