



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Proyecto Técnico para el diseño de un laboratorio didáctico
de sonido, imagen y sistemas de telecomunicación para
alumnos de ciclos formativos de grado básico, medio y
superior

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e
Imagen

AUTOR/A: Arroyo Delgado, Julia Maria

Tutor/a: Part Escriva, María Consuelo

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



RESUMEN

Este TFG se centra en el diseño de un laboratorio destinado a la realización de prácticas para estudiantes de diferentes ciclos formativos en áreas de sonido, imagen y sistemas de telecomunicaciones. El laboratorio estará equipado con todos los elementos necesarios para que los estudiantes puedan llevar a cabo diversas mediciones, análisis, comprobaciones y aprender el funcionamiento de equipos técnicos. De este modo, podrán aplicar de forma práctica los conceptos teóricos que estudian diariamente en clase, logrando una formación integral que les proporcionará las herramientas necesarias para su futura inserción laboral.

La estructura de este documento seguirá el formato de un Proyecto Técnico, con una memoria que incluirá la introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto. Adicionalmente, se presentará un documento con todos los anexos necesarios para complementar el proyecto, incluyendo el Pliego de Condiciones, los Planos y el Presupuesto.

Palabras clave: laboratorio, imagen, vídeo, sonido, sistemas de telecomunicaciones.

ABSTRACT

This TFG focuses on the design of a laboratory intended for practical exercises for students from various educational programs in the areas of sound, image, and telecommunications systems. The laboratory will be equipped with all the necessary elements for students to perform various measurements, analyses, checks, and learn the operation of technical equipment. In this way, they will be able to practically apply the theoretical concepts they study daily in class, achieving comprehensive training that will provide them with the necessary tools for their future employment.

The structure of this document will follow the format of a Technical Project, with a report that will include the introduction, development, and conclusions of the project. Additionally, a document with all the necessary annexes to complement the project will be presented, including the Specifications, Plans, and Budget.

Keywords: laboratory, image, video, sound, telecommunications systems.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi marido, Carlos, el tiempo que me ha regalado para poder hacer realidad este trabajo. Sin él, no habría sido posible la dedicación puesta, así como las horas y horas de biblioteca para llegar a este momento.

A mis niños preciosos, Carlos y Marcos, por ser mi inspiración y mis ganas de querer mejorar laboralmente. Si no hubiera sido por ellos nunca me hubiera atrevido a hacer el grado.

A mis padres y a mis suegros pues, junto con mi marido, me han dado el tiempo que tanto he necesitado estos años, me han acompañado en esta aventura de ser mamá y universitaria.

A Xelo, no sólo por ser mi tutora de TFG, ni por ser una de las grandes docentes que me he encontrado a lo largo de mi vida como estudiante, gracias por haberme reavivado mis ganas de aprender y de ver lo maravillosa que puede ser una ingeniería de telecomunicaciones.

Y en especial a ti, que, a pesar de habernos dejado, sé que estás súper orgulloso de mí por haber sido tan trabajadora, tenaz y constante. Aunque no me lo decías, sé que te encantaba que tu hija fuera ingeniera. Nunca te olvidaré.

Gracias, gracias y gracias.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Presentación.....	1
1.2.	Objetivos	1
1.3.	Metodología	1
1.4.	Etapas	2
1.5.	Problemas.....	2
2.	MEMORIA.....	3
2.1.	Equipos de Imagen	3
2.1.1.	Televisión Analógica.....	3
2.1.2.	Consecuencias en la TV de las características del ojo humano.....	3
2.1.3.	Características básicas de los sistemas de transmisión de televisión	3
2.1.4.	Sistema de exploración: entrelazado	4
2.1.4.1.	Sistema de transmisión secuencial	4
2.1.4.2.	Sistema de exploración entrelazado	4
2.1.5.	Señal de luminancia	5
2.1.5.1.	Señal eléctrica de luminancia.....	5
2.1.5.2.	Retornos	5
2.1.6.	Señal de vídeo compuesta	5
2.1.7.	Sincronismos	6
2.1.8.	TV digital.....	6
2.1.9.	Medida de la señal de televisión.....	7
2.1.10.	Instrumentos de medida de la señal de televisión	7
2.1.10.1.	Monitor forma de onda.....	7
2.1.10.2.	Vectorscopio.....	8
2.1.10.3.	Osciloscopio.....	8
2.1.10.4.	Analizador de espectros	8
2.1.11.	Cableado y conectores de imagen	9
2.1.11.1.	SDI.....	9
2.2.	Equipos de Sonido	10
2.2.1.	El sonido	10
2.2.2.	Características del sonido.....	10
2.2.3.	Propagación del sonido	10
2.2.4.	Sensación sonora.....	11



2.2.5.	Instrumentos de medida	11
2.2.5.1.	Sonómetro.....	11
2.2.5.2.	Dosímetro.....	12
2.2.5.3.	Inyector de señales.....	12
2.2.5.4.	Calibrador Acústico	12
2.2.5.5.	Tarjeta sonido.....	12
2.2.5.6.	Analizador de frecuencias	13
2.2.6.	Cables y conectores de sonido	13
2.3.	Equipos de Sistemas de Telecomunicaciones	14
2.3.1.	Sistemas de Telecomunicaciones.....	14
2.3.2.	Características de la señal	15
2.3.2.1.	Forma de onda de una señal	15
2.3.2.2.	Frecuencia (f).....	15
2.3.2.3.	Periodo (T).....	15
2.3.2.4.	Longitud de onda (λ)	16
2.3.3.	Ondas electromagnéticas.....	16
2.3.4.	Espectro electromagnético	16
2.3.5.	Espectro radioeléctrico	16
2.3.6.	Transmisión de la señal de televisión.....	17
2.3.7.	Modulaciones utilizadas en radio y televisión	17
2.3.7.1.	Modulación en amplitud (AM).....	17
2.3.7.2.	Frecuencia modulada (FM)	17
2.3.7.3.	Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).....	17
2.3.7.4.	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK)	18
2.3.7.5.	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Codificada (COFDM)	18
2.3.8.	Captación de la señal de RTV y satélite.....	19
2.3.8.1.	Elementos de captación de la señal	19
2.3.8.2.	Equipamiento de cabecera.....	21
2.3.9.	Distribución de la señal de RTV terrestre y satélite	23
2.3.9.1.	Elementos de distribución.....	23
2.3.10.	Reglamento ICT (RICT).....	25
2.3.11.	Equipos de medida	26
2.3.11.1.	Medidor de campo	26
2.3.11.2.	Generador de ruido.....	26



2.3.11.3.	Medidor señal satélite.....	27
2.3.12.	Cableado y conectores para equipos de telecomunicaciones	27
2.3.12.1.	Cable coaxial.....	27
2.3.12.2.	Conectores F y CEI.....	28
2.3.12.3.	Conector BNC	29
2.4.	Selección de equipos.....	30
2.4.1.	Equipos de imagen seleccionados.....	30
2.4.1.1.	Monitor Forma de Onda Tektronix WFM2300.....	31
2.4.1.2.	Distribuidor vídeo compuesto Kramer 105VB.....	31
2.4.1.3.	Generador señal Extron VTG 300.....	32
2.4.1.4.	Generador de señales R&S® HM8150.....	32
2.4.1.5.	Osciloscopio Hanmatek DOS1102	33
2.4.1.6.	Analizador de espectros Rohde & Schwarz FPL 1007	33
2.4.1.7.	Analizador señal TV TBS5590	33
2.4.1.8.	Termocolorímetro Sekonic SPECTROMASTER C-700 / C-700R	34
2.4.1.9.	Capturadora de vídeo Blackmagic DeckLink Mini Monitor HD	34
2.4.1.10.	Matriz Fonestar FO-22MX88	34
2.4.1.11.	Cámara vídeo Canon XA65	35
2.4.1.12.	Portátil Edición vídeo ASUS TUF Gaming F15 FX506HC	35
2.4.1.13.	Monitor 24" LG 24TQ510S-PZ	35
2.4.1.14.	Cables y conectores.....	36
2.4.2.	Equipos de sonido seleccionados.....	36
2.4.2.1.	Mesa de mezclas Behringer Xenyx 802S	37
2.4.2.2.	Interfaz de audio Behringer U-Phoria UMC202HD	37
2.4.2.3.	Micrófono Sennheiser E835 S y soporte de mesa Millenium DS-10.....	38
2.4.2.4.	Monitores Behringer 1C-BK.....	38
2.4.2.5.	Auriculares the t.bone HD150.....	38
2.4.2.6.	Ecuador DBX 215s	39
2.4.2.7.	Sonómetro Digital Sound 8922	39
2.4.2.8.	Dosímetro PCE-MND 10	39
2.4.2.9.	Calibrador acústico Digital Sound 8930B	39
2.4.2.10.	Etapas de potencia t.amp E-400	39
2.4.2.11.	Altavoz pasivo JBL Control 1Pro Pair	40
2.4.3.	Equipos de Sistemas de telecomunicaciones seleccionados	40
2.4.3.1.	Antena DAT BOSS UHF Televés Ref. 149922	40



2.4.3.2.	Antena de FM Recepción de radio Televés Ref. 1201.....	41
2.4.3.3.	Antena de DAB (BIII) Televés Ref. 1050	41
2.4.3.4.	Parábola de aluminio satelital Televés Ref. 757401	41
2.4.3.5.	Fuente de Alimentación Televés Ref. 549812.....	42
2.4.3.6.	Central amplificadora AVANT X Pro Televés. Ref. 532133	42
2.4.3.7.	Amplificadores monocanales/multicanales diferentes bandas	42
2.4.3.8.	Encoder/modulador HD – DVB – T de Televés Ref. 585301.....	43
2.4.3.9.	Mezclador Televés Ref. 745210	43
2.4.3.10.	Derivador Televés Ref. 51934X	43
2.4.3.11.	Distribuidor con y sin PAU Ref. 519535/519536.....	44
2.4.3.12.	Toma de usuario Televés Ref. 5226	44
2.4.3.13.	Carga Terminal Televés Ref. 4058	44
2.4.3.14.	Medidor de campo H30FLEX de Televés	44
2.4.3.15.	Detector satelital DUR-line® SF 2450 B.....	44
3.	ANEXOS	46
4.	CONCLUSIONES	47
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	49



ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Características de la señal de televisión.....	4
Figura 2. Sistema entrelazado. Creación de una imagen	4
Figura 3. Retornos	5
Figura 4. Señal de vídeo	5
Figura 5. Pulsos de sincronismo	6
Figura 6. Obtención señal digital.....	7
Figura 7. Monitor forma de onda.....	7
Figura 8. Vectorscopio e imagen ampliada	8
Figura 9. Osciloscopio Digital	8
Figura 10. Gráfica analizador espectro.....	8
Figura 11. Analizador de espectros	8
Figura 12. Tipos HDMI	9
Figura 14. Cable DVI	9
Figura 13. Conector VGA	9
Figura 15. Cable RCA	9
Figura 16. Sonómetro molón Portátil.....	11
Figura 17. Dosímetro.....	12
Figura 18. Calibrador acústico.....	12
Figura 19. Cable XLR.....	13
Figura 20. Tipos de conectores Jack.....	14
Figura 21. Speakon	14
Figura 22. Proceso de transmisión de la señal.....	14
Figura 23. Onda senoidal.....	15
Figura 24. Formas de onda.....	15
Figura 25. Tipos de frecuencia	15
Figura 26. Onda electromagnética	16
Figura 27. Espectro radioeléctrico.....	16
Figura 28. Proceso de transmisión de la señal de tv	17
Figura 29. Modulación en amplitud (AM) y frecuencia (FM)	17
Figura 30. Modulaciones	18
Figura 31. Modulación QPSK	18
Figura 32. Equipo de captación	19
Figura 33. Instalación de elementos de captación.....	20
Figura 34. Vientos de sujeción de mástil.....	20
Figura 35. Preamplificador	21
Figura 36. Amplificador de mástil.....	21
Figura 37. Central amplificadora	22
Figura 38. Amplificadores monocanales	22
Figura 39. Distribución señal RTV terrestre	23
Figura 40-. Distribución señal RTV satelital.....	23
Figura 41. Pérdidas de un derivador	24
Figura 42. Toma de usuario y embellecedor	25
Figura 43. Cargas 75 Ω	25
Figura 44. Medidor de campo	26
Figura 45. Generador de ruido	27



Figura 46. Aplicación del generador de ruido	27
Figura 47. Coaxial	28
Figura 48. Tabla atenuaciones y pérdidas para cada frecuencia	28
Figura 49. Conector F	29
Figura 50. Conectores CEI macho y hembra	29
Figura 51. Conector BNC	29
Figura 52. MFO Tektronix WFM 2300	31
Figura 53. Distruidor señal de vídeo.....	31
Figura 54. Generador de señales Extron VTG 300.....	32
Figura 55. Generador de señales periódicas	32
Figura 56. Osciloscopio Hanmatek DOS1102	33
Figura 57. Analizador de espectros Rohde & Schwarz FPL 1007.....	33
Figura 58. Tarjeta analizadora señal de TV	34
Figura 59. Termocolorímetro	34
Figura 60. Capturadora de vídeo Blackmagic.....	34
Figura 61. Matriz/distribuidor señal vídeo FO-22MX88.....	35
Figura 62. Cámara Canon XA65	35
Figura 63. Portátil Asus F15 FX506HC	35
Figura 64. Monitor 24"LG 24TQ510S	35
Figura 65. Mesa de mezclas Behringer Xenyx 802S	37
Figura 66. Interfaz Behringer U-Phoria UMC202HD	37
Figura 67. Micrófono Sennheiser E835	38
Figura 68. Soporte de mesa.....	38
Figura 69. Monitores Behringer 1C-BK.....	38
Figura 70. Auriculares t.bone HD150	38
Figura 712. Sonómetro Sound 8922 Dosímetro PCE-MND 10	39
Figura 721. Ecuador DBX 215s	39
Figura 73. Calibrador Digital Sound acústico 8930B	39
Figura 74. Etapa de potencia t.amp E-400	40
Figura 75. Altavoz JBL.....	40
Figura 76. Antena DAT BOSS UHF Televés	41
Figura 77. Antena FM Televés	41
Figura 78. Antena DAB Televés	41
Figura 79. Parábola satelital Televés.....	41
Figura 80. Fuente Alimentación Televés	42
Figura 81. Central programable Televés	42
Figura 82. Amplificador monocanal televés.....	43
Figura 83. Mezclador Televés.....	43
Figura 84. Derivador Televés.....	43
Figura 85. PAU/Distribuidor Televés	44
Figura 86. Toma de usuario Televés.....	44
Figura 87. Medidor de campo H30FLEX	44
Figura 88. Detector satelital DUR-line.....	45



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

Cada día son más los alumnos que cursan Formación Profesional (a partir de ahora FP) debido a la gran empleabilidad que genera. La FP no solo proporciona conocimientos teóricos, sino que también se centra en desarrollar habilidades prácticas directamente aplicables en el mercado de trabajo. Además, la nueva FP, va hacia la implantación de una FP Dual, modelo que combina la enseñanza en centros de formación con la práctica en empresas. Este enfoque dual ofrece una serie de ventajas claras tanto para los estudiantes como para las empresas.

Para conseguir el objetivo, de ambas partes, el alumnado debe prepararse en el centro educativo con equipos técnicos semejantes a los que se va a encontrar en la empresa para hacer, aún más inmersivo, su aprendizaje. Por ello, el dotar a los centros con laboratorios y talleres, van a favorecer la experiencia vital de la FP.

1.2. Objetivos

El objetivo del presente proyecto es el equipamiento de diferentes laboratorios didácticos para alumnos y alumnos que cursan ciclos formativos de formación profesional relacionados con sonido, imagen y sistemas de telecomunicación. Lo anterior se concreta en los siguientes objetivos:

- Estudio de las necesidades de los diferentes ciclos formativos
- Búsqueda de equipos, software y otros elementos más adecuados para el laboratorio.
- Diseño del laboratorio con los diferentes entrenadores didácticos, áreas de trabajo y conexionado de equipos.
- Redactar prácticas con los equipos y software, y desarrollarlas, comprobar su funcionamiento y resultados.
- Valoración de mejoras futuras y ampliación de laboratorios en otras áreas.
- Elaboración de un presupuesto de las instalaciones.

1.3. Metodología

La metodología para la realización de este TFG para conseguir los objetivos marcados se basará en:

Análisis de necesidades en el centro educativo dónde se desarrollará en un futuro el propio laboratorio, teniendo en cuenta los ciclos formativos que se imparten en éste.

Búsqueda de los propios equipos que conformará el laboratorio en sí y su justificación, así como la normativa en el caso que sea necesaria.

Diseño y desarrollo con software especializado Autocad¹ de todos los conexionados de equipos tanto de imagen, audio como sistemas de telecomunicaciones.

¹ Autocad: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>



Elaboración de prácticas para los alumnos y alumnas atendiendo a las necesidades actuales que las empresas demandan.

Valorar futuras mejoras y ampliaciones de las diferentes estancias, así como la equipación de estas.

1.4. Etapas

Para la obtención de los objetivos, el proyecto se divide en varias etapas:

- Estudio de las necesidades considerando la nueva ley de FP.
- Desarrollo parte teórica.
- Elección de equipos basados en los guiones de prácticas redactadas.
- Diseño de los espacios que corresponden a los laboratorios, así como los diagramas de conexionado tanto de paneles didácticos como equipos dentro de las estancias.
- Elaboración de un presupuesto aproximado².

1.5. Problemas

Dificultad para la selección de equipos debido a la gran cantidad de posibilidad en el mercado y el constante cambio y/o mejora de las tecnologías aplicables.

Ajuste del presupuesto a causa del elevado coste de los equipos de imagen y sonido.

Adecuación de los contenidos al plan de estudios como consecuencia de los cambios de ley que se producen constantemente.

Actualización de las prácticas para estar al día en tecnologías y avances técnicos.

Diseño de los laboratorios en razón del número variante de alumnos con el fin de conseguir espacios amplios, cómodos y versátiles.

² El presupuesto puede variar debido a la fluctuación de los precios



2. MEMORIA

La memoria se divide en 3 grandes bloques:

- Equipos de imagen
- Equipos de sonido
- Equipos de sistemas de telecomunicaciones

2.1. Equipos de Imagen

2.1.1. *Televisión Analógica*

Aunque vivimos en la era digital y la recepción de la señal de televisión es digital (implantación de la TDT en España el 3 de abril de 2010) es necesario conocer cómo funciona la señal de vídeo analógico, qué es y qué formatos existen para poder hacer medidas sobre ésta.

Para poder entender cómo funciona la televisión digital, es necesario conocer los principios básicos de la televisión analógica (en origen la señal es analógica y posteriormente pasa a digitalizarse) así como los principios fundamentales de la luz y cómo el ojo humano es capaz de captar esta luz que se exponen en el Anexo I, teoría de Sistemas de TV.

2.1.2. *Consecuencias en la TV de las características del ojo humano*

Tras un estudio de las características y del comportamiento del ojo humano, se puede conseguir un sistema de televisión eficaz. El ojo humano dispone de 2 tipos de células fotorreceptoras, bastones y conos. Estos fotorreceptores de la retina transforman la luz en impulso nervioso. Los bastones son los responsables de la visión en condiciones de baja luminosidad, presentan una elevada sensibilidad a la luz. Los conos, en cambio, son responsables de la visión en condiciones de alta luminosidad. Los conos codifican el color: reaccionan a los colores rojo, verde y azul. La combinación de estos tres tipos de conos hace posible que se generen todos los colores.

Por otra parte, analizando la capacidad de resolución de un ojo humano sano, una imagen se puede considerar continua aun cuando se aplique un sistema de barrido por líneas en televisión, lo que, sumado a la persistencia del ojo, imágenes fijas pueden dar la sensación de movimiento continuo.

Y así se consigue un sistema de televisión que persiste, con mejoras, hasta hoy en día.

2.1.3. *Características básicas de los sistemas de transmisión de televisión*

Aunque se hablará más adelante del sistema de televisión que se adoptó en España, el PAL, es importante conocer alguna de las características de éste. Estas características vienen determinadas por el sistema de color, normativa y espacio radioeléctrico asignado.

- N° imágenes por segundo: 25 imágenes
- N° de líneas de exploración por imagen: 625 líneas
- Ancho de banda de vídeo: 5 MHz
- Ancho de banda vestigial: 0,75 MHz
- Frecuencia portadora de sonido: 5,5 MHz
- Ancho banda canal: 8 MHz en UHF

- Número de campos por imagen: 2 campos

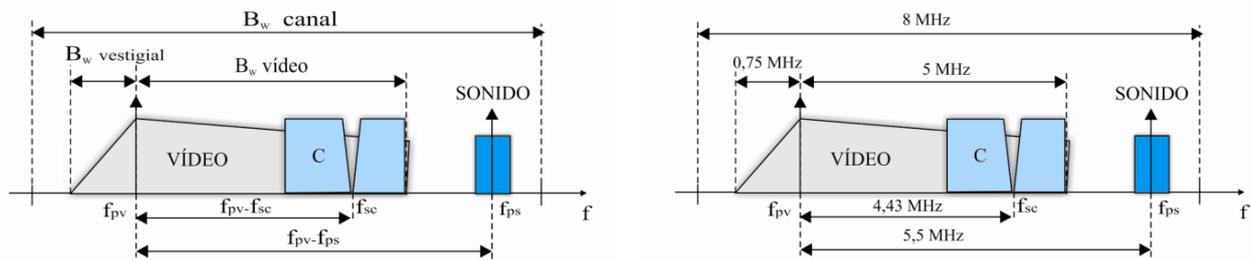


Figura 1. Características de la señal de televisión

2.1.4. Sistema de exploración: entrelazado

2.1.4.1. Sistema de transmisión secuencial

A diferencia del sistema de transmisión en el cine (imágenes simultáneas), el sistema PAL basaba su transmisión en un sistema de exploración entrelazado, donde, de forma secuencial, se realiza la lectura mediante un haz luminoso generando líneas. La velocidad y separación de las líneas es tal que el ojo, por la persistencia, no es capaz de distinguir por lo que ve la imagen completa. Este haz luminoso se convierte en señal eléctrica que depende de la energía de luz en cada punto. A esta señal se le conoce como señal de luminancia y es la que viene determinada por los colores primarios que más adelante se describe.

2.1.4.2. Sistema de exploración entrelazado

Se tiene que conseguir que la sucesión de imágenes fijas se perciba como imágenes en movimiento. Para que esto ocurra tiene haber suficientes imágenes para que el ojo sea capaz de integrarlas. El número elegido fue 25 imágenes para el sistema PAL y 30 para el NTSC, ambos múltiplos de la frecuencia de red eléctrica.

Aun sabiendo que con 25 imágenes se ve la continuidad, ocurre un efecto indeseado (conocido como *flicker*) que produce unos parpadeos indeseados. Para solucionar este problema se dividió en dos subimágenes, conocidos como campos, donde una está formada con las líneas impares y otras con las pares. Por tanto, en cada segundo, se envían 50 imágenes con la mitad de líneas (información) cada una.

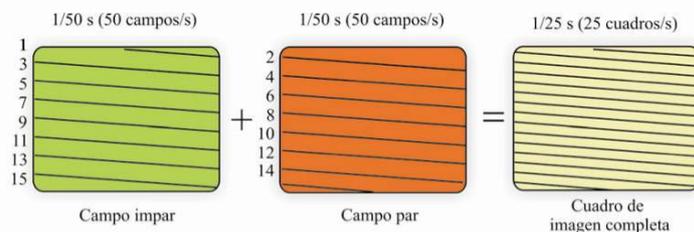


Figura 2. Sistema entrelazado. Creación de una imagen

Al sistema donde la imagen final se construye como la suma del barrido de dos semiimágenes, se le conoce como sistema entrelazado o exploración entrelazada.

2.1.5. Señal de luminancia

Como se ha mencionado antes, la señal de luminancia se obtiene a partir de los 3 colores primarios a través de la siguiente relación matemática:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

Donde Y es la luminancia, R , G y B pertenecen a los colores primarios rojo, verde y azul en inglés.

2.1.5.1. Señal eléctrica de luminancia

Cuando se explora la imagen (tanto las cámaras como los televisores, independientemente de la tecnología de su pantalla), se genera una señal eléctrica, muy compleja, que depende su valor en función de la luminosidad de la escena, así como de otros elementos que permiten la recreación de la imagen fiel a la captura.

2.1.5.2. Retornos

Para poder hacer un barrido completo de la pantalla, línea a línea, se tienen que producir 2 tipos de retornos: el de línea y el de campo.

Al finalizar la línea se retrocede rápidamente a la siguiente para continuar con el barrido. En este retroceso no se genera ninguna señal. Cuando la exploración llega a su última línea, al final del campo, es necesario retornar hace el inicio del nuevo campo para poder completar así la exploración de la imagen.

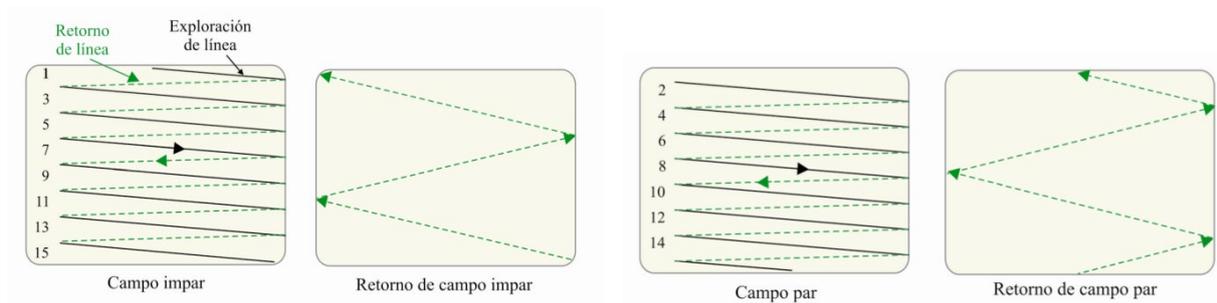


Figura 3. Retornos

2.1.6. Señal de vídeo compuesta

La imagen que se reproduce en el receptor debe ser fiel a la imagen captada. Para que esto ocurra se tiene que tener unas referencias en la señal que indiquen en qué momento inicia y finaliza una línea así como los campos. A esas referencias se las conoce como sincronismos de línea u horizontal y los sincronismos de campo o vertical.

La señal de vídeo, por tanto, además de incluir la señal de luminancia, con la información de cada punto, debe incluir estos sincronismos.

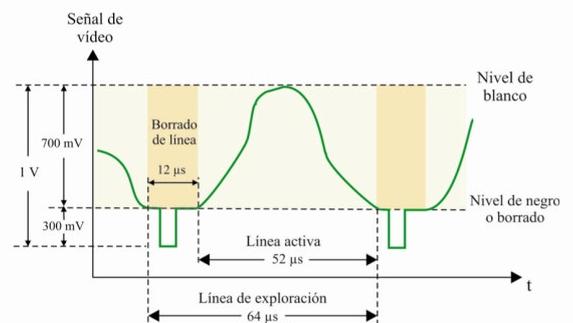


Figura 4. Señal de vídeo

2.1.7. Sincronismos

El receptor necesita conocer los comienzos de línea y campo, para diferenciarlos, los impulsos de sincronismo de línea, son mucho más cortos que los de campo ya que estos equivalen, más o menos, a dos líneas y media.

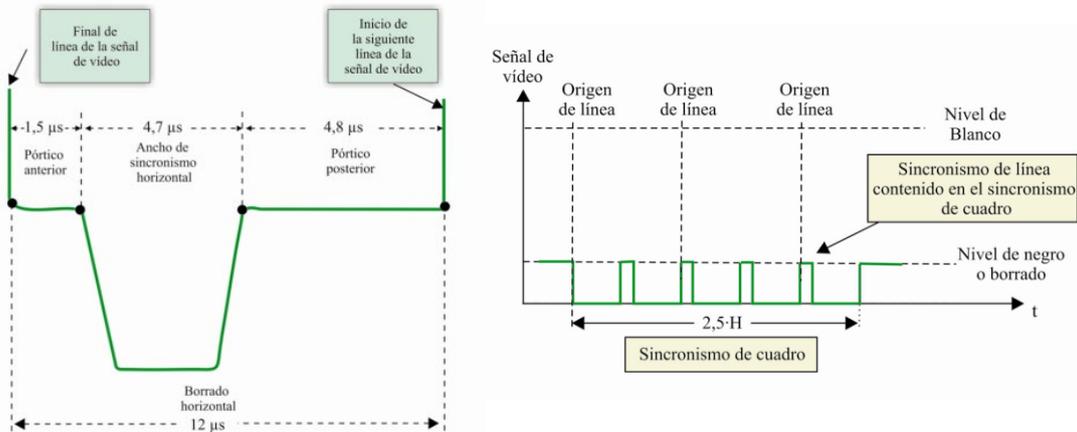


Figura 5. Pulsos de sincronismo

Analizando las figuras anteriores, así como la figura de la señal de vídeo compuesto, se observan las siguientes características:

- Tiempo de exploración de una línea: $64 \mu s$
- Tiempo línea activa con información: $52 \mu s$
- Tiempo para el borrado de línea: $12 \mu s$
- Duración impulso sincronismo horizontal: $4.7 \mu s$
- Duración pértico anterior: $1.5 \mu s$
- Duración pértico posterior: $4.8 \mu s$
- Tiempo para el borrado de campo: $25 \times 64 \mu s$
- Duración impulso sincronismos vertical: $2.5 \times 64 \mu s$

Para entender el proceso de la televisión actual, es necesario conocer los principios de funcionamiento de la televisión a color que se detallan en el Anexo I.

2.1.8. TV digital

La televisión digital presenta una serie de ventajas que hacen que la transmisión y reproducción de esta sea más completa y sencilla. Una de las principales características, y que más repercusión va a tener, es el hacer compatibles los tres estándares de formato de televisión existentes e incompatibles entre sí: PAL, NTSC y SECAM. Además, permite añadir servicios a la información multimedia y el procesado se vuelve más simple.

Para conseguir esta compatibilidad, además de reducir ancho de banda y posibles interferencias en la retransmisión, se optó por digitalizar la señal en componentes YUV siendo Y la luminancia, U corresponde a la señal diferencia ($B - Y$) y V la señal diferencia ($R - Y$). Esta digitalización no posee la calidad de RGB pero los resultados son muy óptimos.

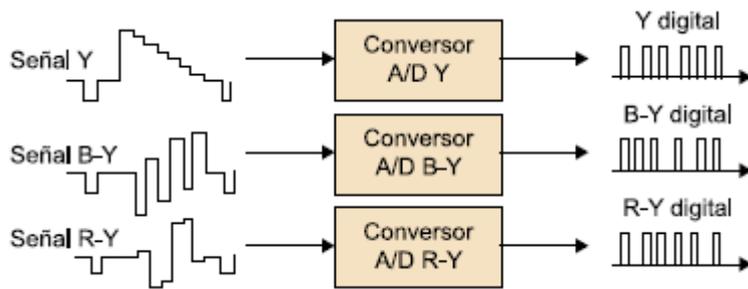


Figura 6. Obtención señal digital

El gran inconveniente de la señal digital es el elevado ancho de banda que necesita para su transmisión por la cantidad de bits por segundo necesarios para conseguir una buena calidad. Gracias a las técnicas de comprensión y modulación este problema se ha podido corregir y las prestaciones de esta señal son más que aceptables.

El proceso de digitalización se explica detalladamente en el Anexo I.

2.1.9. Medida de la señal de televisión

Antes de nada, hay que diferenciar que existen equipos para medir la señal de vídeo analógica y digital. El análisis de la señal va a permitir comprobar, continuamente, la calidad de la señal de televisiva, o bien para su retransmisión o su procesado.

La señal digital debe cumplir unos requisitos en cuanto a sincronización de cuadros, submuestreo de la crominancia, frecuencia de muestreo... entre otros que garanticen una calidad suficiente para que la información pueda ser decodificada. Para medir todos estos aspectos, se requieren los siguientes equipos o instrumentos de medida

2.1.10. Instrumentos de medida de la señal de televisión

2.1.10.1. Monitor forma de onda

Es un instrumento de medida utilizado en televisión para visualizar y medir la señal de vídeo compuesto en el dominio temporal, así como las líneas de test y las señales de luminancia, crominancia y sincronismos. Permite estudiar de forma más precisa señales como las barras de color, muy utilizadas en el análisis de la señal de televisión. En esencia, el monitor de forma de onda es un osciloscopio especializado cuya base de tiempos está diseñada para adaptarse a los tiempos típicos de la señal de televisión, facilitando la visualización de las partes de interés de una manera fácil y sencilla.



Figura 7. Monitor forma de onda

2.1.10.2. Vectorscopio

En el vectorscopio se puede visualizar la información de la señal de crominancia extraída de la señal de vídeo compuesto. Se representan los vectores de croma: en el eje vertical la señal diferencia ($R - Y$) y en el eje horizontal la señal diferencia ($B - Y$), y como referencia de fase los sincronismos. Gracias a la gráfica que posee se puede analizar la fase y amplitud de cada color y verificar si ésta está correcta.



Figura 8. Vectorscopio e imagen ampliada

2.1.10.3. Osciloscopio

Es el instrumento de medida por excelencia en los talleres donde se reparan equipos, tanto de audio como de vídeo y de transmisión de señales. Existen algunos que trabajan, de forma específica con señales de vídeo, otros, sin embargo, no se van a poder utilizar para este fin.



Figura 9. Osciloscopio Digital

Con la entrada del vídeo digital, aparece el osciloscopio digital que permite medir el diagrama del ojo de la señal que es una forma de representación de la señal de vídeo digital.

Gracias al osciloscopio se pueden comprobar y hacer medidas allá dónde el polímetro es insuficiente, como por ejemplo a la hora de buscar distorsiones en la señal de audio.

2.1.10.4. Analizador de espectros

Este equipo, además de visualizar las señales en el dominio del tiempo, lo hace desde el dominio de la frecuencia, es decir, te permite ver la frecuencia y el tamaño de la onda electromagnética, que, en el caso de la señal de vídeo, sería la distribución de las señales de luminancia, crominancia y sonido.



Figura 11. Analizador de espectros

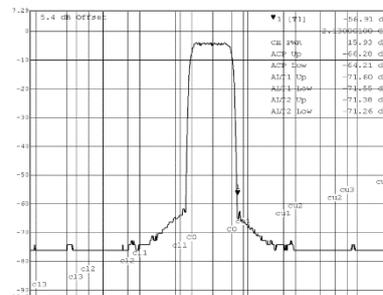


Figura 10. Gráfica analizador espectro

2.1.11. Cableado y conectores de imagen

Hay varios tipos de cables (con sus respectivos conectores) utilizados para transmitir señales de video, cada uno con sus propias características y aplicaciones. Aquí hay algunos de los tipos más comunes:

Cable HDMI (High Definition Multimedia Interface): Es un cable digital que se utiliza para transmitir señales de video y audio de alta definición entre dispositivos compatibles, como televisores, reproductores de Blu-ray, consolas de videojuegos y computadoras. Proporciona una calidad de imagen y sonido de alta definición y es el estándar común para dispositivos modernos.

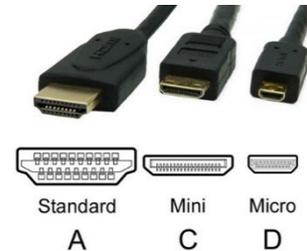


Figura 12. Tipos HDMI



Figura 14. Conector VGA

Cable VGA (Video Graphics Array): Es un cable analógico que se utiliza principalmente para conectar computadoras y monitores. Aunque su uso ha disminuido con la proliferación de conexiones digitales como HDMI, VGA sigue siendo común en algunos dispositivos más antiguos y monitores.

Cable DVI (Digital Visual Interface): Es un cable digital utilizado para la conexión entre dispositivos de visualización digitales, como monitores de computadora y tarjetas gráficas. Puede transmitir señales de video digital y, en algunos casos, también señales de audio.



Figura 13. Cable DVI

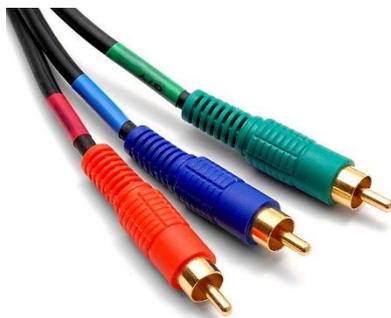


Figura 15. Cable RCA

Cable RCA: También conocido como cable de conexión compuesto, utiliza conectores de color rojo, blanco y amarillo para transmitir señales de video compuestas y señales de audio estéreo. Es comúnmente utilizado en dispositivos como reproductores de DVD, consolas de videojuegos y sistemas de entretenimiento doméstico.

Cable de componentes: Este tipo de cable utiliza conectores de color rojo, verde y azul para transmitir señales de video en componentes separados (luminancia y crominancia), lo que proporciona una mejor calidad de imagen en comparación con el cable compuesto RCA.

mejor calidad de imagen en comparación con el cable compuesto RCA.

2.1.11.1. SDI

Dada la importancia de la señal SDI (*Serial Digital Interface*) en la era actual, trataremos ésta de forma más completa. SDI es un estándar para la transmisión de video digital, principalmente utilizado en la industria de la televisión y el cine. Este estándar permite la transmisión de video sin comprimir, junto con audio y datos auxiliares, a través de un solo cable coaxial o fibra óptica.

Algunas de las características más importantes de este estándar son:



Vídeo sin comprimir. SDI transmite video digital sin comprimir, lo que resulta en una alta calidad de imagen. Esto es esencial en aplicaciones profesionales donde la calidad es crítica.

Transmisión de Audio y Datos. Además del video, SDI puede transmitir audio digital y otros datos auxiliares, como códigos de tiempo y datos de subtítulos, todo a través del mismo cable.

Interfaz Serial. Utiliza una interfaz serial para la transmisión, lo que simplifica el cableado y permite una transmisión más eficiente en distancias largas.

Formatos de Resolución. SDI soporta diferentes resoluciones y frecuencias de cuadros, desde definición estándar (SD) hasta alta definición (HD), ultra alta definición (UHD) y 4K.

Estándares. La señal SDI está definida por la Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión (SMPTE). Existen varias versiones del estándar, como SD-SDI (para definición estándar), HD-SDI (para alta definición), 3G-SDI (para 1080p a 60 fps), 6G-SDI y 12G-SDI (para 4K).

2.2. Equipos de Sonido

2.2.1. El sonido

El sonido es una variación de presión, con una frecuencia, en el aire que puede ser percibida por el oído humano.

Como toda señal, tiene unas características que se describen en el Anexo II.

2.2.2. Características del sonido

Todos los sonidos van a tener las siguientes propiedades: Intensidad, tono y timbre.

- Intensidad: potencia que puede desarrollar la onda sobre una unidad de superficie.
- Tono: frecuencia a la que vibran las partículas en el ambiente, por tanto, permite distinguir un sonido grave o agudo.
- Timbre: permite distinguir dos sonidos de igual intensidad y frecuencia emitidos por dos fuentes sonoras diferentes. Esto es debido al contenido en armónicos de cada señal.

2.2.3. Propagación del sonido

Las ondas se propagan a través del medio a una velocidad constante. Ésta sólo dependerá del propio medio. Algunas de las ondas sufren alteraciones en su recorrido, como reflexiones o absorciones, de ahí la importancia de conocer los fenómenos físicos que sufren las ondas mecánicas.

- Reflexión: parte de la onda sonora se refleja al encontrarse con un obstáculo. El ángulo de reflexión dependerá de lo absorbe o reflectante que sea dicho objeto.
- Absorción: cuando la intensidad de la onda reflejada es de menor amplitud que la original. Cada material tiene su propio coeficiente de absorción que viene

determinado por un número entre 0 y 1. Un material con un coeficiente de absorción cercano al 1 es un absorbente puro, mientras que si es cercano al 0 es un reflectante puro.

- Refracción: cambio de dirección de la onda sonora debido a la diferencia de temperatura del medio.
- Difracción: característica de las ondas sonoras para “rodear” objetos.

Estas propiedades dan lugar a dos fenómenos que en sonido son muy importantes: eco y reverberación.

La diferencia entre ambos reside en el tiempo que tarda la onda en reflejarse en el objeto reflectante. Si el tiempo que tarda en llegar la onda rebotada es superior a 0,1 segundos se produce eco, cuya sensación en el oído es un sonido duplicado. Mientras que si este tiempo es inferior a 0,1 segundos se produce la reverberación, cuya sensación es una prolongación de los sonidos.

Ambos efectos se pueden evitar con la incorporación de material absorbe en las paredes donde se refleje la onda acústica.

2.2.4. Sensación sonora

El rango de frecuencias que el ser humano es capaz de escuchar va de 20 a 20.000 Hz. A medida que se envejece, la sensibilidad del oído, a ciertas frecuencias, disminuye, especialmente a las agudas. Para que se produzca esta sensación auditiva, el oído necesita una energía mínima dada por presión acústica. Se conoce a esta presión mínima como umbral de audición y tiene un valor de 0.00002 Pascales. Al ser una unidad muy incómoda para trabajar, se pasa a escala logarítmica, siendo 0 dB la referencia.

A partir de este valor (umbral de audición) se utiliza una unidad relativa, el decibelio, donde cada 20 dB corresponde a multiplicar por 10 el nivel de presión sonora.

2.2.5. Instrumentos de medida

Existen diferentes instrumentos que se utilizan para medir la calidad de la señal, así como otros para la comprobación y medidas en caso de avería.

2.2.5.1. Sonómetro

Dispositivo que transforma los niveles de presión sonora que inciden sobre el micrófono omnidireccional que lo forma en niveles de presión sonora (en dB). Este elemento es un imprescindible en cualquier taller o aula dada su finalidad, conocer los niveles de presión que una fuente sonora es capaz de producir.



Figura 16. Sonómetro molón Portátil

2.2.5.2. Dosímetro

Instrumento de medida similar a un sonómetro que proporciona la información de ruido a la que está sometida una persona. Al ser un sonómetro su unidad de medida es el dB y es una herramienta muy útil para verificar a cuánto ruido está expuesta una persona.



Figura 17. Dosímetro

2.2.5.3. Inyector de señales

Permite analizar, etapa por etapa, los diferentes circuitos que componen el equipo de sonido para poder localizar de forma concreta la avería. Trabaja en un rango de frecuencias comprendido entre los 20 y los 20.000 Hz.

2.2.5.4. Calibrador Acústico

Utilizado en la medición y calibración de equipos de sonido y sistemas de medición de sonido. Su función principal es generar un nivel de presión sonora conocido y constante, que se utiliza como referencia para verificar o ajustar otros dispositivos de medición de sonido, como micrófonos, sonómetros o analizadores de espectro.

Los calibradores acústicos emiten un tono de frecuencia y amplitud conocidas y estables, que se utiliza como punto de referencia para calibrar y verificar la precisión de los dispositivos de medición de sonido. Esto es fundamental en aplicaciones donde se requiere una medición precisa del sonido, como en la acústica arquitectónica, la evaluación del ruido ambiental, las pruebas de equipos de audio y la investigación científica.



Figura 18. Calibrador acústico

2.2.5.5. Tarjeta sonido

Componente de hardware de un ordenador que se encarga de procesar y gestionar la reproducción y grabación de sonido. Su función principal es convertir señales digitales en señales analógicas que pueden ser reproducidas a través de altavoces o auriculares, y viceversa, convertir señales de audio analógicas en datos digitales que pueden ser procesados por la computadora.

Las tarjetas de sonido suelen tener puertos y conectores para permitir la conexión de altavoces, micrófonos, auriculares y otros dispositivos de audio. También pueden ofrecer características adicionales como soporte para sonido envolvente, cancelación de ruido, amplificación de audio, y más.

2.2.5.6. Analizador de frecuencias

Este dispositivo, utilizado en ingeniería acústica, permite medir y visualizar las frecuencias de las señales de audio o señales eléctricas en función de su amplitud. Su principal función es descomponer una señal compleja en sus componentes individuales de frecuencia. Esto se logra mediante un proceso llamado análisis de Fourier, que convierte una señal en el dominio del tiempo en una representación en el dominio de la frecuencia. El resultado se muestra en forma de un gráfico o espectro que muestra las amplitudes de las diferentes frecuencias que componen la señal. Esto permite identificar y analizar las componentes frecuenciales de una señal.

Los analizadores de frecuencias se utilizan en una variedad de aplicaciones, como en la industria de la música para ajustar ecualizadores y mezclar sonido, en ingeniería de comunicaciones para analizar señales de radio y transmisiones, en electrónica para solucionar problemas de circuitos eléctricos y en muchas otras áreas donde es importante comprender y manipular las características de las señales en función de su frecuencia.

Este elemento, a priori puede parecer muy técnico y útil para los alumnos y alumnas de módulos de sonido, es demasiado específico y no se le va a dar gran uso. Su uso profesional con sintetizadores hace de él un gran aliado para los músicos, pero en nuestro caso no.

2.2.6. Cables y conectores de sonido

Existen varios tipos de cables de sonido, cada uno diseñado para aplicaciones específicas en el ámbito del audio y en función de su composición su uso será más profesional o no. Dentro de todos estos tipos de cables y conectores, los más utilizados son:

Conector XLR se utiliza ampliamente en conexiones profesionales de audio debido a su capacidad para transmitir señales balanceadas, lo que ayuda a reducir el ruido y las interferencias. Este conector suele tener tres pines, aunque también existen versiones con más pines para aplicaciones específicas. Su diseño robusto y seguro lo hace ideal para uso en micrófonos, mezcladores y otros equipos de audio profesional. La conexión firme y resistente del XLR asegura una transmisión de audio de alta calidad en entornos exigentes.



Figura 19. Cable XLR

Conector JACK es versátil y se encuentra en diversas aplicaciones de audio. Existen dos tipos principales: TRS (*Tip-Ring-Sleeve*) y TS (*Tip-Sleeve*). El conector TRS, con tres conductores, se utiliza para señales balanceadas y estéreo, siendo común en auriculares y conexiones de audio profesional. Por otro lado, el conector TS, con dos conductores, se emplea para señales no balanceadas y es común en guitarras eléctricas y equipos de audio básico. Los conectores JACK están disponibles en diferentes tamaños, como 1/4" (6.35 mm), 1/8" (3.5 mm) y 2.5 mm (poco común el de 4.4 mm), adaptándose a una amplia gama de dispositivos de audio.



Figura 20. Tipos de conectores Jack



Figura 21. Speakon

Conector Speakon está diseñado específicamente para conexiones de altavoces en sistemas de sonido profesional. Su diseño robusto y de bloqueo asegura una conexión firme y segura, capaz de manejar altas corrientes necesarias para la amplificación de altavoces. Este tipo de conector es comúnmente utilizado para conectar amplificadores a altavoces, ofreciendo versiones de 2, 4 y 8 conductores para diferentes configuraciones de sonido. La fiabilidad y

seguridad del conector *Speakon* lo hacen indispensable en entornos de sonido en vivo y otras aplicaciones profesionales de audio.

Conector RCA. Este conector, se utiliza del mismo modo que los equipos de imagen y su explicación se detalla en el apartado 2.1.11.

2.3. Equipos de Sistemas de Telecomunicaciones

2.3.1. Sistemas de Telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicaciones hacen referencia al conjunto de elementos que hacen posible la transmisión de información entre dos puntos distantes. Por otro lado, tenemos las instalaciones de telecomunicaciones que son los medios de transmisión, soportes y elementos auxiliares necesarios para repartir a los usuarios de viviendas y edificios las señales que provienen de diferentes formatos como:

- Señales de televisión analógica (hasta 2010) y digitales a través de antenas terrestres, antenas satélite y cable.
- Señales de radio analógica y digital a través de antenas terrestres, antenas satélite y cable.
- Señales de telefonía y datos a través de líneas de cobre, fibra óptica y redes inalámbricas.

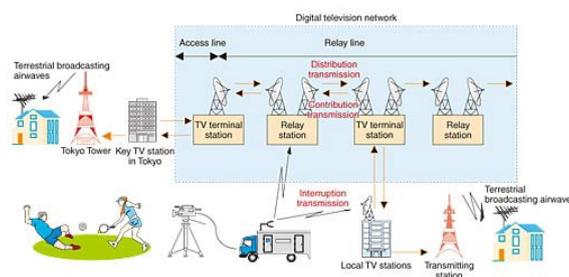


Figura 22. Proceso de transmisión de la señal

2.3.2. Características de la señal

2.3.2.1. Forma de onda de una señal

La forma de onda es la representación gráfica donde se muestran los valores instantáneos de una señal magnética o eléctrica.

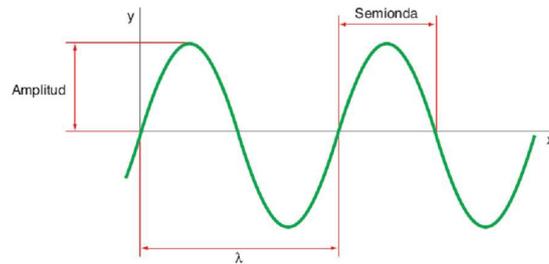


Figura 23. Onda senoidal

Existen diferentes tipos de formas de onda: senoidal, cuadrada, triangular y diente de sierra.

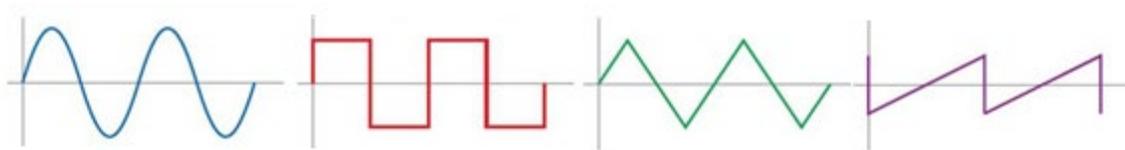


Figura 24. Formas de onda

Pero todas tienen unas características comunes basadas en la señal senoidal.

2.3.2.2. Frecuencia (f)

Es el número de periodos de la señal por unidad de tiempo. Su unidad son los Hertzios (Hz), en honor a Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), que descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas.

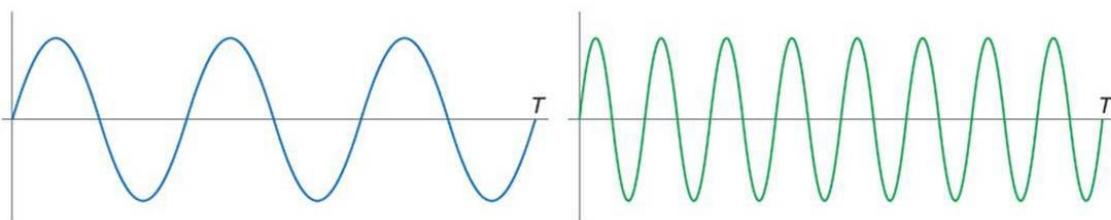


Figura 25. Tipos de frecuencia

La primera imagen corresponde a una señal de menor frecuencia que la segunda imagen.

2.3.2.3. Periodo (T)

Es el tiempo transcurrido entre dos puntos semejantes de la onda, es el tiempo en el que tarda en completar un ciclo la onda.

Su unidad es el segundo y es inversamente proporcional a la frecuencia:

$$T = \frac{1}{f}$$

2.3.2.4. Longitud de onda (λ)

Es la distancia o longitud que recorre la onda en un ciclo.

Su unidad es el metro y viene determinada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Siendo c la velocidad de la luz; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

2.3.3. Ondas electromagnéticas

Las señales de radio y televisión se propagan en el aire (o en otros medios guiados) en forma de ondas electromagnéticas, que viajan a la velocidad de la luz. El campo eléctrico y el campo magnético se producen perpendicularmente, aunque ambos planos se dirigen en la misma dirección que será la dirección en la que se propagará la onda radiada.

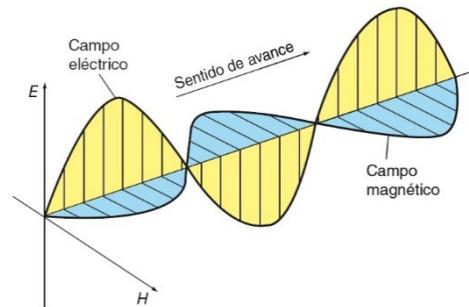


Figura 26. Onda electromagnética

2.3.4. Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución de las radiaciones electromagnéticas en función de su frecuencia y longitud de onda. Véase el apartado 9.1.1 del Anexo.

2.3.5. Espectro radioeléctrico

Existe parte del espectro electromagnético cuyo fin es el transporte de ondas radioeléctricas para el uso de las telecomunicaciones. Este espacio, regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, organismos oficiales y gobiernos, establece qué aplicaciones, usos o servicios van a estar determinados en un rango de frecuencias. En España es el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (en adelante CNAF) quien se encarga de esta distribución.

VLf	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
MUY BAJA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA	MEDIA FRECUENCIA	ALTA FRECUENCIA	MUY ALTA FRECUENCIA	ULTRA ALTA FRECUENCIA	SÚPER ALTA FRECUENCIA	EXTREMA ALTA FRECUENCIA
Rangos de Frecuencias							
3 - 30	30 - 300	300 - 3000	3 - 30	30 - 300	300 - 3000	3 - 30	30 - 300
KHz			MHz			GHz	
Servicios Típicos							
Radionavegación Servicio Móvil Marítimo	Frecuencias Patrón	Radiodifusión Sonora en AM	Telefonía Fija y Móvil Radioaficionados Radiodifusión en Onda Corta	Telefonía Fija y Móvil Radioaficionados Radiodifusión Sonora en FM Televisión Abierta Radionavegación	Telefonía Fija y Móvil Televisión Abierta Radiolocalización	Telefonía Fija y Móvil Radiodifusión por Satélite Radionavegación	Telefonía Fija

Figura 27. Espectro radioeléctrico

El espacio radioeléctrico se divide en bandas, nombradas por su rango de frecuencia.

El contenido de las bandas dependerá según las necesidades como está ocurriendo con los servicios de telefonía que, poco a poco, están siendo asignados a la banda V (UHF).

2.3.6. Transmisión de la señal de televisión

Teniendo como base la tecnología que se encarga de la radiodifusión de la señal de radio, la señal de televisión es transmitida del mismo manera, producción, transmisión, transporte y recepción.

Las cámaras y micrófonos captan imágenes y sonidos y los convierten a señal eléctrica (transductores). Esta señal es procesada y a través de los equipos de emisión, se convierte en señal electromagnética. La señal se propaga a través de medios no guiados y, captada a través de antenas, con ayuda de receptores, vuelve a convertirse en una señal eléctrica. Los televisores, transforman esta señal en una imagen finalizando así el proceso de transmisión de la señal de televisión.

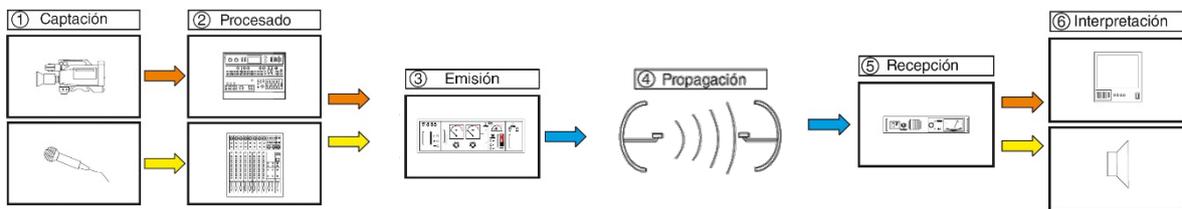


Figura 28. Proceso de transmisión de la señal de tv

Para poder transmitir la señal de televisión es necesario modularla. Debemos, de alguna forma, adaptar nuestra señal a la señal portadora para poder transportarla. Existen diferentes formas de modular la señal.

2.3.7.1. Modulación en amplitud (AM)

Se produce cuando la amplitud de la señal portadora varía según la señal moduladora, es decir, se modifica el nivel de la señal portador a partir de los cambios en la señal moduladora.

2.3.7.2. Frecuencia modulada (FM)

En este tipo de modulación, las variaciones de amplitud de la señal que contiene la información (señal moduladora) se convierten en desplazamientos de frecuencia de la señal portadora.

Esta modulación es usada en la transmisión de señales de sonido, ya sean de radio como de televisión analógica.

2.3.7.3. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

Gracias a dos portadores (I y Q), que trabajan en la misma frecuencia, pero desfasadas entre si se consigue enviar más información en nuestra transmisión. Esta modulación se representa con una gráfica que se conoce como constelación.

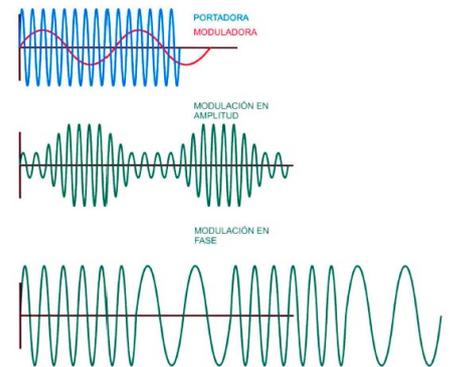


Figura 29. Modulación en amplitud (AM) y frecuencia (FM)

Este tipo de modulación se utiliza para televisión digital terrestre en un proceso en el que cada una de las portadas contienen la información de sonido e imagen respectivamente. Estas dos señales se suman con el fin de transmitir una sola señal que, en función de la amplitud y fase usadas, tendrán uno de los diferentes

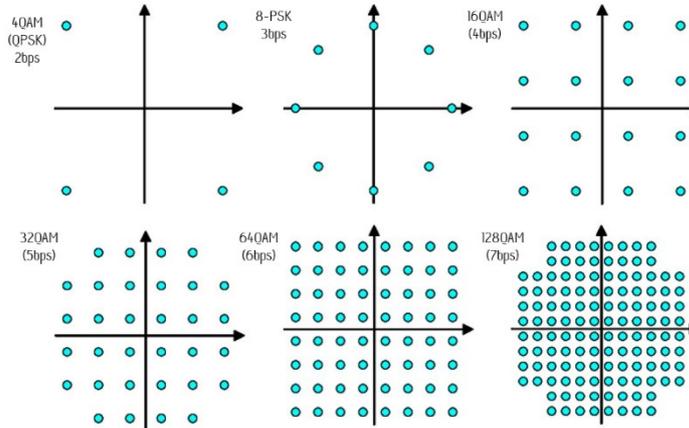


Figura 30. Modulaciones

Se puede comprobar las diferentes y múltiples combinaciones que puede adoptar la señal transmitida, los diferentes estados posibles.

2.3.7.4. Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK)

Como ocurre con la modulación en cuadratura QAM, son dos portadoras, aunque, en este tipo de modulación, sólo codifican un bit en ambos ejes. La señal, suma de las dos portadoras, es una señal con 4 combinaciones.

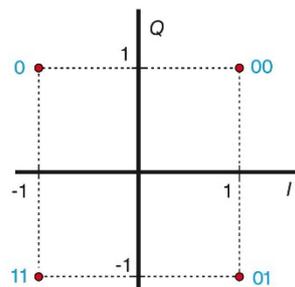


Figura 31. Modulación QPSK

Este tipo de modulación se utiliza en sistemas de radio digital (DAB) así como en televisión digital satélite.

2.3.7.5. Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Codificada (COFDM)

Es una técnica de modulación utilizada en la transmisión de datos digitales, especialmente en entornos inalámbricos. Esta técnica es conocida por su capacidad para mitigar los efectos de la atenuación selectiva de frecuencia y la interferencia multi-trayecto, que son comunes en entornos inalámbricos.

Actualmente es el tipo de modulación empleado en TDT debido a sus características mencionadas anteriormente.

Los diferentes países pueden adoptar estándares específicos para la TDT, y algunos de los estándares más conocidos que utilizan COFDM incluyen:

DVB-T (*Digital Video Broadcasting - Terrestrial*): Utilizado en gran parte de Europa, Asia, África y otros lugares.

ATSC (*Advanced Television Systems Committee*): Utilizado en América del Norte, incluyendo Estados Unidos y Canadá.

ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial*): Utilizado en Japón, algunos países de América Latina y Filipinas, entre otros.

Actualmente el estándar utilizado es DVB-T2, la segunda generación del sistema de transmisión de televisión digital terrestre. Ofrece una mayor eficiencia espectral y capacidad de datos en comparación con su predecesor, DVB-T. Utiliza técnicas avanzadas como la modulación COFDM, codificación de corrección de errores LDPC (*Low-Density Parity-Check*), y modulación de alto orden como 256-QAM. Estas mejoras permiten transmitir más canales de televisión en alta definición y servicios adicionales como video bajo demanda y servicios interactivos, optimizando el uso del espectro y proporcionando una mejor calidad de señal.

2.3.8. Captación de la señal de RTV y satélite

La captación de señales de radio, televisión y televisión satelital implica la recepción de ondas electromagnéticas emitidas por estaciones de radio y canales de televisión a través del aire.

En el caso de la radio y la televisión terrestre, se requiere una antena para captar las ondas emitidas por las estaciones locales y, en el caso de España, una distribución de repetidores por toda la orografía española. Estas ondas son convertidas en señales de audio o vídeo que pueden ser reproducidas por un receptor de radio o un televisor.

Para la televisión satelital, se utiliza una antena parabólica que apunta hacia un satélite en órbita geoestacionaria. El satélite recibe las señales de televisión desde estaciones terrestres y las retransmite a la antena parabólica del usuario. Estas señales son luego decodificadas por un receptor de televisión satelital para su reproducción en un televisor.

2.3.8.1. Elementos de captación de la señal

Los elementos de captación de la señal de radiodifusión sonora y de televisión son los encargados de recibir tanto la señal terrestre como la satelital.

El emplazamiento de estos equipos será en la parte más alta de los edificios o viviendas con el fin de no obstaculizar la señal procedente de los repartidores o el satélite.

Forman parte del sistema de captación todas las antenas (radio, televisión, satélite) como sus respectivos sistemas de sujeción y anclaje (mástiles, torretas, etc.) así como los elementos pasivos o activos encargados de adaptar la señal para llevarla a los equipos de cabecera.

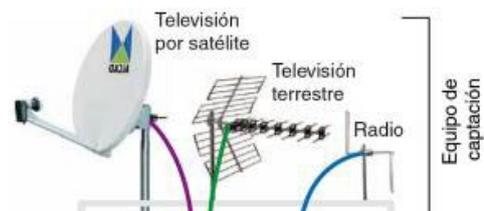


Figura 32. Equipo de captación

Dependiendo el tipo de señal a captar tendremos diferentes tipos de antena:

Radio: Para recibir señales de radio, Se utiliza un dipolo en lambda medios para FM y una antena Yagi de VHF para DAB. Estas antenas captan las ondas de radio que son transmitidas por estaciones de radio terrestres.

Televisión: Para recibir señales de televisión terrestre, generalmente se necesita una antena de TV, que puede ser una antena exterior ubicada en el techo o una antena interior. Estas antenas están diseñadas para captar las señales de televisión transmitidas en UHF (*Ultra High Frequency*) por estaciones de yo pondría por estaciones transmisoras de señal de radiodifusión. Las más comunes son las Yagi.

Satélite: Para recibir señales de televisión por satélite, se requiere una antena parabólica, también conocida como antena satelital. Esta antena está diseñada para captar las señales de televisión que son transmitidas desde satélites en órbita geostacionaria. La antena parabólica concentra las señales en el receptor ubicado en el foco de la parábola para una mejor recepción de la señal de televisión por satélite. La antena satélite necesita, para la adaptación de la señal satélite al equipo de cabecera, el LNB ("*Low Noise Block Downconverter*" en inglés, que traducido al español sería "Convertidor de bloque de bajo ruido descendente) que se encarga de amplificar la señal y convertirla a Frecuencia Intermedia (FI).

Para la sujeción y anclaje del sistema de captación, se debe seguir la normativa vigente recogida en el RD Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones (ICT³) sobre ICT, sabiendo que las antenas deben colocarse de manera que estén al menos a 5 metros de distancia del obstáculo o mástil más cercano, y la distancia mínima a las líneas eléctricas debe ser 1,5 veces la longitud del mástil, en el caso de inmuebles de viviendas. La altura máxima permitida para un mástil es de 6 metros; si se requiere una altura mayor, se deben utilizar torretas en su lugar.

Los equipos de captación seleccionados han sido elegidos por unas características técnicas no sólo deseables para los paneles de prácticas sino para una instalación real en un bloque de viviendas (cumpliendo la normativa ICT actual).

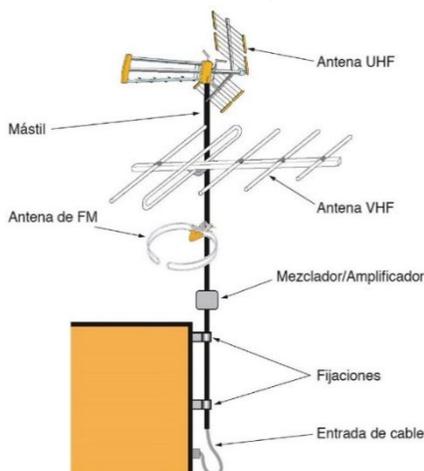


Figura 33. Instalación de elementos de captación.

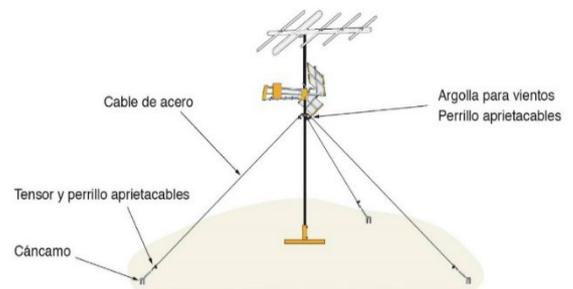


Figura 34. Vientos de sujeción de mástil

³ ICT. Infraestructura Común de Telecomunicaciones

2.3.8.2. Equipamiento de cabecera

Se trata de un conjunto de dispositivos, mayormente activos, que reciben las señales provenientes del sistema de captación. Su función principal es amplificar y procesar dichas señales de manera adecuada para conseguir una señal adecuada para la red de distribución. El equipo de cabecera debe estar configurado para distribuir señales de radio, televisión terrestre y satelital, cumpliendo con las características técnicas establecidas en el Reglamento de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT).

Fuente de alimentación: se encarga de suministrar la energía activa a los equipos de cabecera. Éstas pueden ser internas o externas.

Amplificadores: elevan el nivel de señal de entrada. Sus características o parámetros son de vital importancia a la hora elegir los equipos en una instalación ya que dependerán de estos los resultados obtenidos, en el caso de una ICT, los niveles de señal que llegarán al usuario. Ganancia, ancho de banda, nivel máximo de salida, figura del ruido, margen de regulación y consumo son los principales.

Tipos de amplificadores

Preamplificadores

Se usan cuando la señal recibida o es muy débil o tiene un largo recorrido hasta llegar al amplificador. Desde la propia línea de distribución es alimentado cuál elemento activo. Debido a su bajo factor de ruido (ruido eléctrico que se produce en los elementos activos) es muy práctico.

En este trabajo se ha considerado la no utilización de éstos debido a que se van a usar equipos más complejos y versátiles.

Amplificadores de mástil

Al igual que ocurría con el preamplificador, se alimenta a través de la propia línea. Se integran el sistema de amplificación y mezclado en el mismo bloque funcional. Por tanto, disponen de varias entradas (tantas como bandas en las que trabaja) a las cuales se conectan directamente las antenas del equipo de captación.



Figura 35.
Preamplificador



Figura 36. Amplificador de mástil

Al igual que con el ejemplo de los amplificadores de mástil, no se ha considerado su uso para los paneles didácticos.

Amplificadores de banda ancha

Amplifican toda la gama de frecuencias utilizadas en RTV terrestre empleando un único amplificador o uno para cada banda de trabajo. El uso de centrales amplificadoras o amplificadores de banda ancha estará limitado a instalaciones con un número de tomas inferior a 30.

Existen diferentes ejemplos según la instalación donde se vaya a usar:

- Centrales amplificadoras: usadas en instalaciones colectivas
- De interior: utilizados en instalaciones individuales o en la red interior de usuario en instalaciones colectivas



Figura 37. Central amplificadora

Las centrales programables ha sido la gran revolución en cuanto a amplificación de banda ancha. Han mejorado el rendimiento y son mejores en el filtrado, pero su uso, al ser un amplificador de banda ancha, se limita a instalaciones de hasta 30 tomas de usuario.

Amplificadores monocanales

Son amplificadores independientes utilizados para distribuir señales de televisión con máximos parámetros de calidad. Con estos equipos se consigue un control individualizado de ganancia para cada una de las bandas de frecuencias de cada uno de los canales.

El gran inconveniente que reside en estos equipos es la cantidad de módulos necesarios y el coste que supone su sustitución en caso de cambio de bandas (resintonizaciones).

Evidentemente habrá un amplificador monocanal por cada canal (o canales contiguos) en la banda UHF para TDT y en la banda de VHF para FM y DAB.



Figura 38. Amplificadores monocanales

Convertor de canal⁴

Los convertidores de canal son un componente esencial de muchas instalaciones de telecomunicaciones. Permiten una mayor flexibilidad en la distribución de señales y ayudan a mejorar la calidad de la recepción.

Modulador

Este equipo se encarga de transformar las señales de audio y vídeo originales a una frecuencia y por tanto a un canal el cual es interpretado o bien por un módulo amplificador o una central.

⁴ No se utiliza este elemento en los paneles didácticos

Es muy útil cuando a las instalaciones, tanto colectivas como individuales, se incorpora un cámara de video vigilancia. El canal generado por la fuente de vídeo puede mezclarse con la señal TDT y luego distribuirse a través del cable coaxial por toda la instalación.

2.3.9. Distribución de la señal de RTV terrestre y satélite

La distribución de señales de radio, televisión terrestre y televisión satelital se refiere al proceso mediante el cual estas señales son transmitidas desde las estaciones emisoras hasta los hogares y otros puntos de recepción.

En el caso de la radio y la televisión terrestre, la distribución implica el uso de infraestructuras de transmisión, como torres de radio y televisión, cables coaxiales y redes de fibra óptica, para llevar las señales desde las estaciones de producción hasta los transmisores ubicados en distintas áreas geográficas. Estos transmisores emiten las señales que son captadas por las antenas receptoras de los usuarios. Como se menciona en el punto anterior, una red de transmisores terrestres distribuidos por toda España hacen que, según datos de Mineco (Ministerio de Economía, Comercio y Empresa) “La cobertura de la TDT fue incrementando progresivamente hasta alcanzar, antes del cese de las emisiones analógicas del 3 de abril de 2010, los objetivos fijados en el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre , aprobado por Real Decreto 944/2005 de 29 de julio (BOE 30/07/2005) y que se corresponden con el 96% de la población española para las cadenas privadas y el 98% para las públicas”.

Para la televisión satelital, la distribución implica el envío de las señales desde las estaciones de producción hasta los satélites en órbita geoestacionaria. Desde allí, las señales son retransmitidas a las antenas parabólicas de los usuarios en todo el mundo.

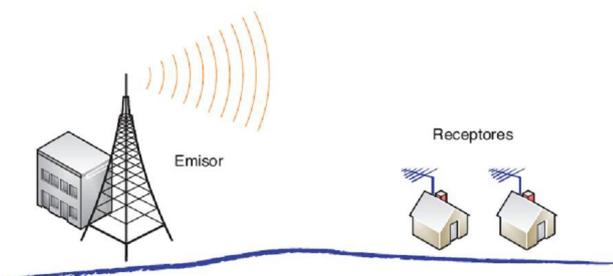


Figura 39. Distribución señal RTV terrestre

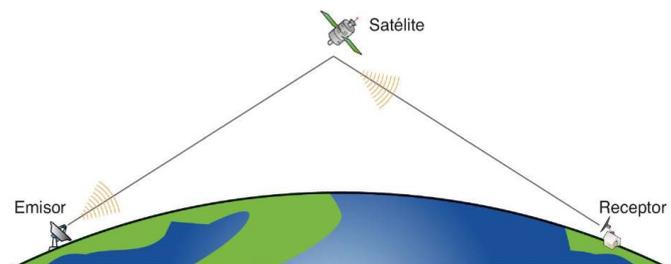


Figura 40-. Distribución señal RTV satelital

2.3.9.1. Elementos de distribución

Mezclador

Dispositivo electrónico que recibe las señales de diferentes antenas (UHF, VHF, SAT, FM...) y las combina en un solo cable para llevarlas al televisor. Simplifica la instalación y mejora la estética al evitar la necesidad de conectar varios cables. Los hay simples (para una misma banda) y diplexores (para diferentes bandas como TV terrestre y satélite).

Apenas si es utilizado actualmente debido a que los propios amplificadores, con sus múltiples entradas, hacen este propio proceso.

*Desmezclador*⁵

Realiza la función inversa al mezclador. Su función principal es separar una señal que contiene dos o más frecuencias en diferentes señales individuales, cada una con su propia frecuencia original.

Derivador

Los derivadores son dispositivos pasivos que se encargan de dividir la señal de una línea de distribución principal en diferentes ramas que se dirigen a las instalaciones de los usuarios. Lo hacen de forma asimétrica, con una atenuación baja en la salida principal (IN/OUT) y una atenuación mucho mayor en las salidas derivadas.

Están construido para conectarse en cascada hacia los usuarios y hacia la distribución. Esto provoca que haya 2 tipos de pérdidas, las de inserción o las de derivación, mucho más elevadas. Dependiendo la ubicación de éstos (planta en el edificio) se utilizará un tipo de derivador u otro (más o menos pérdidas de inserción y en derivación).

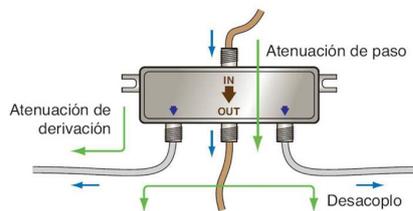


Figura 41. Pérdidas de un derivador

Distribuidor o repartidor

Se utilizan para distribuir la señal de radio y televisión desde la red de distribución a varias tomas de usuario. Funcionan de forma similar a un divisor de cables, con una entrada y un número variable de salidas. Su conexionado, e incluso su aspecto externo, son similares a los de los derivadores.

Dispone de una entrada para recibir la señal de la distribución y varias salidas o direcciones para repartir a las tomas. A diferencia de los derivadores, no dispone de la salida para señal de paso.

En el interior de las viviendas se le conoce como PAU distribuidor (Punto de Acceso al Usuario). A partir de este equipo es donde comienza la red de interior.

Toma de usuario

Las tomas de usuario son los puntos de conexión donde el usuario disfruta de la radio y la televisión. Separan las señales de TV terrestre, satélite y radio de la línea de distribución, permitiendo conectar receptores mediante clavijas y cable coaxial. Se pueden instalar en cajas universales o directamente en la pared.

⁵ En este trabajo no se utilizará este elemento



Figura 42. Toma de usuario y embellecedor

Atenuador⁶

El atenuador es un dispositivo pasivo que reduce la intensidad de la señal en una instalación de telecomunicaciones. Puede ser de valor fijo o regulable y se instala en serie con la línea de distribución. Su función principal es atenuar la señal en puntos saturados de la instalación, mejorando la calidad de la recepción y evitando problemas de distorsión e interferencias.

Carga

Es un dispositivo que cierra el circuito de radiofrecuencia con una impedancia de 75Ω manteniendo la misma constante. Esto evita reflejos de señal y asegura una transmisión de datos eficiente. Existen dos tipos: aislados (no conducen corriente continua) y no aislados (con un condensador para evitar su destrucción). Los formatos de conexión más comunes son tipo F, brida e IEC.



Figura 43. Cargas 75Ω

2.3.10. Reglamento ICT (RICT)

El 11 de marzo de 2011, en una reunión del consejo de ministros, se da luz verde al Reglamento para Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT), mediante el RD 346/2011, que supone una actualización del RD 401/2003 del 4 de abril de 2003. Posteriormente, mediante la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, se lleva a cabo el desarrollo del Reglamento que regula las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado previamente por el Real Decreto 346/2011⁷, de 11 de marzo.

Este nuevo reglamento entra en vigor el 2 de abril de 2011, con un período inicial de utilización voluntaria de 6 meses, pero con la obligatoriedad de su cumplimiento a partir del 2 de octubre del mismo año. Es importante destacar que, hasta la fecha de hoy, no se han producido cambios adicionales en la ley en relación con este reglamento.

⁶ En este trabajo, debido a sus características, no se utilizará este componente

⁷ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-5834>.

En 2019 se actualizó la ley con Real Decreto 391/2019⁸, de 21 de junio, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del segundo dividendo digital. Años más tarde, en la última actualización, se aprueba el Real Decreto 16/2023⁹, de 17 de enero, por el que se modifican el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico, aprobado por Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, y el Real Decreto 391/2019, de 21 de junio, por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del segundo dividendo digital.

2.3.11. Equipos de medida

2.3.11.1. Medidor de campo

Un medidor de campo, es un dispositivo utilizado para medir y analizar señales de radiofrecuencia (RF) y otros parámetros relacionados con la transmisión de señales. Estos dispositivos son comunes en la industria de las telecomunicaciones, radiodifusión, redes móviles, satélites y otros campos donde es necesario supervisar y evaluar señales de radio. Estos equipos son necesarios pues pueden medir el nivel de señal que nos proporciona la calidad de ésta, así como su intensidad en un nivel específico.

Además de esta medida, algunos de los medidores de campo pueden medir el nivel de señal y los parámetros de calidad como VER, MER, etc, de la señal digital.

Los medidores de campo son herramientas fundamentales para ingenieros, técnicos y profesionales que trabajan en la instalación, mantenimiento y supervisión de sistemas de comunicaciones y transmisión de señales. Ayudan a garantizar que las señales se transmitan de manera confiable y que los problemas se resuelvan de manera eficaz para mantener las redes de comunicación en funcionamiento.

Los niveles de señal, para TDT deben estar entre 47 – 70 $dB\mu V$, con $C/N \geq 25 dB$ y un $MER \geq 21 dB$ en toma. El BER se encuentra en 9×10^{-5} . Para señal FM, el nivel de señal es 40 – 70 $dB\mu V$ con $C/N \geq 38 dB$. Y para señal satélite 47 – 77 $dB\mu V$ de nivel de señal, un $C/N > 11 dB$ para DVB-S mientras que para DVB-S2 sería de $> 12 dB$, un $MER > 12 dB$ y una tasa de error de bit (BER) similar a TDT.

2.3.11.2. Generador de ruido

Un generador de ruido es un dispositivo que se utiliza para introducir ruido o interferencia de manera controlada en una señal de televisión o en el sistema de distribución de señales. Aunque pueda parecer contraproducente introducir ruido en una señal de TV, el propósito de un generador de ruido es evaluar la robustez y la calidad de la señal, así como identificar problemas y evaluar el rendimiento del sistema de distribución.



Figura 44. Medidor de campo

⁸ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/06/21/391>

⁹ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/17/16>

Los generadores de ruido suelen utilizarse en pruebas y mediciones para verificar cómo se comporta una señal de televisión en situaciones de interferencia o ruido.

Es importante destacar que los generadores de ruido se utilizan de manera controlada y en situaciones específicas para fines de prueba y diagnóstico. No se introducen ruidos en la señal de TV de manera permanente, ya que el objetivo principal de una instalación de distribución de señal es proporcionar una señal de alta calidad a los espectadores.



Figura 45. Generador de ruido

El generador de ruido Televés Ref. 593001 permite realizar pruebas de atenuación y planicidad en instalaciones de SMATV y CATV de forma muy sencilla con una instalación más sencilla aún.

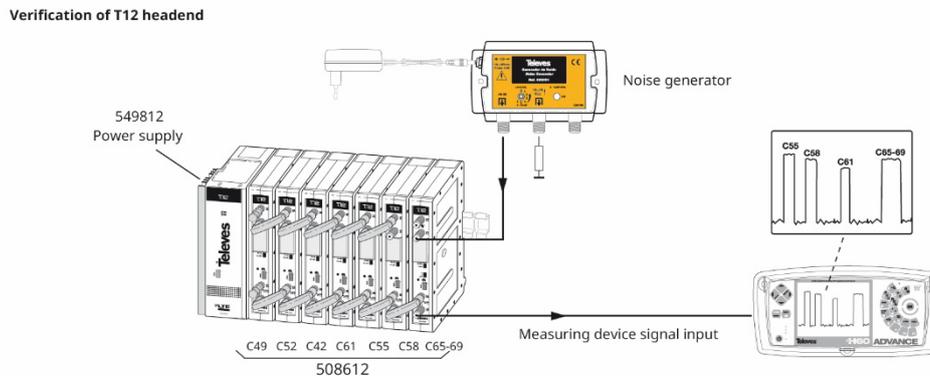


Figura 46. Aplicación del generador de ruido

2.3.11.3. Medidor señal satélite

Es una herramienta utilizada en la industria de la radiodifusión y la televisión por satélite para medir y ajustar señales de satélite. Estos dispositivos son esenciales para la instalación, mantenimiento y solución de problemas de sistemas de satélite, como antenas parabólicas y sistemas de recepción de satélite ya que, en muchas ocasiones, es la opción más sencilla para localizar la señal satelital de forma exacta y económica.

En este trabajo se utilizará el mismo medidor de campo tanto para la medición de la señal de TDT como para la de satélite, de ahí la elección de éste debido a su versatilidad.

2.3.12. Cableado y conectores para equipos de telecomunicaciones

2.3.12.1. Cable coaxial

Para conseguir una recepción y distribución de la señal es necesario un cable cuya fabricación ofrezca una excelente cobertura, así como la protección frente a señales no deseadas.

Los cables coaxiales con doble blindaje ofrecen esto, además de la posibilidad de transportar señal de televisión en HD sin pérdida de calidad. Estos cables, además de poder ofrecer el servicio de transporte de la señal, sin perder calidad, deben estar

preparados para soportar condiciones meteorológicas extremas (viento, calor, lluvia, nieve...) así como el soterramiento.

Los cables coaxiales Televés, están certificados para instalaciones ICT, al cumplir con una Euroclase Dca-s2, d2,a1 y un apantallamiento conforme a la norma UNEEN50117-9-2. Hacen, dentro de su categoría, uno de los mejores cables para su cometido. Superan con creces los coaxiales simples y su precio es mucho más reducido que los triaxiales.



Figura 47. Coaxial

Las características de este cable son:

- Conductores fabricados en cobre
- Apantallamiento de clase A
- Euroclase Dca-s2, d2,a1
- Lámina antimigratoria que evita la migración de los aditivos de la cubierta y la humedad al interior del cable, evitando así el deterioro de sus características
- Cobertura exterior de LSFH (*Low Smoke, Zero Halogen*)
- Impedancia característica de 75 ohm

En la siguiente tabla se muestran las atenuaciones en dB/m para cada frecuencia, así como las pérdidas de retorno en dB .

	5 MHz	47 MHz	54 MHz	90 MHz	200 MHz	500 MHz	698 MHz	800 MHz	862 MHz	950 MHz	1000 MHz	1220 MHz	1350 MHz	1750 MHz	2050 MHz	2150 MHz	2200 MHz	2300 MHz	2400 MHz	3000 MHz
dB/m	0,01	0,04	0,04	0,05	0,08	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,22	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,3	0,33
dB	23	23	23	23	23	20	20	20	20	20	20	18	18	18	16	16	16	16	16	16

Figura 48. Tabla atenuaciones y pérdidas para cada frecuencia

2.3.12.2. Conectores F y CEI

Los conectores F son el tipo de conector utilizado comúnmente en aplicaciones de telecomunicaciones y transmisión de señales de video, especialmente en sistemas de televisión por cable, satélite y terrestre. El conector F se caracteriza por tener una rosca externa y un núcleo cilíndrico interno, generalmente utilizado para la conexión de cables coaxiales. Algunos de estos conectores incluyen la junta tórica para evitar la estanqueidad de líquidos dentro del conector.

La característica roscada del conector F permite una conexión segura y estable, que es especialmente importante en aplicaciones donde la calidad de la señal es crítica. Además, el conector F es fácil de instalar y puede soportar frecuencias de transmisión de RF (radiofrecuencia) relativamente altas, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de alta definición y transmisión de datos de alta velocidad.

Dada la importancia de este conector, es importante elegir adecuado para la instalación, sobre todo si va a estar en exteriores expuesto a las condiciones climatológicas adversas. En el caso de la instalación interior se podría optar por uno más económico.

En el caso de este proyecto se ha seleccionado el conector Televés con Ref. 417101 dadas sus características favorables con el fin de alargar la vida útil del equipo.

Características:



Figura 49. Conector F

- Conector F con sistema de montaje mediante roscado.
- Incluye junta tórica.
- Margen frecuencia 3 ... 3000 MHz
- Impedancia nominal 75Ω
- Pérdidas de inserción (0,3 – 1000 MHz) 0.12 dB
- Pérdidas de inserción (1000 – 2150 MHz) 0.16 dB
- Pérdidas de inserción (2150 – 3000 MHz) 0.2 dB

Por otro lado, nos encontramos el conector CEI cuyo término se refiere a un tipo de conector eléctrico estandarizado por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). La CEI es una organización que establece estándares internacionales para la industria eléctrica y electrónica.

Estos conectores están diseñados para proporcionar una conexión segura y confiable entre dispositivos eléctricos, garantizando la integridad de la señal y la seguridad del usuario.

Al igual que otros conectores estandarizados, los conectores CEI ofrecen la ventaja de la interoperabilidad, lo que significa que los dispositivos de diferentes fabricantes pueden conectarse entre sí de manera compatible si ambos utilizan conectores CEI. Esto simplifica la instalación y el mantenimiento de sistemas eléctricos y electrónicos, y garantiza una mayor flexibilidad entre dispositivos.

Aunque los conectores más utilizados en las instalaciones de telecomunicaciones son los F, muchos de los equipos de medida (medidor de campo), o algunos equipos de amplificaciones (monocanales y centrales amplificadores) utilizan estos conectores por los que son imprescindibles a la hora de desarrollar este trabajo.



Figura 50. Conectores CEI macho y hembra

Características:

- Buen blindaje frente a interferencias
- Conector desmontable y reutilizable
- Formato acodado
- Instalación sin necesidad de herramientas

2.3.12.3. Conector BNC

El conector BNC (*Bayonet Neill-Concelman*) es un tipo de conector rápido utilizado para conectar cables coaxiales. Se utiliza en aplicaciones de radiofrecuencia, televisión, y equipos de prueba y medición, de ahí la importancia de éste para este trabajo.

A nivel profesional son los conectores más utilizados, sobre todo porque tienen un diseño muy firme con un sistema de bloqueo sencillo anti tirones. Además de la buena protección contra interferencias electromagnéticas debido a la estructura del cable coaxial y su versatilidad en infinidad de frecuencias y aplicaciones.



Figura 51. Conector BNC



2.4. Selección de equipos

A la hora de seleccionar los equipos hay que considerar una serie de características que se ajusten a las necesidades específicas. En el caso que se está presentando se debe hacer una selección de equipos que, a nivel práctico, sea útil para el alumnado de los diferentes niveles de los ciclos formativos. Además, deberán ajustarse a un presupuesto, así como a unas especificaciones que permitan a los diferentes usuarios poder trabajar realizando diferentes tareas simultáneas de: medida, comprobación, búsqueda de fallos, entre otras prácticas.

Al seleccionar equipos de audio y vídeo, ya sea para un sistema de entretenimiento en el hogar, una sala de conferencias, un estudio de grabación, una producción audiovisual o cualquier otro entorno, es importante considerar una serie de características clave para garantizar que los equipos se ajusten a las necesidades específicas.

Para poder seleccionar los equipos se ha dividido en tres grandes grupos los equipos:

- Equipos de Imagen
- Equipos de Sonido
- Equipos de Instalaciones de Telecomunicaciones

Además, se han estudiado las posibilidades que ofrecen los futuros laboratorios dividiendo esto en distintas áreas que dan como resultado los siguientes espacios:

- Taller de Imagen
- Taller de Sonido
- Taller de Sistemas de Telecomunicaciones
- Aula de Postproducción audiovisual
- Aula teórica
- Aula polivalente

Cada espacio está habilitado con elementos que favorecen la realización de las diferentes prácticas propuestas, así como medios para la docencia como pizarras, proyectores, mesas, sillas, bancadas y taburetes. El diseño de todos estos espacios se puede ver en el ANEXO Planos.

La disposición de los equipos no está fijada pues muchos de éstos se encuentran almacenados y es el propio alumnado quien monta su puesto de trabajo. Todos los diagramas y conexiones de los equipos están explicados en el ANEXO PRÁCTICAS, así como en los diferentes manuales (ANEXO Manuales).

2.4.1. Equipos de imagen seleccionados

Un laboratorio de vídeo requiere equipos de imagen de alta calidad para garantizar un procesamiento eficiente y preciso de contenido de vídeo.

La elección de equipos de imagen específicos dependerá de las necesidades y presupuesto del laboratorio de vídeo, así como de la complejidad de los proyectos y prácticas que se lleven a cabo. La inversión en equipos de alta calidad es esencial para garantizar resultados profesionales en la producción y edición de contenido de vídeo

Por todo ello y conocidas las características técnicas, reflejadas en el ANEXO PLIEGO DE CONDICIONES, se decide incluir los elementos siguientes en el laboratorio:

Considerando que el centro educativo es nuevo y está sostenido con fondos europeos y un presupuesto muy holgado detallado en el ANEXO PRESUPUESTO, la selección de equipos se ha realizado de tal manera que los laboratorios estarán equipados con la última tecnología (para la señal digital) además de equipos para señal analógica pero necesarios para entender la señal de vídeo tal cual la conocemos a día de hoy.

2.4.1.1. Monitor Forma de Onda Tektronix WFM2300

El monitor de forma de Tektronix WFM2300 es una herramienta portátil robusta para medición y análisis en aplicaciones de campo y ubicaciones remotas dentro de una instalación. Ofrece una amplia gama de herramientas de monitoreo de video/audio y generación de señales de prueba, junto con un conjunto completo de interfaces físicas y componentes de medición para abordar una variedad de problemas de radiodifusión. Este conjunto de herramientas proporciona medidas de datos de video, audio y auxiliares para verificar el rendimiento o rastrear problemas hasta su causa raíz. Además, puede complementarse fácilmente con una gama completa de herramientas para realizar mediciones diversas, desde evaluar los márgenes de la capa física en largas ejecuciones SDI hasta proporcionar una señal para verificar el retardo de AV o la sonoridad del audio.



Figura 52. MFO Tektronix WFM 2300

Este equipo incluye vectorscopio, entre otras funcionalidades, lo que hace de él que sea tan versátil como cómodo para el uso en ámbitos educativos.

2.4.1.2. Distribuidor vídeo compuesto Kramer 105VB

Para la distribución de las señales de vídeo junto con sus diferentes patrones desde el equipo Extron VTG 300 será necesario un equipo que distribuya a los diferentes puestos de trabajo con el fin de no necesitar tantos equipos.

El Kramer 105VB es un distribuidor amplificador de altas prestaciones para señales de vídeo compuesto. Éste toma una entrada, proporcionado el correcto búfer y aislamiento y distribuye la señal a cinco salidas idénticas.

Gracias a su versatilidad y sus prestaciones, este equipo es muy potente para estudios de duplicación de vídeo, cualquier sistema profesional de visualización que necesita una imagen idéntica en varios monitores y para el fin de este trabajo, distribuir la señal para cada uno de los puestos del alumnado.



Figura 53. Distribuidor señal de vídeo

2.4.1.3. Generador señal Extron VTG 300

El VTG 300, aunque principalmente diseñado para la detección de fallos y la provisión de fuentes de video y audio, también puede ser empleado para verificar el funcionamiento adecuado de todas las conexiones, entradas y salidas de video y audio, así como de los canales. Con 31 resoluciones diferentes, que abarcan desde alta frecuencia de resolución de video para computadoras, pantallas de plasma, HDTV y 16:9, hasta frecuencias de video NTSC o PAL de baja resolución, el VTG 300 ofrece una amplia gama de opciones. La salida de video puede ser emitida en múltiples formatos, incluyendo RGB, video por componentes, S-video y video compuesto. Además, el codificador de calidad broadcast del VTG 300 garantiza la compatibilidad con los estándares SMPTE y NTSC/PAL, asegurando un rendimiento superior.

Para la realización de prácticas y pruebas, este equipo es ideal, así el alumnado podrá realizar diferentes medidas y de esta forma entender el funcionamiento de la señal de vídeo en sí.



Figura 54. Generador de señales Extron VTG 300

2.4.1.4. Generador de señales R&S® HM8150

El generador de funciones Rohde & Schwarz HM8150 genera señales bajas en distorsión y estables en frecuencia, mediante su tecnología directa digital sintetizada (DDS) y garantiza de este modo un resultado óptimo. El margen de frecuencia abarca desde 10 mHz hasta 12,5 MHz, permitiendo el display LC de alto contraste la lectura para la frecuencia ajustada de la señal y para su amplitud. El HM8150 permite el acceso rápido y sencillo a señales estándar como la senoidal, cuadrada, triangular, rampa y pulso mediante la pulsación directa sobre una tecla. Las señales senoidales y rectangulares pueden generarse hasta una frecuencia de 12,5 MHz. Gracias a su rapidez en el tiempo de subida, siendo este inferior a 10 ns, y la sobreoscilación mínima, el HM8150 alcanza en su categoría de precio una calidad de señal extraordinaria especialmente en modo de señal pulso y rectangular.



Figura 55. Generador de señales periódicas

2.4.1.5. Osciloscopio Hanmatek DOS1102

El osciloscopio Hanmatek, dispone de unas características técnicas que favorecen el uso y el aprendizaje de la medida de la señal de vídeo con este equipo tan versátil y necesario para cualquier alumno y alumna de los ciclos formativos para los cual se hace este trabajo.

Gracias a las funciones de zoom de forma de onda, cursor automático, conversión transformada rápida de Fourier del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y la posibilidad de comunicación con Labview ya que soporta SCPI.¹⁰



Figura 56. Osciloscopio Hanmatek DOS1102

2.4.1.6. Analizador de espectros Rohde & Schwarz FPL 1007

Aunque no es un elemento muy utilizado actualmente ues no se mide la señal análogica ya que la única señal procedente de la antena es digital, el analizador de espectros proporciona información adicional al osciloscopio muy útil para el alumnado de ciclos formativos relacionados con las telecomunicaciones.

En analizador de espectros Rohde & Schwarz, además de permitir visualizar el espectro de la señal, permite la detección de señales interferentes, problemas con armónicos y, conocido bien el equipo, se podrá realizar medidas de relación señal a ruido, muy útiles para evaluar la calidad del servicio.

En el eje horizontal, el analizador de frecuencia nos muestra la frecuencia de la onda, mientras que, en el eje vertical, el analizador de espectro eléctrico nos muestra el nivel del contenido espectral de la señal.



Figura 57. Analizador de espectros Rohde & Schwarz FPL 1007

2.4.1.7. Analizador señal TV TBS5590

El analizador de señal TBS5590 es el elemento capaz de recibir canales de TV digital de múltiples estándares: DVB-S2X/S2/S/T2/T/C2/C/ASI/ISDB-T a través de la interfaz

¹⁰ SCPI. *Standard Commands for Programmable Instruments*. Los comandos SCPI son cadenas de caracteres ASCII que se envían al instrumento a través de la capa de comunicación física

USB, para conectar fácilmente la señal de TV al PC de escritorio o portátil para ver o grabar canales de TV digital de diferentes estándares.

Junto con el software TSReader¹¹, el analizador, es una herramienta ideal para realizar análisis en tiempo real, monitoreo y grabación de flujos de transporte MPEG.

El analizador se ubicará dentro o fuera del pc y no hay que confundirla con la capturadora de vídeo.



Figura 58. Tarjeta analizadora señal de TV

2.4.1.8. Termocolorímetro Sekonic SPECTROMASTER C-700 / C-700R

El Sekonic SpectroMaster C-700 está diseñado para capturas de imagen fija y en movimiento que deban producir resultados de calidad con el color adecuado y trabajando con la variedad de tipos y marcas de fuentes de luz.

Un medidor de color de espectro completo como el C-700 puede medir con precisión bajo LED, HMI, fuentes fluorescentes, las nuevas lámparas de plasma, las lámparas de tungsteno, luz natural y de flash electrónico.



Figura 59. Termocolorímetro

2.4.1.9. Capturadora de vídeo Blackmagic DeckLink Mini Monitor HD



Figura 60. Capturadora de vídeo las imágenes.

La tarjeta Blackmagic DeckLink Mini Monitor HD permite capturar, reproducir y supervisar señales SDI y HDMI en equipos informáticos que dispongan de tecnología PCI express (evolución de PCI) desde dispositivos externos como cámaras de vídeo y/o antenas de tv. Dispone de conexiones SDI 3G y HDMI 2.0, que facilitan el uso de cualquier televisor, monitor o proyector para controlar la calidad de

2.4.1.10. Matriz Fonestar FO-22MX88

La matriz HDMI, o distribuidor, permite enviar 8 entradas a 8 salidas de manera independiente. Las entradas pueden conectar 8 fuentes HDMI UHD 4K@60Hz, YUV 4:4:4, que se dirigen de forma independiente o simultánea a 8 salidas HDMI. Todas las entradas HDMI pueden asignarse libremente a cualquier salida HDMI.

¹¹ TSReader es el software necesario para el análisis de la señal de TV

El control se puede realizar de diferentes maneras para adaptarse a todos los casos, mediante botones en el panel frontal, a través de mando a distancia IR.



Figura 61. Matriz/distribuidor señal vídeo FO-22MX88

2.4.1.11. Cámara vídeo Canon XA65

En cualquier laboratorio de vídeo es imprescindible el tener cámaras de vídeo profesional para la realización de prácticas (sobre todo como fuente de vídeo para el análisis de éste). La cámara de vídeo profesional Canon XA65 graba vídeo UHD 4K de alta calidad. Además de un extraordinario procesamiento de sobremuestreo HD, enfoque automático avanzado, un objetivo con zoom óptico 20x de Canon y streaming en directo HD en UVC1 a través de USB-C y un ordenador, permite capturar contenido de alta calidad en formato XF-AVC o MP4.



Figura 62. Cámara Canon XA65

2.4.1.12. Portátil Edición vídeo ASUS TUF Gaming F15 FX506HC



Figura 63. Portátil Asus F15 FX506HC

La elección de portátil se ha basado, principalmente, en su procesador y la tarjeta gráfica. El ASUS Gaming F15, preparado para máximo rendimiento en vídeo juegos, dota de los elementos necesarios para la edición de vídeo y el procesamiento de vídeos a alto nivel.

2.4.1.13. Monitor 24" LG 24TQ510S-PZ

Para dotar todos los laboratorios con equipos que visualicen todo el contenido audiovisual, se ha elegido los monitores LG por la fusión innovadora entre la funcionalidad de los televisores y la versatilidad de los monitores, proporcionando una experiencia tecnológica completa y optimizada. Gracias a esta característica podemos hacer muy versátil el laboratorio: por un lado, visualizar contenido de tv y por otro como salida de vídeo.

Con un amplio ángulo de visión, garantizan imágenes claras y precisas desde cualquier perspectiva, ya sea vertical u horizontal, permitiendo una visualización



Figura 64. Monitor 24"LG 24TQ510S



óptima desde cualquier posición lo que hace que se pueda localizar en cualquiera de los espacios asignados en el laboratorio.

2.4.1.14. Cables y conectores

En el caso de todos los cables y conectores seleccionados no existe una marca en concreto pues mucho de los equipos seleccionados administras los mismos con el fin de proporcionar una instalación inmediata tras la adquisición del propio equipo.

Los laboratorios dispondrán de todos los conectores de vídeo mencionados en el apartado 2.1.11 Cables, en gran cantidad de calidad media – alta. Además, tanto en los propios laboratorios como en los almacenes habrá diferentes conectores, así como adaptadores con el fin de proporcionar al alumnado todo lo necesario para la correcta realización de las prácticas.

2.4.2. Equipos de sonido seleccionados

La elección de equipos de sonido para un laboratorio de sonido es crucial para garantizar un entorno adecuado para el trabajo en audio y el aprendizaje de éste.

Algunas características importantes a tener en cuenta al seleccionar equipos de sonido para un laboratorio de sonido se muestran a continuación, aunque dependerá el uso del laboratorio para dar mayor importancia a unas que a otras:

- Calidad de audio: equipos de alta calidad que proporcionen una reproducción de audio precisa y fiel, esencial para el análisis de sonido, aunque considerando y teniendo en cuenta el presupuesto.
- Potencia y rendimiento: los equipos deben tener la potencia y el rendimiento adecuados para el tamaño del laboratorio y el tipo de proyectos que se realizarán.
- Conectividad: compatibilidad con las interfaces y conexiones necesarias, como USB, XLR, HDMI, etc., para integrarlos con otros dispositivos y sistemas.
- Aislamiento acústico: el laboratorio de sonido debe estar diseñado para minimizar la interferencia del ruido externo. Los equipos de sonido también deben estar diseñados para minimizar la vibración y el ruido mecánico. Esto no siempre es posible dadas las características del recinto donde se alojan los laboratorios o talleres de audio.
- Software y control: software necesario para el análisis de sonido y el control de los dispositivos. Así como el necesario para la producción y posproducción de sonido. Es importante saber si el software es libre o de pago a la hora de seleccionarlo de cara a la viabilidad del proyecto.
- Durabilidad y confiabilidad: Los equipos de laboratorio deben ser duraderos y confiables, ya que se espera que funcionen de manera consistente durante un largo período de tiempo.
- Cumplimiento de normativas: en el caso de un laboratorio para alumnos de FP no es de vital importancia que se acaten al 100% la normativa, es importante que los equipos cumplan estándares según marca la normativa vigente además de ser recogidos en el currículo de los diferentes ciclos formativos

- Presupuesto: en muchas ocasiones marcará la creación de un laboratorio debido a la importancia del presupuesto, sobre todo si no es muy alto éste. Como en el caso de la selección de equipos, al estar subvencionado con fondos europeos para el fomento de la formación profesional, el presupuesto es muy holgado.

Teniendo en cuenta todas estas características se han elegido los siguientes equipos:

2.4.2.1. Mesa de mezclas Behringer Xenyx 802S

La mesa de mezclas Behringer, además de ser compacta y económica, ofrece ocho entradas para lograr un sonido de alta calidad, ideal para pequeñas prácticas en el laboratorio.

Sus preamplificadores de micrófono XENYX con alimentación phantom de 48V garantizan un sonido cálido y musical. Esta nueva serie "S" se integra fácilmente con computadoras y dispositivos móviles a través de USB, permitiendo la combinación de fuentes digitales y analógicas.

Gracias a sus prestaciones, ecualizador de 3 bandas y controles de efectos por canal, ofrece una flexibilidad excepcional para modelar el sonido. Además, puede funcionar como un submezclador versátil.



Figura 65. Mesa de mezclas Behringer Xenyx 802S

Este equipo permite al alumnado el entender el funcionamiento de las mesas de mezclas, el envío de señales a equipos auxiliares y otras funciones como la ecualización y procesado de señal.

2.4.2.2. Interfaz de audio Behringer U-Phoria UMC202HD

La interfaz de audio USB Behringer U-Phoria UMC202HD es una opción compacta con dos canales de entrada y salida, compatible con Windows (también para sistemas Mac aunque no los habrá en el laboratorio), y destaca por su excelente relación calidad-precio. Esta versión HD de la serie U-Phoria presenta convertidores de alta resolución capaces de manejar frecuencias de muestreo de hasta 24 bits/192kHz. Los preamplificadores de micrófono, garantizan un sonido de alta calidad y neutralidad en los dos canales de entrada.

Gracias a este equipo el alumnado será capaz de poder capturar sonido y enviarlo a cualquier pc para su posterior manejo, medida o simplemente como fuente de sonido para la realización de diferentes prácticas.



Figura 66. Interfaz Behringer U-Phoria UMC202HD

2.4.2.3. Micrófono Sennheiser E835 S y soporte de mesa Millenium DS-10

El micrófono Sennheiser E835 destaca por su excelente rendimiento en aplicaciones vocales. Se trata de un micrófono de gama media con una construcción robusta y resistente. Incorpora un interruptor on/off que permite activar o desactivar el micrófono, lo cual resulta útil para silenciar la señal en caso de acoples o cuando no se desea que se escuche.

Además de su capacidad para capturar voces con claridad, también ofrece un buen desempeño al sonorizar amplificadores de guitarra e incluso percusión, aunque para nuestro trabajo no es la característica más relevante.



Figura 68. Soporte de mesa

Para hacer más versátil el micrófono y confortable para la realización de las prácticas, el micrófono irá acompañado con el soporte de mesa Millenium DS-10 ya que de esta manera el micrófono no queda apoyado nunca en la mesa evitando golpes así como efecto pop producido por los golpes así como el deterioro temprano del propio micro.



Figura 67.
Micrófono
Sennheiser E835

2.4.2.4. Monitores Behringer 1C-BK

Para poder monitorizar las señales de audio que se utilizan en el laboratorio y las aulas, el uso de las cajas acústicas de 2 vías Behringer son ideales ya que tienen alta capacidad de gestión de la potencia en un rango de frecuencias que cubre todo el espectro audible.

Su tamaño compacto hace que se pueda ubicar sobre mesas o en paredes (en aulas) y el sistema anti distorsión hacen de estos monitores grandes aliados para la realización de prácticas y como elemento necesario en cualquier espacio educativo.



Figura 69. Monitores Behringer 1C-BK

2.4.2.5. Auriculares the t.bone HD150

No siempre la monitorización del sonido se puede realizar a través de cajas acústicas. Para esos momentos, el uso de auriculares es necesario e imprescindible. Tras un análisis de la gran cantidad de auriculares que hay en el mercado (actualmente se ha incrementado en cifras estratosféricas, sobre todo en menores) los auriculares the t.bone son los más adecuados para este trabajo. Ofrecen un alto nivel de aislamiento del entorno sonoro y del ruido ambiente, lo que los hace ideales para tareas de grabación y mezcla. Tienen una amplia respuesta de frecuencia que va desde los 10 Hz hasta los 35 kHz, con una impedancia especificada de 32 ohmios. En cuanto al nivel de presión sonora máximo, alcanzan los 99 dB.

En cuanto a su diseño, presentan una diadema ancha y almohadillas gruesas, promocionadas por el fabricante como especialmente cómodas incluso durante largas sesiones de uso.



Figura 70. Auriculares t.bone
HD150

2.4.2.6. Ecuador DBX 215s

El ecualizador destaca por su impresionante respuesta de frecuencia de 10 Hz a 50 kHz a su rango dinámico de 112 dB, lo que hace de él un elemento muy versátil para su función además de una relación calidad precio excelente. Como todos los ecualizadores gráficos incorporan una interface muy sencilla y un conexionado simple y cómodo.



Figura 721. Ecuador DBX 215s

2.4.2.7. Sonómetro Digital Sound 8922

El medidor de nivel de sonido Professional 8922 AZ ofrece un rango de medición automático o manual en seis niveles, abarcando desde 30 hasta 130 dB. Este dispositivo cumple con los estándares ANSI S1.4 e IEC60651 de clase tipo 2. Incluye un atenuador de ruido de fondo, lo que permite medir con precisión los niveles de sonido incluso en ambientes con mucho ruido. Gracias a esto más las características técnicas desarrolladas en el pliego de condiciones, hacen de este equipo un gran aliado de medida ideal para un laboratorio no profesional.



Figura 712. Sonómetro Sound 8922
Dosímetro PCE-MND 10

2.4.2.8. Dosímetro PCE-MND 10

El dosímetro está diseñado para medir el ruido en entornos laborales y cumple con la norma IEC 61252:2002. Aunque este dispositivo es ideal para la seguridad en el trabajo, en un laboratorio de audio su utilidad no es nada cuestionada pues es un elemento de medida con un rango de medición de 70 a 140 dB, que, además de enseñar al alumnado cómo se puede hacer una medida, controla los niveles de ruido en el aula. Dosímetro PCE-MND 10

2.4.2.9. Calibrador acústico Digital Sound 8930B

El calibrador de audio, como ya se sabe, se utiliza para verificar y ajustar la precisión de los instrumentos de sonido, como sonómetro y dosímetro de ruido. Como su función principal es generar un tono de referencia con un nivel de presión sonora conocido y estable, generalmente a una frecuencia de 1 kHz y un nivel de 94 dB o 114 dB. Esto permite asegurar que los dispositivos de medición de sonido proporcionen lecturas precisas y consistentes, por consiguiente, enseña al alumno y alumna a hacer correctamente las mediciones.



Figura 73. Calibrador Digital
Sound acústico 8930B

Para el laboratorio se ha utilizado el Digital Sound 8930B por sus características técnicas, pero principalmente por su compatibilidad con el sonómetro Digital Sound 8922.

2.4.2.10. Etapa de potencia t.amp E-400

Esta etapa de potencia proporciona una potencia de salida robusta, entregando 2×190 W a 4Ω y 2×120 W a 8Ω , lo que la hace adecuada para una amplia gama de

aplicaciones de audio. Las entradas disponibles incluyen XLR y jack balanceado, garantizando una gran flexibilidad para conectarse a diversas fuentes de audio.

Las salidas se manejan a través de terminales NL4 (Speakon) y bornes de apriete, asegurando conexiones seguras y fiables con los altavoces. Además, incorpora varios circuitos de seguridad que protegen contra DC, cortocircuitos, sobretensión y ofrecen un limitador para evitar daños por sobrecarga.

Para mayor eficiencia energética, cuenta con una función de *standby* que puede desactivarse si es necesario, permitiendo un ahorro de energía cuando el equipo no está en uso sin necesidad de desconectarlo por completo. Esta combinación de características hace que la etapa de potencia sea una opción excelente para instalaciones de sonido que requieren fiabilidad, flexibilidad y un rendimiento consistente.



Figura 74. Etapa de potencia t.amp E-400

2.4.2.11. Altavoz pasivo JBL Control 1Pro Pair



Figura 75. Altavoz JBL

El altavoz pasivo JBL Control 1Pro Pair presenta un diseño compacto y versátil, ideal para diversas aplicaciones de audio. Equipado con un *woofer* de 5.25 pulgadas (135 mm) y un *tweeter* de cúpula de 0.75 pulgadas (19 mm), ofrece una reproducción sonora precisa y un rango de frecuencias de 80 Hz a 20 kHz. Maneja una potencia de hasta 150 W (programa) con una sensibilidad de 87 dB (1W/1m). Su construcción robusta incluye rejillas protectoras metálicas, garantizando durabilidad en entornos exigentes. Además, cuenta con soportes de montaje que permiten su instalación en paredes, techos o estantes, adaptándose a las necesidades específicas de cada espacio.

2.4.3. Equipos de Sistemas de telecomunicaciones seleccionados

Para la elección de los equipos de telecomunicaciones, de recepción y distribución de la señal de televisión es necesario tener presente y en cuenta el RICT. El Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, actualiza el anterior RD 401/2003 para incluir la fibra óptica y los cables de pares trenzados, además del cable coaxial y el tradicional par de cobre, entre las redes de acceso a los edificios, en línea con los objetivos de la Agenda Digital Europea. Asimismo, actualiza la normativa técnica de radio y TV para adecuarla al escenario TDT.

Los equipos serán distribuidos según su ubicación dentro del esquema general que conforma la ICT:

2.4.3.1. Antena DAT BOSS UHF Televés Ref. 149922

Esta antena posee un alto margen dinámico que le permite recibir una TV de calidad en gran variedad de situaciones críticas, desde zonas con señales muy débiles hasta

instalaciones con altos niveles de recepción. Además de un aumento de área de cobertura TDT.

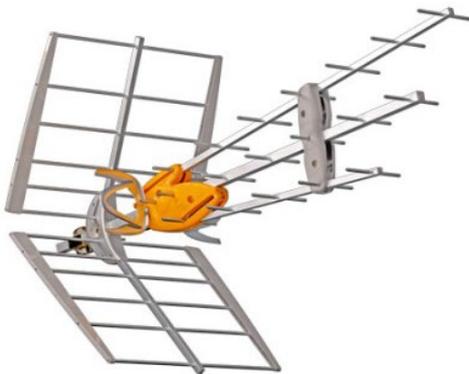


Figura 76. Antena DAT BOSS UHF Televés

Es capaz de soportar variaciones de señal o desvanecimientos (“fading”) sin afectar a la instalación de TV C/N óptima gracias a una figura de ruido de sólo 1,2dB que respeta la calidad de la señal recibida con muy alta ganancia.

Sus características principales son el diseño DAT, basado en 3 antenas Yagis con directores asimétricos, proporciona una gran directividad y un diagrama de radiación óptimo contra ecos. Dipolo especial en doble “U” cuyo formato abierto/cerrado le proporciona una planicidad óptima en su respuesta en frecuencia.

2.4.3.2. Antena de FM Recepción de radio Televés Ref. 1201

Para la recepción de la señal de radio en la banda FM se ha seleccionado la antena dipolo circular construidas en aluminio (inoxidable), para una larga duración, y en plástico ABS, para una gran resistencia a la intemperie.



Figura 77. Antena FM Televés

Su sistema de fijación al mástil fabricado en Zamak le aporta gran robusted y estabilidad frente a las condiciones climáticas adversas, además incorporan un balun en la caja de conexiones para la adaptación de impedancia

2.4.3.3. Antena de DAB (BIII) Televés Ref. 1050

La antena DAB construida en aluminio (inoxidable), para una larga duración, y en plástico ABS, para una gran resistencia a la intemperie dispone de un sistema de fijación al mástil fabricado en Zamak que le aporta gran robusted y estabilidad frente a las condiciones climáticas adversas. Esto hace de esta antena un equipo perfecto para su función.

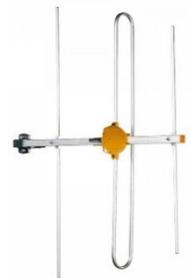


Figura 78. Antena DAB Televés

2.4.3.4. Parábola de aluminio satelital Televés Ref. 757401

Para la captación de señales satelitales es necesario una antena parabólica. En función del diámetro de ésta, la cobertura captada será mayor o menor. Para este proyecto será necesaria una de 60 cm con el fin de poner orientarla o bien al satélite Astra o Hispasat que son los dos satélites cuya producción audiovisual es española o con contenido en lenguaje castellano.

Se ha elegido el modelo de Televés por las siguientes características:

Fabricada en aluminio, con tornillería inoxidable para así garantizar la máxima protección contra la corrosión y un soporte LNB de plástico ABS color negro, resistente a los rayos UV, para cuello de bocina de 40mm. Dispone de dos riostras de acero inoxidable de 12mm para evitar vibraciones del



Figura 79. Parábola satelital Televés

brazo del LNB además de una fijación robusta con un acabado galvanizado en caliente y un ángulo de elevación ajustable entre 30° y 80°.

2.4.3.5. Fuente de Alimentación Televés Ref. 549812

Para este proyecto se ha seleccionado la Fuente de Alimentación Fuente de alimentación T12 24V - 2,5A (60W) Televés Ref. 548912 debido a que sus características cumplen lo necesario para los paneles didácticos.

Es una fuente conmutada de alto rendimiento cuya alimentación es de hasta 24 módulos y completamente compatible con toda la serie T12 de Televés que se va a usar a lo largo de este contenido.



Figura 80. Fuente Alimentación Televés

2.4.3.6. Central amplificadora AVANT X Pro Televés. Ref. 532133

Con el fin de conseguir un laboratorio de vanguardia y con las últimas tecnologías, la central amplificadora multientrada es ideal que permite programar individualmente hasta 32 filtros digitales en 4 entradas de VHF+UHF (TDT) en instalaciones individuales o colectivas de terrestre.



Figura 81. Central programable Televés

La central tiene 6 entradas, configurables en 2 modos de distribución: FM-4xVHF/UHF-FI o FM-DAB-3xUHF-FI, y permite conseguir una amplificación y equilibrado programable de las distintas entradas de RF. Ofrece 2 salidas, una de terrestre y otra de terrestre+satélite. Este modelo Pro incluye la función de autoprogramación que proporciona a la central la capacidad de programarse y ajustarse por sí sola. El filtrado LTE hace que la central discrimine por sí misma la programación de los filtros hasta el canal 48 (LTE700) necesario debido al último dividiendo digital en octubre de 2020.

2.4.3.7. Amplificadores monocanales/multicanales diferentes bandas

Para uno de los entrenadores didácticos se van a utilizar los amplificadores monocanales. Dependiendo la frecuencia a amplificar se usará un módulo u otro. Aunque todos éstos van a tener unas características comunes y gracias a estas se elige, por tanto, la misma línea, T12 de Televés.

Los módulos T.12 son fabricados en líneas robotizadas de última generación y sometidos a los más estrictos controles de calidad, toda una garantía de fiabilidad y estabilidad sin precedentes. Preparados para la adaptación, la serie T12 es siempre la solución más flexible frente a las reubicaciones que conlleva el dividendo digital: un producto con sello LTE Ready.

Para la banda II y III (88...108/174...230MHz) se ha optado por el amplificador monocanal Televés Ref. 509012, mezcla ambas señales lo que permite tener un módulo con dos entradas para las 2 antenas (FM y DAB). Además, es completamente compatible con toda la gama T12.

Para los canales UHF (TDT) se ha elegido el amplificador monocanal/multicanal T12 de Televés Ref. 509812/508612 cuyas banda de trabajo es 470...800MHz

El amplificador modular que permite el ajuste individual de los canales de UHF (TDT) y para el multicanal cada módulo permite la amplificación de hasta 7 canales consecutivos Su formato es ideal para montaje en cabeceras, con más amplificadores de la serie T12.

La señal satelital puede ser tratada con los mismos equipos de la familia T12. Su tratamiento hace que esta señal se pueda distribuir junto con todos los elementos de la ICT y en este caso en el panel didáctico. El Amplificador T12 FI (SAT) de Televés Ref. 508012 para el rango de frecuencia 950...2150MHz permite el ajuste y ecualización de la señal recibida en la banda FI (satélite) siempre que solo se desee una banda y polaridad de un satélite.



Figura 82. Amplificador monocanal televés

2.4.3.8. Encoder/modulador HD – DVB – T de Televés Ref. 585301

Gracias a sus características como su flexibilidad a la hora de configurar el formato de entrada, transport stream, configuración del canal de salida... así como la perfecta sincronización entre imagen y sonido, hacen del Encoder/Modulador HD - DVB-T de Televés un equipo perfecto.

2.4.3.9. Mezclador Televés Ref. 745210

El mezclador de **Televés Ref. 745210** permite el paso de corriente desde la salida hacia la entrada SAT (FI), para alimentación del LNB además de proporcionar la mezcla de diferentes señales y su posterior distribución a través de toda la línea de distribución.



Figura 83. Mezclador Televés

2.4.3.10. Derivador Televés Ref. 51934X

Debido a la gran versatilidad de los derivadores de Televés (Ref. 51934X) permiten en la instalación una distribución equitativa de las pérdidas para cada una de las plantas.



Figura 84. Derivador Televés

Incluye unas características como flexibilidad de montaje, facilidad de roscado del cable, optimización del espacio en registros y armarios y mantiene los niveles en toma, incluso con largas tiradas de cable, gracias a una mejor planicidad en la respuesta de derivación y de paso.

Para el laboratorio se han utilizado derivadores diferentes para cada planta según características técnica. Este derivador dispone de 4 salidas, las prácticas están preparadas para 3 salidas por lo que en la 4 salida se pondrá una carga final. El uso de estos permite dar más versatilidad (una vivienda más por planta) sin excesivas pérdidas.

2.4.3.11. Distribuidor con y sin PAU Ref. 519535/519536

El Repartidor con PAU F 6 y 5D 5...2400MHz de Televés Ref. 519535/519536 presenta unas bajas pérdidas de paso gracias a la miniaturización aplicada en los componentes electrónicos, que mejora su comportamiento eléctrico. El PAU (Punto de Acceso de Usuario) ofrece una entrada adicional cargada para conexión de la segunda bajante contemplada en una instalación realizada según el reglamento ICT-2.

Para la segunda bajante es necesario distribuir la señal del equipo de cabecera TDT por lo que es necesario un distribuidor de 2 salidas **Televés Ref. 519502** que al igual que el repartidor de 6 y 5 salidas va a presentar bajas pérdidas de paso.



Figura 85. PAU/Distribuidor Televés

2.4.3.12. Toma de usuario Televés Ref. 5226

La toma de usuario de Televés Ref. 5226 está fabricada con un filtro separador de gran rechazo, la señal SAT se filtra en el conector CEI hembra de FM/TV, y la FM/TV terrestre se filtra en el conector CEI macho de satélite.



Figura 86. Toma de usuario Televés

2.4.3.13. Carga Terminal Televés Ref. 4058

La carga terminal de 75 Ω de Televés, sin bloque de DC con Ref. 4058 se instala en las salidas no utilizadas de los dispositivos, para terminar una línea de transmisión coaxial y evitar que haya desadaptaciones e interferencias.

2.4.3.14. Medidor de campo H30FLEX de Televés

H30FLEX es un medidor portátil diseñado para satisfacer todas las necesidades de un instalador de redes de televisión con señales analógicas y digitales.

El H30FLEX es un equipo ligero y robusto con una completa gama de herramientas que permiten asegurar la calidad de una instalación de TV con señales de modulación satélite (DVB-S/S2), o terrestre/cable (analógicos y DVB-T/T2 o DVB-C).

Incorpora un procesamiento digital de la señal en tiempo real, lo que le da a los instaladores herramientas y gran precisión en una unidad de mano pequeña y ligera. Permite actualizar las opciones del medidor a través de software bajo licencia.



Figura 87. Medidor de campo H30FLEX

2.4.3.15. Detector satelital DUR-line® SF 2450 B

El medidor preciso DUR-line es un localizador de satélite con puntero e indicador acústico, para alinear antenas de satélite analógicas y digitales. Este dispositivo se conecta fácilmente entre el LNB y el receptor. Destaca por no requerir batería, ya que se alimenta directamente a través del receptor, e incluye un cable F.



Figura 88. Detector
satelital DUR-line

Para facilitar la alineación de la antena, cuenta con una escala de puntero fácil de leer con luz de fondo y un indicador LED, además de una señal de sonido de medición acústico que permite una orientación rápida y óptima. El regulador de sensibilidad adicional permite un ajuste preciso a la intensidad de la señal.

Como punto culminante adicional, el medidor DUR-line muestra inmediatamente los cuatro ajustes más importantes del receptor a través de los LED integrados: 14 V, 18 V, 22 KHz y 0 KHz, asegurando una configuración precisa y eficiente del sistema de satélite.



3. ANEXOS

A fin de ofrecer una comprensión completa y respaldar los contenidos expuestos en la memoria principal, se ha incluido un documento adicional que contiene una serie de anexos. Estos anexos aportan información complementaria esencial que enriquece y facilita la evaluación del trabajo realizado. A continuación, se detalla el contenido de cada uno de estos anexos:

1. Anexo Pliego de condiciones: incluye el pliego de condiciones, un documento fundamental que especifica los requisitos técnicos, las condiciones generales y particulares necesarias para la ejecución del proyecto, en este caso, el diseño del laboratorio.

2. Anexo Planos: contiene un conjunto de planos técnicos detallados que representan gráficamente los espacios del laboratorio. Aportan, de manera visual, la disposición de los equipos y la versatilidad de las áreas donde se albergarán los equipos.

3. Anexo Presupuesto: presenta el presupuesto detallado del proyecto en cuanto a equipos se refiere. No se ha incluido mano de obra pues este tipo de proyecto técnico es ejecutado por el profesorado y el alumnado del centro de estudios. De esta manera el ejecutor del proyecto personaliza cada uno de los espacios y el alumnado amplía sus conocimientos técnicos.

4. Anexo ODS: relaciona el proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU. Se analiza cómo el proyecto contribuye a los ODS específicos, destacando su impacto positivo en aspectos la educación de calidad (objetivo 4) y la industria, innovación e infraestructura (objetivo 9).

5. ANEXO I. Fundamentos teóricos Sistemas de TV: proporciona una explicación detallada de los principios y tecnologías utilizados en los sistemas de televisión de color. Se abordan temas como los principios fundamentales de la luz, el ojo humano, así como los procesos de medida de la señal.

6. ANEXO II. Fundamentos teóricos Sonido: describe los conceptos de la señal sonora. Se exploran temas como el oído y la audición y se detalla de forma muy extendida diferentes equipos de sonido como micrófonos, altavoces, etapas de potencia...

7. ANEXO III. Fundamentos teóricos Sistemas de Telecomunicación: analiza los tipos de instalaciones de la ICT, incluyendo las partes y simbología técnica.

8. ANEXO IV. Normativa: este anexo compila las normas y regulaciones aplicables al desarrollo y ejecución del proyecto. Se incluyen las normativas técnicas de algunos de los equipos de medida.

9. ANEXO V. Prácticas: describe las prácticas que los alumnos y alumnas de los diferentes ciclos formativos podrán realizar en las diferentes estancias con todos los equipos elegidos. Incluyen diagramas de conexión, así como instrucciones básicas de los equipos utilizados.

10. ANEXO VII. Manuales: incluye un conjunto de manuales de usuario y guías de operación de los sistemas y equipos utilizados en el proyecto. Los manuales proporcionan instrucciones detalladas sobre la instalación, configuración, operación y mantenimiento de los componentes del proyecto



4. CONCLUSIONES

El desarrollo de este Trabajo Fin de Grado ha permitido el diseño técnico de un laboratorio didáctico de sonido, imagen y sistemas de telecomunicaciones, específicamente diseñado para satisfacer las necesidades formativas de los alumnos de Formación Profesional. A través de una exhaustiva investigación teórica, una cuidadosa selección de equipos, la elaboración de planos detallados y la creación de prácticas formativas, se ha logrado alcanzar los objetivos propuestos, proporcionando una herramienta educativa de gran valor.

En la parte teórica de este proyecto, se ha realizado una revisión detallada de los principios y fundamentos teóricos relacionados con el sonido, la imagen y las telecomunicaciones. Esto ha permitido definir con claridad los requerimientos esenciales para el laboratorio, asegurando que los alumnos y alumnas puedan adquirir conocimientos sólidos y actualizados en estas áreas. La teoría revisada ha proporcionado una base sólida para la selección de los equipos y la estructuración del espacio.

La selección de los equipos se ha basado en criterios de calidad, funcionalidad, compatibilidad y coste, siendo éste un elemento clave, aunque no esencial. Se ha optado por equipos que no solo cumplen con los estándares actuales de la industria, sino que también ofrecen una interfaz sencilla y son adecuados para un entorno educativo. La elección de estos equipos garantiza que el alumnado pueda trabajar con herramientas que encontrarán en su futura vida profesional, preparando así una transición más fluida al mercado laboral.

La realización de los planos del laboratorio ha sido un paso crucial para asegurar un diseño ergonómico y funcional del espacio. Los planos detallan las zonas de trabajo permitiendo una organización eficiente del laboratorio. Este diseño optimiza el uso del espacio disponible y asegura que las actividades prácticas se puedan llevar a cabo de manera efectiva y segura. En el diseño de los planos no se ha incluido la ubicación exacta de alguno de los equipos pues éstos están almacenados en los diferentes armarios y/o almacenes y será el propio alumnado quien se encargue de sacar y conectar según las necesidades, es decir, según las prácticas a realizar. Además, los laboratorios están preparados para albergar diferentes niveles educativos lo que hacen de ellos que sean versátiles para cualquiera de los ciclos formativos asociados a estos equipos.

Se han incluido en entre TFG un aula teórica, un aula polivalente y un aula de postproducción con el fin de hacer aún más versátil el espacio. Gracias a la composición de este laboratorio se podrán impartir diferentes asignaturas a la vez. El aula polivalente será utilizada para la realización de proyectos y otras formaciones donde el alumnado tenga que trabajar en equipos.

La creación de prácticas específicas ha sido fundamental para proporcionar a los alumnos una experiencia de aprendizaje práctica y aplicada. Estas prácticas han sido diseñadas para cubrir una amplia gama de situaciones y desafíos que los alumnos y alumnas pueden encontrar en el ámbito profesional. Desde la configuración de equipos y la realización de grabaciones hasta la edición y la transmisión de señales, las prácticas creadas aseguran una formación integral y competente. Además, con la nueva FP, el alumnado afianzará sus conocimientos en la empresa donde realice su FP dual. Las



prácticas se han realizado de forma general y esquemática pues no están adaptadas a cada uno de los niveles a los que está sujeto este trabajo. De esta forma la versatilidad prima y amplía la utilidad. Del mismo modo, las prácticas están abiertas a ser modificadas, transformadas y/o ampliadas en función de la necesidad del alumnado y del profesorado.

El diseño técnico de este laboratorio didáctico no solo mejora la calidad de la formación en los módulos de imagen, sonido y telecomunicaciones, sino que también motiva a los alumnos al proporcionarles un entorno de aprendizaje moderno y profesional.

Finalmente, aunque el laboratorio diseñado cumple con los objetivos actuales, es esencial mantener un enfoque de mejora continua. La tecnología y las técnicas en los campos de la imagen, el sonido y las telecomunicaciones están en constante evolución. Por lo tanto, será recomendable una revisión periódica de los equipos y prácticas utilizadas, así como la incorporación de nuevas tecnologías y métodos educativos conforme se desarrollen.



5. BIBLIOGRAFÍA

Webgrafia

- [1] Centro Universitario de Ciencias de la Información. (s.f.). *Manual de televisión*. Universidad de Guadalajara. https://cuci.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/manual_de_television.pdf
- [2] RS Components. (s.f.). *Analizador de espectro T18NRSSTOCK Number*. <https://es.rs-online.com/web/p/analizadores-de-espectro/1112375/>
- [3] Aula Eléctrica. (s.f.). *Instalaciones de telecomunicaciones*. Editorial Aula Eléctrica.
- [4] Abacanto. (s.f.). *Info productos laboratorio*. <https://www.abacanto.net/productos/>
- [5] Anónimo. (s.f.). *Medir señal TV*. <http://tdtdvb-t.blogspot.com/>
- [6] Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya. (s.f.). *Televisión digital*. FUOC.
- [7] Wikipedia. (s.f.). *Analizador de espectro*. https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador_de_espectro
- [8] NTT Technical Review. (2007). *Figura de sistemas de radiodifusión*. <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr200710le1.html>
- [9] PHABRIX. (s.f.). *Applications in education*. <https://www.phabrix.com/es/applications/education/>
- [10] Avacab Audiovisuales. (s.f.). *Capturadoras de video externas*. <https://avacab-audiovisuales.com/es/capturadoras-de-video-externas-131>
- [11] Tilano TV. (s.f.). *Necesitas saber cómo se mide una señal de video*. <https://tilanotv.es/necesitas-saber-como-se-mide-una-senal-de-video/>
- [12] Tecnología Informática. (s.f.). *Equipos de medida telecomunicaciones*. <https://www.tecnologia-informatica.es/equipos-medida-telecomunicaciones/>
- [13] El Cajón del Electrónico. (s.f.). *Video analógico*. <https://elcajondelectronico.com/video-analogico/>
- [14] DirectIndustry. (s.f.). *Calibrador acústico*. <https://www.directindustry.es/prod/center-technology/product-40685-1661555.html>
- [15] Instrumentación Hoy. (s.f.). *Dosímetro de ruido personal*. <https://www.instrumentacionhoy.com/dosimetro-de-ruido-personal/>
- [16] PCE Instruments. (s.f.). *Calibrador acústico PCE-SC 09*. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/calibrador-de-procesos-simulador-pce-instruments-calibrador-ac_stico-pce-sc-09-det_5942415.htm
- [17] Universidad del País Vasco. (s.f.). *Equipos de medida de sonido*. <https://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>
- [18] Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación (NIDCD). (s.f.). *Cómo oímos*. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/como-oimos>
- [19] Multison Online. (s.f.). *Despiece micrófono Shure KSM8 Dualdyne*. <https://multisononline.com/blog/shure-ksm8-dualdyne-microfono-dinamico-doble-diafragma-n243>
- [20] RedesZone. (s.f.). *Imagen espectro radioeléctrico*. <https://www.redeszone.net/reportajes/tecnologias/que-es-espectro-radioelectrico/>
- [21] Flu Project. (2019). *Constelaciones QAM*. <https://www.flu-project.com/2019/11/teleco-in-nutshell-v87-modulacion-amplitud-cuadratura.html>
- [22] DigiKey. (s.f.). *Sonometero FLIR Extech 407730*. <https://www.digikey.es/es/products/detail/flir-extech/407730/7785025>
- [23] PCE Instruments. (s.f.). *Equipos de medida de todo tipo*. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/dosimetro-kat_70602.htm
- [24] Top Audio Profesional. (2012). *Sonidos agudos y graves*. <https://topaudioprofesional.blogspot.com/2012/04/que-es-el-tono-de-un-sonido.html>



- [25] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. [https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20\(ODS\)%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,disfruten%20de%20paz%20y%20prosperidad](https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS)%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,disfruten%20de%20paz%20y%20prosperidad).
- [26] Ministerio de Economía y Empresa. (s.f.). *Televisión Digital Terrestre (TDT)*. <https://televisiondigital.mineco.gob.es/TelevisionDigital/TDT/Paginas/tdt.aspx>
- [27] Cómo Grabar. (s.f.). *Características técnicas de los micrófonos*. <https://www.comograbar.com/caracteristicas-tecnicas-de-los-microfonos/>
- [28] Abacanto. (s.f.). *Productos audiovisuales: Telestream*. <https://www.abacanto.net/marcas/telestream/>
- [29] Wikipedia. (s.f.). *Altavoz electrostático*. https://es.wikipedia.org/wiki/Altavoz_electrostatico
- [30] Electricity and Magnetism. (s.f.). *Cómo funciona un altavoz electrostático*. <https://www.electricity-magnetism.org/es/como-funciona-un-altavoz-electrostatico/>
- [31] Wikipedia. (s.f.). *Altavoz dinámico*. https://es.wikipedia.org/wiki/Altavoz_dinamico
- [32] Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (s.f.). *Funcionamiento de los altavoces*. <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/24/24264/alavoces.pdf>
- [33] Faxter. (s.f.). *Conexión altavoces*. <https://www.faxter.es/Biblioteca/L006Conexionadoaltavoces/tabid/105/Default.aspx>
- [34] Guitar Unboxing. (2020). *Amplificador de guitarra - GUÍA DEFINITIVA!!!! ¿Cómo ELEGIR el MEJOR?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XfHYJ0oQXns>
- [35] Estudio Marhea. (s.f.). *Guía básica de ecualización*. <https://www.estudiomarhea.net/manual-de-sonido-11-la-ecualizacion/>
- [36] Ecuadorecimiento para principiantes. (2019). *Guía básica de supervivencia* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8ZeNuDVd5tk>
- [37] Guitar Unboxing. (2020). *Cómo DOMINAR EL ECUALIZADOR en 5 Minutos - Guía Completa* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=e3c3-1prnHo>
- [38] Orbita Digital. (s.f.). *Carga terminal 75 IKUSI CTF-075*. <https://www.orbitadigital.com/es/satelite-terrestre/amplificacion/amplimonocanal/8387-ikus-ctf-075-carga-terminal-75.html>
- [39] Televes. (s.f.). *Normativa fabricación de cables*. https://docs.televes.com/web/catalogo/pdf/F_Requisitos_CPR_en_ICT_ES.pdf
- [40] Avacab Audiovisuales. (s.f.). *Canon XA60 videocámara profesional 4K compacta*. <https://avacab-audiovisuales.com/es/cameras-de-video-compactas/4172-canon-xa60-videocamara-profesional-4k-compacta.html>
- [41] AZ Instrument. (s.f.). *Calibrador de nivel de sonido 8930 AZ*. <https://www.az-instrument.com.tw/es/product-626114/Calibrador-de-nivel-de-sonido-8930-AZ-EB.html>
- [42] Xataka. (s.f.). *Tipos de cables HDMI: cuáles hay y en qué se diferencian*. <https://www.xataka.com/basics/tipos-de-cables-hdmi-cuales-hay-y-en-que-se-diferencian>
- [43] Circuitos Listos. (s.f.). *Tipos de conectores de audio*. <https://circuitoslistos.com/tipos-de-conectores-de-audio/>
- [44] Ruidos.org. (n.d.). *Sonómetros*. <https://www.ruidos.org/Documentos/sonometros.html>
- [45] AENOR. (n.d.). *BS EN IEC 60942:2018*. <https://tienda.aenor.com/norma-b-s-en-iec-60942-2018-000000000030326445>
- [46] IEC Webstore. (s.f.). *IEC 60942:2018*. <https://webstore.iec.ch/publication/5055>



Bibliografía

- [47] Autor, (s.f.) ,Equipos de Sonido. McGraw – Hill
- [48] Autor, fecha, Equipos de Sonido
- [49] Juan Carlos Martín, José María Alba, (s.f.). Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios. Editex
- [50] autor, (s.f.). Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios.MCGraw – Hill
- [51] Emilio Félix Molero. 2004. Equipos de Imagen. McGraw – Hill
- [52] Juan Manuel Millán Esteller. (s.f). Equipos de Imagen. Paraninfo

Apuntes

- [53] Xelo Part Excrivá. (2024) Prácticas Sistemas de Televisión y Vídeo. * Análisis de la Trama de Transporte MPEG-2 de un Múltiplex de TDT*

Otras referencias

- [54] OpenAI (2023). *ChatGPT* (May 24 version) [Español (España)] <https://chat.openai.com>