

# Introducción al Proyecto

---

Desde las primeras emisiones públicas de la BBC británica, allá por 1927, la tecnología ha evolucionado de una manera exponencial, desarrollando nuevas y mejores aplicaciones por cada generación. Sin embargo, salvando las innegables mejoras en cuanto a calidad, en poco se diferencian las emisiones analógicas de aquellas originales.

Cuando prácticamente todas las comunicaciones han sufrido un proceso de digitalización que les confiere grandes ventajas frente a las analógicas, la televisión había quedado como una rémora, motivada en cierta forma por la falta de consenso a nivel mundial en cuanto a las necesidades de capacidad o características de formato.

Sin embargo, el pasado 3 de Abril se consumó en España el apagado analógico, al menos en cuanto a emisiones de ámbito estatal o autonómico. Ha sido un largo camino iniciado en 2005 con el Real Decreto 944/2005, que daba respuesta a las indicaciones de la Comisión Europea instando a una transición a nivel europeo hacia la digitalización, ya se han cerrado cambios hasta el año 2015 y podemos aventurarnos a pensar que seguirá, entonces, evolucionando.

La nueva tecnología aporta al usuario múltiples ventajas, como una mejora sustancial en cuanto a la calidad de imagen, pero también lo hará frente al Estado con la liberación de una parte importante del espectro radioeléctrico, gracias a la utilización de redes de frecuencia única (durante el primer escenario planteado por el Real Decreto) para las emisiones de ti-

tularidad privada de ámbito estatal, así como las emisiones públicas autonómicas. También los radiodifusores se benefician del cambio de tecnología con la aparición de nuevos medios de negocio por las capacidades multimedia o de contenidos *premium*.

No obstante, no todo son ventajas. Además del gran desembolso que supone todo el cambio de infraestructura, la nueva tecnología plantea nuevos problemas. Uno de ellos es la denominada autointerferencia, el fenómeno provocado por la recepción simultánea del mismo flujo de señal desde dos o más transmisores separados entre sí una distancia tal que el retraso neto entre las aportaciones individuales de ambas fuentes supera la longitud del intervalo de guarda, en el que el receptor es idealmente inmune a recepciones multitrayecto del mismo flujo de datos.

A lo largo de la memoria se realizará un estudio detallado de este problema, abordando casos reales, y se presentará un método por el cual se conseguirá reducir el impacto de la autointerferencia en zonas de interés, con el consiguiente aumento cuantitativo en la población cubierta.

### **1.1. Motivación y Justificación del Proyecto**

El presente proyecto nace como aplicación directa de parte de las tareas encomendadas durante la beca de colaboración que realicé en la empresa *Abertis Telecom*. Durante los once meses que permanezco en el departamento de ingeniería mi trabajo se centra principalmente en aspectos de diseño y planificación de los distintos centros de emisión que forman las redes de televisión digital terrestre en las comunidades autónomas de Andalucía y Extremadura.

El estudio cuantitativo y cualitativo de los distintos fenómenos de interferencia dentro de la red es uno de los puntos críticos del diseño. Es fácil entender la complejidad de los análisis a realizar si atendemos, por ejemplo, al número de transmisores que pueden llegar a componer una red tan extensa como la estatal. Entre otros aspectos, con cada nuevo centro de emisión que se añade a la red, es relativamente frecuente que, además de cubrir zonas que

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

---

no estaban cubiertas, se aporte señal a zonas que ya estaban cubiertas. En estas zonas, por tanto, se produce recepción desde distintas fuentes con un cierto retraso, lo cual, si atendemos a una acepción clásica, son zonas interferidas.

Esta interferencia será un tanto particular por las características de modulación de la señal digital utilizada, pues podrá ser perjudicial como podríamos esperar de una modulación analógica, pero a su vez podremos conseguir que no solo no afecte negativamente sino que tenga incluso un carácter beneficioso teniendo en cuenta ciertas consideraciones.

Tras el estudio previo de los métodos para minimizar el problema, se opta por la técnica de ajuste de los retardos estáticos de emisión de los transmisores y se establecen los retardos estáticos de los centros de mayor potencia, siguiendo las recomendaciones que veremos en el capítulo 2. Posteriormente, con la inclusión de cada transmisor a la red se habrán de estudiar los posibles casos de solapamiento de cobertura con otros transmisores ya establecidos, y analizar la posible autointerferencia. Además, la aparición de quejas de recepción en un municipio tras la puesta en marcha de un centro transmisor en otro emplazamiento genera automáticamente una batería de pruebas para determinar si el origen de la degradación se debe a las interacciones entre ambos centros. En caso de confirmarse este extremo, se procede a solucionar la inconveniencia mediante un proceso de evaluación que finalizará con la determinación de nuevos retardos estáticos en cada centro de forma que no solo se minimice la interacción en la zona de solape detectada, sino que, en la medida de lo posible, se obtenga interferencia constructiva.

Ante este escenario, considerando la ausencia de proyectos fin de carrera que aborden esta parte fundamental en el diseño de redes radioeléctricas, la posibilidad de mostrar la parte quizás más desconocida de la tan actual televisión digital terrestre, y sobre todo por lo atractivo del proyecto en sí, solicito se me encomienden las más que justificadas tareas de análisis de todo lo referente a las autointerferencias en los emplazamientos de la comunidad autónoma de Extremadura, así como casos puntuales de especial interés de la comunidad andaluza para, además de mi enriquecimiento personal y profesional, poder plasmarlo en

esta memoria. Estos trabajos incluyen tanto la detección de casos potenciales de solape, la realización de las simulaciones radioeléctricas necesarias que cuantifiquen el impacto en la recepción de la señal en los núcleos de población ya cubiertos, la aplicación de las técnicas basadas en el ajuste de retardos estáticos para minimizar las degradaciones y, como valor añadido, mejorar las prestaciones de la red haciendo uso de una gestión integral de estos retardos pues, como veremos en capítulos posteriores, en ocasiones un buen conocimiento de los parámetros de los transmisores de una red, en conjunción con un exhaustivo trabajo de planificación y control puede permitir incluso una mejora en cuanto a calidad de recepción y porcentaje de población cubierta.

### 1.2. Objetivos y Alcance del Proyecto

Como hemos adelantado en la sección anterior, detallar el análisis del fenómeno de auto-interferencia en la red de difusión de televisión digital terrestre a nivel autonómico o estatal sería un objetivo demasiado exigente para un proyecto final de carrera. Por ello se definió un escenario que sintetizara lo esencial de los trabajos y que a su vez permitiera tener una visión general de la tecnología, la problemática estudiada y los métodos de resolución.

A modo de resumen, el proyecto pretende abarcar los siguientes puntos

- Estudio de la Televisión Digital Terrestre, exponiendo sus principales ventajas, parámetros del sistema más representativos y la arquitectura de las redes basadas en difusión de contenidos de TDT.
- Estudio de los diferentes elementos a tener en cuenta para la planificación de redes de TDT, desde la topología y tipos de redes existentes hasta la obtención de coberturas o interferencias.
- Presentación del marco regulatorio en España y la evolución histórica.
- Estudio de la modulación utilizada y sus características.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

---

- Estudio detallado del fenómeno de autointerferencia y de su impacto en la red a efectos de población cubierta o degradación de cobertura.
- Presentación de método para minimizar las autointerferencias e intentar, en la medida de lo posible, utilizarla como método para aumentar los porcentajes de cobertura.
- Presentación de escenarios en los que se pongan de manifiesto los efectos nocivos de una mala planificación de red unida a la presencia de autointerferencias. Estudio mediante simulación y utilización del método propuesto para minimizar estos efectos y analizar de forma cualitativa y cuantitativa la mejora aportada.
- Análisis de un caso real en el que además de lo comentado en el punto anterior, se complementen los estudios de simulación con medidas de campo. Se realizará un estudio comparativo de ambas lecturas y se extraerán conclusiones tanto de la desviación de los resultados ofrecidos por el simulador respecto a las medidas reales como de la fiabilidad del simulador ante este tipo de estudios.
- Obtener conclusiones sobre el impacto del método empleado y sentar las bases de actuación para casos futuros similares.

### 1.3. Estructura de la memoria

Se estructurará la memoria en los siguientes puntos

#### **Capítulo 1: Introducción al proyecto**

Este primer capítulo ha servido como introducción al proyecto y a la propia memoria. Se explicarán las motivaciones que llevaron a la realización del trabajo, los objetivos marcados y el alcance de los estudios.

#### **Capítulo 2: Fundamento teórico**

El segundo capítulo abarcará la presentación de todos los conceptos implicados en el proyecto.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

---

Comenzaremos realizando una introducción de la televisión digital terrestre. Nos preguntaremos el por qué del origen de la tecnología, justificaremos la migración al nuevo sistema y analizaremos sus ventajas e inconvenientes.

A continuación se explicará el marco regulatorio en España, así como el plan y el proyecto de transición a la televisión digital terrestre. Además, se expondrán algunas definiciones que serán de utilidad para la lectura de la presente memoria.

Continuaremos estudiando los aspectos referentes a la señal DVB-T, modulación OFDM, características espectrales y procesos de transmisión y recepción. En este recorrido haremos especial análisis de aquellos conceptos que tienen un mayor interés en el Proyecto.

Por último abordaremos los conceptos específicos de las redes desplegadas, cadenas de transmisión y recepción, redes de frecuencia única y parámetros de planificación.

### **Capítulo 3: Casos bajo estudio**

El tercer capítulo contiene el grueso de los trabajos realizados y constituye el núcleo del proyecto y la memoria.

En él se presentarán los escenarios estudiados, la problemática específica de cada uno de ellos y cómo el método propuesto mediante el ajuste de los retardos estáticos de los transmisores implicados en cada escenario soluciona en gran medida los problemas de solapamiento y degradación de cobertura causada por la autointerferencia en las poblaciones objetivo.

Se estudiarán también los resultados obtenidos por las simulaciones, a fin de valorar la mejora aportada por el reajuste de los retardos, tanto de forma cualitativa como cuantitativa.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

---

En el escenario *Marbella-Mijas-San Roque* se realizará también una comparación entre los resultados de las simulaciones y los datos de campo obtenidos por una unidad de medición equipada con material profesional. Estas medidas nos servirán para valorar además el comportamiento del software de simulación.

### **Capítulo 4: Conclusiones y líneas futuras de trabajo**

Por último, el cuarto capítulo aglutinará las conclusiones obtenidas durante el estudio, así como líneas futuras de investigación.