

EBU **TECHNICAL**



# Sistemas de radio digital y el espectro de frecuencias

Conferencia Radio Digital  
Barcelona, 29 Abril 2009

**Elena Puigrefagut**

EBU TECHNICAL

European Broadcasting Union



# Contenido

---

- Introducción
- DRM en las bandas LF/MF
- DRM en la banda HF
- La Banda 26 MHz
- La radio digital en la Bandas II y I
- Familia DAB en la Banda III
- Familia DAB en la Banda L
- Conclusiones



# Importancia del espectro de frecuencias



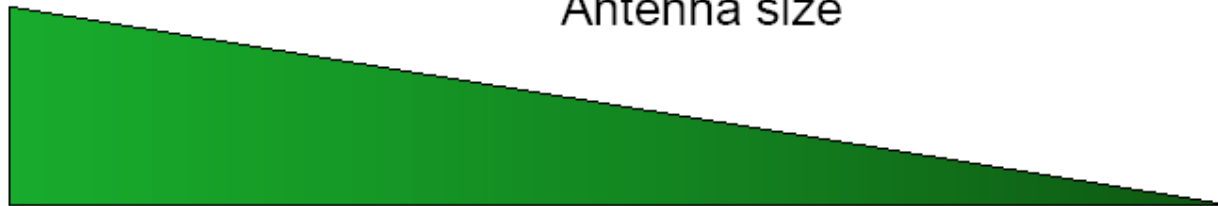
*Low frequencies*

*High frequencies*

Antenna size



*Big antennas*

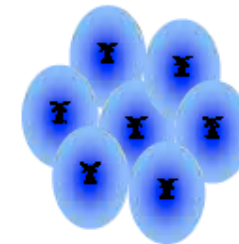
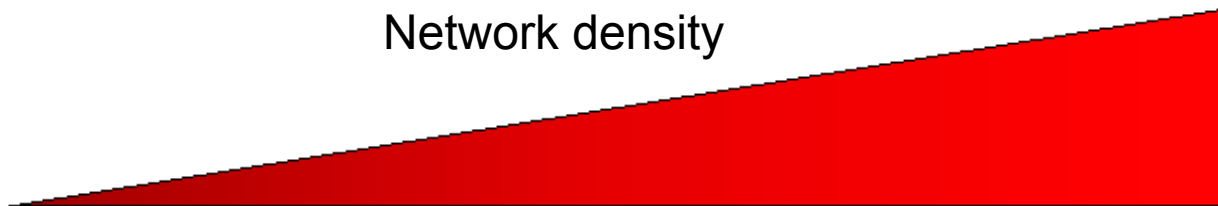


*Small antennas*

Network density



*Large coverage*



*Limited coverage  
= more transmitters needed*



# Bandas de frecuencias adecuadas para la radio

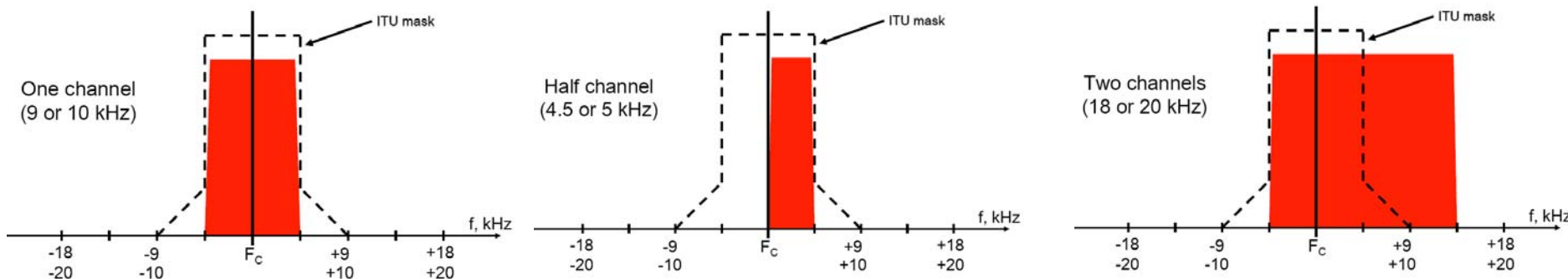
Banda	Sistema radio	Cobertura
LF	AM DRM	Cobertura nacional. Reducción de cobertura durante la noche debido a reflexión desde la ionosfera
MF	AM DRM	Cobertura de regiones. Reducción de cobertura durante la noche debido a reflexión de señales desde la ionosfera
HF	AM DRM	Cobertura a larga distancia. Diferentes frecuencias necesarias para emisión de día, de noche y en función de la estación
VHF	FM DRM+ HDRadio FMExtra DAB	Cobertura típica hasta 50-70 km de radio. Durante periodos de tiempo muy cortos puede aparecer interferencia a distancias muy largas
UHF	DVB,DAB DSB	Similar a VHF. Se pueden necesitar 'gap-fillers' para cubrir zonas de sombra debido a la atenuación debido al terreno
SHF	DSB	Se necesita recepción directa (line-of-sight), señales bloqueadas por edificios u otros objetos



# Principales características de DRM < 30 MHz



- Diferentes 'Audio Codecs'
- COFDM/QAM + time interleaving + FEC
- Mayor calidad de sonido con una recepción más robusta que AM
- Diferentes anchos de banda: 4.5, 5, 9, 10, 18 y 20 kHz
- 4 modos con diferentes grados de robustez en función del canal de propagación ('ground wave, sky wave' con diferentes tipos de efecto Doppler)
- 2 modulaciones (64QAM and 16QAM) y 6 FECs (0.5 to 0.78)



# DRM en las bandas LF/MF

---

- Cobertura principal durante el día usando la propagación de las ondas siguiendo la cobertura de la tierra
- Cobertura durante la noche es inferior debido a interferencias
- Tipos de red:
  - Redes de unico emisor
  - Redes de iso-frecuencias
  - Redes de multifrecuencias
  - La radio analógica (AM) está regulada por el Plan de frecuencias de Ginebra de 1975
  - La introducción de sistemas de radio digital es posible en el Plan de GE75 siempre que la emisión sea reducida de 7 dB comparado con el nivel de emisión autorizado para una señal analógica



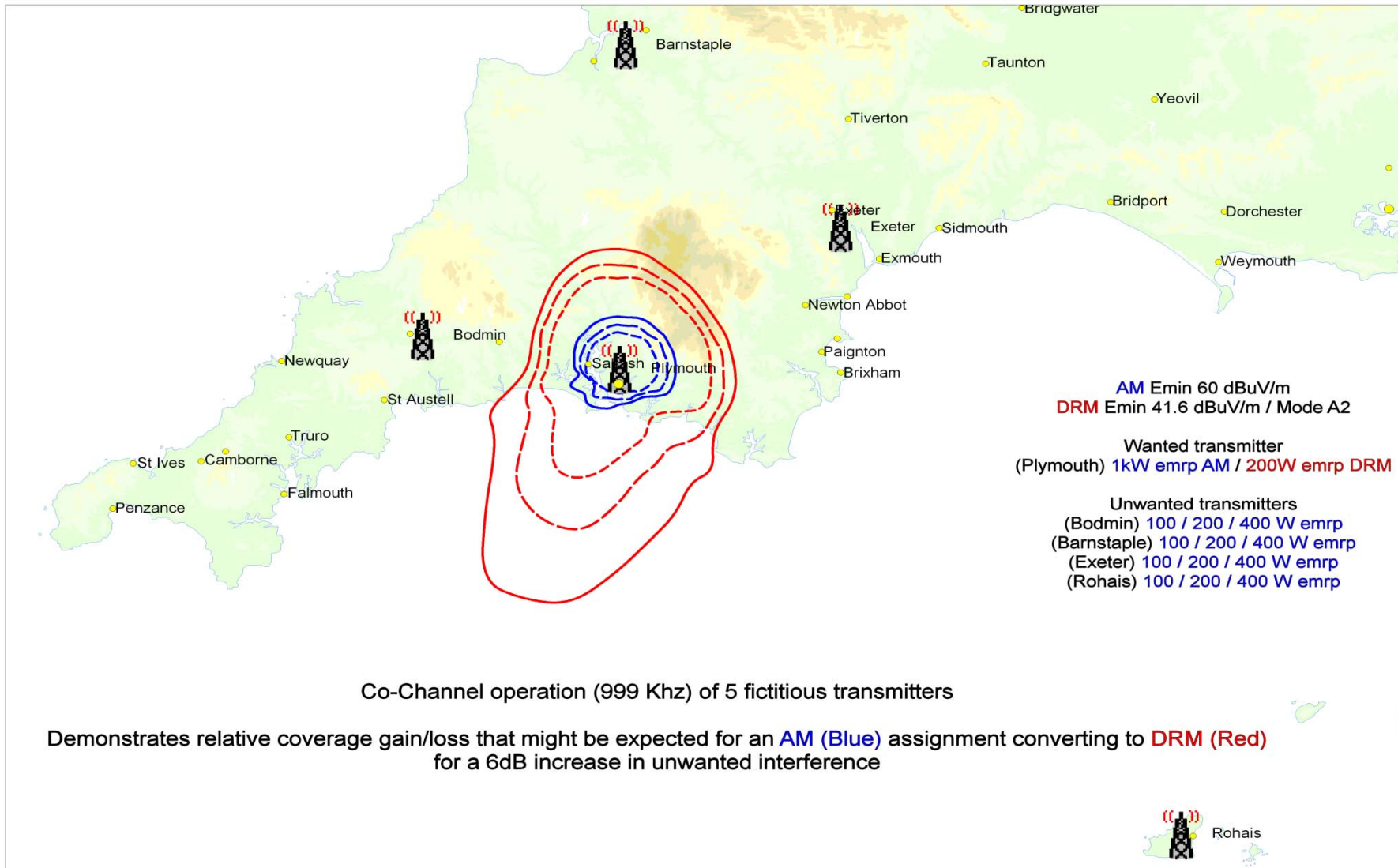
# Conversión de una frecuencia AM a DRM en LF/MF

---

- AM:
    - $E_{min} = 60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$
  - DRM:
    - $E_{min} = 33.1 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (Mode A, 9 kHz, 16 QAM, 0.5 CR, 13.125 kb/s)
    - $E_{min} = 41.6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (Mode A, 9 kHz, 64 QAM, 0.71 CR, 27.8925 kb/s)
- DRM requiere un nivel de campo muy inferior a la radio analógica para una misma cobertura
- 
- La protección co-canal de DRM con respecto AM es 6.6 dB superior que la protección co-channel AM respecto AM
    - Si se reduce la emrp de una señal DRM de -7 dB con respecto la señal AM que sustituye, la señal DRM no creara más interferencia que la señal AM original



# Ejemplo de conversión AM → DRM



# Medidas de campo de DRM en la Banda MF

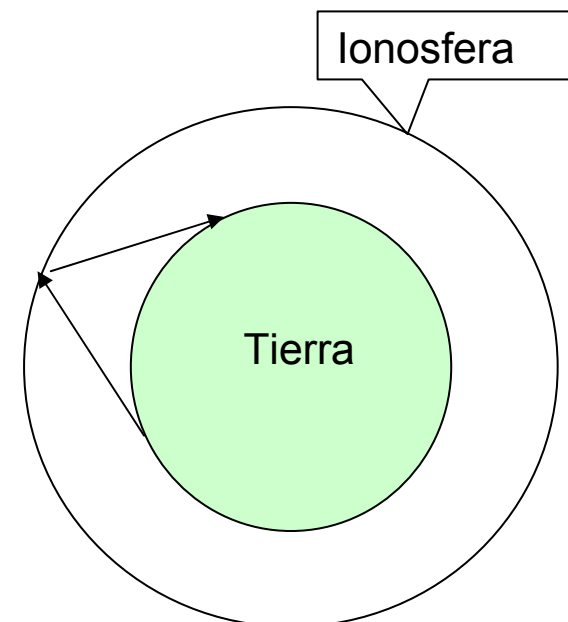
---

- Medidas de campo realizadas en España en la banda MF indican:
  - Los valores de campo necesarios son iguales o ligeramente superiores a los del estándar
  - Para la planificación de una red se tendría que añadir unos dB de margen a los valores de campo de ITU en la banda MF
- En ciertas zonas urbanas los niveles de ruido industrial ('man-made noise') son muy elevados
  - 10 a 40 dB superior a los valores ITU
  - Se han de tener en cuenta en la planificación
    - Ciertos factores como: cables eléctricos, tubos fluorescentes, puentes y túneles pueden influir en la recepción DRM
- Importancia de las características de los receptores: sensibilidad (incluido el comportamiento de recepción de la antena), selectividad, comportamiento en situaciones de sobrecarga (overloading)



# DRM en la banda HF

- Cobertura a larga distancia gracias a la reflexión de la señal en la ionosfera
  - Desde cientos de km hasta miles de km
- Tipos de red:
  - Redes de único emisor
  - Redes síncronas (AM)
  - Redes de iso-frecuencias (DRM)
  - Redes de multi-frecuencias
- Hay una coordinación dos veces al año siguiendo el Artículo 12 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y además se hace una coordinación más informal a través de grupos de coordinación regionales (ej: ASBU, HFCC, URTNA, etc.)
- DRM puede introducirse en la banda HF utilizando los mismos procedimientos que la radio AM



# DRM en la Banda 26 MHz

---

- 25670 - 26100 kHz
- No muy utilizada por:
  - La escasa disponibilidad de receptores adecuados
  - Periodos limitados de propagación larga distancia (sunspot, estaciones, etc..)
- Test indican ventajas para la cobertura local similar a la FM en la Banda II
- Emisores de baja potencia y antenas direccionales ‘down tilted’ para evitar reflexiones indeseadas en la ionosfera
  - 15-20 km radio de cobertura
- Principal problema: emisiones indeseadas reflejadas por la ionosfera en la misma frecuencia dentro de la banda 26 MHz utilizada para otra cobertura local
- Se están realizando estudios en ITU-R Grupo Studio 6





# Resumen DRM

---

- Es un sistema de radio digital adecuado para cubrir grandes zonas con pocos emisores. Cobertura local también posible en 26 MHz
- Generalmente: no multiplex. 1 emisor = 1 programa
- Ofrece una calidad audio mejor que AM y es fácil de sintonizar
- Dispone de aplicaciones multimedia (texto, EPG, slide show) que otros sistemas de radio digital como T-DAB/DAB+/DMB
- Es compatible con la canalización de 9 y 10 kHz del Plan de frecuencias de GE75 (LF, MF). En HF, los mismos procedimientos de coordinación que la AM son suficientes
- Una reducción de 7 dB comparado con una señal AM garantiza compatibilidad de ambos sistemas obteniendo una mayor cobertura con DRM
- Capacidad limitada, sensible a interferencias



## Situación de la Banda II (87.5 – 108 MHz)

---

- La radio FM se está convirtiendo en una de las pocas **islas analógicas** en un mundo de comunicación digital
- En la Banda II el espectro disponible es muy limitado: 20.5 MHz
- En la mayoría de países Europeos la banda está intensamente utilizada por un gran número de emisores FM
- En el mercado existe un número casi infinito de receptores FM lo que promueve la demanda de nuevos servicios de radio FM
- Pero la banda II está saturada y la introducción de nuevos servicios de radio FM degrada considerablemente la calidad de los servicios existentes

Un sistema de radio digital podría ser necesario o complementario para satisfacer la demanda existente y para ofrecer otros servicios posibles con tecnología digital



# Condiciones para la radio digital

---

Desde el punto de vista técnico, para introducir nuevos sistemas digitales o remplazar la FM con éxito es necesario:

- Que la zona de cobertura del nuevo sistema digital sea igual que la cobertura FM con una señal igual o más robusta y con una calidad de audio igual o mejor
- Garantizar un periodo de simulcast de los servicios FM
- Ser compatible con el plan de frecuencias de Ginebra 1984 que regula el uso la Banda II en Europa. Un nuevo plan de frecuencias podría optimizar el espectro con respecto a la radio digital pero a corto plazo no está previsto.
- Armonización Europea para facilitar la coordinación de frecuencias entre países vecinos.



# Candidatos digitales en la Banda II

---

Varios candidatos de radio digital podrían introducirse en la Banda II y algunos países están trabajando para crear el marco regulatorio adecuado (aunque los parámetros de planificación aun están por definir):

- DRM+
- HD-Radio
- FMeXtra

T-DAB y sus sucesores T-DAB+ y T-DMB también están especificados para utilizar la Banda II pero debido a la saturación de la banda FM, la Banda III (170-230 MHz) se ha planificado para estos sistemas que no utilizan la canalización de 100 kHz de la banda FM.



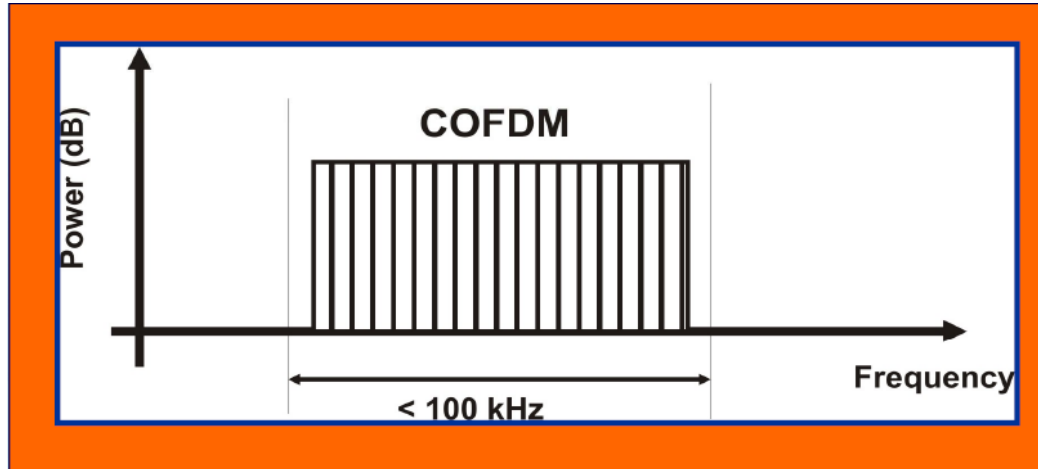
# DRM+



- Es una extensión del sistema DRM hasta la frecuencia 108 MHz que incluye la Banda I y la Banda II.
- Incluye la codificación de audio MPEG-4 HE AAC+ con la que se alcanza un máximo de 180 kbit/s
- La modulación COFDM combinado con el intervalo de guarda adecuado ofrece de utilizar Redes de Iso-frecuencia (SFN)
- Según la especificación (actualmente en proceso de aprobación en ETSI), puede incluir 1 a 4 programas en un canal de 100 kHz



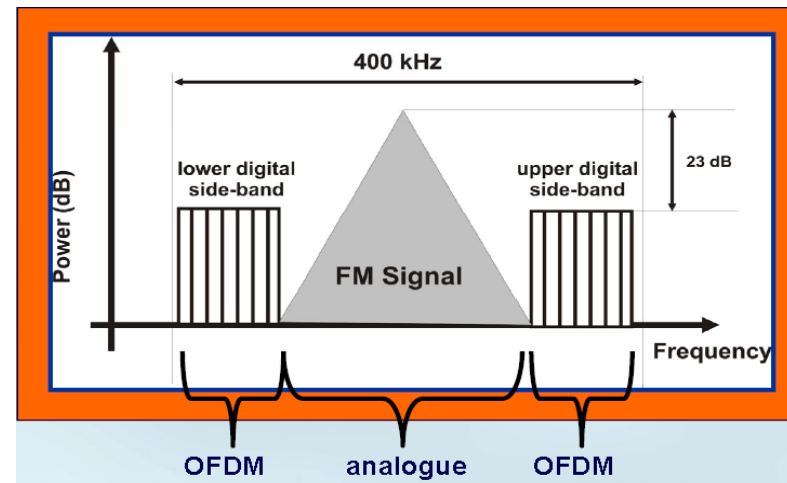
# DRM+



- DRM+ podría utilizar la canalización prevista en el plan de frecuencias de la radio FM de GE84
- DRM+ podría re-utilizar la infraestructura FM existente transmitiendo una señal digital cerca de la frecuencia FM en un modo de simulcast

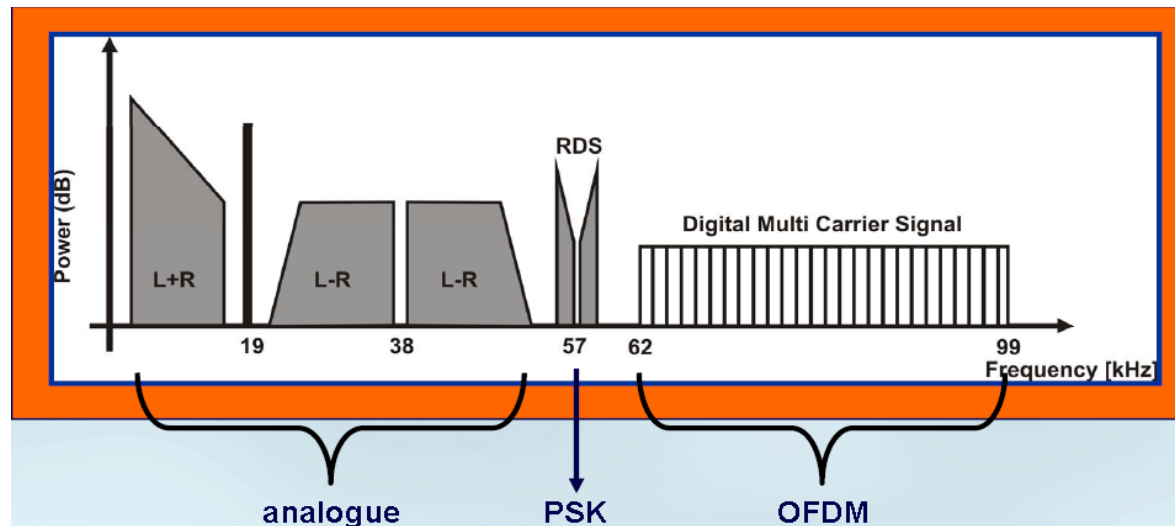
# HD-radio

- Transmite una señal que incluye la señal original FM a la cual se le añade bloques COFDM en los extremos de la señal FM
- Interferencia con las señales FM adyacentes ha sido uno de los mayores problemas a resolver técnicamente
- En Europa el sistema ha sido probado en Suiza pero no hay emisiones comerciales en ningún país Europeo
- Una señal HD Radio necesita 400 kHz de ancho de banda lo cual es incompatible con la canalización FM del plan de frecuencias GE84
- Facilita el modo simulcast necesario durante el periodo de transición



# FMeXtra

- Una componente digital es incorporada en las componentes de la señal FM
- La parte digital puede alcanzar un máximo de 50 kbit/s
- No permite la operación en redes de iso-frecuencia
- Esta señal digital es compatible con la canalización del plan de frecuencias de GE84

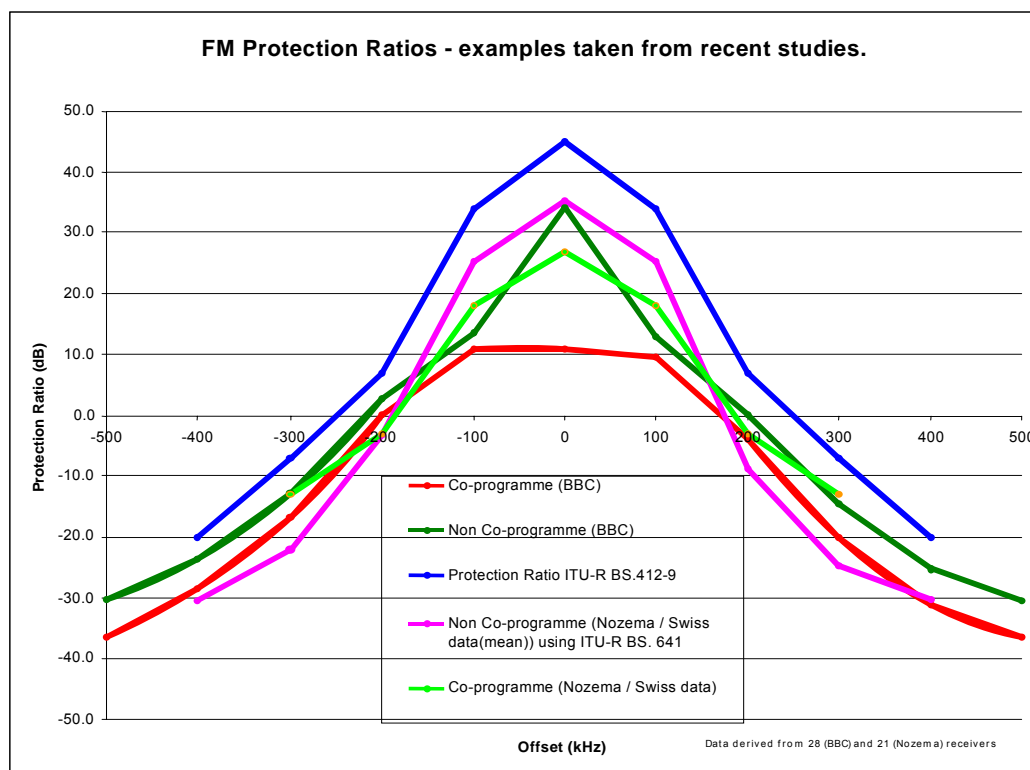


# ¿Como introducir la radio digital en la Banda II?

## 1. Relajando los parámetros de planificación. Por ejemplo:

- en casos en los que centros emisores emiten un mismo programa se pueden relajar las relaciones de protección

- alinearlos con las características de los receptores existentes hoy en el mercado
- Utilizar bases de datos con la topología del terreno



Algunos países como Francia o Holanda ya han dado este paso para introducir servicios de radio FM en el plan de GE84



# ¿Como introducir la radio digital en la Banda II?

## 2. Re-organizando el uso de la Banda II

- Relajando ciertos parámetros de planificación (véase 1) se podría intentar concentrar todos los servicios FM en partes contiguas de la Banda
- Las sub-bandas libres de FM se podrían utilizar para introducir un sistema de radio digital
- Numerosos inconvenientes: niveles de interferencia superiores, cambios de frecuencia para servicios existentes (costes, usuarios descontentos), importante re-planificación regional necesaria

## 3. Conversión directa de frecuencia analógica a digital

- La señal digital tendría que respetar la canalización del plan de GE84 y el nivel de interferencia de la señal FM que sustituiría
- La transición sería mas fácil pero el uso del espectro no estaría optimizado para el sistema digital
- La cobertura de la señal digital sería en ciertos casos inferior a la de FM



# ¿Como introducir la radio digital en la Banda II?

---

4. **Utilizando otras bandas de frecuencia para liberar parte de la Banda II**
  - Radiodifusores que emiten varios programas en una misma zona se verían aventajados en adoptar sistemas que ofrecen la posibilidad de multiplexar como T-DAB/DAB+/DMB en la Banda III o la Banda L (1.5 GHz)
  - Radiodifusores que ofrecen un único programa un sistema de ancho de banda estrecho sería más adecuado como DRM+ en Banda II (usando las frecuencias liberados por los radiodifusores optando por la familia T-DAB) o en la Banda I. Opción adecuada para radios locales.



# Criterios de protección

---

- Antes de introducir cualquiera de estos sistemas de radio digital se ha de analizar si los criterios de protección son mejores o al menos similares a los de la radio FM para garantizar la protección de los servicios FM existentes
- Medidas de laboratorio indican que:
  - una señal FMeXtra no respetaría la máscara del espectro ('spectrum mask') del plan de GE84
  - Una señal HD radio presentaría posibles problemas de interferencia de canal adyacente

La información disponible no es completa y más medidas serían necesarias para confirmar estas conclusiones

- DRM+ se ha probado parcialmente y compatibilidad con FM no está probada todavía
- Medidas de la emisión fuera de banda ('out-of-band emission') también son necesarias dado que la banda 108-117.95 MHz es utilizada por servicios aeronáuticos



# La Banda I (47-68 MHz)

---

- La mayoría de países Europeos han apagado la televisión analógica en la Banda I
- Es pues un buen candidato para introducir DRM o DRM+ con anchos de banda de 20 KHz o 100 KHz respectivamente
- Requiere una modificación de los planes a largo plazo de la CEPT que no prevé un uso para la radiodifusión
- Requiere nuevas antenas en los centros emisores y receptores capaces de trabajar en esas frecuencias → costes!
- Tiene buenas condiciones de propagación para cubrir zonas de tamaño medio y grande con un numero reducido de emisores pero el problema de propagación esporádica E (aumento de interferencia en distancias largas) requiere una planificación detallada.
- Requiere que se defina una canalización compatible con los anchos de banda de DRM y DRM+
- El estándar DRM no está especificado para la Banda I



# Resumen Banda II

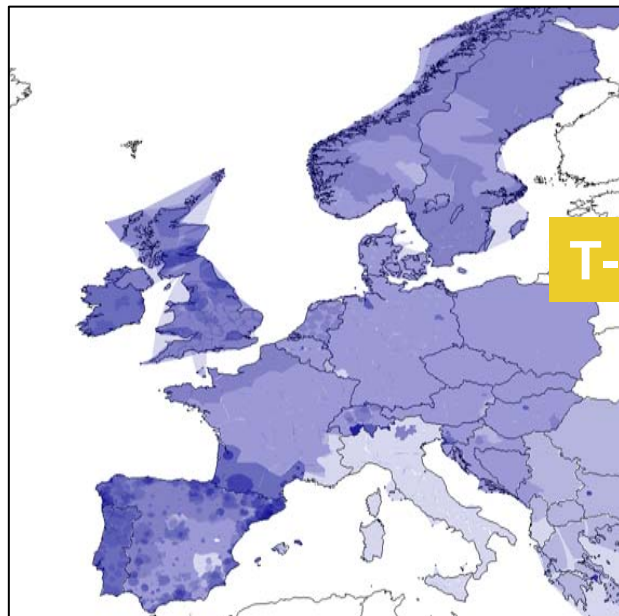
---

- La Banda II de radio FM presenta la transición a sistemas de radio digital más difícil
- Sustituir la radio FM (sobresaturada y sin frecuencias libres) por un sistema de radio se vería facilitada con el uso de otras bandas de frecuencia (por ejemplo la Banda I o la Banda III)
- Varios sistemas de radio digital (DRM+, HDRadio, FMeXtra) pueden utilizar la Banda II pero todavía se han de definir los parámetros de planificación
- DRM+ y FMeXtra son compatibles con la canalización del Plan de frecuencias de GE84.
- DRM+ ofrece una mayor capacidad



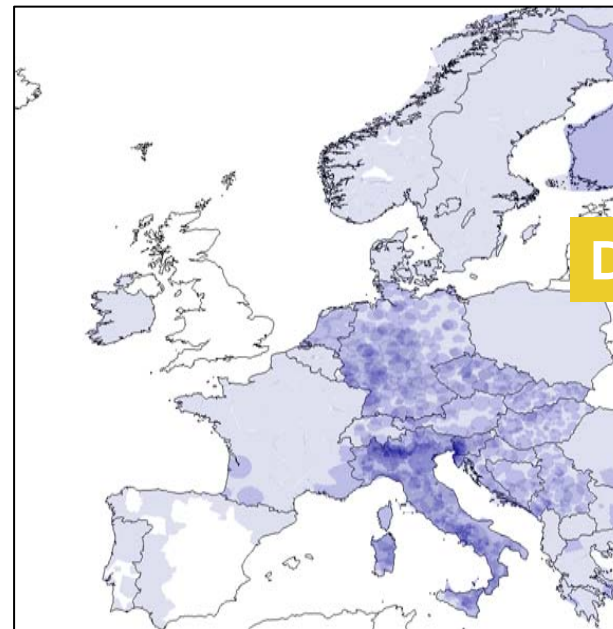
# T-DAB/DAB+/DMB en la Banda III (174-230 MHz)

- El Plan de Ginebra de 2006 regula el uso de la Banda III para T-DAB y DVB-T
- La mayoría de países Europeos planificó 3 coberturas T-DAB y una DVB-T



T-DAB

0 frecuencias  
a  
12 o más



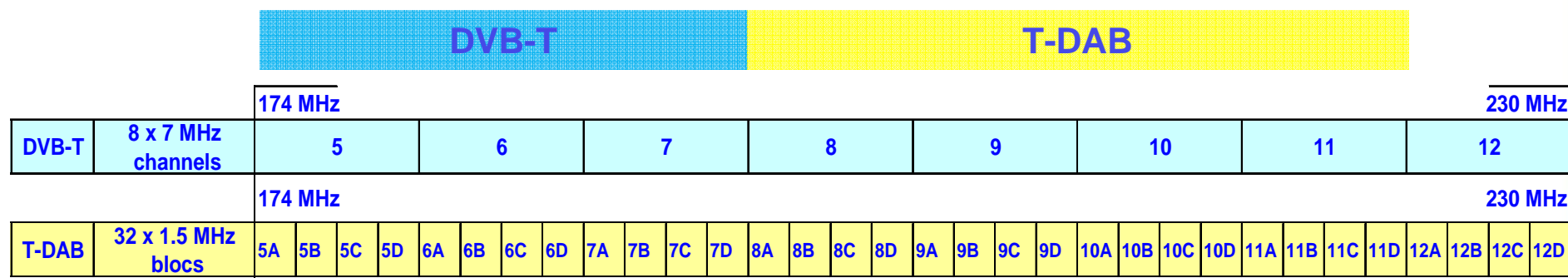
DVB-T

0 frecuencias  
a  
12 o más



# Canalización de la Banda III (174-230 MHz)

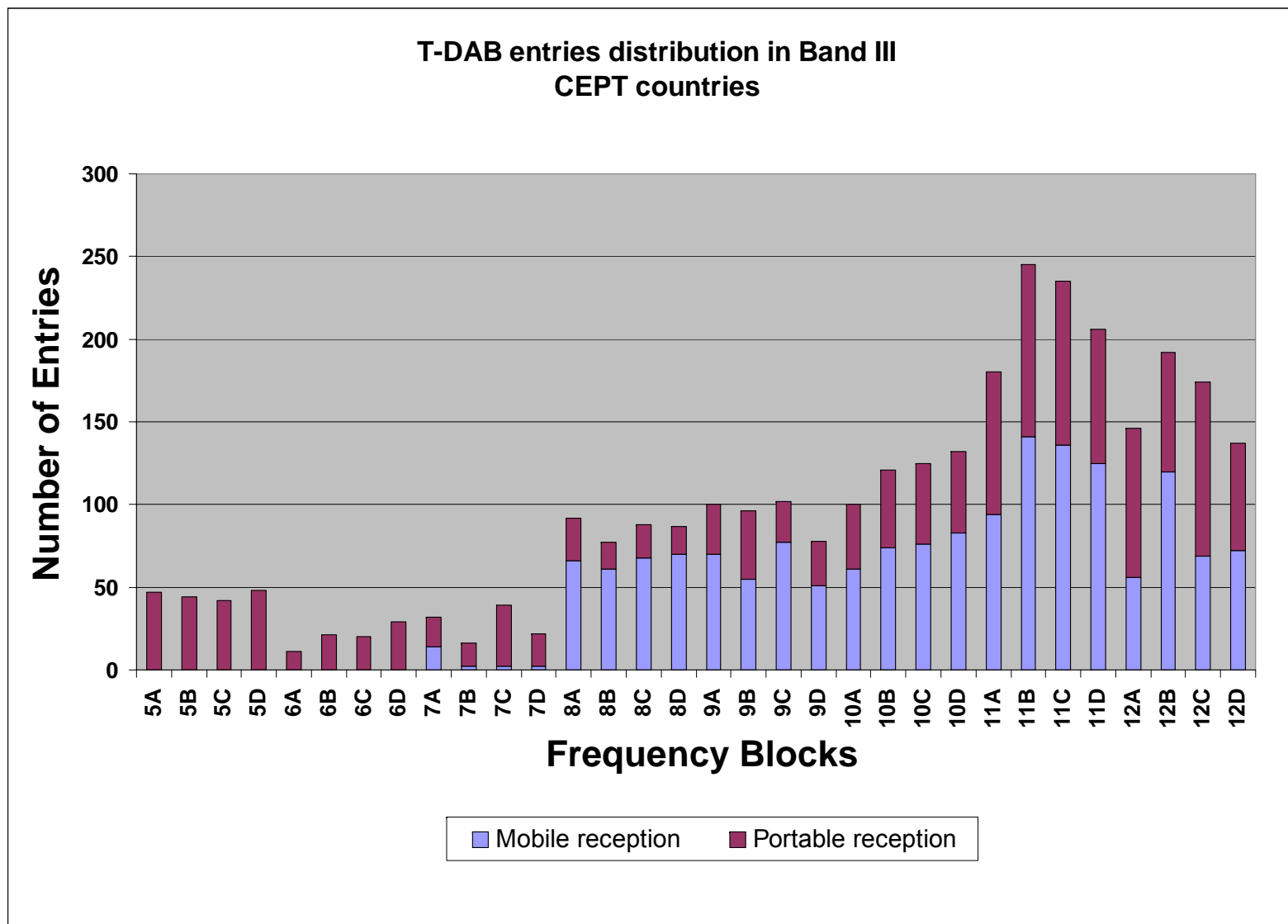
- En España el Plan de GE06 incluye:
  - asignaciones DVB-T en los canales 5, 6 y 7 que cubren solo algunas regiones
  - Asignaciones T-DAB usando los bloques 8A a 11D. No se han asignado frecuencias ni el canal 12 ni los bloques 12A a 12D



- Un canal DVB-T se puede convertir en 4 bloques T-DAB. A nivel de interferencias es compatible si DVB-T se ha planificado para recepción móvil o portable interior (como el case de España para los canales 5, 6 y 7) y se convierte en T-DAB para recepción móvil



# Planificación T-DAB en la Banda III



# Modos de recepción T-DAB en la Banda III

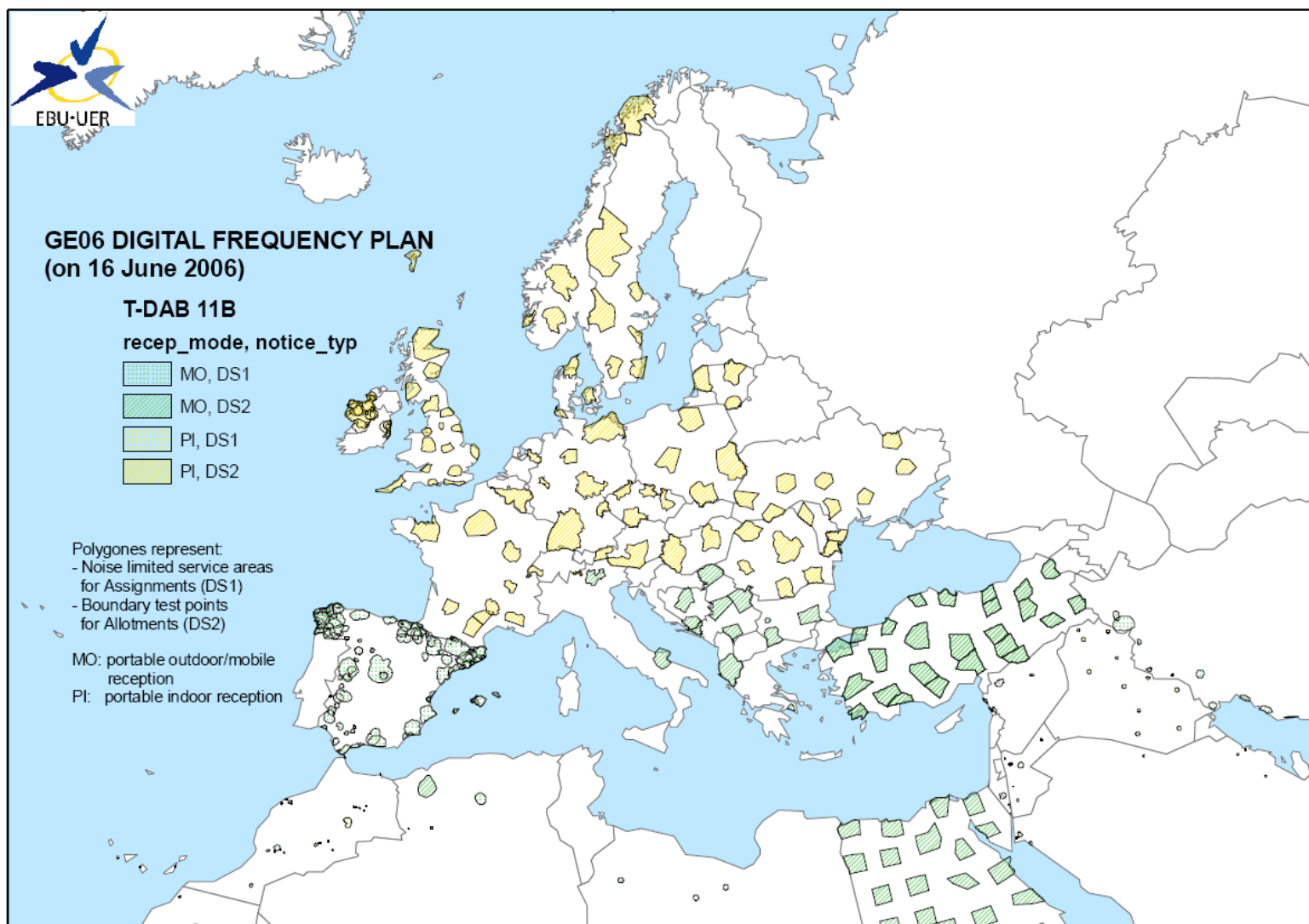
- El Plan de GE06 planificó T-DAB para dos tipos diferentes de recepción o RPCs ('Reference Planning Configuration'):

	RPC 4 Recepción móvil	RPC 5 Recepción indoor
'Location probability'	99%	95%
C/N de Referencia (dB)	15	15
E (dB $\mu$ V/m) Nivel de campo	60	66

- La recepción dentro de edificios requiere 6 dB más de nivel de campo que la recepción móvil
- DAB+ requiere niveles de C/N similares a DAB. Puede utilizar el Plan de frecuencias de GE06 sin ningún tipo de cambio especial



# Planificación T-DAB: recepción móvil en España



## T-DMB en la Banda III

- T-DMB puede utilizar el Plan de GE06 porque una señal DMB tiene las mismas características que una señal DAB
- Los dos modos de recepción RPC4 y RPC5 serian adecuados para una señal DMB
- Pero la recepción T-DMB en un receptor similar a un teléfono móvil requiere niveles de campo superiores debido a la ganancia de antena

	RPC 4 Recepción móvil	RPC 5 Recepción indoor	T-DMB Recepción hand-held
E (dB $\mu$ V/m) Nivel de campo	60	66	88

# Resumen Banda III

---

- En la Banda III, después del apagón de televisión analógico, las frecuencias están libres
- El plan de frecuencias de GE06 permite la introducción inmediata de cualquier sistema de radio digital de la familia DAB (T-DAB/DAB+/DMB)
- Requiere una red de emisión nueva
- La familia DAB (multiplex) es óptimo para radiodifusores con áreas de cobertura grandes y con varios programas a difundir
- DRM+ (no multiplex, más adecuado para radiodifusores locales) podría utilizar la Banda III pero eso requiere:
- Que el estándar se especifique en ETSI hasta 230 MHz
- Una canalización de 100/200 kHz (ejemplo: un bloque DAB de 1500 kHz se puede dividir en 7 de 200 kHz)



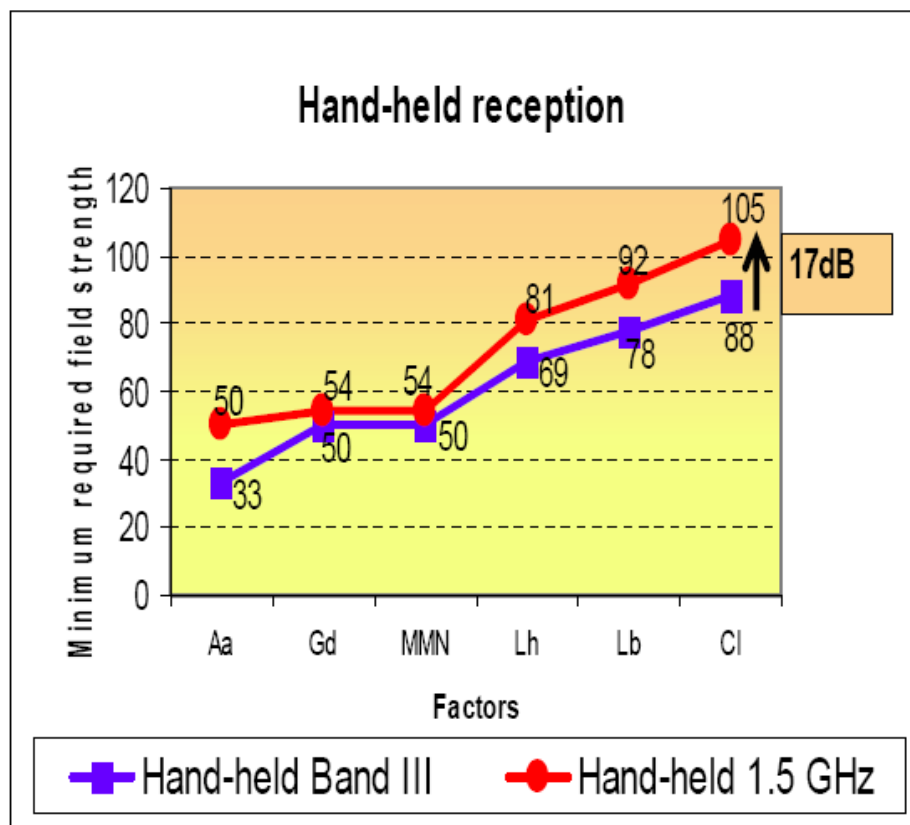
# T-DAB/DAB+/DMB en la Banda L (1452-1479.5 MHz)

---

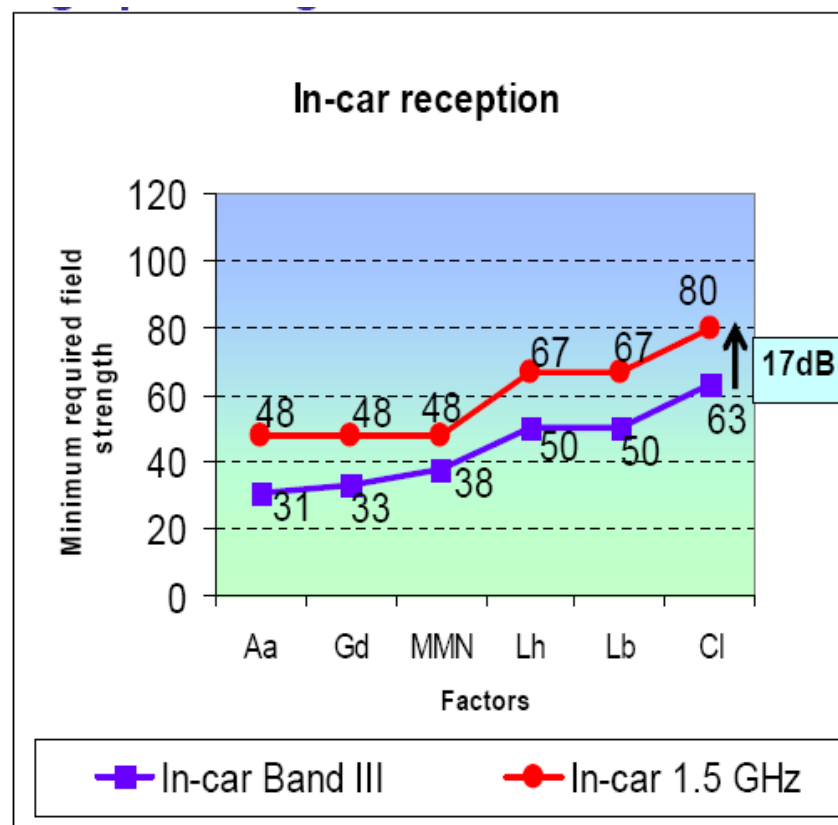
- El Acuerdo Europeo de Maastricht del 2002 regula el uso de la Banda L para T-DAB
- La mayoría de países Europeos planificó 2-3 coberturas nacionales para T-DAB recepción móvil
- La ganancia de antena de los emisores es alta en estas frecuencias lo que reduce la potencia de emisión y el coste de la red
- La propagación es mejor que en la Banda III para distancias cortas (0 a 10 km del emisor dependiendo de la altura de la antena) y se degrada rápidamente a partir de esas distancias
- Es pues adecuado para cobertura local (5 a 10 km de radio)
- Sin embargo los niveles de campo para recepción interior y hand held son muy elevados



# Nivel de campo en la Banda L (1452-1479.5 MHz)



Aa: Antenna aperture factor, varies with  $1/f^2$   
 Gd: Antenna gain/dipole  
 MMN: Man-made-Noise Allowance



Lh: Height Loss 10m → 1.5m  
 Lb: Building penetration loss  
 CI: Location correction factor



# Conclusiones (Desde el punto de vista del uso del espectro)

- La transición de la radio AM a la radio digital ya ha empezado en algunos países Europeos. DRM es un sistema de radio digital adecuado para cubrir grandes zonas con pocos emisores. Cobertura local también posible en 26 MHz.
- Sustituir la radio FM en la Banda II (sobresaturada y sin frecuencias libres) presenta la transición a sistemas de radio digital más difícil. Se vería facilitada si se hiciera también uso de otras bandas de frecuencia (por ejemplo la Banda I o la Banda III) al menos durante el periodo de transición
- Los parámetros técnicos de planificación de la radio digital en la Banda II aun están por definir
- La Banda III está libre y un plan de frecuencias existe para T-DAB/DAB+/DMB

Ninguno de esos escenarios incluye la liberación de frecuencias después del ‘apagón analógico’ ; con la radio digital no existe el concepto de ‘**dividendo digital**’ por lo que no hay una presión política para acelerar la transición hacia la radio digital



# Más información

---

- **BPN 003:** Technical bases for T-DAB planning – Febrero 2003
- **Doc.Tech 3317:** Planning parameters for hand-held reception – Julio 2007
- **Doc.Teh 3327:** Network aspects of DVB-H and T-DMB – Abril 2008
- **Doc. Tech 3330:** Technical bases for DRM services coverage planning – Junio 2008



EBU **TECHNICAL**



**Gracias**

Elena Puigrefagut  
puigrefagut@ebu.ch

