

1. SUBMODELOS, SERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

Desde un punto de vista sectorial y en base a la metodología utilizada en su definición, el modelo de ordenación del PTEOIT comprende el número suficiente de ámbitos de referencia para garantizar la óptima prestación de los distintos servicios de telecomunicación considerados. De acuerdo a lo indicado, para cada servicio de telecomunicación o agrupación de ellos, se define el subconjunto de ámbitos de referencia a él o ellos vinculados y que definirán el **submodelo** correspondiente. Los submodelos componen, por superposición, el modelo de ordenación definido en el PTEOIT. Estos submodelos son los siguientes (se hace referencia al servicio de telecomunicación vinculado):

- **Submodelo de servicios de Radiodifusión**, SUB-RD que integra el Servicios de Radiodifusión Sonora (FM, Radio Digital Terrestre) y Televisión Digital Terrestre. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Acceso Radio de los Servicios indicados. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTR.
- **Submodelo de servicios de Telefonía Móvil**, SUB-TM. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Acceso Radio del servicio de Telefonía Móvil. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTR.
- **Submodelo de servicios de Banda Ancha Inalámbrica**, SUB-BAI. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Acceso Radio del servicio de Banda Ancha Inalámbrica. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTR.
- **Submodelo de Red de Seguridad y Emergencia**, SUB-RSE. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Acceso Radio del Servicio Móvil Terrestre y, en concreto de la Red de comunicaciones móviles de seguridad y emergencia del Gobierno de Canarias. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTR.
- **Submodelo de servicios de Transporte Radio**, SUB-TR. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Transporte Radio en cualquiera de los niveles jerárquicos contemplados en la ordenación. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTR.
- **Submodelo de servicios de Transporte por Cable**, SUB-TC. Identifica a los ámbitos de referencia del modelo de ordenación que se vincular a las Redes de Transporte por Cable en cualquiera de los niveles jerárquicos contemplados en la ordenación. De acuerdo a la clasificación de las infraestructuras objeto de la ordenación, se corresponde con ITTC.

No se incluyen en esta descripción los parámetros del submodelo de servicios de Transporte por Cable.

Las tecnologías implicadas, sus parámetros y características son:

- Submodelo de servicios de Radiodifusión:
 - Servicio de Radiodifusión Sonora por ondas métricas con modulación de frecuencia (FM), en su modalidad estereofónica y según parámetros definidos en las Recomendaciones UIT-R de la serie BS y características definidas en Plan Técnico Nacional de FM y Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
 - Servicio de Radio Digital Terrestre (DAB), según parámetros definidos en el Plan Técnico Nacional de DAB, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, en las recomendaciones e informes de la ITU, de la CEPT, el ETSI, las normas DABy, fundamentalmente, en lo relativo a las normas de transmisión y codificación de la señal en la norma europea ETS 300 401.
 - Televisión Digital Terrestre, según estándar ETSI DVB-T, parámetros definidos en Recomendaciones UIT-R de la serie BT y características definidas en Plan Técnico Nacional de TDT y Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- Submodelo del servicio de Telefonía Móvil, en varias modalidades: GSM 900, GSM 1800 (o DCS), UMTS (W-CDMA) y tecnología HSDPA con parámetros especificados en recomendaciones ETSI, UIT-R, UIT-T y características definidas en Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. Adicionalmente, se ha tenido en cuenta la tecnología LTE y su futura aplicación en servicios móviles de banda ancha (en la frecuencia más desfavorable, 2,6 GHz) y servicios fijo inalámbrico de banda ancha.
- Submodelo del servicio de Banda Ancha Inalámbrica. Tecnología WiMax, a partir del estándar IEEE.802.16 y, eventualmente, tecnología LTE. La banda de frecuencias utilizada ha sido la más desfavorable, 3,5 GHz y datos de equipos comerciales. Características definidas en Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- Submodelo de Red de Seguridad y Emergencia. Tecnología TETRA, según estándar ETSI y características definidas en Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- Submodelo del servicio de Transporte Radio o servicio fijo terrestre. Tecnologías de radioenlaces por microondas y características definidas en Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. En este caso, se opta por asegurar el criterio de visibilidad radioeléctrica entre ámbitos de referencia.

2. SUBMODELO DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA FM

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las bases para la caracterización del servicio de radiodifusión sonora de FM se obtienen, en parte, de las *Actas Finales de la Conferencia Administrativa Regional para la Planificación de la Radiodifusión Sonora en Ondas Métricas* (AFCAR) del Plan de Ginebra de 1984. Además, se añaden aspectos no contemplados en ellas y obtenidos de recomendaciones e informes del UIT-R.

En las siguientes páginas se detallan los principios y datos técnicos utilizados, tales como:

- Parámetros del transmisor
- Características de emisión
- Relaciones de protección en radiofrecuencia (RF)
- Intensidad de campo eléctrico de referencia
- Características de los receptores

■ Parámetros del transmisor

- *Potencia radiada aparente máxima.* Se ha considera, de modo conservador un valor máximo de la PRA de 100w.
- *Altura de la antena.* La altura de antena usada ha sido, en todos los casos, de 25m.
- *Antenas de emisión.* Se ha utilizado antenas omnidireccionales, con 0dBi de ganancia. Dado que nuestro objetivo no es asignar frecuencia, sino sólo cubrir objetivos de cobertura, se ha planificado en las peores condiciones, dado que después los operadores siempre podrán mejorar optimizando el diagrama de antena.

■ **Características de emisión**

Con el parámetro *Sistema de emisión* se sintetizan las características de transmisión de una estación de radiodifusión en FM. La Rec. UIT-R BS.450 contiene una descripción de las normas de transmisión establecidas en este caso. Los sistemas utilizados en GE84 son:

- *Sistema 1. Transmisión monofónica, con una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz.*
- *Sistema 2 Transmisión monofónica, con una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz.*
- *Sistema 3. Transmisión estereofónica, sistema de modulación polar y con una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz.*
- *Sistema 4. Transmisión estereofónica, sistema de frecuencia piloto y con una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz.*
- *Sistema 5. Transmisión estereofónica, sistema de frecuencia piloto y con una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz.*

La adición de subportadoras para la transmisión de información suplementaria se considera que está incluida en cualquiera de los cinco sistemas anteriores, siempre que no exceda la excursión máxima de frecuencia de la portadora y no se incremente la protección necesaria.

En España se utiliza de modo exclusivo el Sistema 4.

En cuanto a la *Separación entre canales* se ha adoptado para este servicio una separación uniforme de 100 KHz entre canales tanto para emisiones monofónicas como estereofónicas. Los valores nominales de las frecuencias portadoras son, por lo tanto, múltiplos enteros de 100 KHz.

■ **Intensidad de campo eléctrico de referencia**

Los valores a considerar en este servicio se refieren a la *intensidad de campo mínima utilizable*. En la Rec. UIT-R BO.412 se especifican los valores de la intensidad de campo mediana, medida a 10 m. del suelo, que es necesario proteger para obtener un servicio satisfactorio de radiodifusión de FM (tabla adjunta).

Estos valores, pueden ser obtenidos de manera automática en función del entorno en el cual se sitúan los receptores a los que da servicio la estación a planificar. En la elaboración del Plan de GE84 fueron utilizados los valores correspondientes a zona rural.

dB/uV/m	Zona rural	Zona urbana	Grandes ciudades
<i>Mono</i>	48	60	70
<i>Estéreo</i>	54	66	74

Intensidad de campo mínima utilizable en FM.

■ **Características de los receptores**

- *Altura de la antena. La altura de antena utilizada es de 10 m.*
- *Antenas de recepción. Para los cálculos de cobertura no se considerará la discriminación debida a la directividad de la antena, utilizando una antena omnidireccional de 0dBi de ganancia.*
- *Sensibilidad limitada por el ruido. Es la intensidad de campo o el nivel de potencia necesarios para lograr una relación señal/ruido especificada a la salida de audio del receptor. A efectos de planificación, la sensibilidad se tiene en cuenta en el valor del campo mínimo utilizable.*

2.2. PARÁMETROS DEL ESTUDIO

A continuación se presenta una tabla resumen con los parámetros principales utilizados en los estudios de cobertura para el servicio de radiodifusión sonora en FM.

Parámetro	Valor
Pérdidas en cables y conectores TX (dB)	0
Ganancia de antena TX G_t (dBi)	0
PRA (W)	100
Altura antena Tx	25m
Ganancia de antena RX (dB)	0
Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	0
Altura antena Rx	10m
Campo mínimo Em (dBu)	54 (Rec. ITU-R BS412-9)

2.3. BANDAS DE FRECUENCIA

El servicio de radiodifusión en FM, en las regiones de interés para este proyecto, utiliza una atribución de frecuencias contenida en la banda de ondas métricas situada entre 87.5 MHz y 108 MHz (Banda II) a título primario. En algunos países, comparte banda con la radiodifusión de TV.

2.4. CONSIDERACIONES DE PROPAGACIÓN

Las diversas modalidades de propagación de las ondas radioeléctricas dependen de la frecuencia de trabajo y de las características eléctricas del terreno por el que discurre la onda. En las bandas de frecuencia utilizadas por la radiodifusión de FM, los modos dominantes se deben fundamentalmente a la propagación en la *troposfera* aunque, en ocasiones, puede considerarse la propagación ionosférica.

El medio de transmisión influye en la propagación de las ondas radioeléctricas a través de fenómenos de *reflexión, refracción, difracción, dispersión* y *absorción*, que dependen de la naturaleza del medio de transmisión, de la frecuencia y de la polarización de la onda.

La determinación del modo de propagación dominante depende de la distancia a la cual se considera la transmisión y de la frecuencia de trabajo. Así, a efectos de la obtención de la *cobertura deseada* (aproximadamente 80 Km.) y para la banda de FM, se considera que el modo de propagación dominante es la *difracción debida a la irregularidad del terreno*, con diferentes tipos de obstáculos en el mismo (tratada en la Rec. UIT-R P.526).

No obstante, en la misma emisión aparecen otros modos de propagación que son dominantes a distancias superiores a 80 Km.: *dispersión troposférica* y *difracción en tierra esférica para terrenos lisos o terrenos irregulares*. Estos modos deben ser tenidos en cuenta en los cálculos de interferencia que el transmisor considerado provoca sobre otras estaciones. No obstante, están sujetos a grandes desvanecimientos, debido a las variaciones físicas del medio, lo que impide que sean utilizados para proporcionar la cobertura deseada aunque sí como medio de obtener intensidades de campo superados durante porcentajes de tiempo pequeños.

De manera general, se puede establecer que para distancias iguales o superiores a las de horizonte de la antena del transmisor, los modos de propagación dominantes son la *difracción* y la *dispersión troposférica*. Pero, a medida que la distancia aumenta, las pérdidas por difracción lo hacen muy rápidamente, por lo que mucho más allá del horizonte sólo predomina la dispersión troposférica.

Existen dos formas de obtener la intensidad de campo eléctrico:

- Los *métodos empíricos*, utilizando métodos basados en análisis estadísticos de múltiples medidas realizadas en diferentes condiciones.
- Los métodos basados en el análisis detallado del perfil del terreno existente entre el transmisor y el receptor, utilizando las teorías ópticas en ocasiones, corregidas con factores obtenidos de manera empírica. Se engloban en esta clasificación los *métodos semi-empíricos* y los *métodos determinísticos*. Éstos proporcionan, en general, valores más exactos de las pérdidas básicas de propagación (atenuación) aunque manejan un mayor volumen de datos, tales como modelos digitales del terreno.

Los métodos estadísticos se basan, como se ha indicado, en el análisis de medidas realizadas en numerosos y variados trayectos y en la obtención de curvas que muestran la variación de la intensidad de campo con la distancia. La dificultad de obtener y usar estas curvas reside en el hecho de que el campo sufre variaciones importantes con respecto a las ubicaciones consideradas y para cada una de ellas varía en función del tiempo. Por ello, los valores proporcionados por estas curvas deben ser considerados un promedio de los valores que realmente se tienen en cada momento y en cada ubicación.

Es habitual en radiodifusión considerar como valor representativo la mediana *o valor superado durante el 50% del tiempo en el 50% de las ubicaciones de interés*. Este hecho no tiene demasiada importancia cuando se considera la señal deseada o señal estable; pero sí adquiere mayor importancia cuando se considera a la estación implicada como interferente, ya que la variación temporal de la misma es un parámetro básico en los procesos de compatibilidad electromagnética realizados en radiodifusión.

Los métodos semi-empíricos o determinísticos de predicción de la atenuación son adecuados para su aplicación a enlaces radioeléctricos punto a punto, lo que les hace especialmente adecuados para su utilización en los cálculos de interferencia puntual. No obstante, es posible utilizarlos en estimación de coberturas siempre que se disponga de la información topográfica de la zona de interés (almacenada como un modelo digital del terreno) y una aplicación informática que permita su utilización y procesado.

■ Método de propagación

Los métodos aplicados en las estimaciones de cobertura radioeléctrica deben ser coherentes con las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, así como con el entorno de propagación.

Conocido el entorno de propagación, habiendo seleccionado el valor del campo mediano mínimo a proteger, y conociendo la frecuencia de propagación, el método de estimación más adecuado para caracterizar el medio existente entre el emisor y el receptor es, en el presente caso, el establecido por la ITU en su Rec. ITU-R P.526, propagación por difracción (Cálculos de señal estable 50% de tiempo).

A este último método se le aplicará, para el servicio FM, una capa clutter con las siguientes categorías:

Categoría	Pérdidas (dB)
Vegetación (Bosques consolidados)	1,4(*)
Población menor de 5.000 habitantes	0
Población menor de 20.000 habitantes y mayor o igual a 5.000 habitantes	8
Población menor de 50.000 habitantes y mayor o igual a 20.000 habitantes	14
Población mayor o igual a 50.000 habitantes	20

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la Rec. ITU-R P833, considerando.

3. SUBMODELO DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DE RADIO DIGITAL TERRESTRE (DAB)

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La caracterización técnica del servicio de DAB se ajusta a lo establecido en el Plan Técnico Nacional de DAB, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, en las recomendaciones e informes de la ITU, de la CEPT, el ETSI, las normas DAB, presentes y futuras y, fundamentalmente, en lo relativo a las normas de transmisión y codificación de la señal de televisión, en la norma europea ETS 300 401.

La calidad del servicio dentro del área de cobertura o de la zona de servicio requerida se define definiéndose teniendo en cuenta las condiciones de recepción, tanto en lo que se refiere a porcentaje de ubicaciones en recepción, a nivel microescalar, porcentaje de tiempo y como en altura de antena del receptor. Con estos parámetros, la calidad requerida se obtiene siempre que se asegure un determinado nivel de campo mediano útil dentro del área de servicio de la estación.

Los valores de los parámetros técnicos a utilizar en la planificación han sido obtenidos, fundamentalmente, del Informe Final de la Conferencia de Wiesbaden (1995) por la CEPT. Datos adicionales han sido obtenidos de la Rec. ITU-R 1114 y recomendación ETSI 300 401, como ya comentamos.

El modo que se utilizará para la difusión de servicios DAB es el modo I. Las características de este modo son:

- Ancho de banda de la señal: 1.536 MHz
- Número de portadoras: 1536 portadoras
- Separación entre portadoras: 1 KHz
- Duración del símbolo: 1.246 ms
- Intervalo de guarda: 0.246 ms
- Modulación: D-QPSK
- Separación nominal máxima entre transmisores: 73,8 Km
- La relación de protección utilizada va a ser: $R = 0.55$, RP grado 3

■ Sistemas radiantes de emisión

Dado que el objeto de las simulaciones realizadas es, en último término, una planificación de emplazamientos por objetivos de cobertura, sin tener en cuenta planificación de frecuencias, ni por tanto áreas de solapamiento, de los múltiples sistemas radiantes que existen para emisión, y que optimizan diagrama y ganancia, en el presente caso no se han considerado discriminaciones por diagramas de radiación. Se ha utilizado antenas omnidireccionales con 0dBi de ganancia.

■ Parámetros de recepción

De acuerdo a los requisitos de calidad del servicio, se ha considerado recepción en equipos móviles con antena omnidireccional a 1,5 m de altura. Asimismo, se aplican correcciones adicionales para recepción en entornos urbanos de 5,6 dB. Es de esperar que los porcentajes de cobertura para receptores fijos a 10 m de altura sean sensiblemente superiores a los obtenidos con las condiciones estándares.

La obtención de la intensidad de campo mediano mínima parte de las características indicadas anteriormente. Se ha considerado un campo mediano mínimo de 58 dBu. Este valor se obtiene de la forma indicada en el Informe Final de Wiesbaden, a partir del campo mínimo utilizable aplicando sendas correcciones para tener en cuenta:

- Porcentaje de ubicaciones en el que se quiere asegurar la cobertura.
- Altura del receptor, la cual influye en el margen por despejamiento del punto de recepción (clutter). Esta corrección se obtiene de la fórmula general descrita en la Rec. ITU-R.1546 que considera de modo específico el entorno del receptor: rural, suburbano y urbano. La corrección aplicada corresponde al entorno rural (10,9 dB).

Se han tenido en cuenta las siguientes características:

- Cobertura en el 99% de ubicaciones en entorno rural
- Receptor a 1,5 m del suelo con antena omnidireccional, y el valor de campo mediano se ha obtenido de la siguiente forma:

Campo mínimo para la banda de 200 MHz	35 dBu
Corrección para 99% de ubicaciones	13 dB
Corrección para receptor a 1.5 m del suelo	10 dB
Campo mediano mínimo	58 dBu

Esta magnitud puede denominarse, en este caso, y utilizando términos habituales en planificación de sistemas de radiodifusión, campo nominal de recepción. Su valor se obtiene a partir de condiciones genéricas, que pueden variar en la explotación real del sistema debido a:

- Receptores con mejores o peores características que las consideradas (sensibilidad, figura de ruido, relación de protección,...).
- Margen de protección, con $\sigma = 5.5$ dB, demasiado o poco conservador.
- Modelos de propagación apropiados para entornos multitrayecto que consideren, de modo determinístico, el efecto de los mismos sobre la señal recibida.

El valor indicado, 58 dBu, se aplica como nivel de recepción en todos los entornos y sea cual fuere el método de estimación de las pérdidas de propagación utilizado, considerándolo como el valor más conservador posible y asegurando, con ello, un servicio de alta calidad y disponibilidad.

3.2. PARÁMETROS DEL ESTUDIO

A modo de resumen de todo lo dicho anteriormente, presentamos en la tabla siguiente los valores de los parámetros de estudio para el servicio de radiodifusión sonora digital DAB.

Parámetro	Valor
PRA (kW)	Según Plan Téc Nac (10-2001)
Altura antena Tx	25m
Ganancia de antena RX (dB)	0
Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	0
Altura antena Rx	1.5m
Campo mínimo para la banda de 200 MHz (dBu)	35
Corrección para 99% de ubicaciones	13dB
Corrección para receptor a 1.5 m del suelo	10dB
Campo mediano mínimo (dBu)	58
Pérdidas por vegetación (para aplicar en capa clutter)(*)	2.5dB
Corrección adicional en entornos urbanos (para aplicar en capa clutter)	5.6dB

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la Rec. ITU-R P833, considerando una d de 40m.

3.3. BANDAS DE FRECUENCIA

El *Real Decreto 1287/1999*, de 23 de julio, por el que se aprueba el *Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrenal*, en su artículo 1, establece que las bandas de frecuencia para la explotación del servicio DAB son las siguientes:

- a) 195 a 216 MHz (bloques 8A a 10D)
- b) 216 a 223 MHz (bloques 11A a 11D)
- c) 1452 a 1467,5 MHz (bloques LA a LI)
- d) 1467,5 a 1492 MHz

Los límites espectrales de cada bloque de frecuencias se expresan en la siguiente tabla.

Canalización de los bloques de frecuencias

Bloque	Límites del bloque MHz
8A	195,168 - 196,704
8B	196,880 - 198,416
8C	198,592 - 200,128
8D	200,304 - 201,840
9A	202,160 - 203,696
9B	203,872 - 205,408
9C	205,584 - 207,120
9D	207,296 - 208,832
10A	209,168 - 210,704
10B	210,880 - 212,416
10C	212,596 - 214,128
10D	214,304 - 215,840

Bloque	Límites del bloque MHz
11A	216,160 - 217,696
11B	217,872 - 219,408
11C	219,584 - 221,120
11D	221,296 - 222,832
LA	1452,192 - 1453,728
LB	1453,904 - 1455,440
LC	1455,616 - 1457,152
LD	1457,328 - 1458,864
LE	1459,040 - 1460,576
LF	1460,752 - 1462,288
LG	1462,464 - 1464,000
LH	1464,176 - 1465,712
LI	1465,888 - 1467,424

El *Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital Terrenal*, en su artículo 1, también establece:

1. Los bloques de frecuencias en la banda 195 a 216 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial o, en su caso, insular, que se integrarán para constituir redes multifrecuencias de ámbito nacional y autonómico. La capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.
2. Los bloques de frecuencias de la banda 216 a 223 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito nacional y autonómico. La capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.
3. Los bloques de frecuencias de la banda 1452 a 1467,5 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local.

4. Los bloques de frecuencias de la banda 1467,5 a 1492 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local. Los bloques de frecuencias específicos en esta banda se establecerán posteriormente por Orden del Ministerio de Fomento.

Para las simulaciones de cobertura realizadas nos hemos centrado las bandas de 195 a 216 MHz (bloques 8A a 10D) y de 216 a 223 MHz (bloques 11A a 11D).

3.4. CONSIDERACIONES DE PROPAGACIÓN

■ Métodos de estimación de las pérdidas de propagación

En cuanto a consideraciones de propagación, reseñar que el método de estimación de las pérdidas de propagación utilizado para este servicio es el método descrito en la Rec. ITU-R.526. Este método tiene en cuenta de manera detallada el efecto de sombra y difracción del terreno, para lo cual requiere la utilización de un mapa digitalizado del mismo, y resulta adecuado para entornos rurales.

Las Actas Finales de la Conferencia de Wiesbaden contienen valores y referencias al método de la Rec. ITU-R.1546, utilizado en la misma para la elaboración del plan de asignación de bloques de frecuencias a nivel europeo y en los procesos de Coordinación Internacional. En estas condiciones, se establecen los datos técnicos fundamentales, tales como el campo mediano mínimo y las relaciones de protección en radiofrecuencia.

4. MODELO DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT)

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las características técnicas del servicio se han ajustado a lo establecido en el Plan Técnico Nacional de la TDT, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, en las recomendaciones e informes de la ITU, de la CEPT, el ETSI, las normas DVB-T, presentes y futuras y, fundamentalmente, en lo relativo a las normas de transmisión y codificación de la señal de televisión, en la norma europea ETS 300 744.

■ Calidad del servicio

La calidad del servicio dentro del área de cobertura o de la zona de servicio requerida, y teniendo en cuenta la norma de transmisión seleccionada (modulación, FEC...) se define en función de los siguientes parámetros:

- Porcentaje de ubicaciones en el que se supera un valor de campo dado. Por ejemplo, 95% (buena recepción) o 70% (aceptable). En este caso, se ha especificado un porcentaje del 95%.
- Porcentaje de tiempo durante el cual se supera un valor de campo, en la ubicación de interés. El valor especificado corresponde a valores medianos, es decir, 50%.
- Condiciones de recepción, esto es, tipo de antenas a considerar y situación de las mismas, lo que define el canal de propagación a considerar.

Con los datos anteriores, la calidad requerida se obtiene siempre que se asegure un determinado nivel de campo útil dentro del área de servicio de la estación. Los valores apropiados para cada situación son obtenidos a partir del Informe de Chester 97.

Los requisitos básicos del sistema referidos a las condiciones de recepción establecen que, inicialmente, el servicio debe ser accesible (con la calidad requerida, esto es, con el nivel de campo adecuado) usando en recepción antenas fijas situadas en las azoteas de los edificios o bien a una altura mínima de 10 metros. Esto se considera válido para cualquier tipo de entorno, rural o urbano y en toda el área de cobertura, con una probabilidad del 95%. En este caso, el canal de propagación es el canal Rice en general.

En este servicio se planifica para asegurar la recepción fija en toda el área de servicio requerida. Asimismo, se consideran todas las posibles necesidades, tanto para MFN's (redes multifrecuencia) como para SFN (redes de frecuencia única), con y sin desconexiones. Dado que una red MFN se comporta como una SFN dentro de su área de influencia, a continuación pasaremos a describir las peculiaridades y principios de funcionamiento de una SFN, aplicable también a las MFNs.

■ **Principios de una red de frecuencia única SFN**

En una SFN, todos los transmisores radian la misma señal modulada de forma sincronizada y en la misma frecuencia. Debido a las especiales características de la modulación empleada, COFDM, las señales que llegan al receptor, dentro del intervalo de guarda, provenientes de diferentes transmisores, contribuyen en aumentar la señal útil.

Sin embargo, existe un aspecto en el diseño de las SFN que limita su funcionamiento y es la interferencia interna. Si las señales o ecos multitrayecto que llegan al receptor lo hacen con un retardo mayor que la duración del intervalo de guarda, en relación con el retardo con el que llega la señal deseada, se consideran señales interferentes, cuyo nivel depende de las condiciones de propagación (variarán con el tiempo). En este caso, la degradación se evalúa en términos de la relación portadora/interferencia C/I.

Este tipo de interferencia justifica la necesidad de incluir en la planificación, los estudios de compatibilidad intrasistema. Su impacto puede reducirse llevando a cabo una correcta planificación de la red de difusión, eligiendo los parámetros que, dentro de la norma de transmisión utilizada, sean coherentes con el tipo de SFN que se desea implantar. Existe otro aspecto no limitativo en las SFN que permite disponer de un margen adicional en el diseño y que es la ganancia interna de la red. El efecto constructivo de las señales de otros transmisores que llegan dentro del intervalo de guarda hace que la señal deseada posea niveles superiores a los estimados, con lo que la relación C/I puede ser superior.

Las SFN son redes eficientes en frecuencia en comparación con las redes multifrecuencia ya que con la correcta planificación, es posible cubrir una amplia zona geográfica utilizando únicamente una sola frecuencia y utilizando *rellenadores de cobertura* en zonas donde hay sombras del transmisor principal. No obstante, la eficiencia disminuye cuando se tratan regiones adyacentes, cada una con una SFN y con programas diferentes (por ejemplo, sería el caso de una MFN compuesta por SFN's al nivel de comunidad).

Por otro lado, las SFN son eficientes en potencia, debido principalmente a la aportación de la ganancia interna de la red. En efecto, desvanecimientos de la señal deseada pueden ser compensados por señales provenientes de otros transmisores de la red.

Los aspectos comentados influyen notablemente en el funcionamiento de la SFN y por lo tanto, deberán ser tenidos en cuenta en la misma. Para ello, es necesario seleccionar el conjunto de centros emisores que permiten satisfacer unos objetivos de cobertura determinados.

En una planificación completa de una red SFN, la elección de los parámetros de emisión, relacionados con la potencia y sistemas radiantes, debería ser realizada de modo que la radiación de energía se restrinja al área de servicio requerida, incluyendo a los reemisores que complementen la cobertura del emisor principal. En el presente proyecto, dado que el objetivo es sólo seleccionar los emplazamientos suficientes para un determinado objetivo de cobertura, no realizaremos dicha selección de parámetros de emisión.

■ **Esquema de modulación**

Para resolver los problemas de recepción en entornos en los que la propagación radioeléctrica multitrayecto es muy acusada como es el caso de la recepción en redes de frecuencia única, el sistema de modulación empleado en la Televisión Digital Terrena es el sistema COFDM.

El sistema COFDM tiene dos modos de operación: 2k y 8k. No existe ninguna diferencia de prestaciones entre ambos modos de operación, sino que son dos versiones del mismo sistema cada una preparada para operar en distintas condiciones de propagación.

El primero de estos modos está indicado para utilizarse en redes de frecuencia única muy densas (distancias entre transmisores del orden de 10 a 20 Km) y el segundo para redes de frecuencia única poco densas (distancias entre transmisores del orden de 40 a 80 Km). Para el caso de redes de frecuencia múltiple se pueden emplear ambos métodos. En España se ha optado por emplear el modo 8k tanto para redes de frecuencia única como para redes multifrecuencia.

Para la definición del servicio en los aspectos relacionados con la estructura de trama y codificación y modulación del canal, se han utilizado los siguientes parámetros, definidos en la especificación ETSI ETS 300 744:

- Número de portadoras: el modo 8k opera con 6.817 portadoras (de las cuales 6.048 son útiles). La longitud del intervalo útil corresponde a 896 μ s.
- Modulación de portadora: 64-QAM.
- Tasa de protección del código convolucional (FEC): 2/3.
- Duración del intervalo de guarda: $\frac{1}{4}$ de la longitud del intervalo útil, 224 μ s.

■ **Parámetros de transmisión**

- Potencia radiada aparente (PRA). Para las simulaciones realizadas para este servicio, se han utilizado los distintos niveles de PRA especificados en el Plan Técnico Nacional para cada red.
- Sistemas radiantes de emisión. Dado que, como ya hemos comentado, el objeto de las simulaciones realizadas es, en último término, una planificación de emplazamientos por objetivos de cobertura, sin tener en cuenta áreas de solapamiento, no consideraremos discriminaciones por diagramas de radiación. De este modo, para todos los transmisores, se ha considerado una antena omnidireccional sin ganancia, ya que se ha trabajado con PRA's.

■ Características de recepción

Los datos técnicos utilizados en la planificación de red llevada a cabo han sido obtenidos, fundamentalmente, del Informe de Chester 97. Asimismo, se han utilizado datos obtenidos de diversas Recomendaciones del ITU-R.

En relación con los aspectos de cobertura del servicio TDT, se definen los siguientes parámetros:

- Condiciones de recepción
- Relación C/N
- Intensidad de campo mediano mínimo

que se exponen a continuación.

- Condiciones de recepción

De acuerdo a los requisitos de calidad del servicio se ha considerado recepción con antenas fijas, utilizando antenas situadas a una altura de 10 metros.

- Relación C/N

El valor requerido depende del esquema de modulación, de la tasa de protección del código convolucional y del canal de propagación considerado. Los valores a utilizar en las diferentes estimaciones realizadas en este estudio se han tomado de la tabla de valores de C/N mínima establecida por la norma ETS 300 744. Estos valores de referencia han sido incrementados en +3 dB para compensar los efectos de implementación del receptor. Este valor es el que se utiliza en todos los foros como más probable:

MODULACION	FEC	GAUSSIANO	RICE	RAYLEIGH
64 QAM	2/3	19,5	20,1	22,3

La elección de los valores adecuados exige determinar el tipo de canal que mejor caracteriza el medio de propagación entre el transmisor y el receptor. En condiciones de recepción fija, se considera que la antena receptora tiene visibilidad directa con el centro emisor o bien existe obstrucción (primera zona de Fresnel) debido al terreno. En estas condiciones, al receptor llega una señal principal y, ocasionalmente, varias señales aleatorias debidas al multitrayecto. La

primera situación puede ser caracterizada, generalmente, mediante una distribución estadística Gaussiana aunque, en entornos urbanos, es posible encontrar ambas, en cuyo caso, la distribución Rice es más apropiada.

Teniendo en cuenta lo anterior, en recepción fija se han utilizado valores de C/N correspondientes a canal Rice, en entornos urbanos, suburbanos y rurales.

- Intensidad de campo mediano mínimo

La obtención de este valor parte de los valores C/N indicados previamente. Debido a la rápida transición entre la situación de buena a mala recepción que caracteriza a los sistemas digitales, este nivel mínimo de señal debe ser obtenido en un porcentaje de ubicaciones del 95 % (correspondiente a una calidad de recepción buena) y 50% del tiempo (mediano).

Los valores utilizados, sobre la base de las condiciones de recepción consideradas son:

Banda V (800 MHz) FEC 2/3		
Tipo de recepción	Canal	Campo
Fija (antena de tejado)	RICE	58 dB μ V/m

Los parámetros de planificación utilizados para la realización de los estudios de cobertura han sido:

- Pérdidas en los cables de alimentación (recepción fija): 5 dB
- Ganancia de la antena receptora (recepción fija): 12 dB
- Factores de corrección de localidad (95%): 9 dB
- Corrección por altura de la antena receptora: 0 dB (recepción fija), 12 dB (recepción portátil)

■ Antenas de recepción

La directividad de las antenas de recepción a utilizar en la planificación es la especificada en la Rec. ITU-R 419. El valor de la ganancia, usado en la determinación de los valores de campo mínimo mediano es de 12 dB para el caso de recepción fija, tal y como se especifica en Chester 97.

4.2. PARÁMETROS DEL ESTUDIO

A modo de resumen de todo lo dicho anteriormente, presentamos en la tabla siguiente los valores de los parámetros del estudio para el servicio de Televisión Digital Terrenal TDT.

Parámetro	Valor
PRA (kW)	PRA máxima. Plan Téc. Nac TDT
Altura antena Tx	20-30m
Ganancia de antena RX (dB)	12
Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	5
Altura antena Rx	10 m
Relación C/N	20,1
Factores de corrección de localidad (95%)	9dB
Corrección para receptor fijo (10m)	0dB
Campo mediano mínimo (dB μ V/m)	58
Pérdidas por vegetación (para aplicar en capa clutter)(*)	6.3dB
Corrección adicional en entornos urbanos (para aplicar en capa clutter)	5.6dB

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la Rec. ITU-R P833, considerando una d de 40m.

4.3. BANDAS DE FRECUENCIA

El *Real Decreto 2169/1998*, de 9 de octubre, por el que se aprueba el *Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrenal*, en su artículo 1, establece que las bandas de frecuencia para la explotación del servicio TDT son las siguientes:

- 470 a 758 MHz (canales 21 a 56)
- 758 a 830 MHz (canales 57 a 65)
- 830 a 862 MHz (canales 66 a 69)

El *Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrenal*, en su artículo 1, también establece:

- Los canales múltiples de la banda de frecuencias 830 a 862 MHz se destinan al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito nacional.
- Los canales múltiples de la banda de frecuencias 758 a 830 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito territorial autonómico y provincial y de redes de transmisor único de cobertura local.
- Los canales múltiples de la banda de frecuencias 470 a 758 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes multifrecuencia y de redes de transmisor único de cobertura local.

Para la realización de las simulaciones presentadas en este documento de aprobación inicial, se ha considerado la frecuencia central del grupo de canales más desfavorable: 850 MHz.

4.4. CONSIDERACIONES DE PROPAGACIÓN

Los métodos aplicados en las estimaciones de cobertura radioeléctrica deben ser coherentes con las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, así como con el entorno de propagación.

El requisito básico es proporcionar servicio TDT para recepción fija al 95% de la población.

En cuanto al entorno de propagación, conocido éste y seleccionado el valor del campo mediano mínimo a proteger, deben utilizarse los métodos de estimación adecuados que caractericen del modo más aproximado posible el medio existente entre el emisor y el receptor.

De acuerdo a estas premisas, el método de estimación de las pérdidas de propagación empleado en el proceso de planificación ha sido el establecido por la ITU en su Rec. ITU-R P.526.

5. SUBMODELOS DE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL

5.1. SUBMODELO DE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL GSM 900

5.1.1. Consideraciones generales

La caracterización del servicio GSM se ha basado en las especificaciones elaboradas y editadas por el ETSI. La descripción que sigue trata, básicamente, de la interfaz radio o capa física del servicio.

Como marco general de la capa física se indican a continuación sus especificaciones fundamentales y aspectos operativos de mayor relieve.

Banda de frecuencias

- Transmisión estación móvil 890-915 MHz
- Transmisión estación base 935-960 MHz

Separación duplex: 45 MHz

Separación de canales: 200 KHz, que proporciona un valor mínimo de selectividad de canal RF adyacente dentro del sistema igual a 18dB. Los valores correspondientes a los segundos y terceros canales son, respectivamente, 50dB y 58dB como mínimo.

Modulación: La modulación es GMSK con $B_bT=0,3$ y velocidad de modulación 270,83 Kbit/s en RF, con un rendimiento espectral aproximado de 1 bit/s/Hz.

Clase de emisión: 271 K F 7 W

Relación de protección. La relación de protección cocanal $R_p = 9$ dB.

Retardo compensable máximo: 223 μ s

Dispersión Doppler: Pueden compensarse la dispersión Doppler del canal hasta velocidades del móvil de 200 km/h.

PIRE máxima de la estación base: 500 W por portadora.

Dispersión temporal. Puede ecualizarse una dispersión temporal hasta 16 μ s.

Codificación de canal. Se utiliza un código bloque detector y un código convolucional corrector de errores, con entrelazado de bits para combatir las ráfagas de errores.

Potencia nominal de las estaciones móviles. Hay diversos tipos de estaciones, con potencias de cresta iguales a 2, 5, 8 y 20 W.

Estructura celular y reutilización. La estructura celular es sectorizada, de tipo 3/9 ó 4/12 en medios urbanos. En medios rurales las células son omnidireccionales. El radio celular varía entre 35 km (zonas rurales) y 1km (zonas urbanas).

Acceso múltiple. Se utiliza TDMA con 8 intervalos de tiempo por trama. La duración de cada intervalo es de 0,577 ms. La trama comprende 8 canales físicos que transportan los canales lógicos de tráfico y señalización asociada al canal. Se han establecido también estructuras de multitrama para señalización por canal común.

Canales de tráfico. Hay dos clases de canales de tráfico para voz y datos, respectivamente.

- Canal de tráfico para voz. Se han definido canales de velocidad total y de velocidad mitad para los cuales el codec vocal proporciona señales de 13 kbit/s y 6,5 kbit/s, respectivamente.
- Canal de tráfico para datos. Se sustentan servicios de datos de tipo transparente a velocidades de 2,4; 4,8 y 9,6 kbit/s con diferentes procedimientos de adaptación de velocidad, codificación de canal y entrelazado.

Se admiten servicios de datos de naturaleza no transparente con una velocidad neta de 12,0 kbit/s.

Canales de control. Se han establecido tres categorías de canales de control:

- Difusión
- Comunes
- Dedicados

Protecciones radioeléctricas. Bajo mandato de la red, los móviles pueden efectuar sus transmisiones cambiando de frecuencia de una trama a otra. A esta modalidad de funcionamiento se le llama saltos de frecuencia FH (Frequency Hopping). Se consigue así una mejora de la calidad ya que la FH produce un efecto similar al de la diversidad de frecuencia y, además reduce el número de fuentes de interferencia.

Puede también utilizarse la técnica de transmisión discontinua (DTX) en virtud de la cual únicamente hay emisión de señal RF cuando el usuario está hablando. De esta forma se reduce el nivel de interferencia y se prolonga la duración de la batería.

Selección de célula. En situaciones de reposo el móvil está vinculado a una célula, de forma que pueda interpretar con gran fiabilidad las señales de control del enlace descendente y, asimismo con gran probabilidad, establecer una comunicación por el enlace ascendente.

La condición para efectuar la selección de célula se basa en criterios de pérdida de propagación. Si se rebasa un umbral de pérdidas, o si el móvil es incapaz de decodificar los bloques de control o de efectuar el acceso a la estación base, inicia el proceso de reelección.

Localización automática. Se efectúa mediante la evaluación, por parte del móvil, de la señal de control y la devolución de su identidad a la red.

La localización automática debe ser posible entre los centros de conmutación del servicio móvil (MSC) de cada país y entre países.

Conmutación en curso. La conmutación en curso o traspaso asegura la continuidad de una comunicación cuando el móvil pasa de la zona de cobertura de una célula a la de otra. Puede también emplearse para aliviar una congestión de tráfico (traspaso gobernado por la red). El traspaso puede hacerse entre un canal de una célula y otro de una adyacente o entre canales de la misma célula.

La estrategia de traspaso se basa en el control del enlace mediante mediciones efectuadas por las estaciones móvil y base. El móvil supervisa el nivel y calidad de la señal descendente enviada por la estación base que le atiende, así como de las células vecinas. La estación base supervisa el nivel y calidad de la señal ascendente para cada móvil. Las mediciones de nivel se utilizan también para el control de la potencia de RF. Es posible el traspaso entre diferentes zonas de localización y centrales MSC pertenecientes a la misma PLMN.

Señalización. La señalización entre las estaciones base y la MSC sigue un procedimiento estructurado, similar al de la ISDN. Entre las MSC se utiliza el Sistema de señalización núm. 7 del UIT-T.

Numeración. El plan de numeración es conforme con las Recomendaciones de la Serie E del UIT-T.

Seguridad. Se ha establecido una técnica de cifrado para las comunicaciones de voz y datos así como un complejo sistema de autenticación para el acceso al sistema por parte de los terminales.

5.1.2. Parámetros del estudio

A modo de resumen, presentamos en la tabla siguiente los valores de los parámetros del estudio para el servicio móvil GSM.

	Parámetro	DL	UL	Relaciones
A	Potencia del transmisor (dBm)	40	33	
B	Pérdidas en Tx(dBm)	1,5	0	
D	Ganancia de antena TX (dBi)	15	0	
E	PIRE (dBm)	52	33	$E=A-B+D$
F	Sensibilidad del Rx (dBm)	-102	-104	
G	Pérdidas por el cuerpo humano (dB)	2	2	
H	Margen de degradación por interferencia (dB)	3	3	
I	Margen log-normal (dB)	9	9	$I=k(L) \cdot \sigma_L$
J	Pérdidas en Rx (dB)	0	4	
K	Ganancia de antena RX (dB)	0	15	
L	Ganancia por diversidad (dB)	0	5	
M	Potencia isotropa (dBm)	-88	-106	$M=F+G+H+I+J-K-L$
N	Log(f) (MHz)	60	59	
O	Campo mediano en recepción (dBu)	49	30	$O=M+N+77$
P	Atenuación compensable (dB)	140	139	$P=E-M$

El cuadro típico de balance de enlaces presentado en la tabla anterior está basado en el que figura en la Rec. GSM 05.05. Dicho cuadro ha sido preparado con las siguientes hipótesis:

Factor de ruido

Antena de BS $F_a=8\text{dB}$

Antena de MS $F_a=10\text{dB}$

Receptor de BS $F_r=8\text{dB}$

Receptor de BS $F_r=10\text{dB}$

Sensibilidades

Receptor de BS $S = -104\text{dBm}$

Receptor de MS $S = -102\text{dBm}$

Margen por degradación de $C/I_c = 3\text{dB}$

Margen log-normal correspondiente a $L = 90\%$ de cobertura perimetral, con $\sigma_L = 7\text{dB}$

Frecuencias típicas (promedio de la banda)

Enlace descendente (DL) $f = 948\text{MHz}$

Enlace ascendente (UL) $f = 903\text{MHz}$

Ganancias de antenas

Estación base: 15dBd en transmisión y recepción. Se supone que en la recepción en la BS hay una ganancia por diversidad igual a 5 dB.

Estación móvil: 0dBd en transmisión y recepción.

Pérdidas en terminales

Estación base, transmisión: 3dB

Estación base, recepción: 4 dB

Potencias de transmisión

En BS: 10W (40dBm)

En MS: 2W (33dBm)

5.1.3. Banda de frecuencias

La banda de frecuencias utilizada para el servicio móvil GSM es la siguiente:

- Transmisión estación móvil 890-915 MHz
- Transmisión estación base 935-960 MHz

Los estudios han sido realizados para una frecuencia de 930MHz.

5.1.4. Consideraciones de propagación

Como ya comentamos, el método más utilizado para la predicción radioeléctrica en radiocomunicaciones móviles a estas frecuencias es Okumura-Hata. Este método es muy prolijo y, en algunos aspectos, subjetivo, pero proporciona resultados bastante acordes con las mediciones, por lo que viene siendo utilizado por numerosos usuarios de diferentes países. Sin embargo, este método es aplicable cuando el transmisor se encuentra en entornos urbanos: grandes centros metropolitanos, ciudades de tipo medio y áreas suburbanas con densidad de arbolado moderada. Dado que los métodos aplicados en las estimaciones de cobertura radioeléctrica deben ser coherentes con las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, así como con el entorno de propagación, para el caso que nos ocupa, donde las estaciones se encuentran en entornos rurales, el método que mejor puede predecir resultados de cobertura es Epstein-Peterson.

A este último método se le aplicará, para el servicio GSM, una capa clutter con las siguientes categorías:

Categoría	Pérdidas (dB)
Vegetación (Bosques consolidados)	7(*)
Población menor de 500 habitantes	0
Población menor de 1.000 habitantes y mayor o igual a 500 habitantes	13
Población menor de 5.000 habitantes y mayor o igual a 1.000 habitantes	16
Población menor de 20.000 habitantes y mayor o igual a 5.000 habitantes	19
Población menor de 50.000 habitantes y mayor o igual a 20.000 habitantes	25
Población mayor o igual a 50.000 habitantes	30

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la Rec. ITU-R P833, considerando una d de 40m.

5.2. SUBMODELO DE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL DCS-1800

5.2.1. Parámetros del estudio

Para la parametrización del estudio consideramos las siguientes hipótesis, obtenidas, principalmente de la Rec. GSM 05.05.

Sensibilidades. Según la GSM 05.05:

Receptor de BS $S = -104\text{dBm}$

Receptor de MS $S = -100\text{dBm}$

Margen por degradación de $C/I_c = 3\text{dB}$

Margen log-normal correspondiente a $L = 90\%$ de cobertura perimetral, con $\sigma_L = 8\text{dB}$.

Frecuencias típicas (promedio de la banda)

Enlace descendente (DL) $f = 1843\text{ MHz}$

Enlace ascendente (UL) $f = 1748\text{ MHz}$

Ganancias de antenas

Estación base: 15dBd en transmisión y recepción. Se supone que en la recepción en la BS hay una ganancia por diversidad igual a 5 dB .

Estación móvil: -3dBd en transmisión y recepción.

Pérdidas en terminales

Estación base, transmisión: 3dB

Estación base, recepción: 4 dB

Potencias de transmisión

En BS: 10W (40dBm)

En MS: 1W (30dBm)

A modo de resumen, presentamos en la tabla siguiente el cuadro típico de balance de enlaces, con los valores de los parámetros del estudio para el servicio móvil DSC-1800.

	Parámetro	DL	UL	Relaciones
A	Potencia del transmisor (dBm)	40	30	
B	Pérdidas en Tx (dB)	3	0	
D	Ganancia de antena TX (dBi)	15	0	
E	PIRE (dBm)	52	30	$E=A-B+D$
F	Sensibilidad del Rx (dBm)	-100	-104	Tomada de la Rec. GSM 05.05
G	Pérdidas por el cuerpo humano (dB)	2	2	
H	Margen de degradación por interferencia (dB)	3	3	
I	Margen log-normal	10	10	$I=k(L) \cdot \sigma_L$
J	Pérdidas en Rx (dB)	0	4	
K	Ganancia de antena RX (dB)	0	15	
L	Ganancia por diversidad (dB)	0	5	
M	Potencia isotrópica (dBm)	-85	-105	$M=F+G+H+I+J-K-L$
N	Log(f) (MHz)	65,3	64,8	
O	Campo mediano en recepción (dBu)	57,5	37	$O=M+N+77,2$
P	Atenuación compensable (dB)	137	135	$P=E-M$

5.2.2. Banda de frecuencias

El CNAF, en su UN48, especifica que se reservan para el sistema DCS-1800 las bandas de frecuencia 1710 a 1785 MHz junto con 1805 a 1880 MHz, correspondiendo:

- Para el Down Link, la banda de 1805 a 1880 MHz
- Para el Up Link, la banda de 1710 a 1785 MHz

5.2.3. Consideraciones de propagación

El método más utilizado para la predicción radioeléctrica en radiocomunicaciones móviles a estas frecuencias y con estas modulaciones es una extensión de Okumura-Hata. La fórmula original de Hata es válida para frecuencias inferiores a 1.500MHz. Sin embargo, dada la necesidad que la telefonía móvil DECT y DCS-1800 generaron por funcionar en la banda de 1.800MHz, el grupo COST 231 propuso una extensión de la fórmula de Hata sobre la base de mediciones de señal. Esta extensión proporciona un modelo de propagación sencillo para usar en esta banda. Es el método denominado "COST 231-Hata". Sin embargo, al igual que en el método original de Hata, este método es aplicable en entornos urbanos: grandes centros metropolitanos, ciudades de tipo medio y áreas suburbanas con densidad de arbolado moderada.

Los métodos aplicados en las estimaciones de cobertura radioeléctrica deben ser coherentes con las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, así como con el entorno de propagación. Y por ello, para el caso que nos ocupa, donde las estaciones se encuentran en entornos rurales, el método que mejor puede predecir resultados de cobertura es Epstein-Peterson, igual que en el caso de GSM900.

A este método se le aplicará, para el servicio DCS 1800 una capa clutter con las siguientes categorías:

Categoría	Pérdidas (dB)
Vegetación (Bosques consolidados)	14(*)
Población menor de 500 habitantes	0
Población menor de 1.000 habitantes y mayor o igual a 500 habitantes	14
Población menor de 5.000 habitantes y mayor o igual a 1.000 habitantes	17
Población menor de 20.000 habitantes y mayor o igual a 5.000 habitantes	20
Población menor de 50.000 habitantes y mayor o igual a 20.000 habitantes	26
Población mayor o igual a 50.000 habitantes	32

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la ITU-R P833, considerando una d de 40m.

5.3. SUBMODELO DE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL UMTS

5.3.1. Consideraciones generales

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) es el nombre que recibe en Europa el sistema de comunicaciones móviles que permite a sus clientes tener acceso a un conjunto de servicios en su versión más evolucionada, con acceso a la red Internet y con facilidades multimedia. UMTS (o más en general, el IMT-2000 *International Mobile Telecommunications*, como se denomina la familia de sistemas relacionados) es uno de los elementos en los que se apoya el desarrollo de la sociedad de la información.

Uno de los aspectos característicos de la tecnología UMTS son sus diferentes servicios finales y portadores:

- **Servicios Finales**

Los servicios finales hacen uso de los servicios portadores para la transmisión y se definen como aquellos que se encuentran a disposición del usuario, como telefonía, Internet, correo electrónico, etc. Al ser ofrecidos por el operador y ser percibidos directamente por el usuario, los servicios finales permiten diferenciar y segmentar el mercado.

Tipo de Servicio	Sentido comunicación	Simetría	Retardo		BER	Ejemplos (Servicios Finales)
			Tamaño	Retraso		
<i>Conversacionales</i>	Bidireccional	Simétrico	Bajo	Constante	No crítico	Voz, videoteléfono
<i>Afluente (streaming)</i>	Unidireccional		No crítico	Constante	Moderado	Video
<i>Interactivos</i>	Bidireccional	Asimétrico	Moderado	Constante	Baja	Navegación internet
<i>Diferidos (background)</i>	Bidireccional	Asimétrico	No crítico	No crítico	Muy baja	E-Mail, descarga datos

- **Servicios Portadores**

Los servicios portadores, como se ha mencionado anteriormente, son servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad de transmisión a los servicios finales. Este tipo de servicios pueden basarse en conmutación de circuitos (CS) o en conmutación de paquetes (PS), transmitir voz o datos y facilitar varias velocidades binarias (8kbps, 12kbps, 64 kbps, 144 kbps, 384 kbps ó 2048 kbps) en función del servicio final demandado por el usuario y de las condiciones dinámicas de la red UMTS.

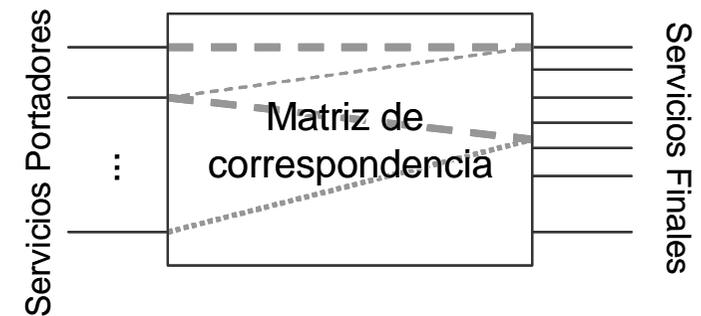
De este modo, siempre se puede definir una matriz de correspondencia entre los servicios finales y los servicios portadores como se representa en la siguiente figura:

Considerando esta matriz de correspondencia entre los servicios finales y los servicios portadores, se pueden distinguir los siguientes casos:

Servicio de voz a 12 kbps.

Servicios de datos a 64 kbps, 144 kbps, 384 kbps y 2048 kbps.

Para las simulaciones realizadas se han considerado, únicamente, el servicio de datos a 384kbps.



5.3.2. Parámetros del estudio

El objetivo de este apartado es determinar los parámetros del estudio obteniendo en particular el campo umbral (sensibilidad del receptor) y la atenuación compensable correspondiente a cada tipo de servicio final posible.

A continuación se describen las hipótesis consideradas para realizar el balance de enlace:

1. Se estudian los servicios de datos con conmutación de circuitos (LCD) para cada una de las tasas binarias indicadas anteriormente, al resultar sensibilidades de receptor más restrictivas que en el caso de transmisión de datos con conmutación de paquetes (UDD).
2. Los valores considerados para la relación E_b/N_0 objetivo son los más restrictivos para cada uno de los servicios bajo estudio.
3. Las potencias de pico del terminal móvil dependen del tipo de información transmitida, esto es, 21 dBm para voz y 24 dBm para datos. Para calcular la potencia de transmisión en el UL es necesario introducir un margen de potencia debido a las pérdidas por el control de potencia en bucle cerrado (2 – 6 dB).

4. La potencia máxima por portadora de la estación base es 43 dBm para macrocélulas ó 30 dBm para micro y picocélulas. En el cálculo de la potencia de transmisión en el DL se considera un margen de potencia en función del porcentaje de potencia para canales de control (PC = 5 – 10 %) y del porcentaje para móviles en traspaso (PT = 65 %) según la siguiente relación:

$$\text{Margen de potencia (dB)} = P_{max} + 10 \log [(1/(1+PC))^{*}(1/(1+PT))]$$

5. Las ganancias de antena del terminal móvil dependen del tipo de información transmitida, esto es, 0 dBi para voz y 2 – 3 dBi para datos.
6. El margen de interferencia en el receptor depende tanto del factor de carga (X) como del porcentaje del factor de ortogonalidad en el cálculo del DL. Sin embargo, en el UL la ortogonalidad no influye y por tanto:

$$\text{Margen de interferencia (dB)} = 10 \log [1/(1-X)]$$

7. Teniendo en cuenta que el método que se emplea es el Xia, un método teórico-empírico, para la predicción de la pérdida básica de propagación es necesario considerar un margen con variación log-normal (desvanecimiento lento) para asegurar la cobertura en un L % de ubicaciones durante un T % de tiempo. Despreciando la variación temporal, para L = 90 % y considerando una desviación típica de 8 dB para la banda 2000 de UMTS:

$$\text{Margen log-normal (dB)} = k (90) * 8$$

8. Las pérdidas por el cuerpo dependen del tipo de servicio (voz o datos) debido a la posición del terminal móvil, esto es 2 – 3 dB para voz y 0 dB para datos.
9. Para el resto de los parámetros se consideran valores típicos.

En las tablas siguientes se presenta los balances de enlace para el servicio de voz a 12kbps y el servicio de datos a 384kbps respectivamente.

Parámetro		UL	DL	Relaciones
A	Régimen binario (bit/s)	12200	12200	
B	Potencia canales de tráfico (dBm)	21	43	
C	Margen de potencia (dB)	4	18,06	
D	Potencia media tráfico/usuario (dBm)	17	24,94	B-C
E	Ganancia de antena TX (dBi)	0	15	
F	Pérdidas en cables y conectores TX (dB)	0	2,5	
G	PIRE	17	37,44	D+E-F
H	Ganancia de antena RX (dB)	15	0	
I	Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	2,5	0	
J	Factor de ruido RX (dB)	5	8	
K	Densidad de ruido (dBm)	-169	-166	-174+J
N	Relación Eb/No objetivo (dB)	5,3	7	
O	Desviación típica del control de potencia (dB)	1,5	1,5	
P	Relación Eb/No efectiva (media) (dB)	5,56	7,26	$N+(LN(10)/20)*O^2$
L	Factor de carga (%)	70	50	
M	Margen de interferencia (dB)	5,23	1,01	
Q	Sensibilidad receptor (dBm)	-117,35	-116,87	P+K+M+10*logA
R	Margen log-normal (dB)	10,2	10,2	
S	Ganancia por SHO desv. por sombra (dB)	5	5	
T	Ganancia por SHO desv. por multirayecto (dB)	2	2	
U	Ganancia por diversidad de recepción (dB)	3	0	
W	Pérdidas por el cuerpo (dB)	2	2	
X	Atenuación compensable (dB)	144,65	149,11	G+H-I-Q-R+S+T+U-W

Parámetro		UL	DL	Relaciones
A	Régimen binario (bit/s)	384000	384000	
B	Potencia canales de tráfico (dBm)	24	43	
C	Margen de potencia (dB)	4	18,06	
D	Potencia media tráfico/usuario (dBm)	20	24,94	B-C
E	Ganancia de antena TX (dBi)	2	15	
F	Pérdidas en cables y conectores TX (dB)	0	2,5	
G	PIRE	22	37,44	D+E-F
H	Ganancia de antena RX (dB)	15	2	
I	Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	2,5	0	
J	Factor de ruido RX (dB)	5	8	
K	Densidad de ruido (dBm)	-169	-166	-174+J
L	Factor de carga (%)	65	65	
M	Margen de interferencia (dB)	4,56	1,32	
N	Relación Eb/No objetivo (dB)	2,9	3,2	
O	Desviación típica del control de potencia (dB)	1,5	1,5	
P	Relación Eb/No efectiva (media) (dB)	3,16	3,46	$N+(LN(10)/20)*H^2$
Q	Sensibilidad receptor (dBm)	-105,44	-105,38	P+K+M+10*logA
R	Margen log-normal (dB)	10,2	10,2	
S	Ganancia por SHO desv. por sombra (dB)	5	5	
T	Ganancia por SHO desv. por multitrayecto (dB)	2	2	
U	Ganancia por diversidad de recepción (dB)	3	0	
W	Pérdidas por el cuerpo (dB)	0	0	
X	Atenuación compensable (dB)	139,74	141,62	G+H-I-Q-R+S+T+U-W

5.3.3. Bandas de frecuencia

El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, en su Nota de Utilización Nacional UN-48, para la banda de 2000MHz especifica que las bandas de frecuencias 1900 - 1980 MHz, 2010 - 2025 MHz y 2110 - 2170 MHz se destinan para la componente terrenal de los sistemas móviles de tercera generación (UMTS/IMT-2000) de acuerdo con la Decisión 97(07) del Comité Europeo de Radiocomunicaciones.

Así mismo, especifica que las bandas 1980 - 2010 MHz y 2170 - 2200 MHz, se destinan para la componente espacial de dichos sistemas.

Además, la CMR-2000 ha identificado, entre otras, la banda de frecuencias 1710-1885 MHz para futuras ampliaciones de los sistemas de tercera generación IMT-2000/UMTS.

5.3.4. Consideraciones de propagación

Dadas las características de modulación y frecuencia utilizadas por esta tecnología, el método de predicción más utilizado es Xía. Sin embargo, considerando que los métodos aplicados en las estimaciones de cobertura radioeléctrica deben ser coherentes tanto con las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, como con el entorno de propagación, para el caso que nos ocupa, donde las estaciones se encuentran en entornos rurales, el método que mejor puede predecir resultados de cobertura, al igual que en el caso de GSM y DCS, es Epstein-Peterson.

A este método se le aplicará, para el servicio UMTS una capa clutter con las siguientes categorías:

Categoría	Pérdidas (dB)
Vegetación (Bosques consolidados)	14(*)
Población menor de 500 habitantes	0
Población menor de 1.000 habitantes y mayor o igual a 500 habitantes	14
Población menor de 5.000 habitantes y mayor o igual a 1.000 habitantes	17
Población menor de 20.000 habitantes y mayor o igual a 5.000 habitantes	20
Población menor de 50.000 habitantes y mayor o igual a 20.000 habitantes	26
Población mayor o igual a 50.000 habitantes	32

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la ITU-R P833, considerando una d de 40m.

5.4. SUBMODELO DE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL LTE

5.4.1. Consideraciones generales

LTE (Long Term Evolution) es el nombre que recibe el nuevo estándar de la norma **3GPP**, una norma que puede ser definida como una evolución de la norma 3GPP **UMTS** (3G), o como un nuevo concepto de arquitectura evolutiva (4G). Se prevé que LTE sea la clave para el despegue de internet móvil, servicios que impliquen transmisión de datos a más de 300 metros y videos de alta definición.

La novedad de LTE es la interfaz radioeléctrica basada en OFDMA para el enlace descendente (DL) y **SC-FDMA** para el enlace ascendente (UL). La modulación elegida por el estándar 3GPP hace que las diferentes tecnologías de antenas (**MIMO**) tengan una mayor facilidad de implementación, pudiendo conseguir, según el entorno, incluso cuadruplicar la eficacia de transmisión de datos.

5.4.2. Parámetros del estudio

El sistema LTE ha sido diseñado con un conjunto de características que permiten incrementar la capacidad de la interfaz radio respecto a los sistemas anteriores. Estas características, no obstante, introducen una mayor complejidad en el diseño y planificación de este tipo de redes, que llevan a la necesidad de utilizar simulaciones de sistema como parte de la planificación radio. Entre las características que influyen de manera más directa en la planificación pueden destacarse la modulación y codificación adaptativas (AMC), la planificación de usuarios (scheduling) dependiente del canal radio, las técnicas de reutilización de frecuencia avanzadas y la coordinación de interferencia entre estaciones base. Aunque en menor medida que los sistemas CDMA, la tecnología LTE también da lugar al fenómeno de "respiración celular", o relación entre capacidad y cobertura.

Un estudio simplificado para la obtención de estimaciones de cobertura de la red, basado en balances de enlace y cálculo de atenuación, debe llevarse a cabo por separado para cada sentido de transmisión, es decir, para los enlaces ascendente y descendente. A continuación se describe el estudio para ambos enlaces: ascendente y descendente.

■ Enlace Ascendente

Potencia máxima de transmisión Igual que en otros sistemas, se definen diferentes clases de terminales con distintas potencias máximas de transmisión.

Pérdidas en transmisor Incluyen atenuación del cuerpo del usuario.

Parámetro		UL	Relaciones
A	Potencia máxima de transmisión (dBm)	23	
B	Ganancia de antena transmisora (dBi)	0	
C	Pérdidas en transmisor (dB)	3	
D	PIRE (dBm)	20	A+B-C
E	Ganancia de antena receptora (dBi)	18	
F	Pérdidas en receptor (dB)	1	
G	Factor de ruido (dB)	2	
H	Densidad de ruido (dBm/Hz)	-172	-174+G
I	Ancho de banda utilizado (Hz)	360000	
J	SINR necesaria	-7	
K	Sensibilidad receptor (dBm)	-123.4	H+10log(I)+J
L	Margen de interferencia (dB)	1	
M	Margen log-normal (dB)	10.20	En función de σ
N	Pérdidas por penetración en interiores (dB)	8	
P	Atenuación compensable (dB)	141.2	D+E-F-K-L-M-N

Factor de ruido El requisito de factor de ruido de la estación base, según las especificaciones de LTE, es de unos 5 dB, pero es habitual considerar valores más bajos, de hasta 2 dB, especialmente si se emplean amplificadores de bajo ruido instalados en el mástil.

SINR necesaria El valor de la relación señal a ruido más interferencia (SINR) se obtiene a partir de simulaciones de enlace o de medidas. Depende de los formatos de transmisión (modulación y codificación) utilizados, de la tasa binaria considerada y del ancho de banda utilizado para el servicio. Por ejemplo, un mismo servicio con una tasa binaria dada podrá prestarse con menor SINR si se dispone de más ancho de banda para dicho servicio, ya que podrán utilizarse formatos de transmisión más robustos. La SINR necesaria tiene en cuenta la sobrecarga introducida por los canales de control transmitidos en sentido ascendente (igual que ocurre con la EB=N0 en el caso de UMTS). Asimismo, la ganancia por diversidad de antena se considera, en su caso, incluida en el valor de SINR.

Ancho de banda utilizado En el enlace ascendente de LTE el ancho de banda total de transmisión se comparte dinámicamente entre los usuarios. En el balance de enlace es preciso suponer un ancho de banda fijo para el servicio considerado. Este ancho de banda debe ser múltiplo de 180 kHz, que es la ocupación espectral de un bloque de recursos resource block, el cual representa la unidad mínima de asignación de ancho de banda en LTE.

Margen de interferencia Es equivalente al incremento de ruido utilizado en sistemas CDMA, ya que representa el efecto de la interferencia de los demás usuarios sobre el receptor de la estación base. A diferencia de lo que ocurre en UMTS, los canales ascendentes de LTE son ortogonales dentro de una misma célula/sector, y por tanto la interferencia está producida únicamente por usuarios de otras células/sectores. En este sentido, el margen de interferencia utilizado en LTE guarda cierta similitud con el empleado en GSM. El nivel de interferencia existente depende de las técnicas de reutilización empleadas, y de las técnicas de coordinación de interferencia entre bases que emplee el operador, pero en todo caso es menor que en sistemas CDMA. (Por el mismo motivo, la dependencia entre capacidad y cobertura en LTE es también menos acusada).

■ Enlace Descendente

Fracción de potencia para canales de control Parte de la potencia transmitida por la base se destina a canales de control descendentes, y debe descontarse de la potencia total para obtener la potencia dedicada a canales de tráfico. Habitualmente se considera que los canales de control consumen entre un 10% y un 25% de la potencia total.

Pérdidas en receptor Incluyen atenuación del cuerpo del usuario.

Factor de ruido El factor de ruido del terminal móvil varía entre 6 y 11 dB.

SINR necesaria Igual que en el enlace ascendente, el valor requerido para la SINR se obtiene a partir de simulaciones de enlace o de medidas. Depende de los formatos de transmisión utilizados, de la tasa binaria considerada y del ancho de banda utilizado para el servicio. El valor de SINR considerado en sentido descendente no tiene en cuenta la sobrecarga de los canales de control transmitidos por la base, ya que ésta se considera aparte. Las posibles ganancias por diversidad de transmisión, en cambio, sí se incluyen en el valor de SINR.

Ancho de banda utilizado En el enlace descendente de LTE el ancho de banda total de transmisión se comparte dinámicamente entre los usuarios. En el balance de enlace es preciso suponer un ancho de banda fijo para el servicio considerado. Como en el caso ascendente, este ancho de banda debe ser múltiplo de 180 kHz.

Parámetro		DL	Relaciones
A	Potencia de transmisión (dBm)	46	
B	Fracción de potencia para canales de control	0.2	
C	Potencia de tráfico (dBm)	47	$A-10\log(1-B)$
D	Ganancia de antena transmisora (dBi)	18	
E	Pérdidas en transmisor (dB)	2	
F	PIRE (dBm)	63	$C+D-E$
G	Ganancia de antena receptora (dBi)	0	
H	Pérdidas en receptor (dB)	3	
I	Factor de ruido (dB)	7	
J	Densidad de ruido (dBm/Hz)	-167	$-174+I$
K	Ancho de banda utilizado (Hz)	9000000	
L	SINR necesaria	-9	
M	Sensibilidad (dBm)	-106.5	$J+10\log(K)+L$
N	Margen de interferencia (dB)	4	
P	Margen log-normal (dB)	10.2	En función de σ
Q	Pérdidas por penetración en interiores (dB)	8	
R	Atenuación compensable (dB)	144.2	F+G-H-M-N-P-Q

Margen de interferencia Los canales descendentes de LTE son ortogonales dentro de una misma célula/sector, y por tanto la interferencia está producida únicamente por usuarios de otras células/sectores. En sentido descendente el margen de interferencia tiene mayor variabilidad que en el ascendente, ya que depende de la posición del usuario. Los usuarios más alejados de la base reciben más interferencia de las bases vecinas, y por tanto su margen de interferencia es mayor. Suelen considerarse valores entre 3 y 8 dB.

5.4.3. Bandas de frecuencia

En la siguiente tabla se presentan las posibles bandas de frecuencia que el sistema LTE puede utilizar, según 3GPP TS 36.101.

Common Name	E UTRA Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit		Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive		Duplex Mode
		FUL low	FUL high	FDL low	FDL high	
IMT (2100)	1	1920 MHz	1980 MHz	2110 MHz	2170 MHz	FDD
PCS-1900	2	1850 MHz	1910 MHz	1930 MHz	1990 MHz	FDD
DCS-1800	3	1710 MHz	1785 MHz	1805 MHz	1880 MHz	FDD
AWS	4	1710 MHz	1755 MHz	2110 MHz	2155 MHz	FDD
850 USA	5	824 MHz	849 MHz	869 MHz	894 MHz	FDD
850 Japan	6	830 MHz	840 MHz	875 MHz	885 MHz	FDD
IMT-E (2,6GHz)	7	2500 MHz	2570 MHz	2620 MHz	2690 MHz	FDD
E-GSM 900	8	880 MHz	915 MHz	925 MHz	960 MHz	FDD
1800 Japan	9	1749.9 MHz	1784.9 MHz	1844.9 MHz	1879.9 MHz	FDD
W-CDMA band in USA	10	1710 MHz	1770 MHz	2110 MHz	2170 MHz	FDD
1500 Japan	11	1427.9 MHz	1452.9 MHz	1475.9 MHz	1500.9 MHz	FDD
Lower ABC 700 USA	12	698 MHz	716 MHz	728 MHz	746 MHz	FDD
Upper C 700 USA	13	777 MHz	787 MHz	746 MHz	756 MHz	FDD
Public Safety 700 USA	14	788 MHz	798 MHz	758 MHz	768 MHz	FDD
...	...					
Lower BC 700 USA	17	704 MHz	716 MHz	734 MHz	746 MHz	FDD
...	...					
	33	1900 MHz	1920 MHz	1900 MHz	1920 MHz	TDD
	34	2010 MHz	2025 MHz	2010 MHz	2025 MHz	TDD
	35	1850 MHz	1910 MHz	1850 MHz	1910 MHz	TDD
	36	1930 MHz	1990 MHz	1930 MHz	1990 MHz	TDD
	37	1910 MHz	1930 MHz	1910 MHz	1930 MHz	TDD
	38	2570 MHz	2620 MHz	2570 MHz	2620 MHz	TDD
	39	1880 MHz	1920 MHz	1880 MHz	1920 MHz	TDD
	40	2300 MHz	2400 MHz	2300 MHz	2400 MHz	TDD

En España no están asignadas frecuencias aún. El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias no se ha pronunciado al respecto dado que se trata de una tecnología demasiado novedosa aún no implantada. Sin embargo, la hipótesis más probable es el uso compartido del sistema LTE y GSM en las bandas de GSM: en concreto la E GSM 900.

5.4.4. Consideraciones de propagación

Dadas las características de modulación y frecuencia utilizadas por esta tecnología, y considerando tanto las condiciones de recepción requeridas en cada momento al servicio, como con el entorno de propagación, para el caso que nos ocupa, donde las estaciones se encuentran en entornos rurales, el método que mejor puede predecir resultados de cobertura, al igual que en el resto de servicios móviles simulados, es Epstein-Peterson.

A este último método se le aplicará, para el servicio LTE, una capa clutter con las siguientes categorías:

Categoría	Pérdidas (dB)
Vegetación (Bosques consolidados)	7(*)
Población menor de 500 habitantes	0
Población menor de 1.000 habitantes y mayor o igual a 500 habitantes	13
Población menor de 5.000 habitantes y mayor o igual a 1.000 habitantes	16
Población menor de 20.000 habitantes y mayor o igual a 5.000 habitantes	19
Población menor de 50.000 habitantes y mayor o igual a 20.000 habitantes	25
Población mayor o igual a 50.000 habitantes	30

(*).- Pérdidas por vegetación calculadas a partir de la Rec. ITU-R P833, considerando una d de 40m.

6. SUBMODELO DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA

6.1. CONSIDERACIONES GENERALES

De los muchos equipos que para la red de acceso radio de este servicio existen en el mercado, hemos elegido los parámetros de equipos genéricos que cumplan características mínimas de casi cualquier fabricante. De este modo, la planificación que se obtiene de la aplicación de estos parámetros será conservadora, cumpliendo siempre la que se pueda obtener con casi cualquier equipo.

En la siguiente tabla se muestra una comparativa de características técnicas entre el sistema elegido y el sistema de la marca Aperto, uno de muchos que existen en el mercado.

Los equipos empleado para esta tecnología permiten cursar tráfico de diferentes usuarios mediante una tecnología de acceso múltiple FDMA/TDMA (multiplexación FDM/TDM en el enlace descendente) con dúplex por división de frecuencia (FDD). Un radiocanal consta de dos portadoras, una en sentido ascendente y otra descendente, que son compartidas por distintos usuarios en una estructura TDMA. Cada portadora ocupa una banda de 1.75 MHz y tiene una capacidad máxima de 4 Mb/s útiles, equivalente a dos enlaces troncales E1. Para un ancho de banda total de 20 MHz esto nos da un total de 11 portadoras.

La modulación utilizada en ambos sentidos (ascendente y descendente) es 64QAM (Quadrature Amplitude Modulation) combinada con 16TCM (Trellis-Coded Modulation). La utilización de la técnica TCM consigue incrementar la eficiencia espectral del sistema, permitiendo relaciones de protección cocanal y de canal adyacente inferiores a las que cabría esperar de un sistema 64QAM puro. Las características de los equipos son las mismas en los dos enlaces, excepto en lo que se refiere a diagramas de antena y potencia de transmisión.

6.2. PARÁMETROS DEL ESTUDIO

Los parámetros de los equipos que se deben conocer para la planificación son los siguientes:

Potencia entregada por el transmisor en la estación base: 18 dBm por portadora, independientemente del número de portadoras (no se aplica reducción por back-off)

Potencia entregada por el transmisor en la estación de usuario: ajustable en el margen -22 a 18 dBm

Pérdidas en cables y conectores en estación base: 1 dB

Ganancia de antena típica en la estación base:

Sector de 90°: 13.5 dBi

Sector de 60°: 15 dBi

Sector de 45°: 15 dBi

Sensibilidad para BER = 10-9, en estación base y de usuario: -89 dBm

Pérdidas en cables y conectores en estación de usuario: 0 dB

Relación de protección cocanal: 21 dB (BER = 10-9).

Ganancia de antena en la estación de usuario: 18 dBi

A modo de resumen, presentamos en la tabla siguiente los valores de los parámetros del estudio para el servicio de banda ancha inalámbrica.

Parámetro	DL	UL
Potencia del transmisor (dBm)	18	18
Pérdidas en terminales del transmisor (dB)	0	0
Pérdidas en el cable de antena Tx(dBm)	1	0
Ganancia de antena TX (dBi)	13	18
PIRE (dBm)	30	36
Ganancia de antena RX (dB)	18	13
Pérdidas en cables y conectores RX (dB)	0	1
Factor de ruido RX (dB)	5	5
Protección cocanal (dB)	21	21
Margen por desvanecimiento (dB)	11	11
Atenuación por lluvia (dB)	0,19	0,19
Sensibilidad receptor (dBm)	-89	-89

6.3. BANDAS DE FRECUENCIA

Los bloques de frecuencia que el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias reserva para este servicio son las siguientes:

Licencia	Frecuencias	
Licencia 1	24661 – 24717 MHz	25669 – 25725 MHz
Licencia 2	24717 – 24773 MHz	25725 – 25781 MHz
Licencia 3	24773 – 24829 MHz	25781 – 25837 MHz
Licencia 1	3400 – 3420 MHz	3500 – 3520 MHz
Licencia 2	3420 – 3440 MHz	3520 – 3540 MHz
Licencia 3	3440 – 3460 MHz	3540 – 3560 MHz

Para el presente estudio he considerado, únicamente, la banda de 3,5GHz.

6.4. CONSIDERACIONES DE PROPAGACIÓN

Debido a las altas frecuencias utilizadas, los efectos de difracción en los edificios u otros obstáculos en la propagación radioeléctrica son poco importantes, de modo que para disponer de cobertura radioeléctrica es necesario que la estación base y la estación de usuario se encuentren en condiciones de visibilidad directa o casi directa (60% de la primera zona de Fresnel despejado). Para los cálculos de cobertura supondremos que si el trayecto se encuentra obstruido no llega señal a la estación receptora.

■ Atenuación por lluvia

Si bien el efecto de la lluvia no es muy importante en la banda de 3.4 GHz, es conveniente considerar su efecto a fin de lograr una planificación más fiable. Se utilizarán datos justificados (Al menos la peor media hora de los últimos 20 años) históricos de pluviosidad para cada ciudad. Se tomará para cada ciudad el peor dato: histórico o zona UIT-R.

El cálculo de la atenuación por lluvia se hará siguiendo el método simplificado de la Rec. P. 530 del UIT-R. Este método calcula la atenuación por lluvia $A_p(d)$ (dB) superada durante un porcentaje p del tiempo de la siguiente forma. En primer lugar se calcula la atenuación excedida el 0.01% del tiempo, $A_{0.01}(d)$ a partir de la intensidad de lluvia superada el 0.01% del tiempo, $R_{0.01}$ (mm/h) y la distancia del enlace d (km)

$$A_{0.01}(d) = \gamma_{0.01} \frac{d}{1 + d/d_0} \quad (1)$$

$$\gamma_{0.01} = k R_{0.01}^x \quad (2)$$

$$d_0 = 35 e^{-0.015R_{0.01}} \quad (3)$$

A partir de $A_{0.01}(d)$ se calcula $A_p(d)$ (dB) para $0.001\% < p < 1\%$, mediante la expresión

$$A_p(d) = A_{0.01}(d) 0.12 p^{-(0.546 + 0.043 \log p)} \quad (4)$$

En nuestro caso la disponibilidad objetivo especificada es 99.995%, es decir, $p = 0.005\%$. La intensidad de lluvia $R_{0.01}$ puede obtenerse a partir de datos meteorológicos para cada ciudad o de las zonas hidrometeorológicas del UIT-R.

Considerando una frecuencia central de $f = 3.5$ GHz, los valores de k y α resultan ser:

- Polarización horizontal: $k = 0.00049253$, $\alpha = 1.0713$

- Polarización vertical: $k = 0.00044657$, $\alpha = 1.0457$

y para una distancia de 10 Km, que es la máxima distancia de cobertura prevista para el sistema, la atenuación por lluvia no superada durante el 99.995% del tiempo en Madrid (zona hidrometeorológica H del UIT-R, $R_{0.01} = 32$ mm/h) es:

- Polarización horizontal: $A = 0.19$ dB

- Polarización vertical: $A = 0.15$ dB

Aunque para distancias menores la atenuación por lluvia disminuye, debido al valor tan pequeño que resulta podemos hacer la aproximación de considerar las pérdidas por lluvia independientes de la distancia e iguales al valor máximo obtenido. Esto equivale a sumar un término constante a las pérdidas de propagación. Con ello estamos haciendo una aproximación muy buena y siempre conservadora, a la vez que simplificamos los cálculos de propagación.

■ Atenuación por gases

La atenuación producida por gases (agua y oxígeno), como se deduce del método de cálculo indicado en la Rec. P. 676 del UIT-R, no es apreciable para la banda de frecuencias considerada, por lo que no es necesario tenerla en cuenta.

■ Margen por desvanecimiento

La propagación por multitrayecto por reflexión en obstáculos del terreno (calles, edificios) tampoco es importante en este tipo de entorno, ya que las antenas se sitúan en emplazamientos elevados, y no existirán estructuras de obstáculos próximas que puedan producir reflexiones o dispersiones de la onda. Además, la elevada directividad de la antena, especialmente en la estación de usuario, favorece la atenuación de las señales que lleguen desde direcciones alejadas del eje de la misma. Si pueden tener importancia, en cambio, los desvanecimientos producidos por reflexión en capas troposféricas, cuya probabilidad de aparición es más importante cuanto mayor sea la distancia.

El fenómeno de propagación multitrayecto por reflexión en capas troposféricas tiene una variación impredecible, que debe tratarse de forma estadística. El método 1 de la Rec. 530 proporciona una forma de calcular la profundidad de desvanecimiento por multitrayecto superada durante un porcentaje de tiempo en función de la

frecuencia, distancia, inclinación del trayecto y un factor geoclimático que caracteriza la variabilidad atmosférica en la zona considerada. Dicho método se materializa en la siguiente expresión, que nos da la probabilidad de aparición de un desvanecimiento de atenuación mayor o igual que F (dB) en para unos valores de frecuencia f (GHz), distancia d (km), ángulo de inclinación ε_p (mrad) y factor geoclimático k :

$$P(F) = k \cdot d^{3.3} \cdot f^{0.89} \cdot (1 + |\varepsilon_p|)^{-1.4} \cdot 10^{-F/10} \quad (\%) \quad (5)$$

El ángulo ε_p se puede calcular como

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_t - h_r|}{d}, \quad (6)$$

y el factor geoclimático se obtiene, para regiones no montañosas, mediante la siguiente expresión empírica

$$k = P_L^{1.5} \cdot 10^{-6.5}, \quad (7)$$

donde P_L representa el porcentaje de tiempo en que el gradiente del coindice de refracción N en los 100 m inferiores de la atmósfera es menor que -100 unidades N . Para España puede tomarse un valor medio del 30%, de modo que $k = 5.1962 \cdot 10^{-5}$.

La expresión (5) expresa la probabilidad de rebasamiento en función de la profundidad de desvanecimiento. El cálculo inverso puede hacerse de forma iterativa. Fijando una probabilidad del 0.05% y utilizando $f = 3.5$ GHz, $d = 10$ km y $\varepsilon_p = 0$, obtenemos que (5) se verifica para $F = 11$ dB. Por tanto, si prevemos un margen frente a desvanecimientos de 11 dB aseguramos que el nivel recibido va a ser superior al umbral durante un 99.95% del tiempo, lo que asegura una buena calidad de recepción. Igual que en el caso de la atenuación por lluvia, este valor depende de la distancia, pero con objeto de simplificar los cálculos, y haciendo una aproximación conservadora, consideraremos este valor como una constante que se suma a las pérdidas por propagación.

■ Método de cálculo aproximado

Como resumen de lo anterior, el método de cálculo de la atenuación de propagación consiste en el siguiente:

- En condiciones de no visibilidad directa el campo recibido es nulo
- En visibilidad directa el campo se calcula sumando las pérdidas por espacio libre, el término de atenuación por lluvia A y el margen por desvanecimiento F :

$$L(d) = 92.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d) + A + F, \quad (8)$$

Con f en GHz y d en km. Para A se considerará el caso más desfavorable de polarización horizontal. Las especificaciones de diseño del sistema indican que se utilizan los datos más desfavorables entre los correspondientes a las zonas hidrometeorológicas del UIT-R y los datos locales, en aquellas ciudades en las que se disponga de éstos, o bien los datos del UIT-R cuando no se disponga de estadísticas locales.

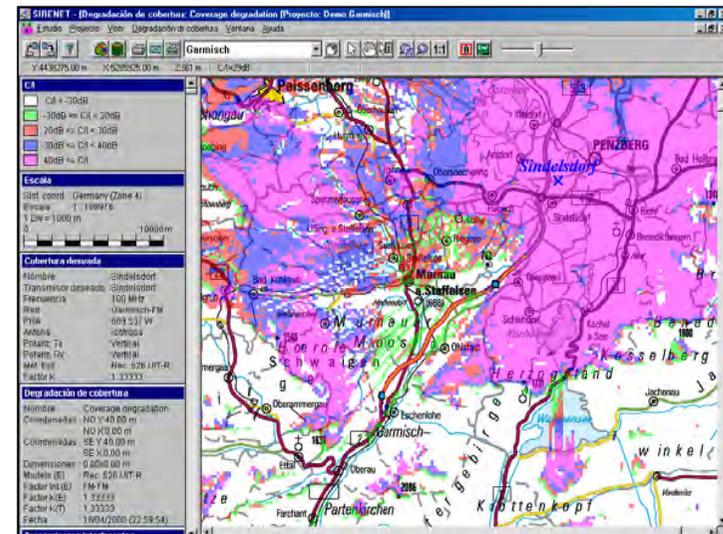
Este método es válido para el cálculo del nivel de campo correspondiente a la señal deseada. Para las señales interferentes no se incluirían los términos por lluvia y por multitrayecto, y habría que tener en cuenta que en condiciones de no visión directa el nivel de campo interferente puede ser apreciable. Sin embargo, puesto que no se realiza análisis de interferencias, se ha calculado únicamente el nivel de campo de señal deseada.

7. HERRAMIENTAS DE CÁLCULO

Para la realización de las diferentes simulaciones y estudios se ha utilizado la aplicación informática **SIRENET**, en su **versión 4.0**, que integra de modo muy eficiente algoritmos y métodos de estimación de las pérdidas de propagación con modelos digitales con información de la altura del terreno, tipo de área y número de habitantes asociado a cada una de ellas.

La herramienta de planificación radioeléctrica SIRENET está conformada por distintos módulos de cálculo que permiten desde la parametrización y análisis de cobertura de una estación simple hasta la planificación de redes en entornos reales, teniendo en cuenta las limitaciones de cobertura debidas a señal e interferencias de la propia red y de redes vecinas.

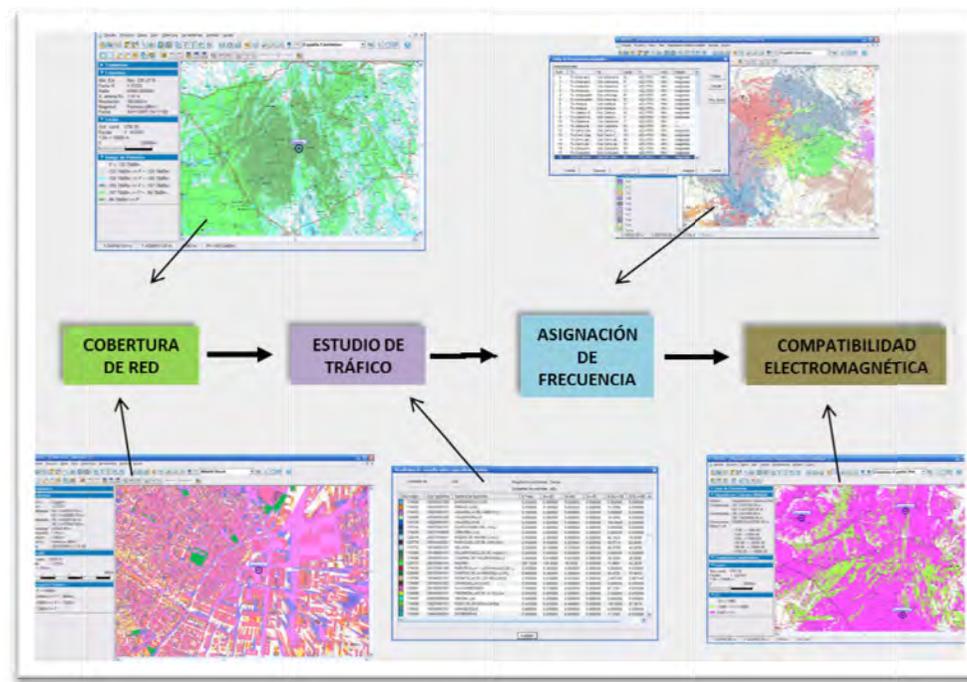
SIRENET es una herramienta de planificación genérica, que no presenta limitaciones a la hora de planificar redes de cualquier tecnología gracias a la consideración de los parámetros pertinentes y a la disponibilidad de diversos métodos de cálculo de propagación de la señal (Recomendación UIT-R P. 526, Deygout, LOS, Recomendación UIT-R P.1546, Recomendación UIT-R P.452, Recomendación UIT-R P. 530, Okumura-Hata, COST-231, XIA, métodos editables, métodos autogeneradores a partir de campañas de medidas, etc., dependiendo del entorno de trabajo. Por supuesto, las tecnologías más usuales como radio y televisión están ampliamente consideradas y probadas incluyendo los nuevos sistemas digitales como DAB, DVB, TETRA, DECT, Punto-Multipunto, LMDS, WIFI, GSM, DCS, UMTS, etc.



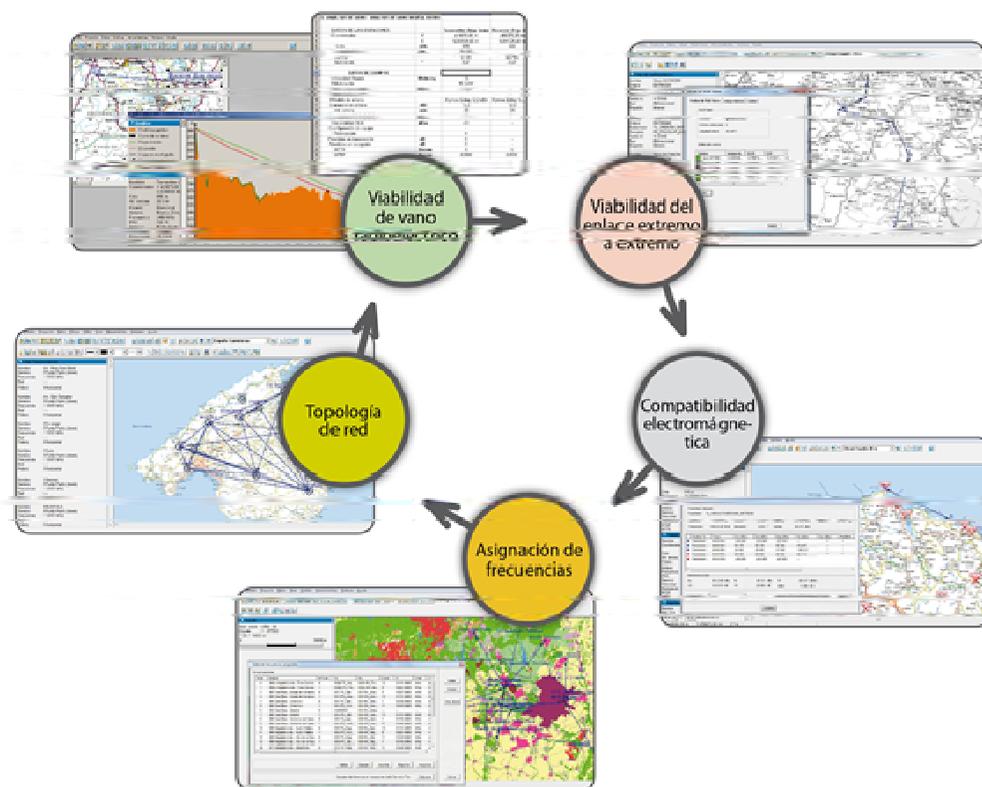
SIRENET es una herramienta basada en un GIS (Sistema de Información Geográfica) que no presenta limitaciones en cuanto a la resolución y características de la cartografía empleada. Esto permite realizar cálculos tanto en entornos rurales como urbanos. Además, en función del nivel de información cartográfico del que se dispone, permite obtener todo tipo de estadísticas de superficie, población y usuarios cubiertos por cualquier red de acceso radio.

Por otro lado, SIRENET no tiene ningún tipo de limitación en cuanto a sistemas de coordenadas, husos y sistemas de proyección, siendo posible trabajar con sistemas UTM, Gauss, Lambert, Geográficas, etc. SIRENET se ha empleado en multitud de proyectos de planificación en Europa, África, Asia y América Norte y Sur.

La tecnología de SIRENET permite de una forma sencilla y amigable acometer las funciones de diseño, planificación, gestión y optimización de redes radioeléctricas para todo tipo de tecnologías inalámbricas, en cualquier parte del mundo y tanto en entornos rurales como urbanos.



Además, SIRENET implementa toda la funcionalidad necesaria para realizar un diseño completo de red de radioenlaces de cualquier magnitud, incorporando los algoritmos y recomendaciones más actualizadas y herramientas de ayuda al planificador con alto valor añadido.



7.1. CARTOGRAFÍA UTILIZADA

En la realización de los diferentes estudios realizados para definir los Ámbitos de Referencia que forman parte del Modelo de Ordenación propuesto se han utilizado diferentes capas cartográficas que se describen a continuación.

■ Modelo Digital del Terreno

El modelo Digital del Terreno procede de fuentes cartográficas públicas. Su principal característica es su resolución, de 10m por pixel.

■ Capas de Corrección Morfológica

Se ha utilizado una capa de corrección morfológica por tipo de suelo y entorno en el que se sitúa el receptor. Estas capas proceden de CORINE y han sido completadas con información procedente del IGN.

Puesto que cada tecnología implementa unos valores de corrección diferentes (se citan en los apartados correspondientes a para cada tecnología), ha sido necesario crear y utilizar una capa diferente en cada caso, si bien la fuente de información es la misma en todas ellas.

■ Capas de Consulta Administrativa

Los resultados presentados en los diferentes documentos referidos a la cobertura tanto poblacional como superficial de cada una de las tecnologías estudiadas, así como los resultados proporcionados para cada Ámbito de Referencia seleccionado, se basan en la realización de consultas administrativas sobre los diferentes tipos de capas utilizados en estas simulaciones.

Dentro de las capas cartográficas utilizadas para proporcionar los resultados presentados en los diferentes apartados de estos documentos se encuentran las siguientes:

- Vías de Comunicación: Capa de carreteras del Cabildo
- Zonas de especial Interés: Industrial, Turístico, Económico, Social y Cultural: Extraídas del Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT) y Plan Territorial Especial de Ordenación del Turismo de Tenerife.
- Capas de población y superficie. Procedente del cruce entre INE y IGN. Dada la naturaleza de esta capa, se describe en un apartado a continuación el proceso de generación de la misma.

7.1.1. Capa de Población y Superficie

En este apartado se detallan las características de la capa administrativa y demográfica de núcleos poblacionales de Tenerife desarrollada por el equipo redactor y que ha sido utilizada en los cálculos realizados y cuyos resultados se presentan en estos documentos.

La información de tipo administrativa es empleada por los operadores para poder efectuar consultas y determinar, en términos numéricos y no únicamente visuales, la cobertura de una estación o red desplegada sobre una región geográfica, o el porcentaje de área de servicio que tiene problemas de interferencias.

La capa utilizada consiste en un modelo de datos georeferenciados, en un formato compatible con los Sistemas de Información Geográfica más comunes, proporcionando información sobre la ubicación y demografía de las entidades geográficas referidas en el Nomenclator censal desarrollado por el Instituto Nacional de Estadística.

La capa utilizada se corresponde con los últimos datos publicados por las diversas fuentes de datos geográficos y demográficos.

■ **Características de la Capa Administrativa**

El nivel de detalle y actualización de la capa administrativa empleada es un factor esencial para poder obtener estadísticas de cobertura coherentes. El mayor reto con que se encuentran los operadores de telecomunicaciones, al igual que otros agentes, en la obtención de datos fiables, es la falta de uniformidad entre las dos fuentes principales de información a nivel nacional: el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que proporciona información relativa a ubicación geográfica de las distintas entidades, y el Instituto Nacional de Estadística (INE), que facilita el padrón anual de población. Estas dos entidades proporcionan información dispar y referida a nomenclaturas distintas, por lo que no es posible hacer una relación automática entre sus datos.

La capa administrativa desarrollada y utilizada en estos cálculos dispone de datos cruzados entre los facilitados por IGN e INE buscando localizar geográficamente el mayor número posible de entidades identificadas en el Nomenclator INE y cuya consecución se ajusta a los siguientes criterios:

- Las capas toman como base el cruce de datos oficiales del IGN (BCN200 y BCN25) en conjunción con los datos poblacionales del INE.
- Los datos han sido completados con la búsqueda, en Bases Cartográfica oficiales de las diferentes Comunidades Autónomas y otros fondos cartográficos de origen privado.

Los objetivos con los que se elabora la capa son tres:

1. Dar a cada habitante una posición geográfica válida junto con su correspondiente INE válido. La posición geográfica está determinada por las fuentes cartográficas oficiales a nivel Nacional y Autonómico mientras que el código Administrativo INE viene definido por el Nomenclator publicado por el Instituto Nacional de Estadística.



The screenshot shows the INE website interface. At the top, there is a navigation menu with icons for 'INE', 'Methods and Standards', 'Press', 'Electoral Census', 'INEbase and Employment', 'Training and Employment', 'Products and Services', and 'Electronic Office'. Below the menu, there is a search bar with the text 'INEbase / Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional / Resultados de la búsqueda'. The search results show 101 results found. The table below is titled 'Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional' and lists population data for the year 2012.

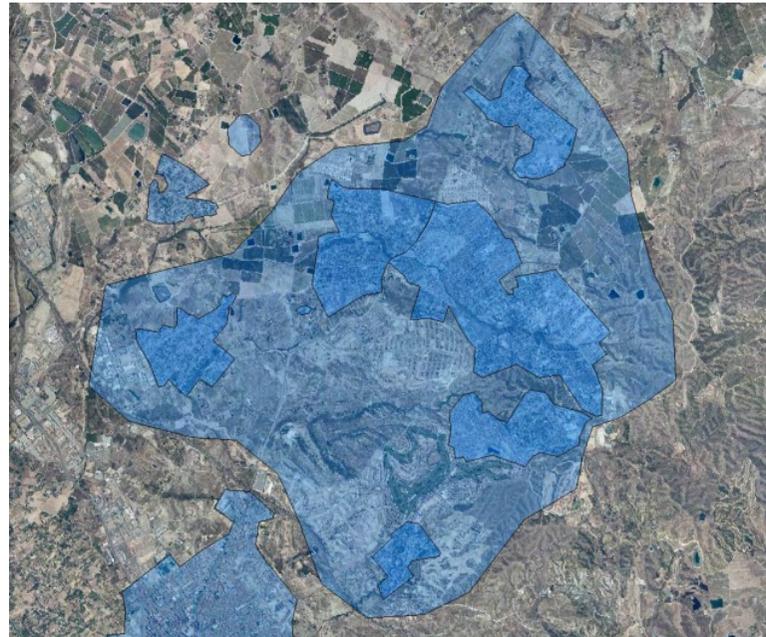
Provincia	Municipio	Unidad Poblacional	Año 2012 Población total
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000000 ADEJE	46894
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000100 ADEJE	16207
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000101 ADEJE CASCO	3041
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000102 NIEVES (LAS)	1250
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000104 TORRES (LAS)	2543
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000105 GALEON (EL)	2318
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000106 MORADITAS (LAS)	156
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000107 OLIVOS (LOS)	1971
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000108 POSTURA (LA)	4893
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000199 *DISEMINADO*	35
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000200 ARMEÑIME	1888
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000201 ARMEÑIME	1562
38 Santa Cruz de Tenerife	001 Adeje	000202 ROSAS (LAS)	228

2. Repartir toda la población de manera uniforme en cada entidad poblacional mínima localizada (Núcleo, Entidad Singular, Entidad Colectiva). Aquella población que no ha sido localizada en una entidad poblacional, bien porque no se encontró su localización, bien porque pertenece al diseminado de la unidad poblacional (código terminado en 99), se incluye en su entidad poblacional de referencia para no perder ni un solo habitante.

3. La actualización de la capa es constante para acometer los cambios producidos en el censo de población, así como el cambio en las entidades geográficas.

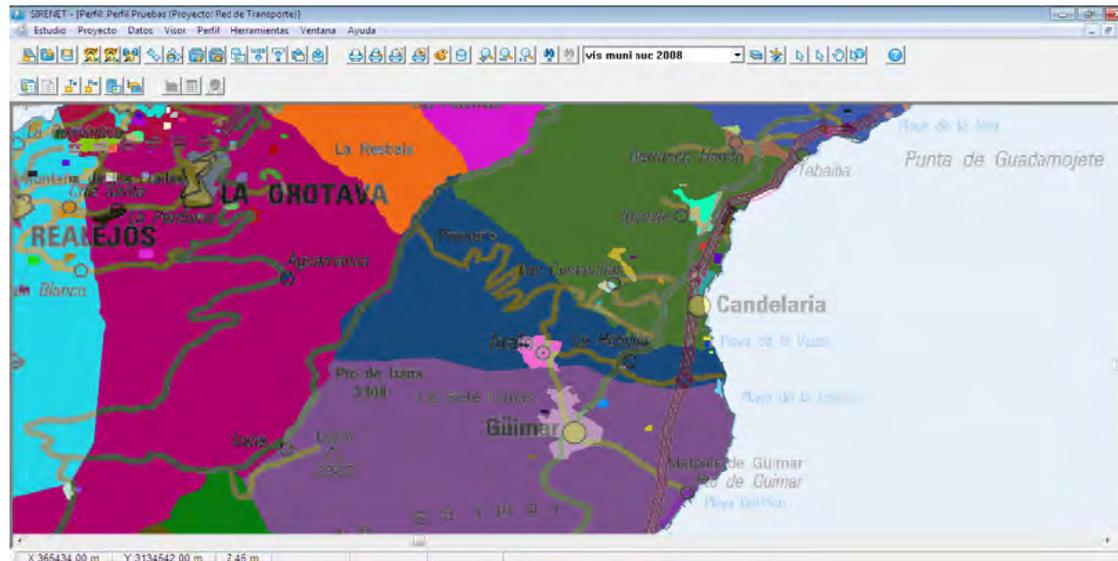
La identificación y asignación de contornos se realiza de acuerdo a los siguientes criterios y fases:

- La identificación nominal de las entidades gráficas con los elementos del Nomenclator se realiza mediante cruces de nombre y municipio en todos los elementos. El cruce no es automático ya que cada una de las fuentes de entidades geográficas empleadas utiliza una nomenclatura distinta. Un arduo proceso de asignación manual asegura una correspondencia completa y coherente con la nomenclatura del INE.
- La primera fuente utilizada para la obtención del contorno geográfico de los núcleos poblacionales es la Base Cartográfica Nacional 1:200.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), para la que la vinculación con las entidades del Nomenclátor INE es inequívoca, ya que la información alfanumérica que proporciona el IGN asociada a cada contorno geográfico incluye el código INE. En los casos en los que hay que emplear otras fuentes alternativas, esta asociación hay que realizarla de forma manual. Con la información obtenida de ambos tipos de fuentes, se asigna a los contornos geográficos, entidades poblacionales válidas del INE de cualquier nivel (núcleos, entidades singulares, entidades colectivas o municipios).
- En el caso de los núcleos del Nomenclator INE que no encuentran una correspondencia de contorno en ninguna de las fuentes gráficas, se localiza una coordenada de referencia (centroide) utilizando para ello la BCN25, Fuentes Autonómicas y propietarias. El trabajo ha sido realizado por un equipo de cartógrafos, con algunos miembros que han trabajado directamente en el IGN en la realización de las Bases Cartográficas Nacionales y, por tanto, teniendo un amplio conocimiento del dato y de la metodología de la administración. En estas entidades, donde únicamente se conoce una coordenada, se genera un contorno geográfico regular cuyo tamaño es función del número de habitantes de la población, habitualmente muy bajo.
- La población que el Nomenclator INE denomina como “diseminado”, asociada a entidades singulares, se distribuye uniformemente por la superficie de la entidad singular o de la siguiente entidad de mayor precisión para la que haya sido posible obtener un contorno geográfico. En la mayor parte de los casos, no es posible encontrar un contorno geográfico de entidad singular o colectiva, por lo que la población diseminada pasa a distribuirse en el contorno geográfico del municipio



De forma particular, se da el caso que el Nomenclator INE presenta, asociada a algunas entidades singulares, valores de población "diseminada" muy alta (por encima de 10.000 habitantes en algunos casos). Ante esta situación, y con el fin de conseguir la mejor precisión posible en la ubicación de la población, se ha elaborado, para las entidades de "diseminado" con una población superior a 500 habitantes, un contorno geográfico de forma manual, basado en ortoimágenes, que engloba los núcleos pertenecientes a la entidad singular y las zonas edificadas próximas, y que es asignado a la entidad singular correspondiente del Nomenclator INE. De este modo, se ofrece un contorno más ajustado que el de municipio para englobar la población "diseminada".

La capa administrativa de Núcleos ubica geográficamente más del 98% de los núcleos que aparecen en el Nomenclator INE 2012, el resto de población no ubicada geográficamente, correspondiente a núcleos muy pequeños y con muy escasa población o que se encuentran en el diseminado de entidades singulares o colectivas según determina el INE (códigos terminados en 99), se encuentra distribuida de forma uniforme por la superficie de la entidad singular o de la siguiente entidad de mayor precisión para la que haya sido posible obtener un contorno geográfico.



SIRENET - Diccionario administrativo

Nombre: Dico Munic y Nucleos 2012 Canarias

Color: Aplicar

Entradas:

Código	Cód. Top.	Nombre Top...	Nombre T...	Nombre Topónimo 3	Nombre Topóni...	Población (h.)	Superficie (Km2)
0	0	VOID				0	
380	380010000	ADEJE	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	593	1.0595
100...	380010001...	ADEJE CAS...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	3041	0.00289
100...	380010002...	ARIMENIME	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	1562	0.00237
100...	380010004...	CALDERA (...)	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	74	0.00385
100...	380010009...	FAÑABE	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	1866	0.00131
100...	380010010...	IFONCHE Y ...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	32	0.00011
100...	380010025...	TUOCO ALTO	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	106	0.00044
100...	380010025...	TUOCO BAJO	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	1582	0.0014
107...	380010001...	TORRES (L...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	2543	0.0001
107...	380010002...	ROSAS (L.A.	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	228	0.00023
107...	380010017...	COSTA.ADE...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	454	0.0002
107...	380010017...	COSTA.ADE...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	8102	0.00053
107...	380010025...	CONCEPCIO...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	224	0.0002
107...	380010001...	NEVES (LAS)	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	1250	0.00098
107...	380010017...	COSTA.ADEJE	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	2709	0.00078
107...	380010017...	COSTA.ADE...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	3089	0.00284
108...	380010001...	GALEON (EL)	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	2318	0.00032
108...	380010001...	MORADITA...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	156	0.0016
108...	380010001...	OLIVOS (L...	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	1971	0.00332
108...	380010001...	POSTURA (...)	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	4893	0.00213
108...	380010002...	CANDELAS (...)	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	79	0.00262
108...	380010009...	MIRAVEVERE	Adeje	Santa Cruz de Ten...	CANARIAS	2014	0.01486

Nueva | Modificar | Duplicar | Borrar

A continuación se muestra un ejemplo de la distribución de población realizada para mostrar el procedimiento seguido en la obtención de la capa utilizada en los cálculos realizados, para ello, se detalla a continuación como se ha realizado la asignación de población en el municipio de **Buenavista del Norte**.

Según la información disponible en INE, el municipio de Buenavista del Norte cuenta con su población distribuida en las entidades y núcleos que se muestran en la siguiente imagen.



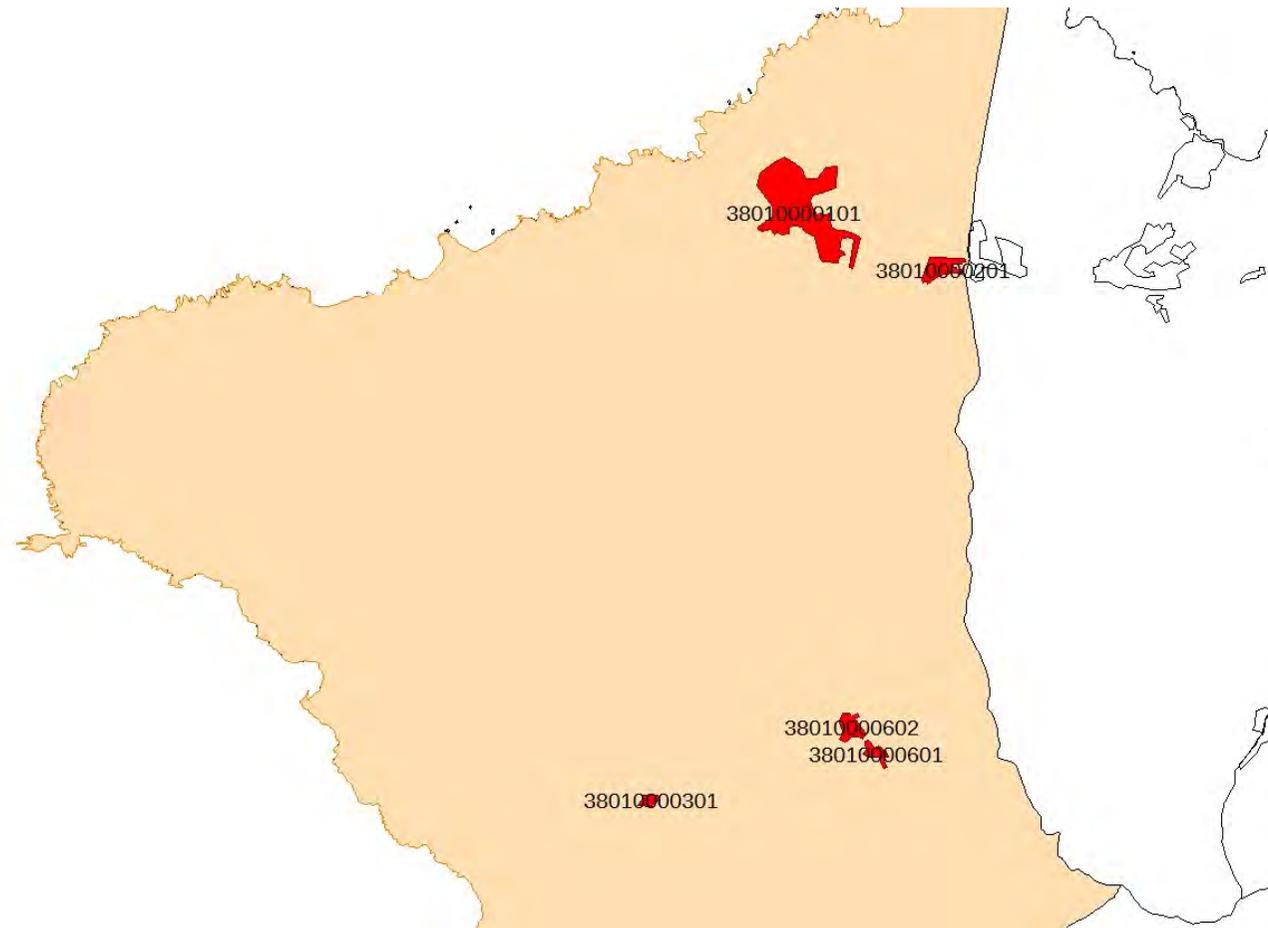
INEbase / Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional / Resultados de la búsqueda



19 resultados encontrados

Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional			Año 2012			
Provincia	Municipio	Unidad Poblacional	Población total	Varones	Mujeres	
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000000 BUENAVISTA DEL NORTE		4916	2533	2383
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000100 BUENAVISTA DEL NORTE		3730	1901	1829
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000101 BUENAVISTA DEL NORTE		3179	1601	1578
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000199 *DISEMINADO*		551	300	251
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000200 CANTERAS (LAS)		213	112	101
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000201 CANTERAS (LAS)		213	112	101
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000300 CARRIZALES (LOS)		39	24	15
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000301 CARRIZALES (LOS)		39	24	15
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000400 MASCA		97	54	43
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000499 *DISEMINADO*		97	54	43
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000500 PALMAR (EL)		424	219	205
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000501 PALMAR (EL)		226	120	106
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000599 *DISEMINADO*		198	99	99
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000600 PORTELAS (LAS)		332	179	153
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000601 LAGUNETAS (LAS)		48	26	22
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000602 PORTELAS (LAS)		220	119	101
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000699 *DISEMINADO*		64	34	30
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000700 TENO		81	44	37
38 Santa Cruz de Tenerife	010 Buenavista del Norte	000799 *DISEMINADO*		81	44	37

Por su parte, la información proporcionada por la BCN200 se muestra en la siguiente imagen.



De este modo, se asigna la población listada en los códigos INE a las áreas presentes en la BCN200, resultando, tras este proceso de asignación, que existe población que no ha sido asignada aún a ningún área geográfica. En concreto en el ejemplo desarrollado serían los siguientes códigos INE:

Código INE	Nombre	Población
38010000199	DISEMINADO BUENAVISTA DEL NORTE	551
38010000499	DISEMINADO MASCA	97
38010000501	PALMAR (EL)	226
38010000599	DISEMINADO PALMAR (EL)	198
38010000699	DISEMINADO PORTELAS (LAS)	64
38010000799	DISEMINADO TENO	81

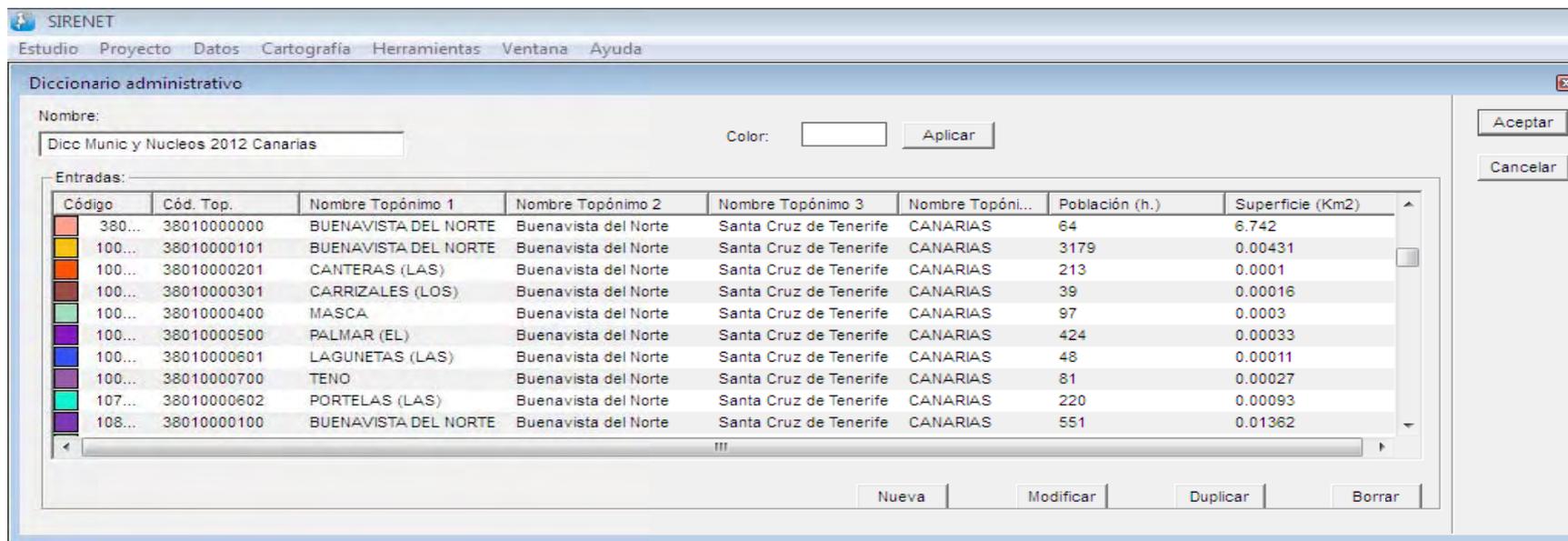
Siguiendo el procedimiento planteado, se localiza un punto o centroide de referencia para distribuir esa población en la cartografía proporcionada en la BCN25. En estas entidades, donde únicamente se conoce una coordenada, se genera un contorno geográfico regular cuyo tamaño es función del número de habitantes de la población, habitualmente muy bajo.

En este municipio se destaca que tanto El Palmar como Diseminado El Palmar ha sido unificado bajo el código de entidad 38010000500, con una población asignada de 424 habitantes, correspondientes a la suma de población de dichos códigos INE.

Este municipio también presenta un diseminado de población superior a los 500 habitantes, por lo que, siguiendo con el procedimiento citado para la asignación de población, se ha elaborado, un contorno geográfico de forma manual, basado en ortoimágenes, que engloba los núcleos pertenecientes a la entidad singular y las zonas edificadas próximas, y que es asignado a la entidad singular correspondiente del Nomenclator INE.

Finalmente, el diseminado identificado con código INE 380100000699, con 64 habitantes, no ha podido ser asignando a su entidad de población superior, por lo que esta población pasa a formar parte del área de la siguiente entidad superior, es decir, se asigna esta población al área identificada con código 38010000000, municipio de Buenavista del Norte.

De este modo, la distribución de población asignada en el municipio de Buenavista del Norte se muestra en la siguiente tabla.



SIRENET

Estudio Proyecto Datos Cartografía Herramientas Ventana Ayuda

Diccionario administrativo

Nombre: Diccionario Municipal y Nucleos 2012 Canarias

Color: Aplicar

Entradas:

Código	Cód. Top.	Nombre Topónimo 1	Nombre Topónimo 2	Nombre Topónimo 3	Nombre Topóni...	Población (h.)	Superficie (Km2)
380...	3801000000	BUENAVISTA DEL NORTE	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	64	6.742
100...	38010000101	BUENAVISTA DEL NORTE	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	3179	0.00431
100...	38010000201	CANTERAS (LAS)	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	213	0.0001
100...	38010000301	CARRIZALES (LOS)	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	39	0.00016
100...	38010000400	MASCA	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	97	0.0003
100...	38010000500	PALMAR (EL)	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	424	0.00033
100...	38010000601	LAGUNETAS (LAS)	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	48	0.00011
100...	38010000700	TENO	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	81	0.00027
107...	38010000602	PORTELAS (LAS)	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	220	0.00093
108...	38010000100	BUENAVISTA DEL NORTE	Buenavista del Norte	Santa Cruz de Tenerife	CANARIAS	551	0.01362

Nueva Modificar Duplicar Borrar

Aceptar Cancelar

La población total de Buenavista del Norte se obtiene sumando la población asignada a cada área identificada, siendo en este caso de 4.916 habitantes que coincide con la población censada en INE para el municipio.

