



Nacido en 1980 en Figueres (Gerona), tiene conocimientos avanzados de inglés y francés y Grado elemental de música. En 1998 inició sus estudios de ingeniería en la Escuela Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Tras representar en varias ocasiones a los alumnos en función de delegado de curso, en 2001 le fue concedido uno de los diez premios Nortel Networks como reconocimiento al expediente académico. Durante su último curso de carrera trabajó en el Colegio de Ingenieros de Telecomunicación de Cataluña (COETC) y en 2003, mientras desarrollaba de su Proyecto Fin de Carrera, fue becario del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (TSC) de la ETSETB. En Septiembre de 2003 presentó su PFC, por el que obtuvo la calificación de Matrícula de Honor.

Actualmente está cursando estudios de doctorado en la Universitat Pompeu Fabra (Barcelona), donde trabaja en el ámbito de *Digital Rights Management* (DRM) de contenidos multimedia y ha estado impartiendo docencia en los estudios de Ingeniería de Telecomunicación e Informática.

## **Datos del proyecto**

**Título:** “Diseño, montaje y certificación de un demostrador de Infraestructura de Telecomunicación en la edificación”

**Nombre y apellidos del Tutor de Proyecto:** Francesc Torres Torres.

**Departamento Universitario:** Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (TSC). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

**Fecha de lectura:** 18 de Septiembre de 2003.

**Calificación:** 10 (Matrícula de Honor)

## **Datos personales**

**Nombre y apellidos:** Víctor Torres Padrosa.

**Número de colegiado:** 11928.

**Número de asociado:** 13873.

# **“Diseño, montaje y certificación de un demostrador de Infraestructura de Telecomunicación en la edificación”**

## **Introducción**

El desarrollo del Proyecto Fin de Carrera “Diseño, montaje y certificación de un demostrador de Infraestructura de Telecomunicación en la edificación” debe situarse en el contexto del laboratorio de Radiación y Ondas Guiadas (RyOG) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona (ETSETB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). En dicho laboratorio previamente existía un antiguo demostrador que permitía realizar prácticas de antena colectiva analógica sobre una infraestructura dispuesta en un tablón de muestra.

El origen de la instalación del nuevo demostrador coincide con la firma de un acuerdo a tres bandas, cuyo fin es el de impulsar la implantación de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) como fuente de progreso y bienestar social. El convenio fue suscrito por el Col·legi Oficial d'Enginyers de Telecomunicació de Catalunya (COETC), la ETSETB y la Federació Catalana d'Empresaris Instal·ladors de Telecomunicació (FECEMINTE). Fue entonces cuando se decidió construir un demostrador que pudiera ser utilizado para formar tanto en los aspectos teóricos como prácticos a los alumnos de la ETSETB. Dicho demostrador se utilizaría para realizar una práctica de introducción a las ICT dentro de la asignatura troncal de RyOG y el resto del proceso de certificación se desarrollaría en las sesiones prácticas de la asignatura optativa de segundo ciclo llamada Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT).

En dicha optativa, las prácticas de certificación complementan los aspectos teóricos del diseño de las ICT y de los sistemas de cableado estructurado presentados durante el transcurso del curso y van acompañadas de un ciclo de conferencias donde empresas reconocidas del sector exponen aspectos técnicos y presentan soluciones a problemas concretos de las instalaciones.

La tarea llevada a cabo en el Proyecto Fin de Carrera que se expone en el presente escrito ha consistido, como su título indica, en diseñar, montar y certificar el demostrador de ICT, lo que ha implicado revisar y actualizar los sistemas de captación de TV analógica preexistentes, diseñar una nueva red de distribución de RTV, incorporar los servicios digitales, instalar la red de distribución de telefonía prevista por la ICT y por último implantar un sistema de cableado estructurado. La finalidad de realizar dichos montajes es la de formar a los futuros ingenieros en el diseño y certificación de ICT y sistemas de cableado estructurado de manera que puedan afrontar un proceso de certificación teniendo una sólida base tanto teórica como práctica. En este sentido, se ha propuesto una serie de modelos de prácticas de laboratorio que junto con los estudios previos y sus resoluciones constituyen parte del proyecto.

Los modelos propuestos para las prácticas de telefonía, TV y radiodifusión analógica y TV digital constituyen la segunda versión de enunciados, surgidos de la revisión llevada a cabo después de que se desarrollaran las primeras prácticas en el contexto de la asignatura optativa de ICT durante el cuatrimestre de primavera del año 2003.

La renovación e incorporación de nuevos servicios en el laboratorio de RyOG lo han convertido en un laboratorio que permite la realización de medidas de capa física y que puede ser utilizado concretamente para desarrollar las prácticas de la asignatura optativa “Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones”.

<b>Prácticas</b>	<b>Medidas</b>	<b>Normativa asociada</b>
<b>1. El proyecto de ICT</b>	Práctica donde se propone a cada grupo de trabajo la elaboración de un proyecto de ICT basado en unos planos concretos y unos fabricantes de material específicos.	
<b>2. Telefonía básica y medidas de tierra</b>	Resistencia óhmica desde el RITI	RD 401/2003
	Resistencia de aislamiento en red interior	
	Continuidad y correspondencia	Orden
	Resistencia óhmica desde el RITI	CTE/1296/2003
<b>3. Televisión y radiodifusión analógicas</b>	Continuidad del cable de puesta a tierra	RD 401/2003 y
	Resistencia del cable de puesta a tierra	Orden
	Sección del cable de puesta a tierra	CTE/1296/2003
	Resistencia de tierra	
<b>4. Televisión digital y medidas de la red de distribución</b>	Espectro de la señal	RD 401/2003 y
	Nivel de la portadora de video	Orden
		CTE/1296/2003
<b>5. Cableado estructurado</b>	Relación C/N	RD 401/2003
	Relación V/A	Orden
		CTE/1296/2003
	Potencia de canal	RD 401/2003 y
	Tasa de error(BER)	Orden
<b>6. Televisión digital y medidas de la red de distribución</b>		CTE/1296/2003
	Relación C/N	RD 401/2003
	Respuesta amplitud/frecuencia en banda de la red	RD 401/2003
	Prueba de los tres tonos	Orden
<b>7. Televisión digital y medidas de la red de distribución</b>		CTE/1296/2003
	Espectro COFDM y QPSK y canalización	
<b>8. Televisión digital y medidas de la red de distribución</b>	Configuración de parámetros de medida	
<b>9. Cableado estructurado</b>	Mapa de cableado, Longitud, Retardo de propagación, <i>Delay skew</i> , Atenuación, NEXT, ACR, PSNEXT, PSACR, Pérdidas de retorno, FEXT, ELFEXT, PSELFEXT, Resistencia de lazo en DC	EN 50173:2002

Tabla 1. Prácticas diseñadas para los demostradores de laboratorio, medidas previstas y correspondencia con la normativa vigente

El desarrollo del proyecto ha ido acompañado de una beca en el departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, que ha permitido la instalación y puesta en marcha del demostrador y de una beca en el COETC, que ha facilitado el contacto con el entorno las ICT tanto desde el punto de vista del trato con profesionales como del de asistencia a cursos específicos de formación de temas sobre los que versa el proyecto: el diseño y certificación de las ICT, la televisión digital terrestre y los sistemas de cableado estructurado.

<b>Prácticas</b>	<b>Instrumentación disponible</b>
<b>1. El proyecto de ICT</b>	
<b>2. Telefonía básica y medidas de tierra</b>	2 medidores de aislamiento y resistencia óhmica PE-453 2 medidores de resistencia de toma de tierra PE-331
<b>3. Televisión y radiodifusión analógicas</b>	2 medidores de campo MC-944
<b>4. Televisión digital y medidas de la red de distribución</b>	2 medidores de campo PROLINK-4 1 generador de tonos RP-050
<b>5. Cableado estructurado</b>	2 certificadores de cableado Omniscanner LT

Tabla 2. Instrumentación disponible en para cada una de las prácticas desarrolladas en los demostradores



Figura 1. Laboratorio donde se han instalado los demostradores de ICT y cableado estructurado

El montaje de las diferentes infraestructuras se ha realizado de acuerdo con la normativa y legislación vigentes en la fecha de redacción del proyecto. En concreto, el demostrador de ICT se diseñó, en un principio, siguiendo un borrador del que acabaría siendo el nuevo Real Decreto 401/2003, publicado definitivamente en el BOE del 4 de abril de 2003, con mínimos cambios, que fueron actualizados en el proyecto en su etapa final. El diseño del demostrador de cableado estructurado ha seguido, por su parte, la última versión de la norma europea EN 50173 (EN 50173:2002), publicada en 2002, el año anterior a la redacción del proyecto.

Si bien el sistema de cableado estructurado constituye un esquema típico de instalación real, el del demostrador de ICT se ha adaptado a su finalidad principal: la docencia. Es por ello que los diferentes recintos de telecomunicaciones se han dispuesto en una misma sala de manera que, sin necesidad de realizar largos recorridos, se pueda tener una visión global de la constitución de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones. Sin embargo, el diseño y montaje se han hecho tomando como referencia un edificio de seis plantas, donde los puestos de trabajo del laboratorio representan las estancias de las viviendas que se encuentran en la cuarta planta.

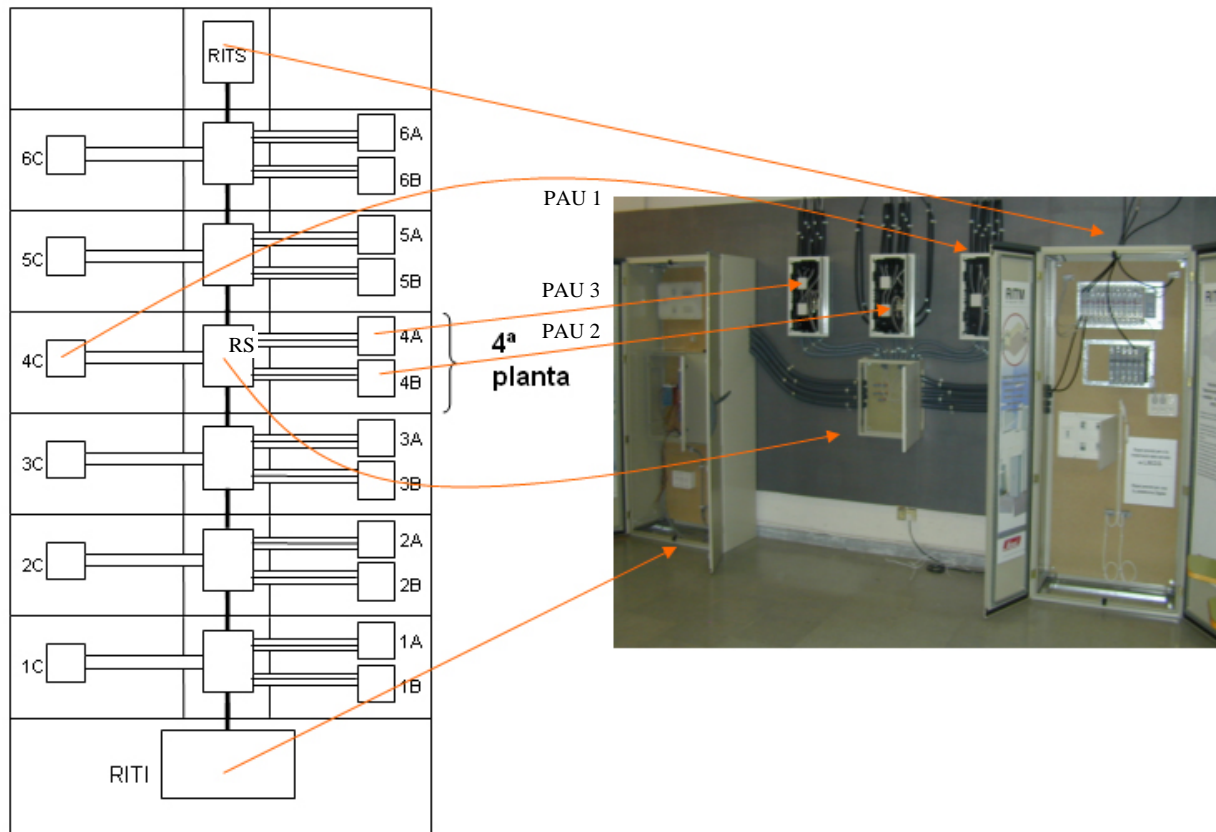


Figura 2. Disposición del RITI, Registro Secundario (RS), RITS y Puntos de Acceso a Usuario (PAUs) en el demostrador. Paralelismo con el edificio tomado como modelo

A continuación se explicarán con más detalle cada una de las partes de los dos grandes bloques en los que se divide el proyecto: el proyecto de ICT y el proyecto de cableado estructurado.

## 1. El proyecto de ICT

### 1.1 Servicio de telefonía disponible al público

Se ha diseñado y montado una red de distribución de telefonía para dar cobertura a los diez puestos de trabajo del laboratorio haciendo un paralelismo con un edificio de seis plantas y siguiendo la normativa más reciente, el RD 401/2003. El montaje de la red de distribución se ha realizado teniendo en cuenta las distancias que podría tomar en el caso real y se ha utilizado el código de colores estándar de los instaladores.

Durante el montaje se han provocado errores de forma intencionada, con fines docentes, de manera que los alumnos los deban localizar durante el transcurso de las prácticas de certificación. Constituyen una muestra de los errores típicos que se pueden hallar durante el proceso de certificación de una ICT.

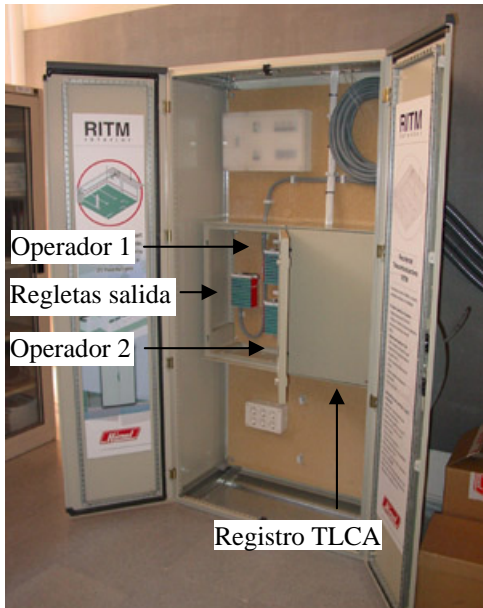


Figura 3. Recinto Inferior de Telecomunicaciones

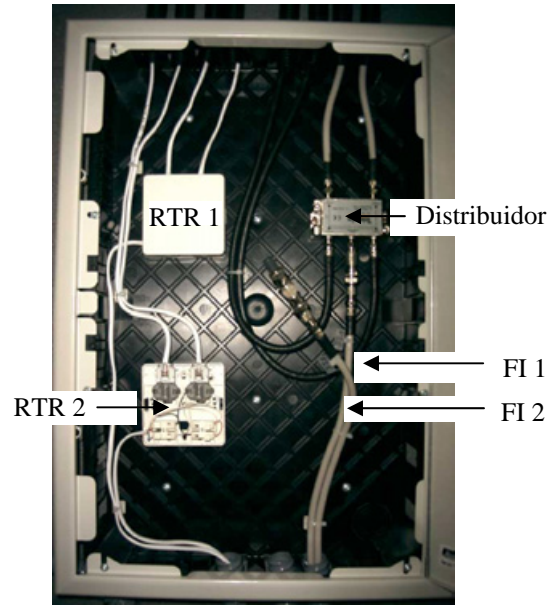


Figura 4. Punto de acceso a usuario

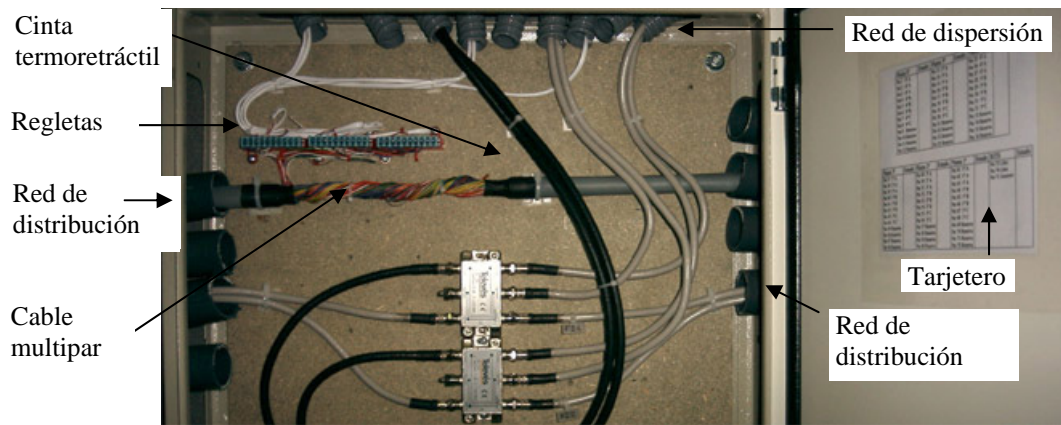


Figura 5. Registro Secundario o Registro de Planta

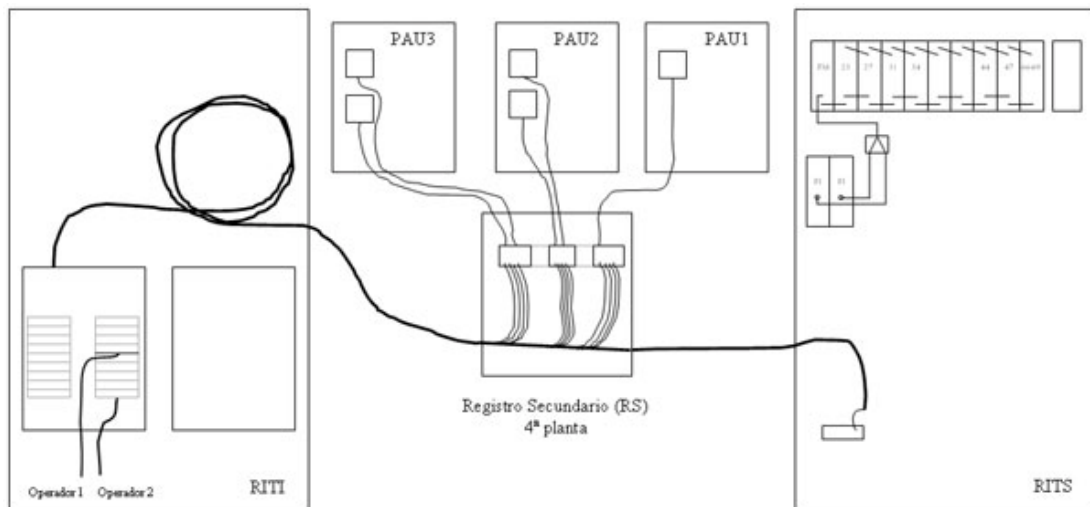


Figura 6. Esquema de la distribución del servicio de telefonía. Solución adoptada en el laboratorio desde el RITI hasta los PAU

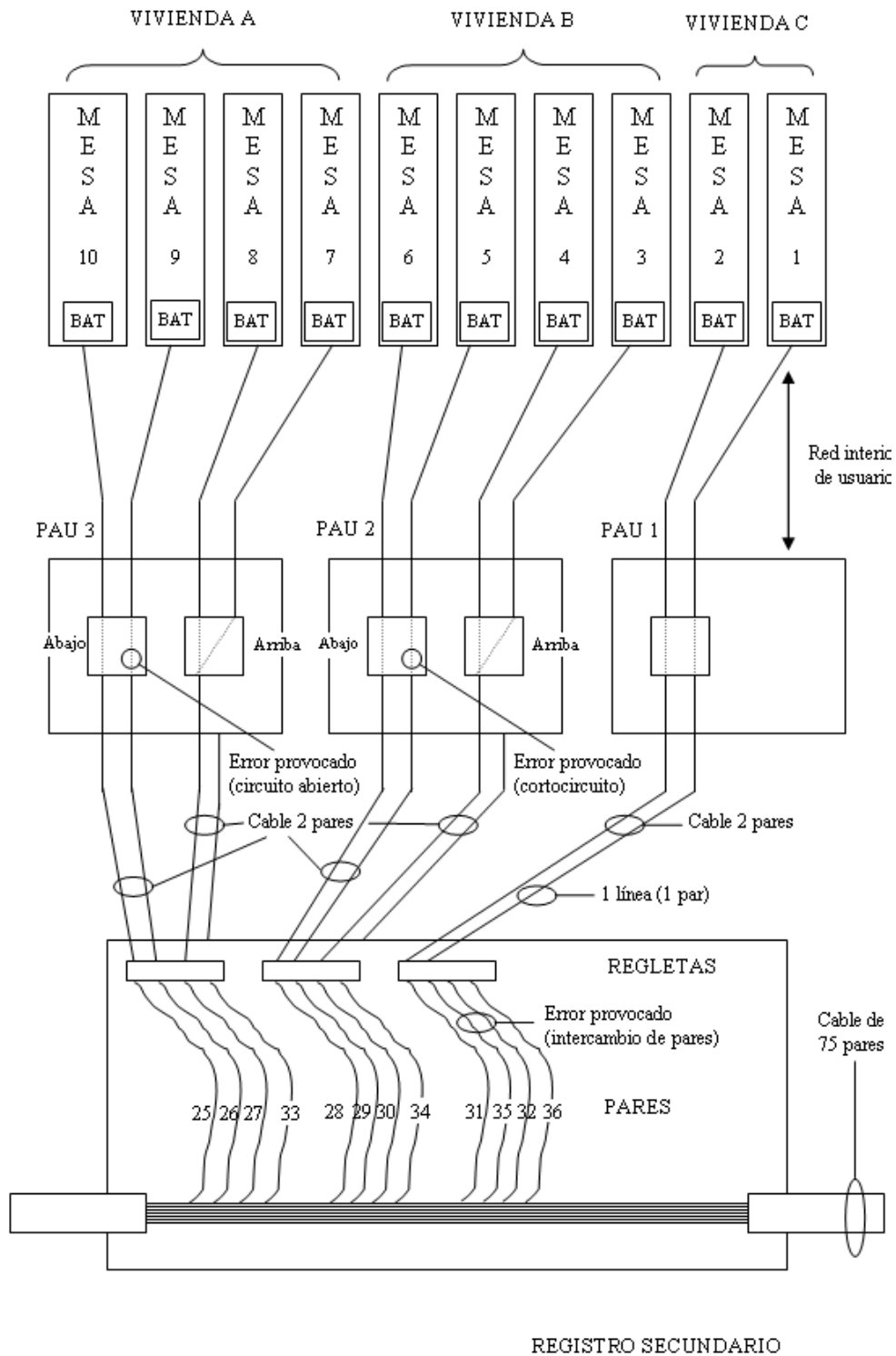


Figura 7. Distribución de los errores provocados en la red de dispersión e interior de telefonía.

Por último, se ha elaborado un modelo de práctica de certificación de telefonía en el que se explica cómo realizar cada una de las medidas exigidas por la normativa y donde se propone un procedimiento para la localización de errores. El modelo de prácticas pretende familiarizar a los estudiantes con los procedimientos de medida de resistencia óhmica, continuidad y correspondencia y resistencia de aislamiento exigidos por el RD 401/2003 así como con la localización de errores.



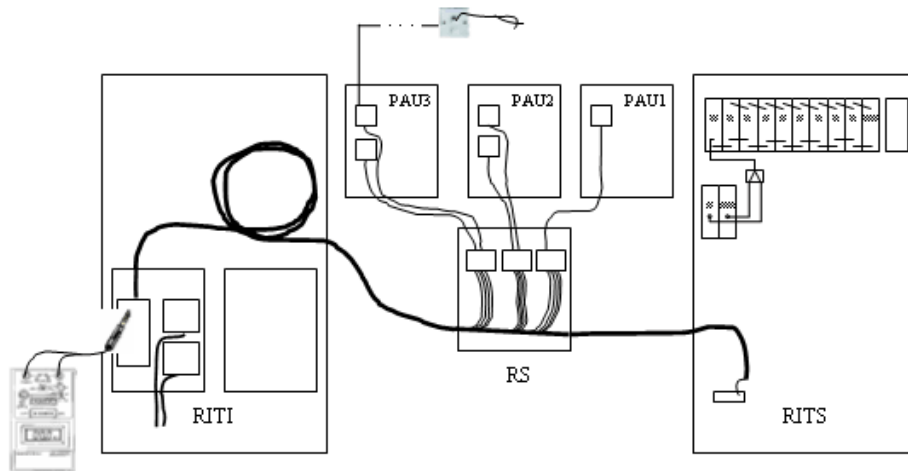


Figura 8. Prueba de continuidad y resistencia óhmica para el servicio de telefonía.

Junto con la práctica, se ha propuesto un modelo de estudio previo que permite al estudiante familiarizarse con los conceptos relacionados con el diseño y certificación del sistema de telefonía y que permiten un mejor aprovechamiento de las sesiones prácticas. La práctica, estudio previo y su resolución son anexos del proyecto.

## 1.2 Captación y distribución de los servicios de televisión analógica, digital y radiodifusión

Los sistemas de captación y la red de distribución de TV analógica y digital se han diseñado para dar cobertura a los diez puestos de trabajo del laboratorio, haciendo un paralelismo con un edificio de seis plantas y siguiendo el RD 401/2003.

En un principio se decidió intentar aprovechar los sistemas de captación disponibles en el edificio (antena de UHF y parábolas) pero a partir de los resultados obtenidos se decide sustituir todo el sistema de captación por uno nuevo que permita mejorar los niveles de las señales recibidas e incorporar una antena de FM, como estipula el reglamento.



Figura 9. Parabólicas utilizadas inicialmente para distribuir el servicio de televisión por satélite (izquierda) y parabola y LNB nuevos (derecha).

En la figura 10 se puede ver cómo, dada la antigüedad de los LNB preexistentes, la frecuencia de funcionamiento de su oscilador local (10 GHz) provocaba una desviación del espectro a frecuencia intermedia que impedía recibir los canales emitidos por debajo de 10,950 GHz, como por ejemplo el canal emitido a 10,8765 GHz que debía recibirse a 1126,5 MHz y no se recibía.

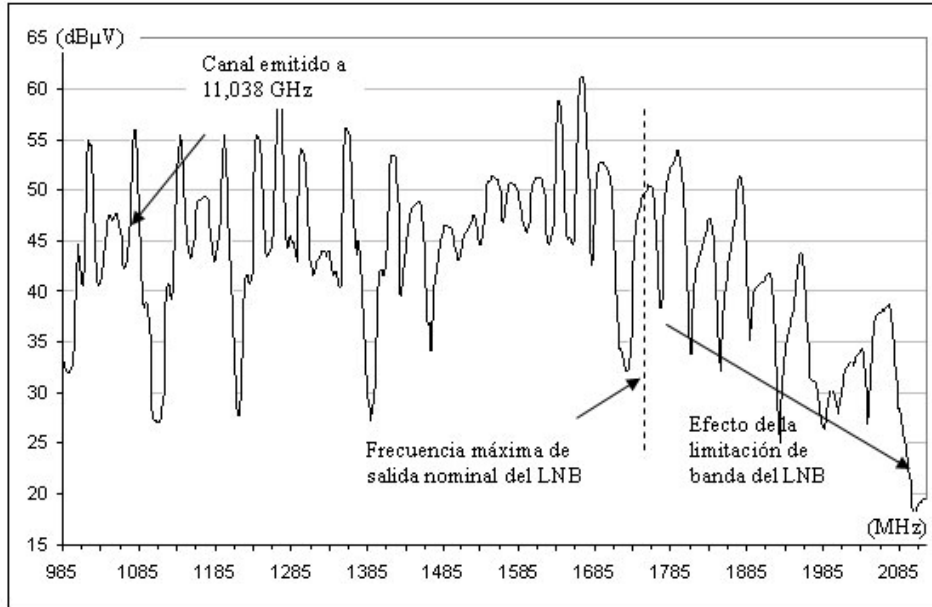


Figura 10. Niveles de señal en toma. Banda baja y polarización vertical de Astra 19,2°E.

Asimismo, se decidió sustituir la antena de TV terrestre por una nueva para mejorar los niveles de señal recibidos e incorporar una antena de FM, como estipula el reglamento.



Figura 11. Antenas de televisión y radio del demostrador de ICT. Antena inicial (izquierda) y antenas nuevas (derecha)

En la configuración definitiva (figuras 12 y 13) se hacen llegar las cuatro salidas del LNB que capta las emisiones de Astra 19,2°E hasta el RITS, desde donde se distribuirán únicamente dos hasta cada uno de los PAU del demostrador.

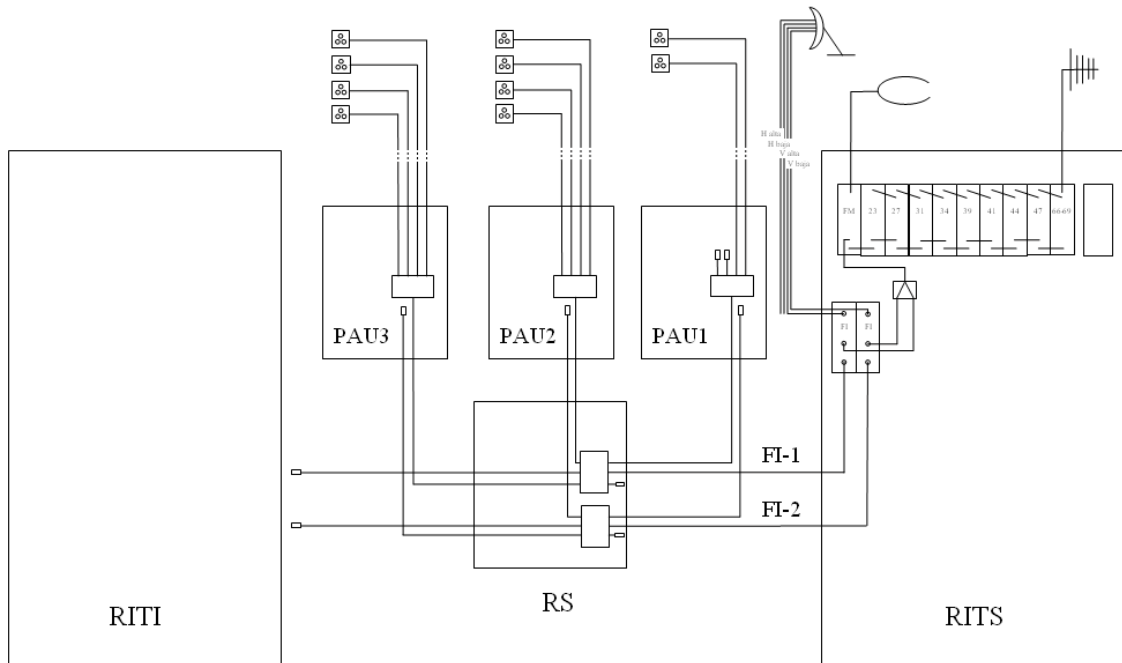


Figura 12. Red de distribución de radio y televisión. Se tienen cuatro bajantes de Astra 19,2°E y se ha incorporado una antena de FM

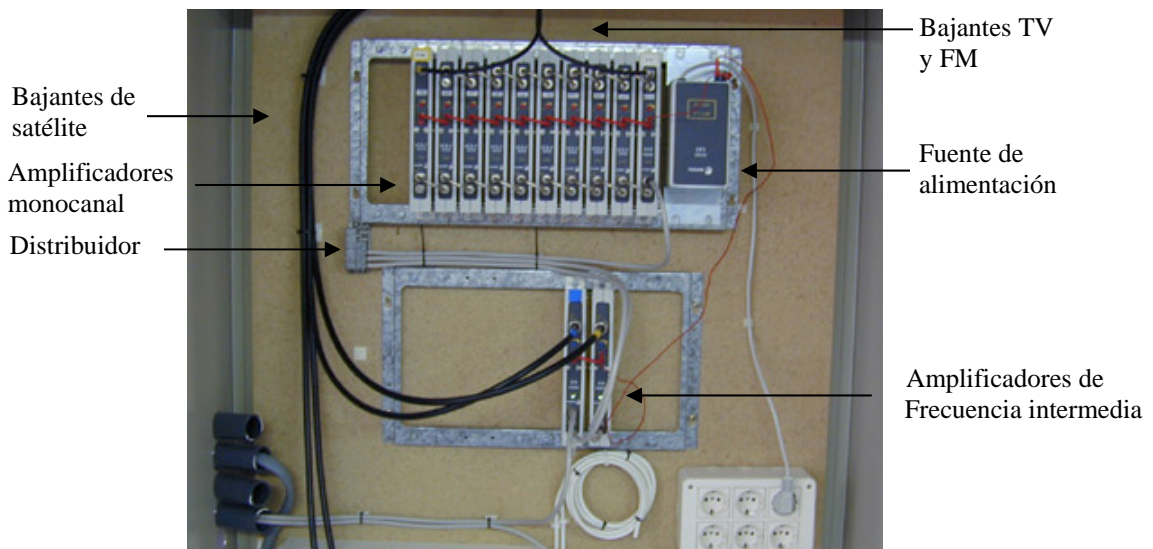


Figura 13. Cabecera del Recinto de Telecomunicaciones Superior (RITS)

De las dos señales que se distribuyen, una es la banda baja y polarización vertical de Astra 19,2°E, donde se emiten canales analógicos y digitales, entre los que se encuentran los correspondientes a la plataforma Digital + y los canales autonómicos españoles. Esta bajante se utilizará para realizar medidas sobre las señales recibidas.

La segunda bajante distribuye la banda baja y polarización horizontal de Astra 19,2°E, pero únicamente se utiliza durante las sesiones prácticas para realizar medidas de caracterización de la red de distribución de radio y televisión. Para realizar dichas medidas se dispone de un generador de tonos, que permite medir la atenuación de la red en tres frecuencias (baja, media, alta) de la banda de FI y en una de la banda terrestre.

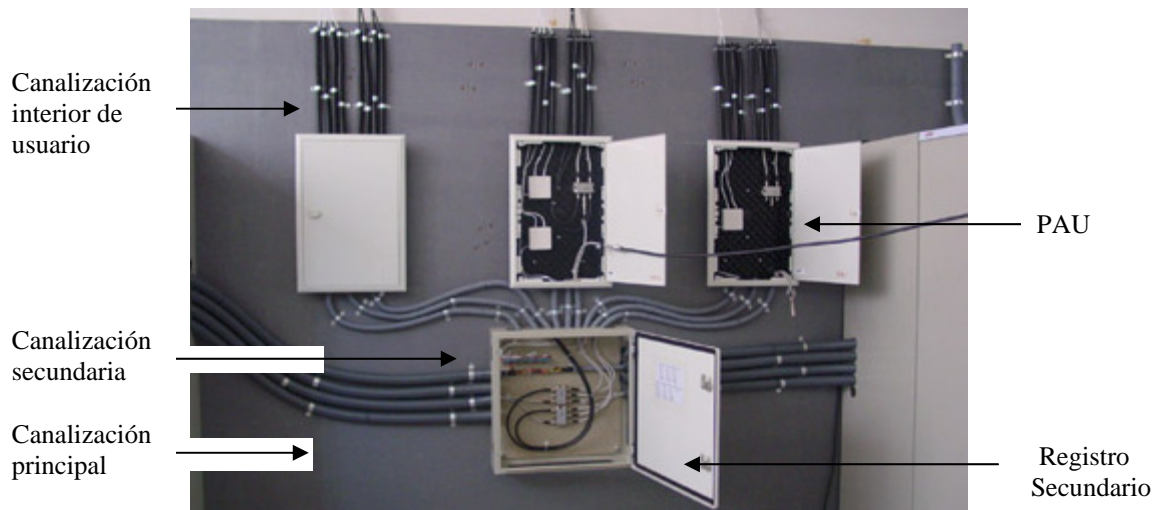


Figura 14. RS y PAUs correspondientes a la 4ª planta del edificio que se toma como modelo



Figura 15. Caracterización de la red de distribución mediante la prueba de los tres tonos.

### 1.3 Televisión digital

La televisión digital constituye uno de los pilares básicos del proyecto, donde se tratan con igual importancia la televisión digital terrestre (TDT) y la televisión digital via satélite.

Por lo que se refiere a la TDT, se presentan el plan de implantación, las ventajas de su implantación respecto a la televisión analógica, los elementos necesarios para su distribución en el demostrador y se estudian las características de la modulación COFDM.

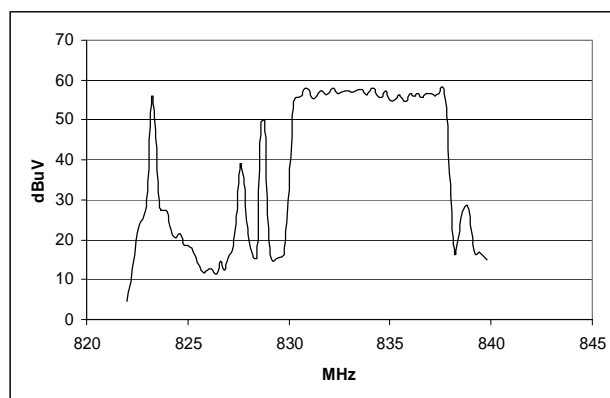


Figura 16. Espectro de un canal analógico adyacente a uno digital en TDT.

Por lo que se refiere a la televisión digital via satélite, se presentan algunos de los satélites existentes, las plataformas digitales en España, las ventajas que comportó respecto a las emisiones analógicas, la existencia de diferentes bandas y polarizaciones, los elementos necesarios para su distribución en el demostrador y se estudian las características de la modulación QPSK.

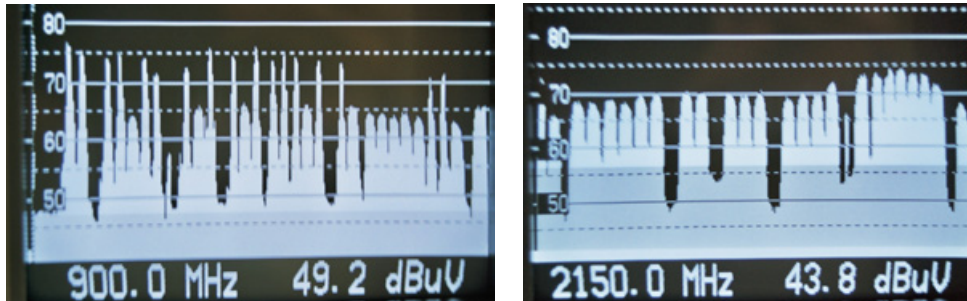


Figura 17. Espectro en la banda de FI recibido en la cabecera procedente de Astra 19,2°E. Izquierda: banda baja y polarización vertical. Derecha: banda baja y polarización horizontal.

El estudio de ambas modulaciones permite comprender cómo deben realizarse las medidas exigidas por el reglamento, cómo deben configurarse los instrumentos de medida (ancho de banda de medida de la potencia, tasa de codificación, velocidad de símbolo, etc.) y por qué es importante asegurar que cada una de ellas se encuentra dentro de los límites aceptados.

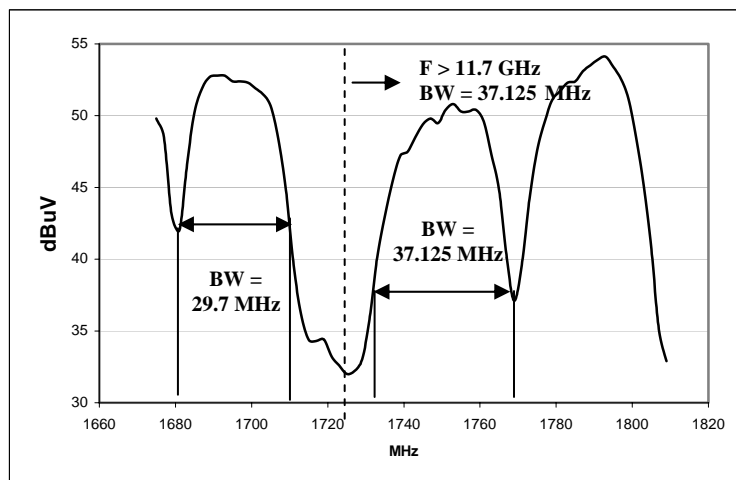


Figura 18. Ancho de banda utilizado en las emisiones por debajo y por encima de 11.7 GHz.

En concreto, un correcto nivel de potencia de señal en recepción, junto con una buena tasa de error de bit (BER), permite asegurar una buena calidad de recepción de la señal. Es importante mantener un margen respecto al límite estipulado por la normativa para asegurar la correcta recepción ante un empeoramiento de las condiciones de propagación. En segundo lugar, la BER es un indicador de las degradaciones que sufre la señal tanto fuera como dentro de la instalación. En recepción, es recomendable medirla a partir de los errores corregidos en vez de a partir de la C/N a fin obtener un valor fiable. Por último, la medida de la relación señal a ruido (C/N) ayuda a diagnosticar problemas en la instalación.

Como para los otros capítulos, se ha propuesto un modelo de práctica y de estudio previo que, junto con sus soluciones, constituyen otro de los anexos del proyecto. Dichas prácticas suponen la realización por parte de los alumnos de las medidas exigidas por la Orden CTE/1296/2003 en las tomas de usuario, incluyendo las emisiones analógicas, digitales y medidas de atenuación de la red de distribución mediante un generador de tonos.

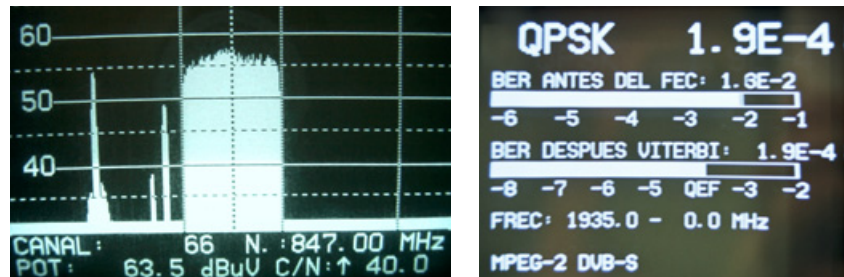


Figura 19. Medida de la C/N en TDT (izquierda) y de la tasa de error de bit (BER) (derecha)

## 1.4 Puestas a tierra

El objetivo de esta parte de proyecto ha sido el de estudiar el sistema de puesta a tierra más adecuado para el demostrador de ICT y preparar una práctica de medidas de tierra que sea ilustrativa de las medidas a realizar en el proceso de certificación. En el proyecto, la puesta a tierra se ha tratado de forma independiente, dado que es un campo poco común y por muchos desconocido en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación.

La puesta a tierra es exigida por el RD 401/2003 y es de suma importancia ya que protege al hombre frente a choques eléctricos y a los equipos frente a sobretensiones.

En el caso particular del demostrador de ICT, dada la imposibilidad de constituir una toma de tierra independiente en el laboratorio o en sus inmediaciones se han estudiado las alternativas existentes teniendo en cuenta la reglamentación y normativa existentes: la norma UNE 20460-5-54, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). Descartada la posibilidad de utilizar las tuberías calefacción y de agua como tomas de tierra, y dada la inexistencia en el laboratorio de otras tuberías o envolventes metálicas que pudieran utilizarse, la única solución ha sido conectar los equipos al conductor de tierra de la línea eléctrica. Hay que hacer hincapié en que se han conectado a tierra a través del conductor de la línea eléctrica solamente los elementos activos de los recintos y no los mástiles y sistemas de captación, los cuales disponen de un sistema de puesta a tierra independiente, preexistente en el edificio y a prueba de descargas atmosféricas.

Por último, se ha propuesto un modelo de práctica que se ha integrado por motivos de organización temporal con la de telefonía básica. En esta práctica, se han adaptado las medidas para que no sea necesario salir al exterior del laboratorio: se ha propuesto una medida basada en el método 2 electrodos sabiendo que la medida de la resistencia de tierra de la tubería de calefacción permite asegurar que constituye una toma de tierra ideal.

## 2. El proyecto de cableado estructurado

El objetivo de esta parte del proyecto ha sido el de realizar el diseño e instalación de una red de cableado estructurado, similar a la que pudiera existir en una pequeña oficina, en la que se pudieran desarrollar prácticas de certificación de cableado mediante los instrumentos pertinentes.

El diseño y montaje se han hecho tomando como referencia la norma europea más reciente (EN 50173:2002), de la que todavía no existía la correspondiente UNE (Junio 2003) por estar en fase de traducción. Se escogió EN 50173:2002 porque define un sistema de cableado genérico independiente de la aplicación y facilita un esquema de cableado flexible, donde los cambios son fáciles de realizar y suponen un bajo coste económico.

En el laboratorio se ha decidido instalar dos rosetas dobles por puesto de trabajo. Mientras que a dos de las rosetas se llega mediante componentes de categoría 6 UTP, en las otras dos se establecen enlaces de diferentes clases, según se indica en la figura 20.



Figura 19. Tomas de usuario en los puestos de trabajo sin el marco embellecedor

Con categoría 6 se da cobertura a todas las mesas, posibilitando el establecimiento de una futura red de área local, previa instalación de la electrónica adecuada. La elección de la categoría 6 para dar cobertura a todas las mesas se justifica porque ésta es capaz de soportar Gigabit Ethernet (estándar en expansión que permite alcanzar altas velocidades a bajo coste) mediante una electrónica más sencilla que sobre elementos de categoría 5 y por lo tanto más barata.

Las otras dos tomas existentes en cada puesto de trabajo establecen enlaces de clase C o D mediante componentes de categoría 5 y 6 no apantallados, apantallados y blindados. De esta manera se pueden comparar las características y comportamiento de enlaces de una misma clase que han sido establecidos mediante componentes de distinto tipo y distinto comportamiento frente a interferencias. En la figura 20 se presenta el esquema general de la red.

Asimismo, antes de realizar el montaje se han previsto una serie de errores (ver fig. 22) que deberán ser localizados por los alumnos en las sesiones de prácticas de certificación. Se trata de una muestra de los errores de instalación más comunes que pueden encontrarse durante el proceso de certificación de una red de cableado estructurado: pares partidos, cruzados, invertidos, excesivamente destrenzados cerca del conector y la utilización de elementos de distintas categorías en un mismo enlace, entre otros.

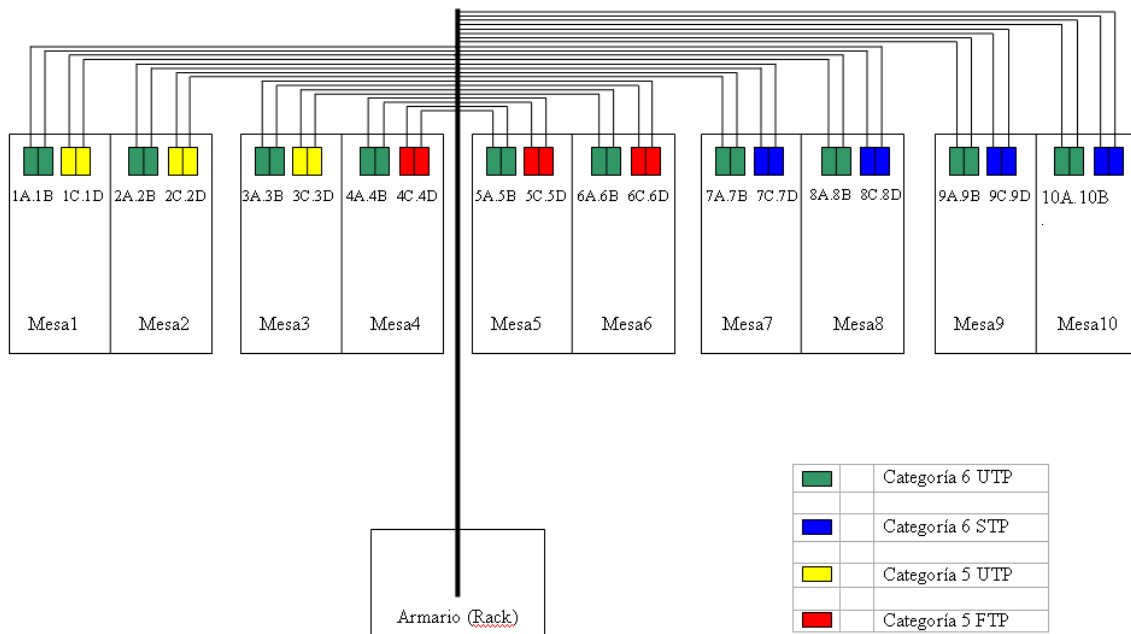


Figura 20. Esquema de la red de cableado estructurado montada en el laboratorio

En el proyecto se exponen los conceptos básicos necesarios para comprender e interpretar los resultados obtenidos y las medidas a realizar en el proceso de certificación y los dos tipos de certificación contemplados por la normativa: la certificación de enlace permanente y la de canal.

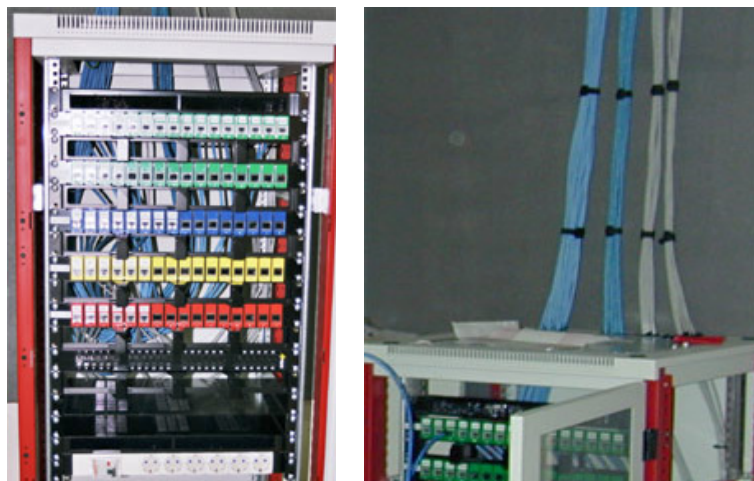


Figura 21. Izquierda: armario (rack) y numeración de las rosetas. Derecha: sujeción de los cables mediante bridas de belcro que impiden la deformación de las pantallas y pares.

Una vez realizado en montaje de la red se ha realizado una certificación de canal siguiendo la norma europea, mediante un instrumento certificador de canal: el DSP 4300, de Fluke. Como anexo del proyecto se encuentran los resultados de la certificación de canal de cada uno de los enlaces establecidos entre el rack y las tomas de usuario. Finalmente se ha propuesto un modelo de práctica de certificación de enlace permanente basado en el instrumento Omniscanner LT, de Fluke, del que se disponen dos ejemplares para realizar las sesiones prácticas.



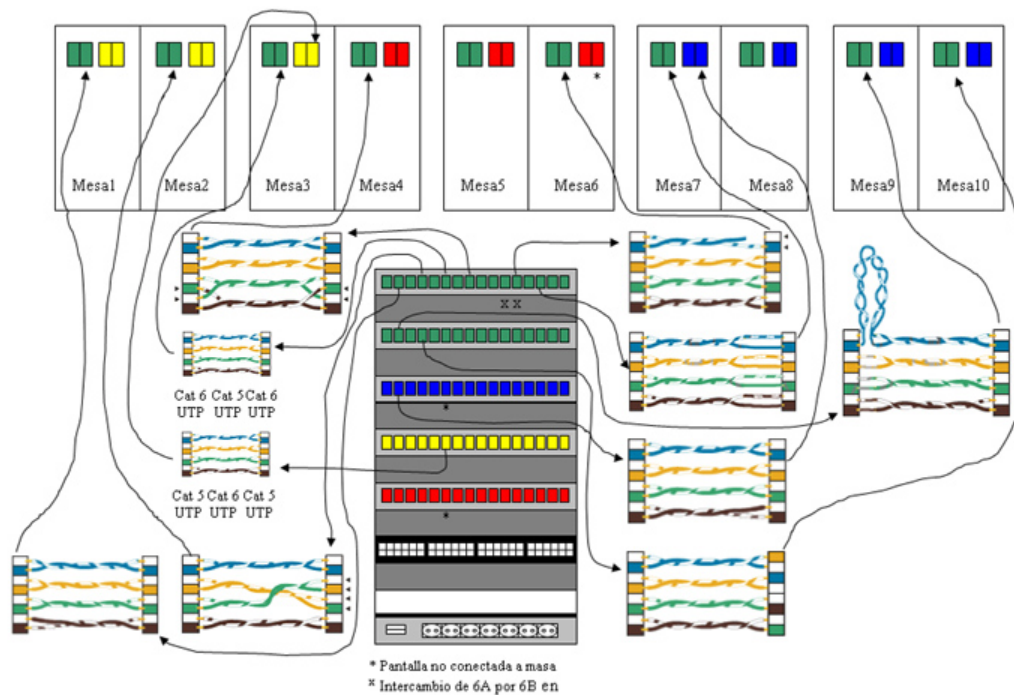


Figura 22. Localización de los errores de montaje en el demostrador de cableado estructurado.

## Conclusiones

- Parte del PFC ha consistido en diseñar 5 prácticas docentes referentes a instalaciones de infraestructuras de telecomunicación en la edificación y en la empresa (4 sobre ICT y 1 sobre cableado estructurado) que son la base del laboratorio de infraestructuras de telecomunicación de la ETSETB. Las prácticas se han complementado con una propuesta de estudio previo, hojas anexas de fabricantes y resoluciones para el profesor.
- El montaje y certificación de los demostradores del laboratorio de ICT de la ETSETB se ha desarrollado en el marco de una beca docente (Febrero-Julio 2003). El laboratorio permite la realización simultánea de 4 prácticas diferentes, cada una de ellas con 2 puestos de trabajo independientes completamente equipados. La capacidad del laboratorio es de 16 alumnos simultáneos (8 grupos de 2 alumnos)
- Las prácticas de ICT se han elaborado sobre el borrador del RD 401/2003, que finalmente se aprobó el 4 de abril de 2003. Las actividades de los alumnos se encaminan a reproducir el proceso de certificación de una instalación real.
- El montaje de cableado estructurado se basa en una instalación de 4 categorías de cableado (Cat 6 UTP, 6 STP, 5 UTP y 5 FTP) en los enlaces desde el armario hasta los puestos de trabajo. El diseño de la red y proceso de certificación se basa en la norma EN 50173 (EN 50173:2002), publicada en 2002, el año anterior a la redacción del proyecto.
- El laboratorio de ICT está plenamente operativo desde el curso cuatrimestral de primavera 2003. Actualmente se imparte la segunda edición de las prácticas de la asignatura optativa de segundo ciclo de la ETSETB “Infraestructuras Comunes de Telecomunicación”. El laboratorio de ICT constituye una herramienta primordial en la formación teórico-práctica de los ingenieros de telecomunicación en su ámbito.