

Trabajo Fin de Máster

DE

**ANÁLISIS DE EMBMS (RELEASE 14) COMO ALTERNATIVA
DE RADIODIFUSIÓN 4G**

Memoria

Alumno *Ander Barroso García*

Titulación *Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación*

Fecha *Septiembre de 2016*

Profesores de Proyectos

Sr. Otegi

Sra. Toledo

Directores del Proyecto

Sr. Angueira

Sr. Montalban

Curso Académico

2015 - 2016

Índice

1. Resumen trilingüe	4
1.1 Resumen	4
1.2 Laburpena.....	4
1.3 Abstract	4
2. Lista de tablas, ilustraciones y acrónimos	5
2.1 Tablas.....	5
2.2 Ilustraciones	5
2.3 Acrónimos.....	6
3. Memoria	8
3.1 Introducción	8
3.2 Contexto	9
3.3 Alcance y objetivos del trabajo	11
3.3.1 Alcance	11
3.3.2 Objetivos.....	11
3.3.3 WBS (Work Breakdown Structure).....	12
3.4 Beneficios que aporta el trabajo	13
3.4.1 Beneficios técnicos	13
3.4.2 Beneficios económicos	14
3.4.3 Beneficios sociales.....	14
3.6Análisis de riesgos	15
4. Metodología	18
4.1 Introducción	18
4.2 Análisis de 3GPP	18
4.2.1 Funcionamiento y estructura	18
4.2.2 Especificaciones y proceso de estandarización	21
4.3 Análisis de eMBMS.....	23
4.3.1 Especificaciones de MBMS/eMBMS.....	23
4.3.2 Desarrollo de eMBMS en RAN.....	24
5. Aspectos Económicos	31
5.1 Descripción de tareas Gantt	31
5.2 Presupuestos	34
5.2.1 Equipo de trabajo	34

5.2.2 Horas internas	34
5.2.3 Recursos materiales	35
5.2.4 Resumen económico	35
6. Conclusiones.....	36
7. Bibliografía.....	37
7.1 TSG RAN.....	37
7.1 WG RAN1.....	37
7.1.1 Reunión 84b	37
7.1.2 Reunión 85.....	38
7.3 WG RAN2 reunión 94	39
7.3 WG RAN2 reunión 91b	40

1. Resumen trilingüe

1.1 Resumen

Los tecnologías de comunicaciones móviles han experimentado una gran evolución durante la última década, en la que se han desarrollado y desplegado de forma masiva tecnologías como el 3G y 4G. Esta última, con su estándar LTE (Long Term Evolution), ha proporcionado a los usuarios de una conexión a internet de alta velocidad en prácticamente cualquier punto geográfico. A su vez, la demanda por parte de los usuarios inalámbricos de servicios de streaming y video ha aumentado considerablemente a lo largo del periodo mencionado.

En este Trabajo de Fin de Máster se estudia el desarrollo de la tecnología alternativa de radiodifusión eMBMS (enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service) de LTE, también conocida como radiodifusión de LTE, en el foro de estandarización 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Esta tecnología permitirá a los usuarios, tras su despliegue masivo en las redes LTE, acceder a servicios de televisión y streaming en cualquier lugar a través de sus dispositivos receptores móviles.

1.2 Laburpena

Komunikazio-teknologia mugikorrek bilakaera nabarmena izan dute azken hamarkadan, 3G eta 4G bezalako teknologiak garatu eta hedatu direlarik. Aipatutako azken teknologia horren, 4G-ren, LTE (Long Term Evolution) estandarrek, erabiltzaileei ia edozein puntu geografikotan abiadura handiko interneterako konexioa eman die. Aldi berean, azken hamarkadan, erabiltzaile mugikorrek gero eta gehiago eskatzen dituzte streaming eta haririk gabeko zerbitzuak.

Master Amaierako Lan honetan, 3GPP (3rd Generation Partnership Project) estandarizazio foroak garatutako LTE-ren eMBMS (enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service) irratidifusio teknologia alternatiboa ikertzen da. Teknologia honen hedatze masiboaren ostean, erabiltzaileek telebista eta streaming zerbitzuak eskuragarri izango dituzte hargailu mugikorretan edozein tokitan.

1.3 Abstract

The mobile communication technologies have evolved incredibly during the last decade, when technologies such as 3G and 4G have been developed and deployed massively. The latter, within its LTE (Long Term Evolution) standard, has offered users a way to connect to the internet at high speed rates, almost at any geographical point. At the same time, the wireless user's demand of streaming and video services has increased considerably during the mentioned period.

The aim of this Master's Degree Final Project is to study the development of LTE's alternative broadcast technology eMBMS (enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service), also known as LTE Broadcast, within 3GPP (3rd Generation Partnership Project). After its deployment in LTE networks, it will allow users to have television and streaming services on their mobile receivers anywhere.

2. Lista de tablas, ilustraciones y acrónimos

2.1 Tablas

1. Tabla: Matriz de impacto.....	17
2. Tabla: Releases de 3GPP.....	22
3. Tabla: Estadísticas de las reuniones de RAN	24
4. Tabla: Parámetros acordados en RAN1 84b de 3GPP	27
5. Tabla: Resumen de CP propuestos.....	28
6. Tabla. Equipo de trabajo	34
7. Tabla. Horas internas.....	34
8. Tabla. Amortizables	35
9. Tabla. Recursos materiales.....	35
10. Tabla. Recursos materiales.....	35

2.2 Ilustraciones

1. Imagen: Número de clientes de telefonía móvil en España (2000 - 2015)	9
2. Imagen: Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles	9
3. Imagen: Aumento del tráfico de datos móviles 2011 - 2015).....	10
4. Imagen: Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles	10
5. Imagen: WBS	12
6. Imagen: Bilbao, entorno de estudio metropolitano	16
7. Imagen: Navarra, entorno de estudio rural	16
8. Imagen: Cronología de 3GPP.....	19
9. Imagen: Socios Organizadores de 3GPP.....	19
10. Imagen: Socios Representantes del Mercado de 3GPP	20
11. Imagen: Estructura de los grupos de 3GPP	20
12. Imagen: Modelo de Work Item	23
13. Imagen: Ejemplo de de recepción de eco retardado	26
14. Imagen: Simulación de recepción portable en interiores (1 y 5 km)	28
15. Imagen: Simulación de recepción fija en lo alto del tejado (7 y 15 km)	29
16. Imagen: Adjudicación de subtramas MBSFN actual en LTE	29
17. Imagen: Carrier Aggregation en LTE.....	30
18. Imagen: Diagrama de Gantt	33

2.3 Acrónimos

3GPP	3rd Generation Partnership Project
CA	Carrier Aggregation
CBS	Cell Broadcast Services
CP	Cyclic Prefix
CS	Circuit Switching
CT	Core Network & Terminals
DMRS	Demodulation Reference Signal
DPI	Derechos de Propiedad Intelectual
DRS	Discovery Reference Signal
eMBMS	evolved Multimedia Broadcast Multicast Service
EPC	Evolved Packet Core
EPDCCH	Enhanced Physical Downlink Control Channel
FDD	Frequency Division Duplexing
FS	Frame Structure
FTA	Free to Air
FTV	Free to View
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GPRS	General Packet Radio Service
IMS	IP Multimedia System
IP	Internet Protocol
ISD	Inter Site Distance
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long Term Evolution
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service
MBSFN	Multimedia-broadcast Single Frequency Network
MCCH	Multicast Control Channel
MCH	Multicast Channel
MIB	Master Information Block
MNO	Mobile Network Operator
MTCH	Multicast Traffic Channel
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PBCH	Physical Broadcast Channel
PCell	Primary Cell
PCFICH	Physical Control Format Indicator Channel
PCG	Project Coordination Group
PCID	Physical Cell Identity

PDCCH	Physical Downlink Control Channel
PDSCCH	Physical Downlink Shared Channel
PHICH	Physical Hybrid ARQ Indicator Channel
PMCH	Physical Multicast Channel
PRB	Physical Resource Block
PS	Packet Switching
PSS	Primary Synchronization Signal
PWS	Public Warning System
RAN	Radio Access Networks
SA	Service and System Aspects
Scell	Secondary Cell
SDL	Supplemental Downlink
SFN	Single Frequency Network
SIB	System Information Block
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio
SSS	Secondary Synchronization Signal
TDD	Time Division Duplexing
TSG	Technical Specification Group
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
WG	Working Group

3. Memoria

La memoria de todo proyecto ha de incluir algunos apartados esenciales, que son los que se resumen a continuación. En primer lugar la introducción, en la que se resume el contenido del documento. Después, se contextualiza el entorno del proyecto, se delimita su alcance y se resumen los beneficios más relevantes del mismo. A continuación, en el estado del arte, se analizan todos los aspectos actuales que están relacionados con la finalidad del proyecto. Finalmente, se realiza un análisis de las alternativas de la solución propuesta en este proyecto, en este caso alternativas tecnológicas, y un análisis de los riesgos de las soluciones propuestas en este proyecto.

3.1 Introducción

Este proyecto, titulado "Análisis de eMBMS (Release 14) como alternativa de radiodifusión 4G", analiza el funcionamiento del foro de estandarización 3GPP y el trabajo llevado a cabo por dicho foro entorno al desarrollo de eMBMS en LTE.

Para ello, en primer lugar se estudia la jerarquía y el funcionamiento de 3GPP, un paso imprescindible para poder realizar de manera satisfactoria el estudio del desarrollo de eMBMS. A pesar de que 3GPP es un foro relevante y conocido en el mundo de las comunicaciones móviles, su funcionamiento interno no lo es tanto. Su estructura está dividida en varios grupos de especificaciones, que a su vez están subdivididos en varios subgrupos con diferentes responsabilidades. Para complicar aún más la estructura jerárquica, dichos grupos y subgrupos están formados por varios miembros individuales de 3GPP, que en su mayoría son grandes empresas.

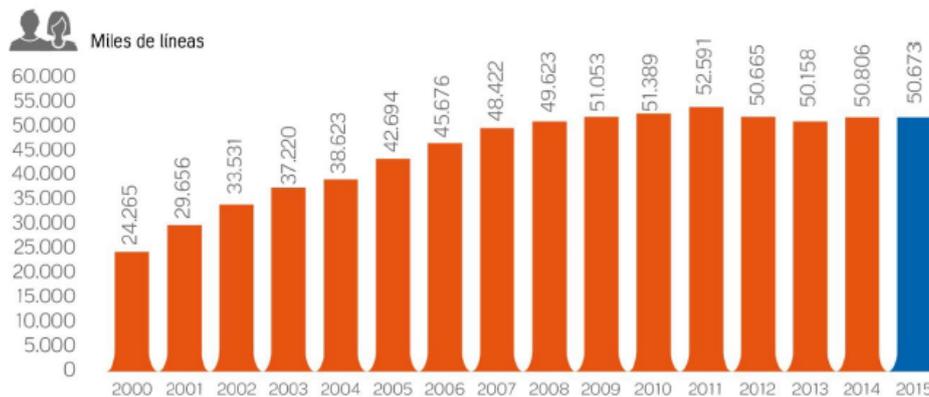
Una vez acotado el entorno de 3GPP, en el que se desarrolla la tecnología eMBMS, el proyecto sigue con el estudio de dicha tecnología de LTE. Este estudio se centra en el grupo de especificaciones RAN, ya que es el responsable del desarrollo del Work Item producido en 3GPP para las ampliaciones de eMBMS en LTE. Se analizan varias reuniones llevadas a cabo por este grupo en el que, tras varias propuestas, finalmente se aprueba un documento que acota los objetivos del Work Item "eMBMS enhancements for LTE". En reuniones posteriores dicho documento será modificado, incluyendo las modificaciones propuestas por los miembros participantes. Como se podrá observar, no todos los participantes comparten las mismas opiniones llegando a ser en ocasiones completamente contradictorias.

Si bien es cierto que los objetivos para la mejora de eMBMS en LTE los define RAN, son sus subgrupos (RAN1, RAN2...) los encargados de proponer alternativas para la implementación de dichos objetivos. Como se ha mencionado anteriormente, en los trabajos llevados a cabo por estos subgrupos participan varias empresas, con diferentes opiniones y propuestas. Como se verá, entre las empresas y miembros de 3GPP más relevantes están Ericsson, Nokia, Alcatel, Huawei, HiSilicon, Intel y Qualcomm.

3.2 Contexto

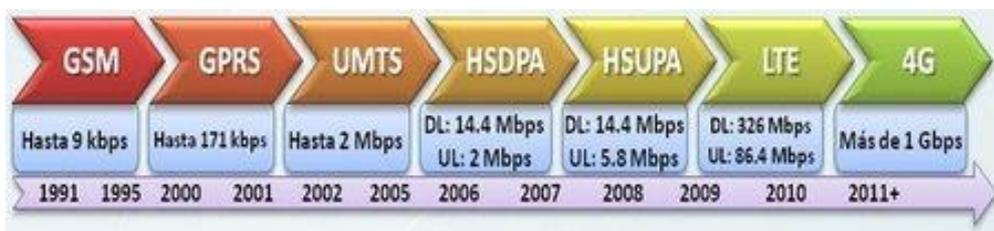
Las comunicaciones móviles han desarrollado un incremento exponencial durante los últimos años en todo el mundo. La expansión comenzó en la década de los 90 con la implantación de las redes GSM de segunda generación o 2G. Estas primeras redes permitían únicamente la transmisión de voz y mensajes de texto SMS, no así la transmisión de datos como la conocemos hoy en día.

Número de clientes de telefonía móvil en España



1. Imagen: Número de clientes de telefonía móvil en España (2000 - 2015)

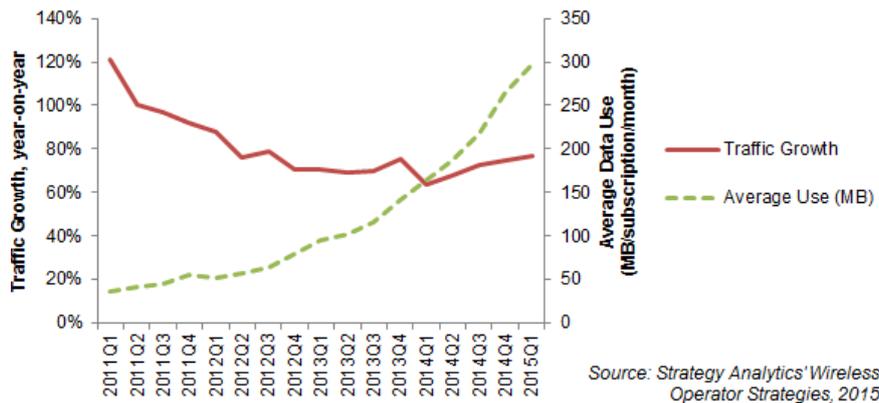
El primer salto cualitativo de la telefonía móvil llegó con el cambio de siglo, cuando se desplegó la tecnología GPRS. Aunque en ocasiones es clasificada como 2G, en realidad es una tecnología 2.5G, que permite la transmisión de datos a velocidades de hasta 171 kbps. En ese momento empezó de manera progresiva a comercializarse el uso de datos móviles, además de las llamadas y SMS.



2. Imagen: Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles

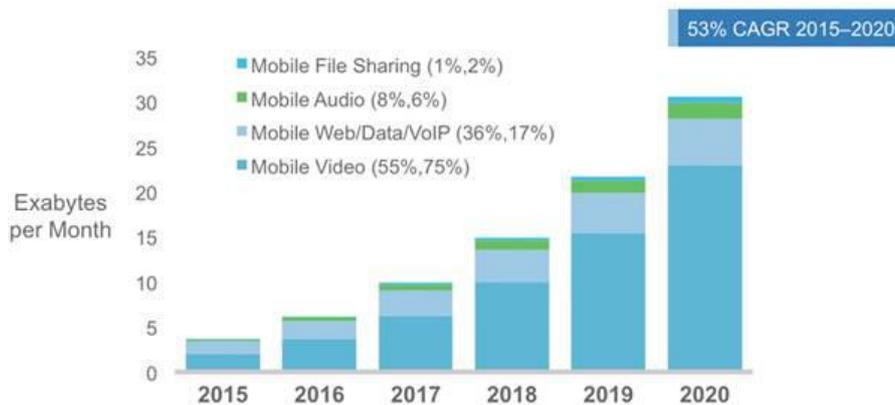
Poco después llegaría la nueva tercera generación, el 3G, gracias a la tecnología UMTS. Si bien es cierto que las velocidades máximas que ofrecía el 3G eran limitadas (hasta 2 Mbps), suponía un incremento del hasta 12 veces con respecto a la ofrecida por GPRS. Al igual que sucedió con su predecesora, aparecieron nuevas mejoras de dicha tecnología, clasificadas como 3.5G: HSDPA y HSUPA. Con las velocidades ofrecidas por estas tecnologías a mediados de la primera década del siglo XXI, hacia el año 2005, teóricamente ya se podía navegar mediante dispositivos móviles a velocidades suficientes. Sin embargo, el despliegue masivo de las redes de 3G se demoró varios años, debido a la gran inversión que tuvieron que hacer los operadores móviles.

Sin embargo, ha sido a partir de 2010 con el despliegue de LTE cuando se ha conseguido ofrecer a los usuarios velocidades lo suficientemente altas como para acceder a todo tipo de servicios, que van desde mensajería instantánea hasta la descarga de vídeos. Esto, en combinación con el aumento de dispositivos móviles que hay en el mercado, ha hecho que gran parte de la población tenga acceso móvil de alta velocidad a internet prácticamente en cualquier punto de la geografía. Como se puede observar en el siguiente gráfico, el aumento del tráfico datos móviles ha sido exponencial durante los últimos 5 años a nivel mundial.



3. Imagen: Aumento del tráfico de datos móviles 2011 - 2015)

Además, todas la previsiones apuntan a que este aumento seguirá siendo exponencial en los próximos años. Como se ve en la siguiente previsión en la que se divide el uso de datos por tipos (intercambio de archivos, audio, datos web y vídeo), será el consumo de vídeo y streaming el que sufrirá un mayor aumento, pasando del 50 al 75% del total de datos.



4. Imagen: Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles

Es precisamente el consumo de vídeo y streaming a través de los dispositivos móviles una de las motivaciones de este proyecto. La funcionalidad eMBMS permitirá a los operadores de telefonía móvil ofrecer una alternativa tecnológica a los servicios de radiodifusión terrestre tradicionales (DBV-T, ATSC, ISDB-T, etc.) mediante LTE. Una de las ventajas de LTE frente a estos servicios tradicionales es que los operadores dispondrán de la flexibilidad suficiente para dimensionar los servicios broadcast y unicast sin realizar cambios excesivos en la infraestructura. Así, los usuarios podrán acceder a todo tipo de contenido multimedia a través de sus dispositivos móviles en prácticamente cualquier punto geográfico.

3.3 Alcance y objetivos del trabajo

En este apartado se resumen el alcance y los objetivos, principales y secundarios, de este trabajo. Además, se incluye el WBS, una herramienta imprescindible en la gestión de un proyecto que presenta una descomposición jerárquica del alcance y los objetivos del mismo.

3.3.1 Alcance

Este Trabajo de Fin de Máster puede ser clasificado como un estado del arte, que se centra en estudiar los avances tecnológicos de eMBMS que se han llevado a cabo hasta el momento en 3GPP. Como se ha mencionado anteriormente, es de vital importancia primero analizar el funcionamiento interno de 3GPP, para así después poder identificar las áreas de interés para este proyecto. Por ello, el análisis del estado del arte incluye aspectos de 3GPP como los tipos de miembros que lo forman, los grupos y subgrupos de especificaciones existentes y sus áreas de responsabilidad y todo lo relacionado con el procedo de estandarización (Releases, Work Items...).

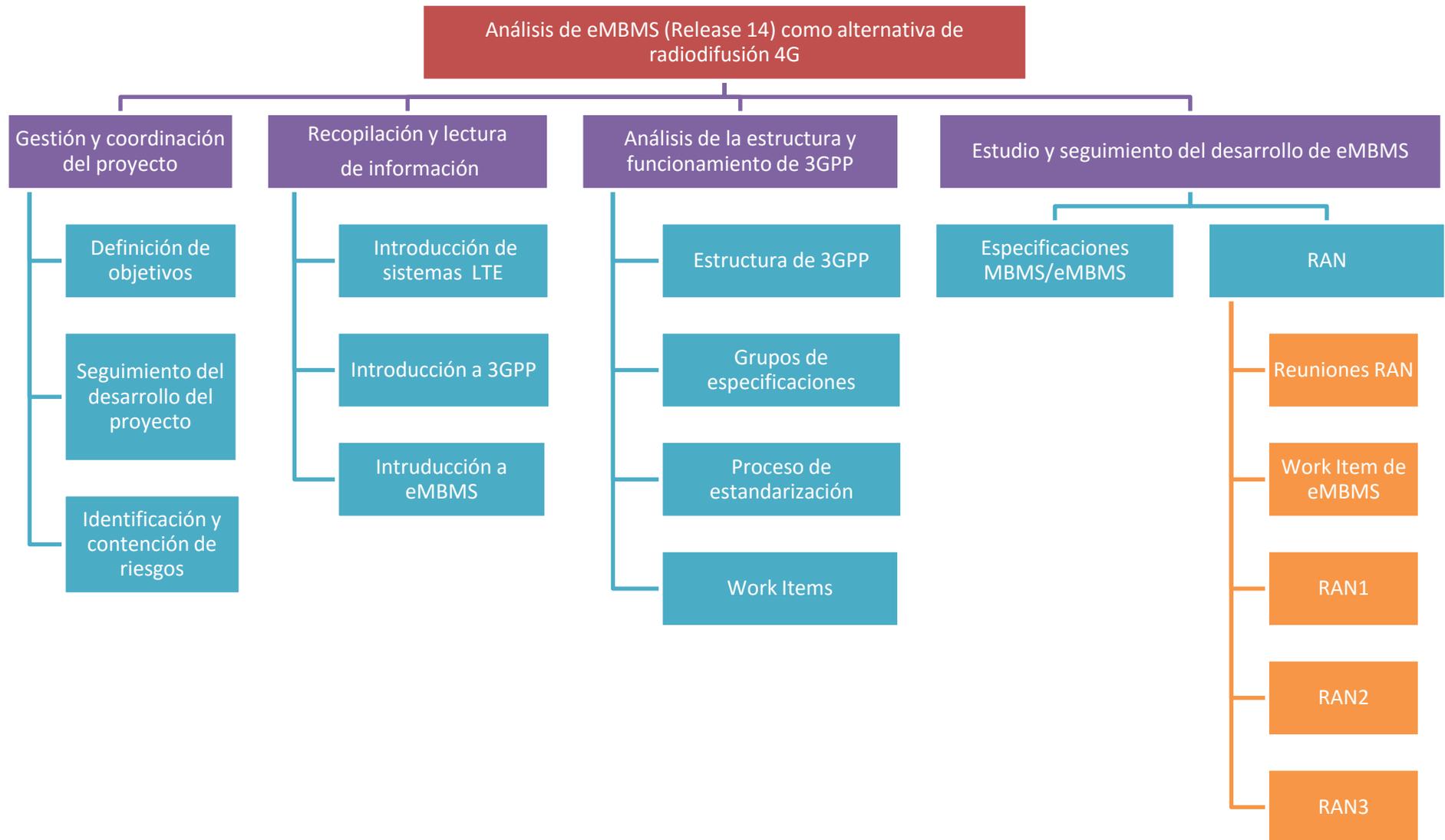
En cuanto al análisis de eMBMS, el alcance de este proyecto se ve limitado por el avance de 3GPP. Como se verá más adelante, el primer Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE fue aprobado en marzo de 2016, coincidiendo con el comienzo de este proyecto. Sin embargo, el avance en el seno de 3GPP es lento en comparación con la duración de este trabajo, ya que las reuniones de los subgrupos de 3GPP son trimestrales. Debido a que el comienzo del trabajo en los subgrupos de RAN es lineal y no paralelo, la mayor parte del estudio está centrado en RAN1, el subgrupo que más ha desarrollado sus propuestas. Por su parte, RAN2 y RAN3 también han puesto en marcha su trabajo entorno a eMBMS, pero en menor medida que RAN1. Además del estado del arte, se incluye un análisis técnico y objetivo de las soluciones propuestas para eMBMS en LTE.

3.3.2 Objetivos

Los objetivos del presente documento pueden ser clasificados en principales y secundarios. El objetivo principal de este proyecto es analizar la alternativa tecnológica de radiodifusión que presenta LTE, eMBMS, frente a las tecnologías de radiodifusión convencionales. Si bien esta no es nueva, las nuevas funcionalidades que se le pretenden añadir en LTE permitirán ofrecer servicios de radiodifusión, como la televisión, en los dispositivos móviles (smartphones, tablets...).

Los objetivos secundarios de este proyecto engloban todos aquellos aspectos que influyen en el análisis propuesto en el objetivo principal. El primero de ellos es comprender el funcionamiento interno de 3GPP, algo que permitirá acceder a la información relevante, dejando de lado toda aquella información sin valor real para este proyecto. Por otro lado, también existen algunos objetivos secundarios vinculados con las mejoras de eMBMS, que en su global permitirán alcanzar los objetivos propuestos. Entre ellos se pueden destacar el aumento de la duración del intervalo de guarda de las subtramas MBSFN, el incremento del número de subtramas MBSFN por trama, la creación de portadoras independientes para eMBMS, la eliminación de la región de control unicast y el CRS en las subtramas MBSFN y la recepción de servicios de televisión sin autenticación del usuario.

3.3.3 WBS (Work Breakdown Structure)



3.4 Beneficios que aporta el trabajo

En esta sección se tratan los beneficios que aporta este Trabajo de Fin de Máster, clasificados en beneficios técnicos, económicos y sociales. Los beneficios que se documentan a continuación están relacionados, por una parte, con el estudio que se presenta en torno a la estructura de 3GPP y, por otra parte, con el estudio relacionado a eMBMS y las mejoras que ofrecerá la implementación de esta tecnología a gran escala.

3.4.1 Beneficios técnicos

La primera clasificación de beneficios técnicos está relacionada con el estudio que en este proyecto se presenta en relación a la estructura y procesos de estandarización de 3GPP. Este foro de estandarización, a pesar de ser afamado mundialmente, tiene un funcionamiento interno que puede resultar complicado de entender para aquellas personas que no estén familiarizadas con el mismo. Por ello, en este proyecto se presenta de manera simple una guía para la comprensión de su jerarquía y modo de trabajo, que puede servir como base para otros proyectos que se centren en cualquier desarrollo tecnológico de 3GPP.

El segundo grupo de beneficios técnicos provienen de los avances tecnológicos que ofrecerá eMBMS en las redes de LTE. Como se ha mencionado anteriormente, eMBMS permitirá a las redes de LTE ofrecer servicios de broadcast o radiodifusión, alternativos a sistemas dedicados de radiodifusión tradicionales, como DVB-T o DVB-H. Esto permitirá a los operadores de LTE dimensionar su tráfico unicast y broadcast en función de las necesidades de cada momento.

Directamente relacionado con el beneficio de ofrecer servicios de broadcast sobre LTE está el ahorro en el ancho de banda. El espectro radioeléctrico es un bien limitado, en el que las frecuencias de interés para muchos servicios están confinadas en varios cientos de mega hercios (500 - 900 Hz). Este rango de frecuencias permite obtener grandes áreas de cobertura sin un aumento de la potencia de transmisión, en comparación con otros rangos de frecuencias utilizados por los servicios de telefonía móvil (1800 - 2600 MHz), debido a sus bajas pérdidas de propagación. La posibilidad de ofrecer servicios de radiodifusión a través de LTE, hará que el consumo del ancho de banda deje de ser dependiente del número de usuarios simultáneos y pase a depender del número de canales que el operador quiera ofrecer. Además, otro factor que maximizará el ahorro del ancho de banda es la configuración de red SFN de eMBMS, denominada MBSFN. Esto implica que en un área geográfica concreta todos los nodos eNB del operador estarán sincronizados, transmitiendo en el mismo canal multicast MCH y utilizando el mismo canal de frecuencia. Así, con una única frecuencia se podrá dar cobertura a amplias áreas.

Finalmente, cabe destacar que una de las campos de estudio más relevante de este proyecto es el aumento de CP en eMBMS. Este incremento permitirá que el la distancia entre nodos eNB, conocida como ISD, pueda aumentarse desde los actuales 5 - 7 km, hasta los 10 - 15 km. De esta forma se los operadores de LTE podrán desplegar sus redes eMBMS sin tener que utilizar todos los eNB actuales o, en nuevas áreas de despliegue, ofrecer áreas de cobertura con una menor densidad de nodos eNB.

3.4.2 Beneficios económicos

Los costes económicos del despliegue de eMBMS pueden ser divididos en dos grupos. Por un lado, estarán las áreas de cobertura en las que el operador actualmente ofrece servicios de LTE. Por otro lado, las zonas geográficas de nueva implementación de LTE, en las que actualmente únicamente existan servicios de 2G o 3G.

Los beneficios económicos del primer grupo están relacionados con el aumento del CP mencionado el apartado anterior. Si se implementara eMBMS con los valores de CP actuales, los nodos de las redes MBSFN podrían tener una distancia ISD máxima de entorno a 5 - 7 km. Esto obligaría a los operadores a acondicionar un gran número de nodos para la transmisión de eMBMS, ya que en muchos de ellos será necesario instalar un equipamiento adicional para transmitir en bandas de frecuencia menores que las actuales (500 - 700 MHz). Sin embargo, el aumento del CP propuesto por 3GPP aumentará el ISD hasta valores de 10 - 15 km, lo que reducirá el número de nodos eNB que será necesario acondicionar y, en consecuencia, la inversión de los operadores.

En cuanto al segundo grupo, se engloban las áreas de nuevo despliegue cobertura LTE. En la actualidad, a nivel de España, las cuatro grandes compañías de telefonía móvil (Telefónica, Vodafone, Orange y Yoigo) ofrecen cobertura 4G a entre el 80% y el 90% de la población. Por el contrario, existe una pequeña sector de la población situada en áreas rurales que todavía no dispone de dicho servicio. Es en estas áreas es donde el aumento del CP reportará un mayor ahorro económico a las empresas, permitiendo desplegar su red con densidades mucho menores que las actuales.

En cuanto a los usuarios, el beneficio económico estará relacionado con el número de servicios a los que tengan acceso. Como se ha comentado, eMBMS está pensado para que los operadores puedan desplegarlo sobre la red de LTE actual, sin tener que hacer inversiones excesivas. Esto resultará en que los usuarios seguirán pagando la misma cantidad por sus tarifas pero con una gran diferencia, tendrán acceso a servicios de streaming y televisión en casi cualquier área geográfica a través de sus dispositivos móviles.

3.4.3 Beneficios sociales

Los beneficios sociales de este proyecto están directamente relacionados con los servicios técnicos y económicos arriba mencionados. Los usuarios de LTE, podrán disfrutar de servicios que hasta el momento parecían impensables, accediendo a programas de televisión y streaming en casi cualquier punto geográfico. Además, en eventos especiales como los partidos de fútbol, se podrán ofrecer servicios streaming o televisivos adicionales, como cámaras desde otras perspectivas en directo. En estos lugares con densidades de usuarios altas, se podrá seguir recibiendo cobertura LTE sin que las nodos se saturen, gracias a la radiodifusión.

Uno de los servicios que se ha propuesto incluir en las redes eMBMS son los servicios de emergencias. En casos de desastres naturales se podrán emitir alertas de emergencia a los usuarios, que permitirá alcanzar a la casi totalidad de la población.

3.6 Análisis de riesgos

En las soluciones que se proponen en todo proyecto existen riesgos o imprevistos que pueden producir resultados inesperados en el mismo. En este apartado se valorarán los riesgos que pueden surgir en las soluciones propuestas en este Trabajo de Fin de Máster.

Se evaluarán diferentes factores, por un lado la probabilidad de aparición y el impacto que los riesgos identificados podrían tener sobre el proyecto. Estos factores se clasificarán mediante ponderaciones, que varían desde 0 (probabilidad/impacto muy bajo) hasta 1 (probabilidad/impacto muy alto). Por otro lado, se presentarán las medidas de contención oportunas.

Finalmente se muestra la clasificación de los riesgos según la matriz de impacto.

- **No obtener los resultados deseados**

En este como en cualquier otro proyecto, se proponen soluciones basadas en su mayoría en cálculos teóricos, ya sean mediante fórmulas o simulaciones. Estos cálculos tienen el riesgo de no corresponderse con la realidad, debido a la existencia de muchos factores difícilmente predecibles. Por ejemplo, podría darse el caso de que a pesar de que en los cálculos teóricos se demuestra que con el aumento del CP se pueden obtener distancias ISD de hasta 15 km, puede que en la realidad no se lleguen a conseguir los resultados deseados.

Por ello, una medida de contención recomendable, es llevar a cabo un primer despliegue de los servicios de eMBMS de prueba en varias áreas concretas. Para obtener unos resultados satisfactorios, sería necesario que las pruebas fueran llevadas a cabo en diferentes áreas que reflejaran la mayor parte de escenarios reales. Por ejemplo, para obtener resultados reales de un entorno urbano, se podrían desplegar los servicios de eMBMS en varias zonas de la ciudad de Bilbao, como la delimitada por Abando, Moyua, Indautxu y Zabálburu como se muestra a continuación. En esta área de 0.33 km² se estima que viven alrededor de 3000 personas.

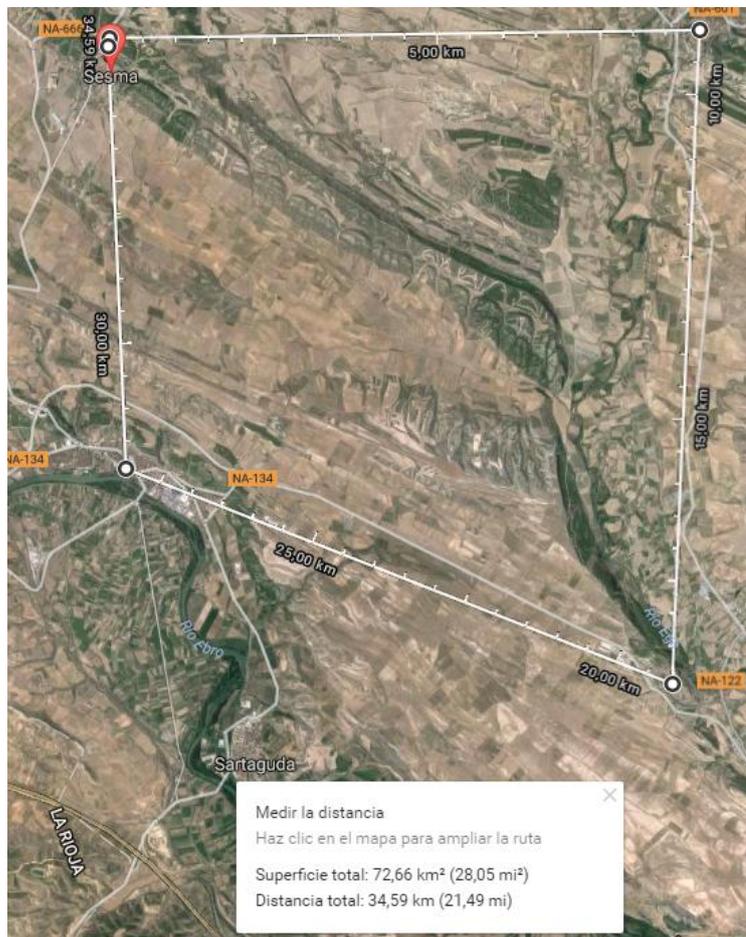
Por otro lado, para zonas rurales, se podría desplegar eMBMS entre los pueblos Navarros de Sesma, Lerín, Lodosa y Cárcar, que forman una superficie total de 73 km² y tienen una población total aproximada de 9000 habitantes.

De esta forma, se podrían obtener resultados reales del desempeño de eMBMS con una inversión inicial infinitamente menor que la necesaria para ofrecer dichos servicios a nivel nacional.

- Probabilidad de aparición: 0.2
- Impacto: 0.7
- Identificador: R02



6. Imagen: Bilbao, entorno de estudio metropolitano



7. Imagen: Navarra, entorno de estudio rural

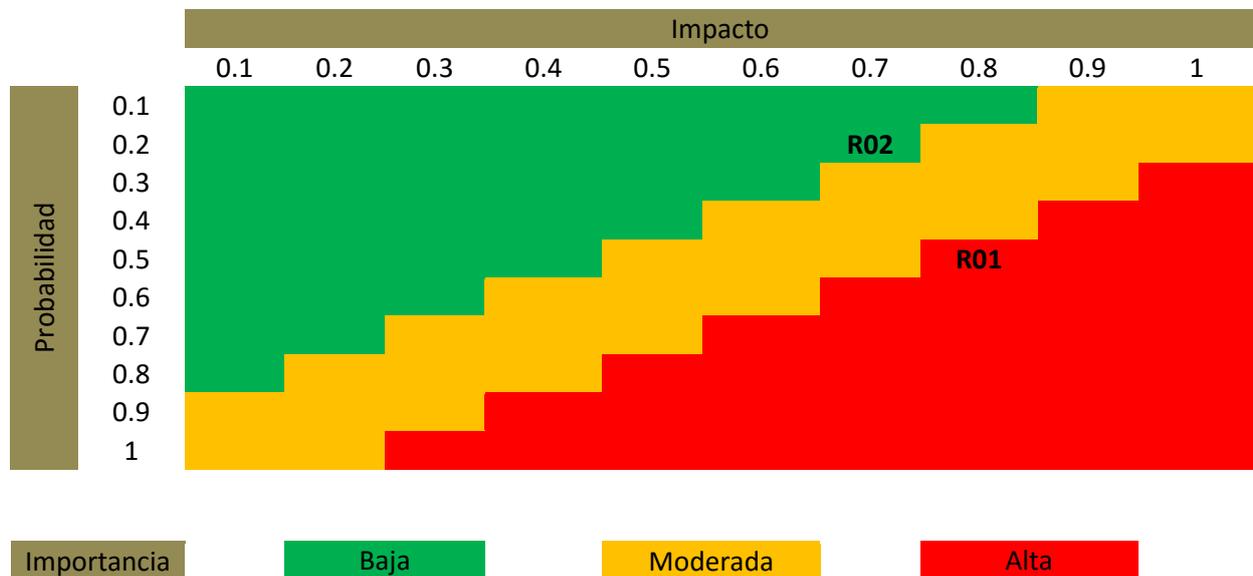
- **Sobrecostos en el despliegue**

Uno de los aspectos fundamentales a estudiar en la implementación de eMBMS son los costes asociados al despliegue de dichos servicios en la red de LTE. En los nodos existentes, se ha identificado la necesidad de acondicionar los nodos de LTE existentes, mediante la instalación de nuevas estaciones base, tarjetas de banda base, antenas, etc. Por otra parte, será necesario el despliegue de nuevos nodos para ampliar la cobertura de eMBMS.

Será necesario estudiar si los beneficios económicos obtenidos por la implementación de esta nueva funcionalidad de LTE serán los suficientes como para, además de cubrir los gastos, obtener beneficios. Se ha de tener en cuenta que actualmente los servicios de radiodifusión tradicionales cuentan con una amplia red desplegada y que podrían ofrecer los mismo servicios a un coste menor para los usuarios.

- Probabilidad de aparición: 0.5
- Impacto: 0.8
- Identificador: R01

A continuación se muestra la matriz de impacto de los riesgos detectados:



1. Tabla: Matriz de impacto

4. Metodología

4.1 Introducción

En esta sección se realizará un extenso resumen de este Trabajo de Fin de Máster, titulado "Análisis de eMBMS (Release 14) como alternativa de radiodifusión 4G". Para ello se hará una descripción detallada de los dos temas analizados en este proyecto: la estructura y funcionamiento de 3GPP y el análisis del desarrollo de eMBMS en la Release 14. La base informativa de este análisis es la que contienen los Anexos I y II, donde se exponen todos los aspectos estudiados de forma más detallada. Además de la exposición de dichos Anexos, este apartado incluirá una discusión objetiva de las soluciones presentadas en los Anexos I y II, enfocada desde un punto de vista técnico.

4.2 Análisis de 3GPP

El punto de partida de este proyecto es el análisis de las estructuras de 3GPP, entre las que se incluyen los grupos que lo forman y sus áreas de responsabilidad. Además se analizan otros aspectos de suma relevancia, como son el proceso de estandarización de este foro y sus Work Item. La razón principal para llevar a cabo un estudio de este tipo es que este proyecto es el primero que se realiza en el grupo de investigación TSR sobre una tecnología desarrollada por el foro de estandarización 3GPP. Por ello, para solventar este desconocimiento y poder llevar a cabo el estado del arte de la tecnología eMBMS en LTE, se presenta el análisis del Anexo I.

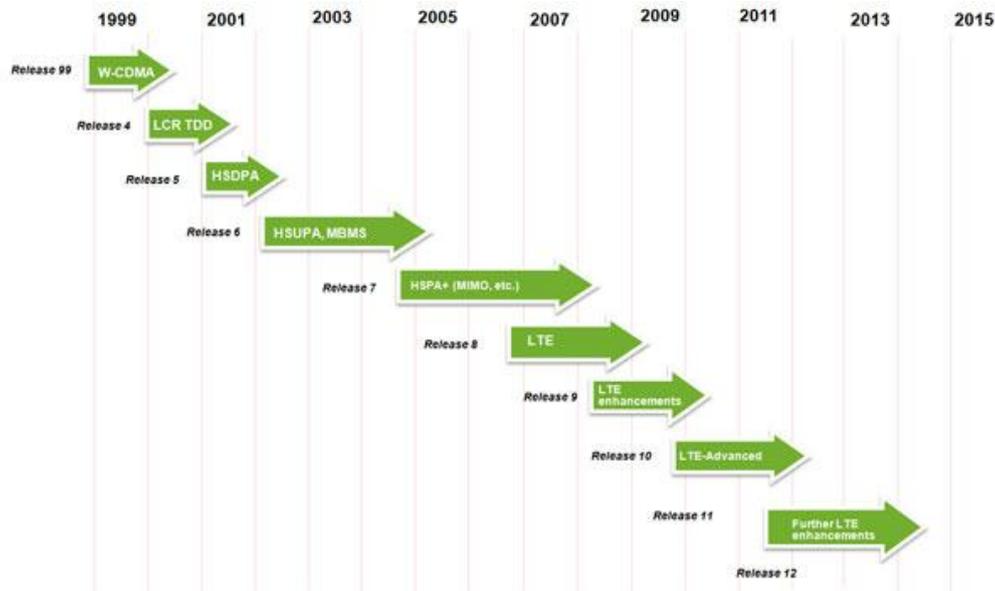
4.2.1 Funcionamiento y estructura

El Anexo I comienza con el análisis del foro de estandarización 3GPP (Anexo I, apartado 3. *3GPP*), que es una entidad colaborativa formada por siete desarrolladores de estándares de telecomunicaciones que provee a sus miembros de una estructura estable para producir los informes y especificaciones que definen las tecnologías de 3GPP. Este proyecto cubre el sistema completo las redes de tecnologías celulares GERAN, UTRAN y LTE entre los que están el acceso radio, la red de transporte y los servicios.

El desarrollo de estas tecnologías ha de ser realizado con una visión global de *roaming* y circulación de terminales, de tal manera que los terminales puedan ser utilizados en cualquier punto del planeta. Otro de los objetivos de 3GPP es garantizar, en la medida de lo posible, la compatibilidad hacia adelante y hacia atrás. Es decir, en garantizar que los cambios introducidos en Releases nuevas o existentes sean compatibles con las demás funcionalidades que se definan antes y después. Lo que se pretende es que el funcionamiento de los terminales de los usuarios sea continuo, sin interrupciones, independientemente del momento de su construcción.

La andadura de 3GPP comenzó en 1998, cuando asumió algunas de las responsabilidades que hasta entonces asumía el instituto de estándares europeo ETSI. Desde aquel año hasta hoy en día de ha llevado a cabo un desarrollo progresivo y paralelo de diferentes tecnologías englobadas en las generaciones 3G y 4G, asumiendo además las mejoras realizadas a las tecnologías de 2G. Entre las

tecnologías más relevantes creadas por 3GPP están WCDMA y HSDPA en 3G y LTE y LTE-Advanced en 4G. En la imagen que se muestra a continuación se resume la cronología del desarrollo, en la que se puede observar el desarrollo en paralelo de algunas de ellas durante un breve periodo de tiempo.



8. Imagen: Cronología de 3GPP

La siguiente parte del estudio de 3GPP es la correspondiente a su estructura (Anexo I, apartado 4. *Estructura de 3GPP*), que como se verá a continuación es bastante complicada. Este análisis se puede enfocar desde dos puntos de vista muy diferentes, pero que a su vez están relacionados entre sí: la estructura de pertenencia a 3GPP y la jerarquía interna de los grupos que lo forman.

La **pertenencia a 3GPP** puede ser de diferentes tipos y con diferentes responsabilidades, en función del tipo de miembro del que se trata. 3GPP está compuesto por 7 Organizaciones Desarrolladoras de Estándares, que a su vez son los **Socios Organizadores**. Entre los requisitos que se han de cumplir para ser un socio organizador, está el tener la capacidad y autoridad para definir, publicar y decidir estándares de forma regional dentro de los objetivos de 3GPP. Cabe destacar que cada uno de estos Socios Organizadores está compuesto por decenas o cientos de empresas locales, que a su vez pueden convertirse en **Miembros Individuales**. En el apartado 4.1. *Miembros de 3GPP* del Anexo I se dan más detalles al respecto.



9. Imagen: Socios Organizadores de 3GPP

Además, existe otra fórmula para ser socio de 3GPP, la de los **Socios Representantes del Mercado**. En este grupo se engloban aquellos miembros que tengan la capacidad para aconsejar a 3GPP sobre los mercados y crear en 3GPP consenso en cuantos a los requerimientos de mercado.



10. Imagen: Socios Representantes del Mercado de 3GPP

Existe la posibilidad de participar en las discusiones y reuniones de 3GPP sin tener ninguna de las tres tipos de pertenencias a 3GPP mencionadas hasta el momento. Esta posibilidad es la de convertirse en **Observador** o **Invitado** de 3GPP. Estos, pueden participar en las reuniones de 3GPP, acceder a la documentación y, a su vez, contribuir con documentación informativa a las mismas. Sin embargo, no podrán presentar propuestas como el resto de los miembros, es decir, su papel es el de la observación, no el de la participación.

Sin embargo, lo complicado de 3GPP desde el punto de vista de alguien externo, como es el caso del alumno que lleva a cabo este proyecto, no es la estructura de la pertenencia a esta organización, sino la **jerarquía de los grupos de 3GPP** (Anexo I, apartado 4.2. *Grupos de especificaciones de 3GPP*). Esta es una estructura piramidal en la que existen multitud de grupos y subgrupos, cada uno de ellos con un funcionamiento independiente pero coordinado con el resto.

Project Co-ordination Group (PCG)			
TSG GERAN GSM EDGE Radio Access Network	TSG RAN Radio Access Network	TSG SA Service & Systems Aspects	TSG CT Core Network & Terminals
GERAN WG1 Radio Aspects	RAN WG1 Radio Layer 1 spec	SA WG1 Services	CT WG1 MM/CC/SM (Iu)
GERAN WG2 Protocol Aspects	RAN WG2 Radio Layer 2 spec Radio Layer 3 RR spec	SA WG2 Architecture	CT WG3 Interworking with external networks
GERAN WG3 Terminal Testing	RAN WG3 Iub spec, Iur spec, Iu spec UTRAN O&M requirements	SA WG3 Security	CT WG4 MAP/GTP/BCH/SS
	RAN WG4 Radio Performance Protocol aspects	SA WG4 Codec	CT WG6 Smart Card Application Aspects
	RAN WG5 Mobile Terminal Conformance Testing	SA WG5 Telecom Management	
	RAN WG6 Legacy RAN radio and protocol	SA WG6 Mission-critical applications	

11. Imagen: Estructura de los grupos de 3GPP

En la anterior imagen pueden observarse varios grupos. El primero de ellos, el que más alto se sitúa en la jerarquía, es el **PCG** o grupo de coordinación. La función de este grupo es la gestión trabajo del resto de grupos de trabajo, para que se ajusten a los plazos establecidos. Además, es responsable de la aprobación de las áreas de trabajo y la distribución de los recursos humanos y financieros.

Por debajo suyo se sitúan los cuatro **TSG** o grupos de especificaciones de 3GPP: GERAN , RAN, SA y CT. El primero, **GERAN** es responsable de la parte de acceso radio e interfaces de GSM. **RAN** por su parte, debe realizar la definición de las funciones, requerimientos e interfaces de las red UTRA/E-UTRA. **SA** es responsable de las capacidades de la arquitectura y servicio de los sistemas basados en las especificaciones de 3GPP. Finalmente, **CT**, es el grupo encargado de especificar las interfaces lógicas y físicas de los terminales, sus capacidades y el núcleo de red de los sistemas 3GPP. Cada uno de grupos de especificaciones están formados por varios subgrupos, también llamados *Working Groups*.

Lo complicado de esta estructura habita en el funcionamiento independiente de cada uno de estos 20 *Working Groups*. Estos realizan sus reuniones periódicas, habitualmente una cada trimestre, en las que se presentan propuestas para todos los *Work Item* tratados. Como se mencionará en el siguiente apartado, el 4.2.2, 3GPP tiene funciona a base de Releases en paralelo. Por ello, en cada reunión de los WG se tratan decenas de temas correspondientes a cualquiera de las Releases activas en dicho momento. Si cualquier persona o entidad externa a 3GPP quisiera analizar alguno de los temas tratados por un WG concreto en una reunión concreta, se encontraría con las decenas o cientos de propuestas presentadas a título individual por cada uno de los participantes en dicha reunión, correspondientes a múltiples WI de varias Releases.

A modo de ejemplo, en el siguiente enlace se pueden encontrar las 653 propuestas presentadas en la reunión 71 del grupo SA1: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG1_Serv/TSGS1_71_Belgrade/Docs/. Si extrapolamos esta cantidad de documentos a los 20 WG que forman 3GPP y a una media de 80 reuniones mantenidas por cada uno de ellos, obtenemos una aproximación de 1.044.000 documentos presentados. Esta cifra refleja la complejidad de obtener información concreta acerca de alguno de los temas tratados en 3GPP. Únicamente en la realización de este proyecto sobre las ampliaciones de eMBMS en LTE se han tenido que analizar de manera detallada entorno 100 documentos.

4.2.2 Especificaciones y proceso de estandarización

El funcionamiento interno de 3GPP en cuanto a su proceso de estandarización es un tanto complejo, por ello en el apartado 5. *Especificaciones* del Anexo I se realiza un análisis de los aspectos más relevantes del mismo. Entre la información que se incluye están las fases del proceso de estandarización, las Releases, la numeración de las especificaciones, la solicitudes de cambio y los Work Items.

El **proceso de estandarización**, que como bien indica el nombre trata de desarrollar nuevas especificaciones, se lleva a cabo mediante el trabajo conjunto y coordinado de todos los grupos de trabajo (WG) y grupos de especificaciones (TSG) de 3GPP, supervisados por el grupo de

coordinación (PCG). Son tres las etapas en las que se divide dicho proceso: definición de los servicios desde el punto de vista del usuario, definición de la arquitectura y especificación de los protocolos.

El resultado del proceso de estandarización son las **Releases**, que no son más que un conjunto de especificaciones definidas en un lapso de tiempo concreto. Estas Releases están caracterizadas tres fechas: fecha de comienzo, fecha de finalización y fecha de cierre. La diferencia entre la fecha de finalización y la de cierre es que, en la primera, las Releases todavía puede sufrir alguna modificación menor y, sin embargo en la segunda, las Releases no podrán ser modificadas. En consonancia con estas tres fechas, están los estados de las Releases. A partir de la fecha de comienzo, el estado de la Release pasa a ser *open*, tras la fecha de finalización el estado pasa a ser *frozen* y tras la fecha de cierre se convierte en *closed*. A continuación se muestra el estado y las fechas mencionadas de las últimas Releases de 3GPP:

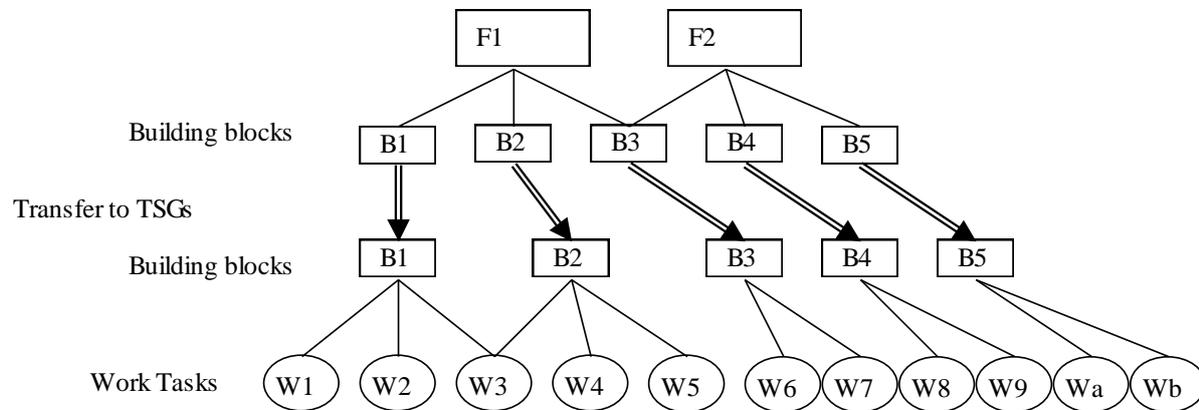
Nombre	Estado	Start date	End date	Closure date
Release 15	Open	2016-06-01	-	-
Release 14	Open	2014-09-17	2017-06-09 (SA#76)	-
Release 13	Frozen	2012-09-30	2016-03-11 (SP-71)	-
Release 12	Frozen	2011-06-26	2015-03-13 (SP-67)	-
Release 11	Frozen	2010-01-22	2013-03-06 (SP-59)	-
Release 10	Frozen	2009-01-20	2011-06-08 (SP-52)	-
Release 9	Frozen	2008-03-06	2010-03-25 (SP-47)	-
Release 8	Frozen	2006-01-23	2009-03-12 (SP-43)	-
Release 7	Closed	2003-10-06	2008-03-13 (SP-39)	2014-09-17 (SP-65)

2. Tabla: Releases de 3GPP

En la tabla anterior se puede observar que en la actualidad únicamente existen dos Releases en estado *open*, aunque en ocasiones pueden haber hasta 3 en este mismo estado. Debido a que el inicio de la Release 15 es posterior al inicio de este proyecto y que las Releases 13 o anteriores se encuentran en estado *frozen*, se decidió basar el Análisis de las ampliaciones de eMBMS en LTE en la Release 14. Esto añade un grado más de dificultad al proyecto, ya que aunque sea una Release que lleva 2 años en curso, el hecho de que no esté cerca de finalizar hace que este proyecto no pueda tener un resultado final como tal. Por eso, aunque el estado del arte de las ampliaciones de eMBMS en LTE sea el núcleo de este Trabajo de Fin de Máster, también se incluye una discusión técnica de las propuestas presentadas.

La planificación en cualquier proyecto complejo de ingeniería es un aspecto vital, para así poder monitorizar su ejecución y llevar a cabo las acciones necesarias para su cumplimentación. Para poder controlar las actividades y estudios que se realizan, en 3GPP se define dicho proceso mediante una especificación [1]. En dicha especificación se describe de forma detallada cómo dividir en bloques menores las nuevas funcionalidades desarrolladas en 3GPP, que incluyen una gran cantidad de aspectos a estudiar. En la siguiente imagen se muestra como una funcionalidad puede ser dividida en

Building Blocks y estos a su vez en *Work Tasks*. Así, mediante bloques de trabajo más simple, el desarrollo de las nuevas funcionalidades puede ser controlado y monitorizado.



12. Imagen: Modelo de Work Item

El objetivo de este apartado ha sido presentar de manera resumida el análisis de la estructura y el proceso de estandarización documentado en el Anexo I. Además, se ha tratado de demostrar lo complejo que es para alguien externo a 3GPP realizar un seguimiento de cualquier desarrollo tecnológico. Esta dificultad no sólo viene exacerbada por la forma de trabajo del foro en sí, sino también por la gran cantidad de documentos y propuestas que se presentan a lo largo de las reuniones de cada uno de los grupos. Por ello, el Anexo I además de haber facilitado el trabajo al autor de este proyecto, puede servir como base para futuros proyectos basados en 3GPP.

4.3 Análisis de eMBMS

Una vez finalizada la primera fase del proyecto, la del estudio de las estructuras y funcionamientos internos de 3GPP, el siguiente paso es proceder al análisis de las ampliaciones de eMBMS en LTE que se llevan a cabo en 3GPP. Este estudio no podría haberse realizado sin dicha primera fase, o no al menos con las mismas garantías de éxito, ya que hacer el seguimiento de cualquier trabajo de 3GPP sin conocer su funcionamiento interno puede convertirse en un laberinto sin salida. Como se ha mencionado anteriormente, el foro de estandarización lo forman una veintena de grupos de trabajo, que han realizado cerca de un centenar de reuniones cada uno y en las que se presentan más de medio millar de documentos. Por eso, como se verá a continuación, el avance de este Trabajo de Fin de Máster ha sido lento y laborioso, pero al mismo tiempo se ha efectuado sobre pasos seguros evitando perderse en el laberinto que es 3GPP.

4.3.1 Especificaciones de MBMS/eMBMS

El primer paso del análisis de eMBMS en LTE que se muestra en el Anexo II es el estado del arte de las múltiples especificaciones publicadas por 3GPP entorno a MBMS. En la sección 3. *Especificaciones de MBMS/eMBMS* del Anexo II se muestra una tabla en la que se incluyen todas estas especificaciones, junto con su título, el grupo de trabajo responsable de su elaboración (lo cual no

quiere decir que sea el único) y el histórico de sus diferentes versiones a lo largo de las Releases de 3GPP. Una vez que el estado de una Release pase a ser *Frozen*, las especificaciones pertenecientes a la misma únicamente podrán sufrir cambios menores y cuando la Release pase a *Closed* no podrá ser modificada nuevamente. Cabe destacar que aunque una especificación sea publicada en una Release concreta con sus diferentes versiones, esta misma especificación podrá ser actualizada y completada en las posteriores Releases, que es lo que habitualmente sucede.

Como puede observarse en la tabla mencionada del Anexo II, MBMS es una funcionalidad cuyo desarrollo comenzó en la Release 6, antes incluso que el desarrollo de LTE, que comenzó en la Release 8. Por ello, inicialmente obtuvo el nombre de MBMS y posteriormente, cuando se decidió incorporar dicha funcionalidad a LTE, pasó a tener llamarse eMBMS. Por otro lado, en ocasiones eMBMS es denominado MBSFN. Sin embargo, esta denominación no es del todo correcta, ya que MBSFN no es sinónimo de eMBMS, sino una de sus mejoras en la que se despliega eMBMS en redes de de frecuencia única. En un futuro se espera que este tipo de despliegue sea prácticamente el único de eMBMS, ya que permite un uso más eficiente del tan saturado espectro radioeléctrico.

4.3.2 Desarrollo de eMBMS en RAN

El siguiente paso tras situar MBMS/eMBMS en su contexto histórico, es comenzar con el seguimiento del desarrollo de eMBMS en LTE que lleva a cabo 3GPP. Para ello, en primer lugar en el Anexo I se estableció la Release sobre la que se trabajaría en este proyecto, la Release 14. En segundo lugar, fue necesario descubrir cuáles de los TSG estaban involucrados en este trabajo. Si bien es cierto que de los cuatro TSG que forman 3GPP, son dos (RAN y SA) los que en el comienzo de este Trabajo de Fin de Máster habían realizado algún tipo de trabajo sobre eMBMS, siendo RAN el más implicado con mucha diferencia. La razón de esta mayor implicación es que RAN es el responsable de las ampliaciones de eMBMS en LTE. Para llegar a esta conclusión, no ha existido otro método que analizar a alto nivel las últimas publicaciones de cada uno de los grupos relacionadas con eMBMS.

Después de acotar la Release y el grupo de especificaciones sobre los que se trabajará en este proyecto, *Release 14* y *RAN* respectivamente, el siguiente paso es descubrir en qué momento comienza el trabajo de RAN sobre eMBMS en la Release 14. Si bien es cierto que esta Release comenzó en septiembre de 2014, el trabajo de RAN es posterior. Para llegar a esta conclusión ha sido necesario estudiar a alto nivel y sin entrar en muchos detalles las últimas reuniones de RAN (se puede acceder a ellas a través del siguiente link: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/).

Reunión	Nº de documentos totales	Nº de documentos eMBMS
RAN 69	476	1
RAN 70	647	3
RAN 71	668	4
RAN 72	625	13

3. Tabla: Estadísticas de las reuniones de RAN

Como se puede observar en la tabla anterior, el número de documentos presentados en las últimas reuniones de RAN ronda o supera el medio millar, por lo que cualquier análisis de los mismo ha de ser realizado sin entrar en demasiados detalles. Asimismo, en la última columna de la tabla se indica el número de documentos en los que se estudia expresamente la funcionalidad eMBMS. En la reunión RAN 69 se presentó un único documento sobre esta funcionalidad, pero únicamente anticipaba la necesidad de su estudio. Por ello, no se llegó a aprobar ningún Work Item al respecto.

Los esfuerzos reales para iniciar el desarrollo de eMBMS comenzaron en la reunión RAN 71, aunque como se indica en el apartado 4.1.1. RAN 70 de Anexo II, no se llegó a aprobar ningún Work Item debido a las discrepancias que existían entre los participantes acerca de los objetivos del mismo. Fue en RAN 71 cuando se aprobó el primer Work Item una vez superadas las diferencias y, en consecuencia, en la reunión RAN 72 aumentó considerablemente el número de documentos relacionados con eMBMS. La función del TSG RAN en cuanto a la aprobación de los Work Item se limita a establecer los objetivos, delegando en sus grupos de trabajo (RAN1, RAN2, RAN3...) el desarrollo de los mismos. En consecuencia, el siguiente avance de este proyecto va dirigido a estos grupos de trabajo y el estudio de las propuestas presentadas por los miembros individuales de 3GPP que participan en los mismos.

En los apartados 4.3. RAN1, 4.4 RAN2 y 4.5 RAN3 se estudian de forma detallada todas las propuestas presentadas en el marco de las ampliaciones de eMBMS en LTE. Este estudio se organiza (de arriba a abajo en la jerarquía) en reuniones de los subgrupos de RAN, en los miembros participantes (Ericsson, Nokia, Huawei...) y en los temas analizados.

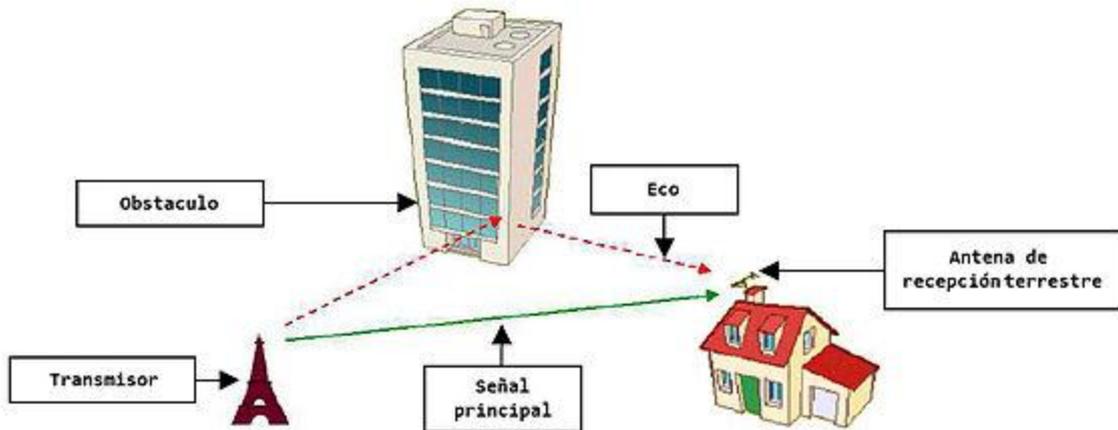
El objetivo principal de las ampliaciones de eMBMS en LTE es el estudio de un *CP de mayor longitud*, precisamente para la implantación de su modo MBSFN con mayores áreas de cobertura. Este cambio conlleva el estudio de algunos otros aspectos secundarios, que son las otras áreas estudiadas: *aumento del número de subtramas MBSFN por trama, creación de portadoras independientes eMBMS, subtramas MBSFN sin región de control unicast, modo multicarrier y recepción eMBMS sin autenticación del usuario*. En definitiva, son estos los temas en los que se estructuran las numerosas propuestas presentadas por cada miembro individual de 3GPP, que se estudian en el Anexo II.

A continuación se exponen las propuestas presentadas en el Anexo II, pero con la diferencia de que en el Anexo II se presentan organizadas por miembros de 3GPP, y en este documento se agrupan todas esas propuestas para poder diferenciar de manera clara cuáles son las diferentes tendencias. Además, se incluye un análisis técnico y objetivo de las mismas, en el que se valorarán los pros y las contras de las mismas.

4.3.2.1 CP de mayor longitud

El objetivo de introducir un CP o intervalo de guarda es ofrecerle a LTE cierta inmunidad frente a las señales retardadas. Como bien es sabido, cuando una señal es transmitida se generan múltiples ecos debido a reflexiones originadas en los objetos de alrededor. Además, en redes de frecuencia única con varios transmisores sincronizados que emiten la misma señal, los receptores reciben la señal transmitida varias veces en diferentes instantes. Con la introducción del intervalo de guarda, se deja

un margen de tiempo en el cuál los ecos y señales retardadas con respecto a la señal principal producen un efecto positivo en el receptor, mejorando la señal recibida. Por el contrario, todas las señales recibidas fuera del intervalo de guarda generarán interferencia sobre la señal deseada. Por eso, el aumento del CP permite obtener áreas de cobertura mayores, con el sacrificio de un aumento del payload. En definitiva, es necesario encontrar un equilibrio entre las ventajas y desventajas del aumento del CP en función del escenario en el que nos encontremos.



13. Imagen: Ejemplo de de recepción de eco retardado

Esta es la razón por la que en la reunión 84b de RAN1 el aspecto prioritario es la definición de los escenarios y los parámetros de simulación de los mismos. En el WI RP-160675 que se explica en el Anexo II, apartado 4.2.1.2 *Justificación*, se mencionan varios escenarios muy dispares donde se puede implantar la funcionalidad eMBMS de LTE, entre los que destacan: eventos con gran afluencia de público, como partidos de fútbol, y áreas rurales con baja densidad de población y una alta distancia ISD entre nodos.

En el primer escenario, donde se dará cobertura con celdas pequeñas, interesa la utilización de un CP pequeño, por lo que con los definidos hasta el momento (llegan hasta 33.3 μ s) sería más que suficiente. En este caso, el interés sería, asignar el mayor número posible de subtramas a MBSFN frente a multicast, para conseguir la mayor tasa binaria downlink posible. En la actualidad ese límite se sitúa en el 60% de las subtramas. Es ese justamente otro de los objetivos del Work Item mencionado, el aumento del número de subtramas MBSFN hasta el 100%.

En el segundo escenario, por el contrario, el objetivo se sitúa en aumentar el CP lo máximo posible para conseguir áreas de cobertura mayores a los límites actuales. En la actualidad los dos valores de CP mayores definidos en LTE son 16.7 y 33.3 μ s, que permiten áreas de cobertura máximas teóricas para cada nodo de 5 y 10 km respectivamente. Esto, obviamente, es insuficiente para áreas rurales donde las distancias entre nodos LTE pueden llegar a ser mucho mayores. Además, en la actualidad no se ha desarrollado una señalización específica para el CP de 33.3 μ s, por lo que en la práctica el CP mayor de LTE es de 16.7 μ s, que únicamente reporta un área de cobertura de 5 km. Por lo tanto, la

definición de los escenarios donde se quiere implantar el eMBMS es el primer paso antes de formular ninguna propuesta de cambio.

Tras múltiples propuestas presentadas, en la reunión 84b de RAN1 se acordó estudiar los siguientes tres escenarios, para los cuáles también se definieron los parámetros de simulación (información más detallada en apartado 4.3.1.3 *Discusión y acuerdos* del Anexo II):

- Escenario 1: escenario rural con grandes distancias ISD. La recepción se realiza con una antena fija situada en lo alto del tejado.
- Escenario 2: escenario urbano con grandes pérdidas de penetración. La recepción se realiza con un dispositivo portable de mano, que tiene una antena integrada
- Escenario 3: recepción móvil con una antena situada en un automóvil.

Por otro lado, los parámetros de simulación que se aprobaron dan pistas acerca de cuál será el futuro desarrollo de las ampliaciones de eMBMS en LTE. A continuación se muestran los más relevantes, divididos por escenarios:

Parámetros	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
ISD (km)	7, 9, 11, 13, 15 (opcionales ISD mayores)	1, 2, 3, 4, 5	7, 9, 11, 13, 15 km (opcionales ISD mayores)
CP (μ s)	16.6, 33.3, 66.6, 100, 200		
Frecuencia (MHz)	600, 700		
Ancho de banda (Mhz)	10		

4. Tabla: Parámetros acordados en RAN1 84b de 3GPP

En los datos arriba mostrados, se observan varios aspectos reseñables de eMBMS. En primer lugar cabe destacar las frecuencias propuestas (600-700 MHz). Estas frecuencias, en la actualidad, están fuera del rango asignado a LTE, siendo la menor banda de LTE la B20 que comienza en 792 MHz. Esta banda se le asignó a LTE tras el dividendo digital, por lo que es previsible que haya un segundo dividendo digital en los próximos años que le asigne a LTE las bandas de frecuencias de 600 - 700 MHz actualmente asignadas a la televisión digital terrestre.

En segundo lugar destacan los valores de intervalo de guarda CP y distancia entre nodos ISD, que están estrechamente relacionados. Es obvio que en entornos urbanos con una alta densidad de nodos LTE no interesa valores de CP altos, por eso se sigue manteniendo el valor de 16.6 μ s. Por el contrario, en entornos rurales donde se deseen alcanzar áreas de cobertura amplias, es necesario aumentar el CP y el ISD. Incluso, si se valorara la posibilidad de utilizar redes MBSFN de LTE como competidoras de las actuales redes SFN de la televisión digital terrestre (DVB-T, DVB-T2, ATSC...) serían necesarios valores de CP mayores que 100 μ s. En este caso, además, se debería incluir la transmisión HPHT que utilizan las redes de TDT para alcanzar dichas coberturas. Este es un aspecto que no se analiza en el Work Item de "eMBMS enhancements for LTE", pero que previsiblemente será estudiado durante los próximos años en 3GPP si se valora este escenario.

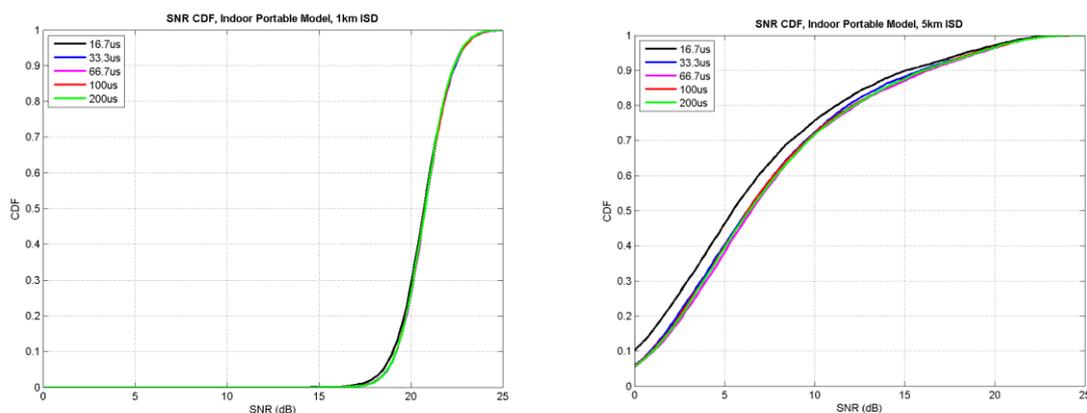
En ocasiones, al hablar de valores de CP no se es consciente de las implicaciones directas que el aumento del mismo tiene en la cobertura. Por ello, en la siguiente tabla se incluyen las distancias máximas de cobertura de cada uno de los valores de CP acordados, además de otros valores propuestos pero no incluidos en los parámetros acordados. Junto a ellos, se incluye el espaciado de las subportadoras que están inversamente relacionado con el CP.

CP (μ s)	Distancia máxima (km)	Espaciado de subportadoras (kHz)
16,6	5	15
33,3	10	7,5
66,6	20	3,75
100	30	2,5
133	40	1,875
200	60	200
266	80	0,9375

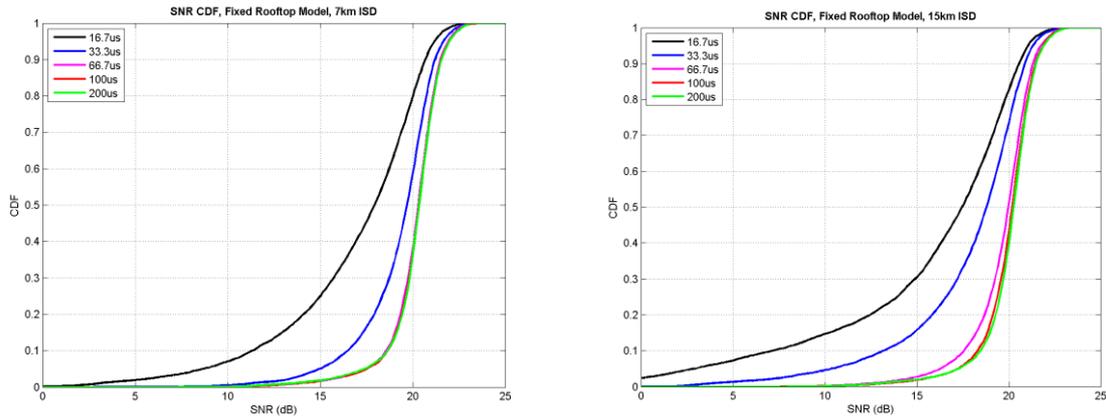
5. Tabla: Resumen de CP propuestos

Entre todos los valores del intervalo de guarda mostrados en la tabla, son únicamente los dos primeros los que están actualmente recogidos en las especificaciones de LTE, siendo 16.6 μ s el único de ambos que tiene una señalización específica desarrollada. El desarrollo de una nueva señalización no es un trabajo simple, algo que ha propiciado que algunos de los miembros participantes (Huawei y HiSilicon) en este WI propongan no aumentar más los valores de CP y reutilizar los actuales. Esta opinión está respaldada por el hecho de que el desarrollo de la nueva señalización pondría en peligro la finalización de este WI en la Release 14. Por ello, lo que proponen es estudiar esta posibilidad en futuras Releases. Frente a esta postura minoritaria, se encuentra otra postura mayoritaria que es favorable a estudiar el aumento del CP: Ericsson, Nokia, Alcatel, Qualcomm, etc.

En las simulaciones de Qualcomm que se muestran a continuación, se puede observar como para recepción en interiores en entornos urbanos (escenario 2), no es necesario aumentar el CP. Como es lógico, se ve cómo el aumento del valor del CP no reporta ninguna ganancia y, por el contrario, la reducción del ISD mejora de forma muy importante la cobertura. Por el contrario, en una recepción fija con una antena situada en lo alto del tejado (escenario 1), pensada para entornos urbanos poco densos o rurales, se puede observar como para tener buenos valores de cobertura con ISDs altos, es necesario aumentar el CP como mínimo a 66.6 o 100 μ s.



14. Imagen: Simulación de recepción portable en interiores (1 y 5 km)

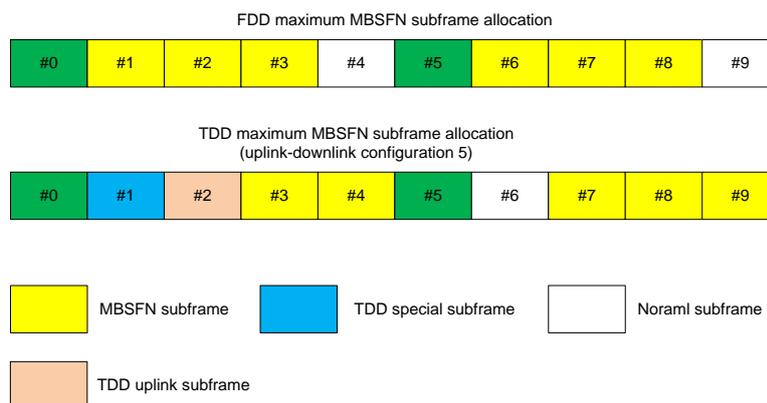


15. Imagen: Simulación de recepción fija en lo alto del tejado (7 y 15 km)

Desde un punto de vista técnico, es recomendable aumentar los valores de CP si se quiere presentar eMBMS en LTE como una alternativa a los sistemas de radiodifusión terrestre convencionales para dar cobertura a amplias áreas. Si no se aprobara esta opción, la introducción de eMBMS se limitaría a entornos urbanos con una alta densidad de nodos.

4.3.2.2 Otras funcionalidades

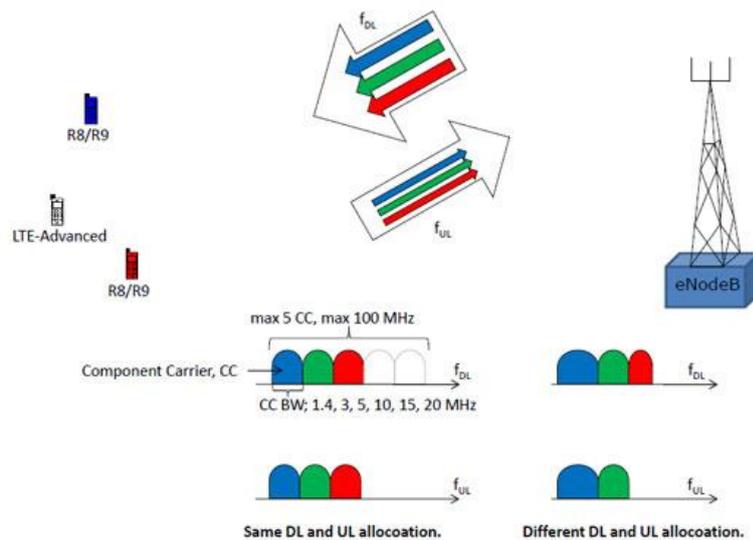
Otro de los aspectos definidos en el Work Item para las ampliaciones de eMBMS en LTE, que a su vez es uno de los objetivos secundarios, es aumentar el número de subtramas asignadas a MBSFN. Así se podría conseguir una mayor tasa binaria downlink para MBSFN. En la actualidad las tramas de LTE están confeccionadas de tal manera que el tráfico unicast y broadcast comparten las mismas tramas. En la imagen que se muestra a continuación se muestra la asignación máxima que se le puede hacer a MBSFN en las tramas de LTE (en amarillo), asignándole hasta el 60% de las subtramas, tanto en FDD como en TDD. El resto de subtramas son utilizadas para la transmisión de PSS, SSS, PBCH el paging y otra señalización.



16. Imagen: Adjudicación de subtramas MBSFN actual en LTE

Para poder ampliar el número de subtramas asignables a MBSFN, será necesario transmitir toda la información del 40% de las subtramas restantes de otra forma. En este sentido se han presentado múltiples propuestas en las reuniones de los subgrupos de RAN estudiadas en el Anexo II. Las propuestas se podrían agrupar en los siguientes grupos:

- Utilizar la funcionalidad DRS definida en la Release 12 para la transmisión de PSS/SSS y la información del sistema. Para ello se propone transmitir el DRS en la subtramas 0 con una baja periodicidad (40, 80 o 160 ms).
- Utilizar la funcionalidad Carrier Aggregation de LTE, en la que en la celda primaria PCell se transmita tanto la información necesaria de la misma celda PCell, como de la SCell. De esta forma, si se consiguiera liberar por completo la SCell, se podría asignar más de un 60% de las subtramas a MBSFN.



17. Imagen: Carrier Aggregation en LTE

Dentro de estos dos grupos existen propuestas con pequeñas variantes, pero no son realmente significativas. Desde un punto de vista técnico ambas propuestas son válidas y, además, proponen una forma de aumentar el número de subtramas MBSFN de tal forma que se realicen los mínimos cambios posibles a las especificaciones de LTE. Quizás la primera opción que propone utilizar la funcionalidad de señales de referencia DRS sea más simple. Sin embargo, la funcionalidad de Carrier Aggregation, que supone la utilización de varias portadoras LTE, será en futuro próximo una funcionalidad muy extendida. Mediante la presente se pueden alcanzar mayores velocidades de bajada, algo que los usuarios valoran por encima de otros avances. Por eso, teniendo en cuenta cuál es la evolución esperada de LTE, sería recomendable implementar esta segunda opción. Para ello, será necesario tener en cuenta que su desarrollo puede ser más costoso y que se aumentarían los riesgos de no terminar este WI en la Release 14.

Estrechamente relacionado con este aspecto está la posibilidad de crear portadoras independientes para eMBMS, portadoras sólo downlink. Sin embargo, en opinión del autor de este documento y en consonancia con la mayoría de participantes en este Work Item, estudiar esta posibilidad de forma independiente al aumento de subtramas MBSFN carece de sentido. Si en la anterior se adoptara la posibilidad del Carrier Aggregation, la portadora secundaria de LTE podría tener el 100% de las subtramas asignadas a MBSFN. Esta solución ofrecería los mismo resultados que una portadora independiente de eMBMS. Por ello, se defiende la opinión de que ambos aspectos deberían de ser abordados de manera conjunta.

5. Aspectos Económicos

Esta sección incluye un resumen de los aspectos económicos del proyecto. En primer lugar se describen las tareas y el diagrama de Gantt, algo que dará una visión global de los trabajos llevados a cabo en la realización de este proyecto. Posteriormente, se incluye el presupuesto del proyecto, en el que se tienen en cuenta todos los gastos que ha conllevado la ejecución de este proyecto.

5.1 Descripción de tareas Gantt

En este apartado se describen brevemente los paquetes de trabajo (PT) en los que se ha dividido el proyecto y el diagrama de Gantt asociado. A pesar de que la duración de cada paquete de trabajo está dividida en semanas y horas, esto no implica que la relación de horas semanales sea constante a lo largo del proyecto. Además, algunas de las tareas se realizan de manera paralela entre semanas.

- **PT1: Gestión y coordinación del proyecto**

Este paquete de trabajo tiene una duración equivalente a la del proyecto, 30 semanas, ya que contiene todos los aspectos relacionados con la planificación del mismo, entre los que se incluyen la definición de objetivos, el seguimiento y control del desarrollo y la identificación y contención de los riesgos. El apartado de definición de objetivos del proyecto se solapa con el paquete de trabajo número 2, ya que es a lo largo de la recopilación y lectura de información cuando se modifican los objetivos inicialmente propuestos,

- Duración: 30 semanas
- Horas de trabajo:
 - 60 horas (Pablo Angueira)
 - 60 horas (Jon Montalbán)
 - 20 horas (Ander Barroso)

- **PT2: Recopilación y lectura de información**

En este paquete de trabajo se incluye la búsqueda y lectura de la información necesaria para la formación del alumno en LTE, eMBMS y el foro de estandarización 3GPP. La primera de ellas, la de LTE, es la más sencilla y la que menos horas requiere, debido al conocimiento previo de esta tecnología. Los otros dos temas, eMBMS y 3GPP, son prácticamente desconocidos para el alumno, por lo que las horas de trabajo y semanas invertidas son mayores.

- Duración: 5 semanas
- Horas de trabajo: 40 horas (Ander Barroso)
- Hito 1 (H1): Fin de la recopilación y lectura de la información

- **PT3: Análisis de la estructura y funcionamiento de 3GPP**

Una vez recopilada toda la información necesaria en el PT2, se procede al análisis de la estructura y el funcionamiento de 3GPP. Para la llevar a cabo este paquete de trabajo de manera satisfactoria, es necesaria el cumplimiento satisfactorio del hito H1, dado que es en ese momento cuando el que el alumno está capacitado para llevar a cabo el trabajo definido.

- Duración: 8 semanas,
- Horas de trabajo: 160 horas (Ander Barroso)
- Hito 2 (H2): Fin del análisis de la estructura y funcionamiento de 3GPP

- **PT4: Estudio y seguimiento del desarrollo de eMBMS**

El cuarto paquete de trabajo, el de mayor duración del proyecto tanto en horas como en semanas, incluye la parte más técnica y a la vez compleja del proyecto. Este trabajo conlleva un minucioso estudio del desarrollo de eMBMS, que se está llevando a cabo en 3GPP de manera paralela a la redacción de este proyecto. El apartado de mayor complejidad es el estudio del desarrollo eMBMS en RAN1, puesto que es este el subgrupo de trabajo de RAN que más unidades de trabajo ha invertido. Este paquete de trabajo no puede comenzar antes del cumplimiento de los objetivos del hitos H3, porque es el hito que certifica que el alumno ha adquirido las competencias necesarias entorno a 3GPP para poder hacer el seguimiento de las propuestas de mejora de eMBMS en LTE.

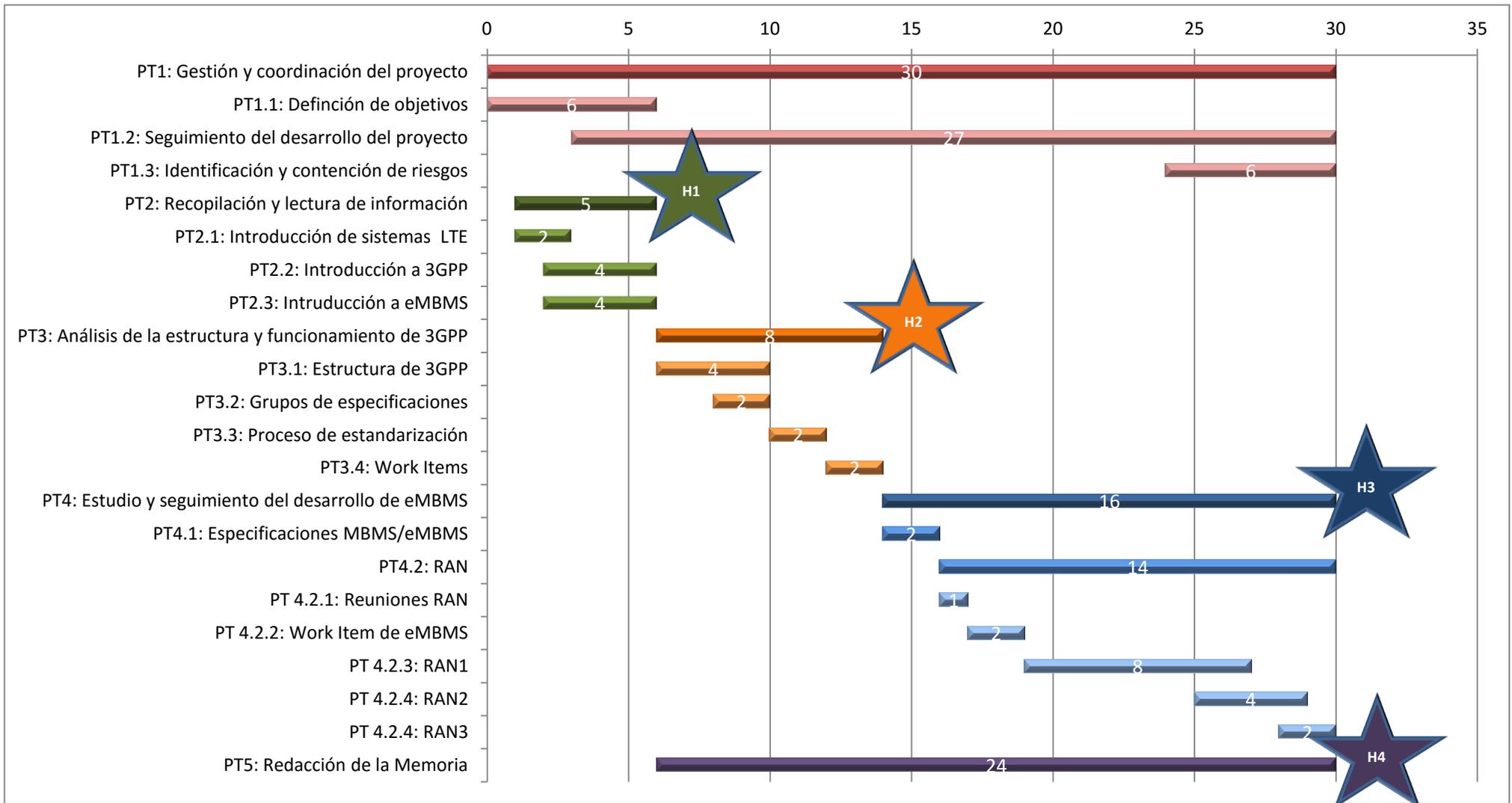
- Duración: 16 semanas
- Horas de trabajo: 320 horas (Ander Barroso)
- Hito 3 (H3): Fin del estudio y seguimiento del desarrollo de eMBMS

- **PT5: Redacción de la Memoria**

La redacción de la memoria es un paquete de trabajo que dura casi tanto como el propio proyecto, a excepción de las primeras seis semanas en las que se lleva a cabo la definición de objetivos (PT 1.1) y la recopilación y lectura de la información (PT 2). Estas son las únicas tareas del proyecto que no conllevan redacción de documentación alguna.

- Duración: 24 semanas
- Horas de trabajo: 60 horas (Ander Barroso)
- Hito 4 (H4): Fin de la redacción de la memoria

A continuación se muestra el diagrama de Gantt asociado a los cinco Paquetes de Trabajo arriba mencionados, divididos por semanas de trabajo. Cada paquete de trabajo tiene asociado un color, que será más claro para los apartados anidados dentro de cada uno de ellos. Por otro lado, los hitos que han de ser cumplidos al final de los paquetes de trabajo se muestran en forma de estrella.



18. Imagen: Diagrama de Gantt

5.2 Presupuestos

El presupuesto de un proyecto es el cálculo anticipado de los costes del mismo, que está formado por el coste de los recursos humanos, los recursos materiales y los recursos fungibles. En los subapartados que se muestran a continuación se desglosan todos y cada uno de los costes de los recursos mencionados.

5.2.1 Equipo de trabajo

El equipo de trabajo de este proyecto está formado por un director y un codirector, Pablo Angueira y Jon Montalbán respectivamente, profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Bilbao y por un alumno del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación, Ander Barroso.

Identificador	Nombre	Cargo	Empresa
ID 01	Pablo Angueira	Director del proyecto Ingeniero Sénior	ETSI Bilbao
ID 02	Jon Montalbán	Codirector del proyecto Ingeniero Sénior	ETSI Bilbao
ID 03	Ander Barroso	Proyectista Ingeniero Junior	ETSI Bilbao

6. Tabla. Equipo de trabajo

5.2.2 Horas internas

El apartado de horas internas incluye el coste horario de cada uno de los miembros participantes en este proyecto. El director y codirector, como Ingenieros Sénior con diferente nivel de experiencia, tienen un coste horario de 80 y 70 €/h respectivamente. Por otro lado, el coste horario del alumno como Ingeniero Junior es mucho menor, 30 €/h. Ha de mencionarse que en estos costes horarios se incluye el coste del personal que no participa de forma directa en este proyecto.

Identificador	Nombre	Coste horario (€/h)	Horas	Coste (€)
ID 01	Pablo Angueira	80	60	4800
ID 02	Jon Montalbán	70	60	4200
ID 03	Ander Barroso	30	600	18000
Total horas internas				27000

7. Tabla. Horas internas

5.2.3 Recursos materiales

Los recursos materiales que se contabilizan a continuación se dividen en dos grupos, amortizables y fungibles. Cabe destacar que toda la documentación de 3GPP utilizada a lo largo de este proyecto es de acceso gratuito, lo que minimiza considerablemente los gastos en recursos materiales del proyecto.

- **Amortizables:** los gastos de los activos fijos utilizados a lo largo del proyecto.

Identificador	Concepto	Vida útil (semanas)	Tiempo utilizado (meses)	Coste inicial (€)	Amortización (€)
MA 01	Ordenador	48	7	1000	145,9
MA 02	Sistema Operativo Windows 10	48	7	200	29,2
MA 03	Microsoft Office 2013	48	7	150	21,9
Total materiales amortizables					197

8. Tabla. Amortizables

- **Fungibles:** los gastos de aquellos materiales que una vez utilizados no pueden volver reutilizarse en otros proyectos: material de oficina, luz, etc. El coste total de este apartado se cifra en 100 €.

En resumen, este es el total de los recursos materiales:

Concepto	Subtotal (€)
Amortizables	197
Fungibles	100
Total recursos materiales	297

9. Tabla. Recursos materiales

5.2.4 Resumen económico

Finalmente se muestra el presupuesto del proyecto, en el que se tienen en cuenta los gastos contabilizados en los apartados anteriores.

Concepto	Coste (€)
Horas internas	27000
Recursos materiales	297
Total	27297

10. Tabla. Recursos materiales

El coste final del *Análisis de eMBMS (Release 14) como alternativa de radiodifusión 4G* asciende a un total de **veintisiete mil doscientos noventa y siete euros**.

En Bilbao, a 11 de septiembre de 2016

Fdo.: Ander Barroso García

6. Conclusiones

En este Trabajo de Fin de Máster titulado "Análisis de eMBMS (Release 14) como alternativa de radiodifusión 4G" se ha estudiado el desarrollo llevado a cabo por 3GPP de la funcionalidad eMBMS de LTE en la Release 14. Esta tecnología proveerá a LTE de los medios para posicionarse como una alternativa a los sistemas de radiodifusión tradicionales. Entre otras ventajas, permitirá que mediante las redes de LTE se puedan transmitir programas de televisión para todo tipo de receptores, tanto móviles como fijos.

El primer paso para la realización de este proyecto ha sido analizar el funcionamiento interno de 3GPP. Esto es debido a que el grupo de investigación TSR de la Universidad del País Vasco no había llevado a cabo antes ningún proyecto basado en este foro de estandarización. A lo largo de este proyecto se ha descubierto cuán complejo es el funcionamiento del mismo, formado por más de veinte grupos y subgrupos en los que participan decenas de empresas miembros de 3GPP. Para añadir más complejidad a este funcionamiento, en cada una de las reuniones de los grupos y subgrupos de 3GPP se presentan cientos de documentos con propuestas individuales de los miembros participantes en los diferentes Work Items tratados. Estos Work Items se engloban en varias Releases, que varían en función de las que están activas en el momento de la reunión. Es cierto que aunque el funcionamiento de Releases en paralelo añade todavía aún más dificultad a cualquier seguimiento de 3GPP, permite que los desarrollos tecnológico sean más rápidos.

Una vez el alumno ha obtenido los conocimientos suficientes sobre el funcionamiento de 3GPP, se ha procedido al análisis de la funcionalidad eMBMS de LTE desarrollada en el seno de 3GPP, centrada en la Release 14. El hecho de que este estado del arte se base en una tecnología viva, que está en las etapas iniciales de un desarrollo más extenso, no permite al autor del mismo mostrar los resultados finales del trabajo de 3GPP. Estos resultados no se verán hasta el fin de la Release 14, hacia mediados de 2017. Por ello, además de presentar de manera detallada un estado del arte de todas las propuestas presentadas hasta el momento, se ha presentado un análisis técnico y objetivo de los mismos. Las mejoras de eMBMS en LTE tienen como objetivo principal incrementar el intervalo de guarda y el número de subtramas MBSFN, para así conseguir áreas de cobertura mayores y más recursos para los servicios de radiodifusión respectivamente. Junto con estos, se han analizado también otros objetivos secundarios, como son las portadoras independientes de eMBMS, la eliminación de la región de control unicast y la recepción de estos servicios sin autenticación.

Pese a la complejidad de este proyecto, causada principalmente por el desconocimiento inicial del autor sobre los entresijos del foro de estandarización 3GPP, se ha conseguido llevar a cabo un análisis exhaustivo de una funcionalidad de LTE que está en su fase inicial. Los resultados del mismo permitirán, no sólo dar a conocer el funcionamiento interno del foro de estandarización 3GPP y las diferentes propuestas para las mejoras de eMBMS, sino también para allanar el camino a los futuros proyectos que se lleven a cabo en el grupo de investigación TSR.

7. Bibliografía

Debido al alto número de documentos que han sido analizados minuciosamente a lo largo de este proyecto, a continuación se resume la bibliografía de los mismos divididos por grupos de trabajo (TSG o WG) y reuniones en los que fueron presentados. Se incluyen tanto los documentos a los que se hace referencia en este documento, como en los Anexos I y II.

7.1 TSG RAN

- [1] TR 21.900 "Technical Specification Group working methods". 3rd Generation Partnership Project. Diciembre 2015.
- [2] RP-151916 "Motivation for eMBMS enhancements for LTE". Ericsson, Qualcomm, Nokia Networks. 3GPP RAN 70, Sitges (España), Diciembre 2015.
- [3] RP-152273 "New WID: eMBMS enhancements for LTE". Ericsson, Qualcomm Inc., Nokia Networks, EBU. 3GPP RAN 70, Sitges (España), Diciembre 2015.
- [4] RP-160675 "New WID: eMBMS enhancements for LTE". Ericsson, Qualcomm Inc., Nokia Networks, EBU. 3GPP RAN 71, Goteborg (Suecia), Marzo 2016.
- [5] RP-161297 "Revised WID: eMBMS enhancements for LTE". Ericsson. 3GPP RAN 72, Busan (Corea), Junio 2016.
- [6] RP-160825 "Importance of longer eMBMS CP for large ISDs". Telstra, Ericsson, Qualcomm, BBC, IRT, Fraunhofer, Dish, Nokia. 3GPP RAN 72, Busan (Corea), Junio 2016.

7.1 WG RAN1

7.1.1 Reunión 84b

- [7] R1-163288 "Simulation assumptions for evaluation of longer CP for MBSFN subframes". Ericsson. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [8] R1-163287 "Implications of longer CP for MBSFN subframes". Ericsson. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [9] R1-163289 "Radio frame design for extended MBSFN subframe allocation". Ericsson. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [10] R1-163290 "Standalone eMBMS carrier". Ericsson. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [11] R1-163291 "RAN1 impact of supporting TV services reception for unauthenticated UEs". Ericsson. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [12] R1-163363 "Longer cyclic prefix evaluation and simulation considerations". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [13] R1-163364 "Additional subframes for MBSFN usage considerations". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Ericsson, Fraunhofer IIS. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [14] R1-163365 "Standalone eMBMS carrier considerations". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Ericsson, Fraunhofer IIS. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.

- [15] R1-163163 "Discussion on longer CP for MBSFN subframe". Intel Corporation. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [16] R1-162138 "Simulation Assumptions and evaluation method for longer cyclic prefix". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [17] R1-162137 "Consideration on longer cyclic prefix". Huawei y HiSilicon. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [18] R1-162139 "Consideration on increasing amount of MBSFN subframes". Huawei, HiSilicon.. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [19] R1-162620 "Consideration on support for standalone MBSFN carrier". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [20] R1-162621 "Consideration on TV reception without authentication". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [21] R1-163047 "Evaluation Methodology for LTE eMBMS Enhancements Study". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [22] R1-163048 "Evaluation Results for LTE eMBMS Enhancements Study". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [23] R1-163049 "Design options for longer cyclic prefix for MBSFN subframes". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [24] R1-163050 "Increased number of MBSFN subframes per radio frame". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [25] R1-163051 "Standalone eMBMS carrier". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [26] R1-163052 "Specification impact of anonymous TV service". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.
- [27] R1-163452 "Summary of offline discussions on eMBMS simulation considerations". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Ericsson, Fraunhofer IIS. 3GPP RAN1 84b, Busan (Corea), Abril 2016.

7.1.2 Reunión 85

- [28] R1-165437 "System simulation results for longer CP in MBSFN subframes". Ericsson. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [29] R1-165220 "Link level simulation assumptions for evaluation of longer CP for MBSFN subframes". Ericsson. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [30] R1-165221 "Radio frame design for extended MBSFN subframe allocation". Ericsson. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [31] R1-165222 "DRS design for carrier with extended MBSFN subframe allocation". Ericsson. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [32] R1-165223 "Unicast control region configuration for eMBMS enhancements". Ericsson. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [33] R1-165342 "MBSFN Measurements". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.

- [34] R1-165340 "Considerations for eMBMS". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [35] R1-164154 "On the support of longer cyclic prefix for MBSFN subframes". Intel Corporation. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [36] R1-164155 "On the support of increased number of MBSFN subframes per radio frame". Intel Corporation. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [37] R1-164156 "On the support of MBSFN subframes without a unicast control region and cell-specific reference signals". Intel Corporation. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [38] R1-164082 "Evaluations of different numerologies for eMBMS". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [39] R1-164083 "Radio frame design for increased number of MBSFN subframes". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [40] R1-164849 "On MBSFN subframes without a unicast control region and cell-specific reference signals". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [41] R1-164438 "Evaluation results for longer cyclic prefix". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [42] R1-164439 "Design options for longer cyclic prefix for MBSFN subframes". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [43] R1-164440 "Increased number of MBSFN subframes per radio frame". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [44] R1-164441 "MBSFN subframes without a unicast control region and cell-specific reference signals". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [45] R1-164442 "Standalone eMBMS carrier". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [46] R1-164443 "Simultaneous reception of broadcast and unicast". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [47] R1-164306 "Consideration on increasing number of MBSFN subframes". ZTE. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [48] R1-164307 "Consideration on support of MBSFN subframes without a unicast region". ZTE. 3GPP RAN1 85, Nanjing (China), Mayo 2016.

7.3 WG RAN2 reunión 94

- [49] R2-164145 "eMBMS operation for SCell". Ericsson. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [50] R2-164146 "Standalone eMBMS operation". Ericsson. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [51] R2-163531 "Impact of additional MBSFN sub-frames support". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [52] R2-163532 "Standalone eMBMS carrier considerations". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.

- [53] R2-163533 "Analysis of scenarios for multi-carrier eMBMS/unicast operation". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [54] R2-163534 "Non-authenticated UEs support". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [55] R2-163659 "Expand MBFSN Sub-frame in SCell". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [56] R2-163658 "Discussion on Standalone MBMS Cell". Huawei, HiSilicon. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [57] R2-164203 "System Aspects of eMBMS Enhancements and RAN2 Impact". Qualcomm Incorporated. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.
- [58] R2-164230 "Consideration on MBSFN dedicated carrier". LG Electronics Inc. 3GPP RAN2 94, Nanjing (China), Mayo 2016.

7.3 WG RAN2 reunión 91b

- [59] R3-160785 "Discussion on the impact to RAN3 regarding the eMBMS enhancements for LTE". Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell. 3GPP RAN3 91b, Bangalore (India), Abril 2016.
- [60] R3-160637 "RAN3 impact analysis of further eMBMS enhancement". Huawei. 3GPP RAN3 91b, Bangalore (India), Abril 2016.
- [61] R3-160857 "Work plan for eMBMS enhancements in LTE ". Ericsson. 3GPP RAN3 91b, Bangalore (India), Abril 2016.