



Escuela Técnica Superior de  
**Ingeniería Informática**

TRABAJO FIN DE GRADO

# **Despliegue de red para el edificio de la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla**

Realizado por  
**Pablo Cano Navajas**

Para la obtención del título de  
Grado en Ingeniería Informática - Ingeniería de Computadores

Dirigido por  
Juan Antonio Castro García  
Clara Lebrato Vázquez

En el departamento de  
Tecnología Electrónica

**Convocatoria de julio, curso 2024/25**

*Dedicado a mi padre, que nos dejó el pasado mes de noviembre.  
Por haber sido mi mejor ejemplo a seguir.  
Por haberme inculcado el amor por la ingeniería desde que era niño.*

# Agradecimientos

---

Quiero agradecer a Dios por haberme guiado siempre por el buen camino, haberme sostenido en mis momentos más bajos y haberme protegido siempre.

A mi madre, por ser la mujer que más quiero en este mundo y estar siempre a mi lado en este camino.

A mis amigos, que entienden el significado de esta palabra y actúan en consecuencia.

A todas esas buenas personas que han hecho de este viaje algo más ameno.

*Cuando le preguntaron a Alejandro cómo se las arreglaría para controlar a los griegos, respondió: «No dejando para mañana lo que debería hacerse hoy» — Robin Lane Fox, Alejandro Magno.*

*Por eso me satisface soportar por Cristo flaquezas, ultrajes, dificultades, persecuciones y angustias, ya que, cuando me siento débil, es cuando más fuerte soy. — 2 Corintios 12:10*

# Resumen

---

Este estudio examina el despliegue de una red de comunicaciones para un edificio de uso educativo, concretamente una facultad. Se realiza un recorrido que abarca desde el análisis de requisitos, pasando por el diseño lógico y físico de la red, hasta la preparación para su instalación en el entorno real.

**Palabras clave:** Red, Cableado estructurado, VLAN, Facultad de Física.

# Abstract

---

This study examines the deployment of a communications network for an educational building, specifically a faculty building. It covers the entire process from requirements analysis, through the logical and physical design of the network, to the preparation for its installation in the real environment.

**Keywords:** Network deployment, structured cabling, VLAN, Faculty of Physics.

# Índice general

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1.	Justificación	1
1.2.	Elección del Edificio	1
1.3.	Objetivos del Proyecto	2
1.4.	Alcance del Proyecto	2
<b>2</b>	<b>Estado del Arte</b>	<b>3</b>
2.1.	Evolución y Tendencias en Redes de Campus	3
2.2.	Tecnologías Clave para Redes Modernas	4
2.2.1.	Estándares de Cableado Estructurado	4
2.2.2.	Redes Inalámbricas	5
2.2.3.	Power over Ethernet	6
2.2.4.	Arquitecturas de Red	7
2.3.	Proveedores y Soluciones Relevantes en el Mercado	8
<b>3</b>	<b>Metodología del Proyecto</b>	<b>10</b>
3.1.	Enfoque Top-Down para el Diseño de Redes	10
<b>4</b>	<b>Planificación del Trabajo Fin de Grado</b>	<b>13</b>
4.1.	Planificación Inicial	13
4.2.	Planificación Final	13
<b>5</b>	<b>Análisis de Necesidades y Requisitos</b>	<b>15</b>
5.1.	Identificación de Usuarios y Perfiles	15
5.2.	Análisis de Aplicaciones y Servicios Críticos	15
5.3.	Estudio de la Infraestructura Física del Edificio	17
5.3.1.	Legislación como parte de los requisitos	19
5.4.	Requisitos de Rendimiento	20
5.5.	Requisitos de Seguridad	22
5.5.1.	Seguridad Física	22
5.5.2.	Protección Contra Incendios	22
5.5.3.	Requisitos Eléctricos Dedicados	22
5.5.4.	Compatibilidad Electromagnética (Compatibilidad Electromagnética (CEM))	23
5.5.5.	Instalación de Cableado	24
5.5.6.	Seguridad de Datos y Comunicaciones	24
<b>6</b>	<b>Diseño de la Red Lógica</b>	<b>25</b>
6.1.	Definición de la Topología de Red Lógica	25
6.2.	Esquema de Direcccionamiento IP	25
6.2.1.	VLANs	25

6.3.	Simulación (Configuración Cisco Packet Tracert) . . . . .	26
6.3.1.	Router Perimetral . . . . .	27
6.3.2.	Switch Core . . . . .	29
6.3.3.	Switch Distribución . . . . .	34
6.3.4.	Switch Acceso . . . . .	34
6.3.5.	Red Externa . . . . .	35
6.4.	Estrategias de Enrutamiento y Redundancia . . . . .	36
6.5.	Diseño de la Seguridad Lógica . . . . .	37
<b>7</b>	<b>Diseño de la Red Física . . . . .</b>	<b>39</b>
7.1.	Legislación . . . . .	39
7.2.	Selección y Justificación del Equipamiento Activo . . . . .	41
7.2.1.	Routers Perimetales . . . . .	41
7.2.2.	Switches de Core . . . . .	43
7.2.3.	Switches de Distribución . . . . .	45
7.2.4.	Switches de Acceso . . . . .	45
7.2.5.	Selección Final . . . . .	46
7.3.	Selección del resto del equipamiento . . . . .	46
7.3.1.	Racks . . . . .	47
7.3.2.	Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) . . . . .	48
7.3.3.	Fuentes de Alimentación . . . . .	49
7.3.4.	Regletas . . . . .	50
7.3.5.	Paneles de Parcheo . . . . .	50
7.3.6.	Organizadores de cables Horizontales . . . . .	50
7.4.	Diseño del Cableado Estructurado . . . . .	50
7.4.1.	Configurando AutoCAD . . . . .	51
7.5.	Ubicación de Repartidores y Cuartos de Comunicaciones . . . . .	52
7.6.	Distribución de Puntos de Red (Rosetas) . . . . .	52
7.7.	Planificación de Canalizaciones y Trazado . . . . .	53
7.7.1.	Cableado Horizontal (Cat 7) . . . . .	53
7.7.2.	Cableado Vertical (Backbone) . . . . .	53
<b>8</b>	<b>Planificación y Costes del Proyecto . . . . .</b>	<b>55</b>
8.1.	Cronograma del Proyecto . . . . .	55
8.2.	Presupuesto Detallado . . . . .	56
<b>9</b>	<b>Conclusiones . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>A</b>	<b>Cálculo Usuarios Humanos por Planta Detallado . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>B</b>	<b>Planos de Telecomunicaciones . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>C</b>	<b>Racks . . . . .</b>	<b>73</b>
C.1.	Repartidor de Edificio . . . . .	73
C.2.	Repartidor de Planta . . . . .	75
<b>D</b>	<b>Cálculo Metros Canalizaciones . . . . .</b>	<b>77</b>

E Cálculo de Cableado Cat 7 . . . . .	78
Bibliografía . . . . .	80

# Índice de abreviaturas

---

- ACL** Access Control List. 28, 32, 37
- CEG** Cuadro Eléctrico General. 23
- CEM** Compatibilidad Electromagnética. IV, 23
- CIDR** Classless Inter-Domain Routing. 21
- CPD** Centro de Procesamiento de Datos. 23
- DHCP** Dynamic Host Configuration Protocol. 32
- EMI** Electromagnetic Interference. 4
- IA** Inteligencia Artificial. 3, 4
- IED** Instalación Eléctrica Dedicada. 23
- IoT** Internet of Things. 3, 6, 8
- MDM** Movile Device Management. 3
- ML** Machine Learning. 4
- MU-MIMO** Multi-User Multiple-Input Multiple-Output. 6
- NaaS** Network as a Service. 4
- NAT** Network Address Translation. 25, 27
- NFV** Network Function Virtualization. 4
- OFDMA** Orthogonal Frequency-Division Multiple Access. 6
- OSI** Open Systems Interconnection. 10
- PDI** Personal Docente e Investigador. 15
- PoE** Power over Ethernet. 4, 6, 7
- PTGAS** Personal Técnico de Gestión, Administración y Servicios. 15
- QoS** Quality of Service. 7
- RBT** Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. 23
- RFI** Radio-Frequency Interference. 4

**SAI** Sistema de Alimentación Ininterrumpida. 23, 48

**SASE** Secure Access Service Edge. 4

**SVI** Switch Virtual Interface. 31

**TWT** Target Wake Time. 6

**VLAN** Virtual Local Area Network. 25, 30, 31

# Índice de figuras

---

3.1. Ciclo de Vida de la Metodología . . . . .	12
4.1. Planificación Inicial del Trabajo Fin de Grado . . . . .	14
4.2. Cronograma Temporal del Trabajo Fin de Grado . . . . .	14
5.1. Primera Planta del edificio de Física . . . . .	18
5.2. Estructura Jerárquica Del Cableado Genérico extraída del anexo . . . . .	19
5.3. Matriz Relación Sedes-Subsistemas . . . . .	20
6.1. Grafo Topología Jerárquica . . . . .	26
6.2. Estructura Jerárquica de la red vista en Cisco Packet Tracert . . . . .	27
6.3. Topología de Red con Redundancias . . . . .	37
6.4. Vista de la red en Cisco Packet Tracert . . . . .	37
7.1. Tabla Comparativa Switches Core . . . . .	44
7.2. Tabla Comparativa Switches Distribución . . . . .	45
7.3. Tabla Comparativa Switches Acceso . . . . .	46
7.4. Rack Repartidor de edificio . . . . .	47
7.5. Rack Repartidor de Planta . . . . .	48
7.6. Segunda Planta en Escala de grises . . . . .	51
7.7. Plano Telecomunicaciones Segunda Planta . . . . .	52
7.8. Plano Vertical Telecomunicaciones Simplificado . . . . .	53
7.9. Plano Telecomunicaciones Planta Baja . . . . .	54
8.1. Diagrama de Gantt del proyecto. . . . .	56
8.2. Presupuesto Detallado del Proyecto . . . . .	56

# Índice de tablas

---

5.1. Tabla de Aplicaciones y su Criticidad . . . . .	16
5.2. Distribución de usuarios humanos y usuarios de red por planta . . . . .	21
5.3. Rangos de Direcciones IP Privadas . . . . .	22
6.1. Asignación de redes por VLAN . . . . .	26
7.1. Comparativa de routers de distintos fabricantes . . . . .	43
7.2. Consumo de energía de dispositivos de red . . . . .	49
8.1. Cronograma del Proyecto . . . . .	55
A.1. Distribución de espacios en Sótano . . . . .	60
A.2. Distribución de espacios en Planta Baja . . . . .	60
A.3. Distribución de espacios en Primera Planta . . . . .	60
A.4. Distribución de espacios en Segunda Planta . . . . .	61
A.5. Distribución de espacios en Tercera Planta . . . . .	61
A.6. Distribución de espacios en Cuarta Planta . . . . .	62
A.7. Distribución de espacios en Quinta Planta . . . . .	62
A.8. Distribución de espacios en Sexta Planta . . . . .	62
A.9. Total de capacidad del edificio . . . . .	62
D.1. Metros de canalización por planta . . . . .	77
E.1. Resumen de Tomas de Telecomunicaciones y Puntos de Red . . . . .	78
E.2. Cálculo de Metros Extra por Nivel . . . . .	78
E.3. Resumen de Metraje de Cableado . . . . .	79

# **Índice de extractos de código**

---

6.1. Configuración del Router Perimetral . . . . .	28
6.2. Configuración del Switch Core . . . . .	29
6.3. Configuración Switch de Distribución . . . . .	34
6.4. Configuración Switch de Acceso . . . . .	35

# 1. Introducción

---

En el presente trabajo se tratará el despliegue de red para un edificio. Es un proyecto típico de ingeniería y que se ha de realizar cada vez que se construye un nuevo edificio, ya sea un edificio público, privado o de viviendas. Se pondrá el foco en el despliegue de una red para una entidad empresarial o pública, ya que para ambas el enfoque es muy parecido.

## 1.1. Justificación

Como alumno del grado de Ingeniería Informática - Ingeniería de Computadores he tratado los varios ámbitos de la informática que cubre esta titulación, he pasado por el hardware más elemental hasta el software más sofisticado. Pero una parte de esta titulación son las redes de computadores, contamos con 3 asignaturas que tratan este ámbito. Desde antes de entrar a la carrera, las redes es algo que me ha interesado bastante, y el cómo se monta una red de nivel empresarial en contraste con una red doméstica era un tema sin explorar para mí. Aunque ya tenía algunas ideas de como sería la labor de desarrollar una red de tipo empresarial, este trabajo me ha ayudado a indagar y conseguir conocimientos acerca de esta disciplina que no había podido conseguir en las asignaturas ya mencionadas.

Por tanto, la justificación de este proyecto no es otra que las ganas de aprender y profundizar en el ámbito de las redes y adquirir nuevos conocimientos. Que sea un proyecto *típico* de ingeniería no lo hace más fácil que un proyecto de investigación, ya que te enfrentas a una serie de estándares que debes de cumplir y en general tienes más con lo que te pueden comparar.

## 1.2. Elección del Edificio

Originalmente, se quería elegir para este proyecto el edificio del CATEPS al cual le están construyendo actualmente el aulario y tenía algo más de sentido realizar una instalación de red para un edificio que aún no se encuentra en funcionamiento. Sin embargo, no fue posible obtener los planos del edificio, por tanto, se tuvo que descartar la idea.

Alternativamente, se eligió el edificio de la Facultad de Física por ser un edificio muy simétrico e ideal para un proyecto académico. Asimismo, se tenía un fácil acceso a los planos, por lo tanto, se presentaba como una excelente opción y por ello se escogió.

Para la realización de esta propuesta se ha supuesto que el edificio de la Facultad de Física requiere una instalación de red desde cero, como si se tratara de un edificio de nueva construcción.

### **1.3. Objetivos del Proyecto**

El proyecto presentará los siguientes objetivos:

1. Diseño lógico de la red
2. Diseño físico de la red
3. Búsqueda de componentes físicos para la red
4. Presupuestar la red
5. Implementar *Wireless*

### **1.4. Alcance del Proyecto**

El proyecto se limitará al diseño de la red y presupuestarla, es decir, no se indagará en su implementación real más allá de mostrar los planos de telecomunicaciones del edificio y crear un cronograma para el proyecto.

Se seguirá una metodología de trabajo *Top-Down* y los capítulos de este documento están en consonancia con las fases de esta metodología, a excepción de la fase de implementación por ser este un trabajo académico que no implica el despliegue en el mundo físico de la red.

## 2. Estado del Arte

---

La infraestructura de red en los edificios modernos ha trascendido su función tradicional de mera conectividad para convertirse en un pilar fundamental de la gestión operativa, la eficiencia energética y la experiencia del usuario. La digitalización acelerada, la proliferación de dispositivos [Internet of Things \(IoT\)](#) y la creciente demanda de aplicaciones de alto ancho de banda están impulsando una evolución sin precedentes en el diseño y despliegue de redes.

### 2.1. Evolución y Tendencias en Redes de Campus

La gestión de campus y edificios se ha vuelto considerablemente más compleja y desafiante, abarcando una gama más amplia de públicos objetivo, oportunidades y dificultades que en el pasado. Esta complejidad exige una mayor dependencia de la información basada en evidencia para respaldar la toma de decisiones estratégicas. La red, en este contexto, evoluciona de un mero conducto de datos a un sistema inteligente que facilita la gestión proactiva y la optimización de recursos.

La digitalización actual va más allá del simple escaneo de documentos para crear PDFs; implica añadir valor intrínseco a los activos digitales. Esto impone la necesidad de redes capaces de soportar contenido Enriquecido, con requisitos de alto ancho de banda y diversos mecanismos de entrega. Las redes deben ser lo suficientemente robustas para manejar no solo el tráfico de datos tradicional, sino también flujos de video 4K, experiencias de realidad virtual/aumentada y el creciente volumen de datos generados por el [IoT](#).

En el ámbito de la seguridad, el enfoque actual está cambiando. En lugar de evaluar cada conexión de red de forma aislada, las nuevas tecnologías de seguridad consideran factores como la identidad del usuario y la naturaleza de la aplicación. La Gestión de Dispositivos Móviles ([Mobile Device Management \(MDM\)](#)) también desempeña un papel crucial en la protección de la confidencialidad de la información en una multitud de dispositivos conectados.

Las redes empresariales están siendo transformadas por varias tecnologías emergentes:

- **5G y 6G:** La tecnología 5G ya ofrece conectividad más rápida, confiable y con menor latencia, lo que impulsa aplicaciones en tiempo real y el [IoT](#) en entornos empresariales. Se prevé que el 6G, aunque en fases iniciales, ofrezca velocidades hasta 100 veces superiores a 5G con latencia casi nula.
- **Edge Computing:** Esta tendencia acerca el procesamiento de datos al punto de origen, reduciendo drásticamente la latencia para aplicaciones en tiempo real como el [IoT](#) y el análisis de [Inteligencia Artificial \(IA\)](#). También mejora la seguridad de los datos al limitar su tránsito a través de la red central.

- **IA y Machine Learning (ML) en Redes:** La integración de IA y ML permite una automatización avanzada en la gestión de redes, facilitando el mantenimiento predictivo, la optimización dinámica de recursos y la seguridad proactiva.
- **Elasticidad de Red y Preparación para la Nube:** Las redes modernas deben ser inherentemente flexibles, capaces de escalar la capacidad de forma sencilla y rápida, incorporar protección de seguridad integrada y estar diseñadas para la nube. Esto impulsa la adopción de **Network as a Service (NaaS)** y **Secure Access Service Edge (SASE)**, que ofrecen un mejor rendimiento y una reducción de costos al permitir una gestión de la infraestructura basada en software y una conectividad rápida y segura a los servicios en la nube.
- **Virtualización de Funciones de Red (Network Function Virtualization (NFV)):** NFV permite a las organizaciones desplegar funciones de red como firewalls, routers y平衡adores de carga en software, en lugar de depender de hardware dedicado. Esto reduce la necesidad de hardware especializado, disminuyendo los costos operativos y de capital, y mejorando la agilidad y escalabilidad de la red.

## 2.2. Tecnologías Clave para Redes Modernas

### 2.2.1. Estándares de Cableado Estructurado

La capa física sigue siendo el cimiento de cualquier red, y la elección del cableado estructurado es fundamental para el rendimiento actual y la preparación para el futuro. Esta decisión impacta directamente el ancho de banda, la distancia de transmisión, la inmunidad a las interferencias y el costo total de la infraestructura.

#### Cableado de Cobre

- **Cat6:** Este estándar soporta velocidades de 10 Gigabit Ethernet (10 Gbps) a distancias de hasta 100 metros, con un ancho de banda de 500 MHz. Ofrece una protección superior contra la diafonía exógena y un mejor soporte para aplicaciones **Power over Ethernet (PoE)**. El Cat6a es ampliamente considerado como el “punto ideal” para la mayoría de los entornos comerciales, ya que equilibra eficazmente el rendimiento, la longevidad y el costo. Utiliza el conector RJ45 estándar y cuenta con el reconocimiento de los estándares EIA/TIA e ISO, lo que facilita su instalación y compatibilidad.
- **Cat7:** El cable Cat7 soporta 10 Gbps a distancias de hasta 100 metros y presenta un ancho de banda de 600 MHz. Su principal ventaja radica en su blindaje completo (SFTP o SSTP), que proporciona una protección mejorada contra las interferencias electromagnéticas (**Electromagnetic Interference (EMI)**) y de **Radio-Frequency Interference (RFI)**. Sin embargo, el Cat7 es más costoso y menos flexible que el Cat6a, y a menudo requiere conectores no

estándar (como GG45 o TERA), lo que puede limitar su compatibilidad con equipos existentes.

- Cat8: Representa un salto significativo en el rendimiento, ofreciendo velocidades de hasta 40 Gbps a una distancia máxima de 30 metros, con un ancho de banda de 2000 MHz. A pesar de su impresionante capacidad, el Cat8 conlleva un costo sustancialmente mayor, una flexibilidad reducida y requisitos de instalación más complejos.

## Fibra Óptica

La fibra óptica transmite datos mediante pulsos de luz, lo que le confiere una velocidad y capacidades de distancia inigualables, inmunidad total a las interferencias electromagnéticas, un ancho de banda ultraalto y una seguridad excelente. Es el medio preferido para las redes troncales y las conexiones de alta velocidad.

Por un lado, existe la fibra multimodo (MMF) ideal para distancias más cortas. Dentro de esta:

- OM1 (núcleo de 62.5  $\mu\text{m}$ ): Soporta 10 Gigabit Ethernet (10 GbE) en longitudes de hasta 33 metros. Utiliza una fuente de luz LED.
- OM2 (núcleo de 50  $\mu\text{m}$ ): Soporta 10 GbE en distancias de hasta 82 metros. También utiliza una fuente de luz LED.
- OM3 (núcleo de 50  $\mu\text{m}$ , cubierta aguamarina): Optimizada para equipos basados en láser. Soporta 10 GbE en longitudes de hasta 300 metros. Además, es capaz de soportar 40 GbE y 100 GbE hasta 100 metros de distancia.
- OM4 (núcleo de 50  $\mu\text{m}$ , cubierta aguamarina): Retrocompatible con OM3 y optimizada para transmisión láser VSCEL. Permite 10 GbE hasta 550 metros y 40/100 GbE hasta 150 metros si se utiliza un conector MPO.
- OM5 (fibra multimodo de banda ancha, cubierta verde lima): Es el tipo de fibra multimodo más reciente, diseñada para soportar al menos cuatro canales WDM con una velocidad mínima de 28 Gb/s por canal.

Por otro lado, se halla la fibra monomodo (SMF) diseñada para enviar datos en largas distancias.

- OS1: Fibra monomodo básica para conexiones de larga distancia.
- OS2: Vidrio monomodo de mayor rendimiento y bajo pico de agua, ofreciendo una mejor calidad de señal para tiradas muy largas.

### 2.2.2. Redes Inalámbricas

La conectividad inalámbrica se ha transformado de una mera conveniencia a una necesidad fundamental en los entornos de edificios modernos. Los estándares Wi-Fi recientes, como Wi-Fi 6/6E y el emergente Wi-Fi 7, han introducido avances

significativos para abordar las crecientes demandas de ancho de banda, capacidad y menor latencia.

### Wi-Fi 6 (802.11ax)

Lanzado oficialmente en 2019, Wi-Fi 6 tiene una velocidad máxima teórica de hasta 9.6 Gbps. Su principal objetivo fue mejorar la eficiencia de la red más que la velocidad bruta de transmisión de datos. Incorpora tecnologías clave como [Orthogonal Frequency-Division Multiple Access \(OFDMA\)](#) y [Multi-User Multiple-Input Multiple-Output \(MU-MIMO\)](#), que mejoran el rendimiento en entornos densos, reducen la latencia y aumentan la fiabilidad de la conectividad. Una característica destacada es [Target Wake Time \(TWT\)](#), que optimiza la eficiencia energética al programar los tiempos de activación de los dispositivos, permitiéndoles permanecer en modo de suspensión cuando no transmiten ni reciben datos. Esto prolonga significativamente la vida útil de la batería de dispositivos como smartphones y dispositivos IoT.

### Wi-Fi 6E

Wi-Fi 6E es una extensión del estándar Wi-Fi 6 que añade soporte para la banda de frecuencia de 6 GHz. Esta banda adicional proporciona canales más amplios (hasta 160 MHz) y un espectro adicional sin las interferencias presentes en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. El resultado es una reducción de la congestión, un aumento del flujo de datos y una mejora general de la capacidad y el alcance, lo que es especialmente beneficioso en entornos con alta densidad de dispositivos.

### Wi-Fi 7 (802.11be)

Wi-Fi 7, también conocido como 802.11be, está diseñado para llevar el rendimiento aún más lejos. Sus velocidades teóricas pueden alcanzar hasta 46 Gbps, lo que lo hace 4.8 veces más rápido que Wi-Fi 6 y 13 veces más rápido que Wi-Fi 5. Opera en las tres bandas de frecuencia (2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz) y duplica el ancho de banda máximo del canal a 320 MHz.

### 2.2.3. Power over Ethernet

[PoE](#) es una tecnología que simplifica el despliegue de dispositivos al permitir que la corriente eléctrica y los datos se transmitan simultáneamente a través de un único cable Ethernet conectado a una Red de Área Local (LAN). Esto elimina la necesidad de adaptadores de corriente o tomas de corriente dedicadas para cada dispositivo, lo que reduce la complejidad del cableado y los costos de instalación.

El funcionamiento de [PoE](#) se basa en la capacidad de los cables Ethernet para transportar tanto corriente eléctrica como datos utilizando pares de cables separados. Un inyector Ethernet, a menudo integrado en un switch [PoE](#), introduce

la electricidad en el cable, que es detectada y utilizada por el dispositivo alimentado en el otro extremo. Si el dispositivo conectado no es compatible con PoE, la energía no se envía, lo que garantiza la seguridad.

#### 2.2.4. Arquitecturas de Red

Las arquitecturas de red son fundamentales para garantizar la escalabilidad, la fiabilidad y el rendimiento de la infraestructura de comunicaciones en cualquier edificio o campus. Dos modelos predominantes definen el diseño de redes modernas: el modelo jerárquico tradicional (Núcleo-Distribución-Acceso) y la arquitectura Spine-Leaf, más orientada a centros de datos.

##### Modelo Jerárquico

Este diseño divide la red en capas distintas para optimizar el control del tráfico, mejorar los tiempos de respuesta y maximizar el rendimiento general de la red.

- Capa de Acceso: Es el punto de entrada a la red para los dispositivos, como ordenadores, teléfonos móviles e impresoras. Los switches en esta capa suelen tener una alta densidad de puertos y son responsables de proporcionar conectividad, implementar políticas de seguridad (como autenticación 802.1X, seguridad de puertos y aislamiento de VLAN), aplicar políticas de [Quality of Service \(QoS\)](#) y, a menudo, soportar PoE para alimentar dispositivos.
- Capa de Distribución: Actúa como intermediario entre la capa de acceso y la capa de núcleo. Su función principal es agregar el tráfico de la capa de acceso y encaminarlo hacia la capa de núcleo. Esta capa realiza el enrutamiento entre VLANs, aplica políticas de filtrado y seguridad más complejas, y proporciona redundancia y balanceo de carga para la capa de núcleo. También es crucial para aislar problemas de red, evitando que un fallo en un segmento afecte a todo el sistema.
- Capa de Núcleo (Core): Es la columna vertebral de alta velocidad de la red, encargada de la transmisión rápida de datos y el intercambio de tráfico entre las diferentes capas de distribución. Esta capa debe caracterizarse por un gran ancho de banda, baja latencia y alta disponibilidad. Su diseño se centra en la velocidad y la eficiencia, con redundancia para asegurar la continuidad del servicio y una rápida recuperación ante fallos.

Los beneficios de este diseño jerárquico incluyen la simplificación del diseño de la red, la facilitación de la escalabilidad, la mejora del rendimiento, la mantenibilidad y la gestión general de la red.

## **Arquitectura Spine-Leaf**

La arquitectura Spine-Leaf es una topología de red de dos capas que ha ganado popularidad, especialmente en entornos de centros de datos, pero con creciente aplicabilidad en redes de campus modernas.

Consiste en switches de capa “leaf” (hoja) y switches de capa “spine” (columna vertebral). Los switches leaf actúan como switches de acceso, agregando el tráfico de los servidores y dispositivos finales, y se conectan directamente a los switches spine. Los switches spine, por su parte, interconectan todos los switches leaf en una topología de malla completa.

A diferencia del modelo de tres capas, la arquitectura Spine-Leaf colapsa una de las capas, eliminando la necesidad del Protocolo de Árbol de Expansión (STP) y permitiendo el uso de todas las rutas disponibles simultáneamente. Esto resulta en un mayor uso de switches de puerto fijo en lugar de modulares para el backbone y, a menudo, más cableado debido a la mayor interconexión. Su enfoque es de “escalado horizontal” (scale-out) en lugar de “escalado vertical” (scale-up).

## **2.3. Proveedores y Soluciones Relevantes en el Mercado**

El mercado está dominado por un grupo de grandes actores que ofrecen una amplia gama de soluciones, mientras que otros se especializan en nichos específicos como el cableado estructurado o los sistemas de antenas distribuidas (DAS).

- Cisco Systems Inc.: Sigue siendo el actor individual más grande en redes empresariales, con una cuota de mercado del 60% en enrutamiento y commutación. Ofrece una ventanilla única para casi cualquier necesidad de red, con productos diseñados para funcionar de manera cohesiva.
- Hewlett Packard Enterprise (HPE) / Aruba: Aruba es el nombre más importante en el espacio de LAN inalámbrica fuera de Cisco, y un líder reconocido en infraestructura LAN alámbrica e inalámbrica. Representa aproximadamente el 20% de los ingresos globales en redes inalámbricas. Aruba se ha expandido al mercado de commutación de núcleo con su sistema operativo ArubaOS-CX, centrado en la visualización y gestión para entornos IoT.
- Juniper Networks Inc.: Es un líder junto a Cisco en el sector de redes de centros de datos. Sus soluciones están bien integradas y son reconocidas por funcionar eficazmente con productos de terceros. Juniper fue pionero en la adopción de redes de malla y otras topologías de red de próxima generación, y su software es altamente valorado por favorecer marcos abiertos que se integran sin problemas con otras partes de la red.
- Huawei Technologies Co. Ltd.: Este gigante asiático opera en múltiples segmentos del mercado de redes empresariales, incluyendo redes de núcleo,

WLAN y WAN. Ocupa el segundo lugar detrás de Cisco en el mercado de conmutación y enrutamiento, y el tercero en WLAN a nivel mundial.

- Arista Networks Inc.: Se enfoca en las redes de centros de datos y es una empresa líder global en esta área. Comparte el cuadrante de "líderes" con Cisco en el Magic Quadrant de Gartner para enrutamiento y conmutación de núcleo, ofreciendo soluciones diversas y flexibles.

# 3. Metodología del Proyecto

---

## 3.1. Enfoque Top-Down para el Diseño de Redes

El diseño de redes *Top-Down* (de arriba hacia abajo) es una metodología que comienza por analizar las necesidades y objetivos de un cliente antes de seleccionar tecnologías y dispositivos específicos. Este enfoque se basa en los principios del análisis de sistemas estructurados, buscando representar con precisión las necesidades del usuario, que a menudo pueden ser ignoradas o mal representadas en otros enfoques.

La metodología *Top-Down* inicia el proceso de diseño en las capas superiores del modelo de referencia [Open Systems Interconnection \(OSI\)](#), como la capa de aplicación, antes de descender a las capas inferiores. Esto significa que se centra en comprender las aplicaciones y el transporte de datos antes de seleccionar routers, switches y medios de red que operan en las otras capas. También implica explorar las estructuras organizacionales y de grupo del cliente para identificar a los usuarios del servicio de red y recopilar información crucial para el éxito del diseño.

Una característica importante del diseño *Top-Down* es que es iterativo. Inicialmente, se busca obtener una visión general de los requisitos del cliente antes de profundizar en detalles técnicos específicos, como el comportamiento de los protocolos, los requisitos de escalabilidad o las preferencias tecnológicas. El modelo lógico y el diseño físico pueden evolucionar a medida que se recopila más información.

La adopción del enfoque *Top-Down* para este proyecto se justifica por las siguientes ventajas:

- Evita problemas inesperados: Al realizar un análisis exhaustivo de los requisitos antes de seleccionar la tecnología, se pueden evitar problemas comunes de escalabilidad y rendimiento que surgen cuando no se comprenden completamente las necesidades del cliente.
- Representación precisa de las necesidades del usuario: El enfoque estructurado busca comprender y reflejar fielmente lo que los usuarios necesitan de la red.
- Gestión del proyecto: Divide el proyecto en módulos más manejables y fáciles de mantener o modificar
- Escalabilidad y adaptabilidad: La modularidad y la jerarquía, conceptos fundamentales del diseño *Top-Down*, facilitan la expansión de la red y el diseño de elementos replicables a medida que la red crece.
- Rendimiento optimizado: La jerarquía en el diseño de la topología y el direccionamiento contribuye a un rendimiento optimizado, una convergencia

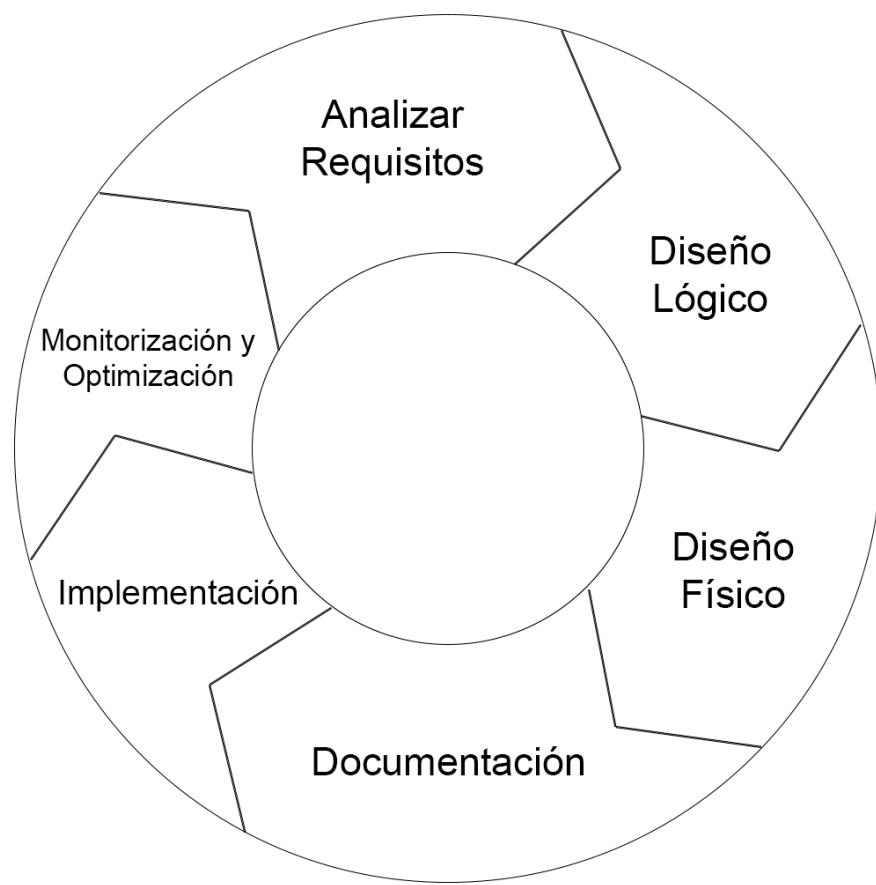
más rápida de los protocolos de enrutamiento y un uso más eficiente de los recursos de red.

- Facilidad de operación: Mejora la capacidad de gestión, resolución de problemas y actualización de la red.
- Selección de tecnologías adecuada: Una sólida comprensión de los requisitos del cliente, obtenida en la fase inicial, es fundamental para seleccionar las tecnologías que mejor satisfacen los criterios de éxito.
- Robustez y escalabilidad de la gestión: Considerar la gestión de red desde las primeras etapas del diseño hace que el diseño final sea más escalable y robusto.

El proceso de diseño *Top-Down* sigue un ciclo de vida, a menudo representado como un ciclo de diseño e implementación de red. Las fases principales de este ciclo son:

- Análisis de Requisitos: Implica identificar los objetivos comerciales y técnicos del cliente, caracterizar la red existente y analizar el tráfico de red. Esta es la fase más importante del diseño *Top-Down*.
- Diseño Lógico: Se desarrolla una topología de red, modelos de direccionamiento y nombramiento, y se seleccionan los protocolos de switching y enrutamiento. También se desarrollan estrategias de seguridad y gestión de red.
- Diseño Físico: Se seleccionan las tecnologías y dispositivos específicos para implementar el diseño lógico, incluyendo cableado, protocolos de capa 1 y 2, y dispositivos de interconexión. Se basa en las fases anteriores
- Pruebas, Optimización y Documentación: Los pasos finales incluyen escribir e implementar un plan de pruebas, construir prototipos si es necesario, optimizar el diseño basándose en los resultados de las pruebas y documentar el trabajo en una propuesta de diseño. La monitorización y optimización pueden ser un paso continuo.

Este ciclo se repite a medida que se necesitan mejoras o la necesidad de nuevas aplicaciones.



**Figura 3.1:** Ciclo de Vida de la Metodología

# 4. Planificación del Trabajo Fin de Grado

---

La planificación que se ha seguido para completar este Trabajo de Fin de Grado ha estado fundamentada en la metodología explicada en el capítulo anterior. Se distinguen 4 fases diferenciadas:

La primera constituye el análisis de requisitos y la planificación del trabajo. En ella se invirtió tiempo en la formación de programas como Cisco Packet Tracer y AutoCAD. Además, fue en esta fase donde se estudió la legislación vigente, se seleccionó el edificio sobre el que se realizaría el trabajo, se analizaron los planos y se llevaron a cabo diversas estimaciones.

La segunda fase fue dirigida al diseño de la red lógica. La tercera fase se destinó al diseño de la red física. Y la última fase corresponde al proceso de confeccionamiento de este documento.

Sin embargo, la labor de documentación ha sido constante a lo largo del proyecto, ya que es imposible retener de memoria todo lo que ha sido realizado. Con este propósito, se ha utilizado un diario escrito de sesiones, en el que se ha registrado todo lo que se consideró interesante de cara a la memoria final. Ha sido una herramienta muy útil y sin la cual este proyecto no hubiera ni siquiera arrancado.

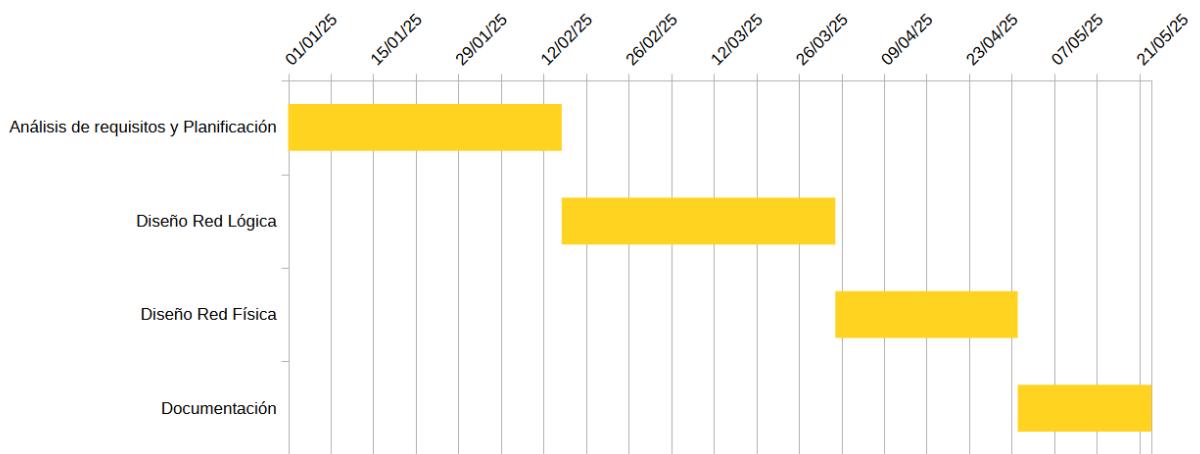
## 4.1. Planificación Inicial

Inicialmente, se estimó una duración del proyecto de unas 21 semanas, iniciando el proyecto el día 1 de enero de 2025 y finalizando el día 23 de mayo de 2025. Se valoró una duración equivalente para las fases de análisis de requisitos y el diseño de la red lógica. Le seguiría la red física y por último la documentación del proyecto. Se puede apreciar en la figura 4.1 un diagrama de Gantt con este fin.

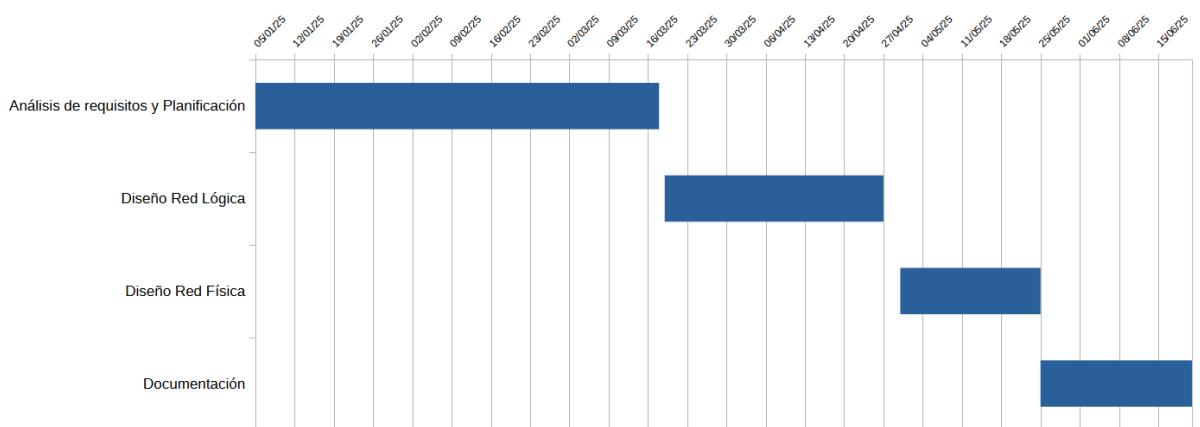
## 4.2. Planificación Final

Finalmente, el proyecto duró más tiempo del considerado en un principio, con una duración total de 25 semanas. Esto se ha debido principalmente a una duración mucho mayor de la fase de análisis a la esperada en primera instancia. Por lo demás, el resto de etapas han tenido una duración similar a la que se había previsto.

La confección del presupuesto se incluye dentro de esta planificación en la fase del diseño de la red física como etapa final de la misma.



**Figura 4.1:** Planificación Inicial del Trabajo Fin de Grado



**Figura 4.2:** Cronograma Temporal del Trabajo Fin de Grado

El proyecto comenzó el 5 de enero del 2025 y terminó el 21 de junio del mismo año.

A continuación, se presenta un diagrama de Gantt correspondiente al cronograma final del proyecto en la figura 4.2.

# 5. Análisis de Necesidades y Requisitos

---

En este capítulo se tratará el análisis y las necesidades del edificio de la Facultad de Física. En este caso, al ser un trabajo académico, no ha existido una comunicación directa con ningún cliente ni reuniones de las que obtener información, por tanto, se ha hecho una aproximación de lo que se podría esperar si un edificio educativo como la Facultad de Física solicitara la realización de un proyecto de estas características.

## 5.1. Identificación de Usuarios y Perfiles

En la Facultad de Física se han determinado 3 tipos de usuarios bien diferenciados: alumnos, Personal Docente e Investigador (PDI) y Personal Técnico de Gestión, Administración y Servicios (PTGAS). De manera adicional se podría considerar también al personal de mantenimiento de la red, a los técnicos que trabajarán en la facultad. Cada uno de estos usuarios necesitará un tipo de aplicaciones concretas y se debe de estructurar la red en base a eso.

## 5.2. Análisis de Aplicaciones y Servicios Críticos

En el libro *Top-Down Network Design, 3rd Edition — Cisco Press [1]* que se ha utilizado como referencia se aborda este tema con profundidad en el primer capítulo del libro. Se habla de analizar bien las circunstancias de la empresa, saber si hay disputas internas o no, y en general una serie de conceptos ajenos en primera instancia al ámbito técnico, pero que repercuten en la viabilidad del proyecto. Se ha partido de una simplificación de todo lo que se trata en ese capítulo, ya que es demasiado complejo y gastaría demasiado tiempo para lo que realmente se quiere llevar a cabo.

La idea fundamental es que se deben realizar reuniones con el cliente e intentar extraer los requisitos y aplicaciones que se necesitarán en base a su lenguaje informal. Pero por encima de todo, se han de identificar las aplicaciones que se deben de implementar. En esta metodología, este paso es el más importante, ya que si se comienza desde de un mal análisis de los requisitos se llegará sin remedio a una solución que no se adapta a lo que el cliente quería realmente.

Para este análisis, se toma como base la tabla 5.1 En ella se recogen las necesidades de aplicaciones que tienen los diferentes perfiles dentro de la organización. Sigue el modelo OSI y la columna *tipo* intenta reflejar en que parte del modelo se encuentra la aplicación. Estas descripciones no son absolutas y no

Nombre Aplicacion	Tipo	Criticidad
Red Alumnos	VLAN	Muy Crítica
Red Profesorado	VLAN	Muy Crítica
Red Consejería	VLAN	Algo Crítica
Red de Servidores	VLAN	Algo Crítica
Servicio Consigna	FTP	No Crítica
Wi-Fi	Internet	Algo Crítica
Servidor Web	HTTP	Muy Crítica
Servidor Correo	Email	Muy Crítica
VoIP	Internet Voice	No Crítica
Ethernet	Internet	Muy Crítica

**Tabla 5.1:** Tabla de Aplicaciones y su Criticidad

están sujetas a ningún tipo de estandarización, así que al final se debe de elegir un tipo de aplicación que sea fácilmente reconocible.

En cuanto a la criticidad, una aplicación *muy crítica* es esencial para el correcto funcionamiento de la red según los requerimientos del cliente. Son las aplicaciones que primero se deben abordar e implementar, las demás aplicaciones con menores niveles de criticidad no deben de interferir con estas.

Las aplicaciones *algo críticas* se quedan en un terreno un tanto ambiguo, son aplicaciones que favorecerían notablemente el funcionamiento de la red acorde a los requerimientos del cliente, pero que no son esenciales por sí mismas. Poseen el segundo nivel de prioridad.

Las aplicaciones *no críticas* presentan el nivel de prioridad más bajo, son complementarias y por ende su implementación no mejora notablemente el producto. Como se ha explicado, esta tabla se confecciona a partir de lo que dice el cliente, por tanto, para cada proyecto y cada cliente esta tabla será distinta y con distintos niveles de criticidad. En este caso, al no existir un cliente real, se han propuesto algunos ejemplos de lo que podría pedir un cliente que pertenezca a una facultad educativa.

Comenzando por las VLANs, su carácter es fundamental. Al existir 3 tipos de usuarios, alumnos, profesorado y personal de consejería, cada uno necesitará su respectiva VLAN. Esto cumple tanto un propósito de seguridad de la red como de segregación del tráfico, habrá recursos del profesorado que no deberían de poder ser accesibles por el alumnado, habrá recursos de la consejería que no deban ser accesibles desde el profesorado o alumnado, etc. Además, se ha agregado una VLAN dedicada para los servidores de la facultad, con un propósito de tenerlos diferenciados del resto de la red. No cumple ningún criterio en específico, sin embargo, ayuda a que sea más organizado.

Como se puede observar, las redes críticas en este escenario son tanto la de alumnos como la de profesores. Esto es debido a que las funciones que cumplen tanto la red de consejería como la red de servidores se podrían incluir en la red de profesorado, aunque no fuera lo ideal. El mayor riesgo, por tanto, es que los

alumnos pudieran acceder a recursos no autorizados.

Considerando ahora las aplicaciones *algo críticas*, el Wi-Fi es una de ellas. Se adelanta que en este trabajo no se ha llegado a implementar la red Wi-Fi, pero es algo que a día de hoy es prácticamente fundamental en una organización. Es infrecuente que un usuario exclusivamente vaya a utilizar el ordenador de sobremesa asignado a un puesto de trabajo, es muy habitual tener el teléfono móvil conectado a la red de la universidad o la utilización de un ordenador portátil. Siendo así, ¿Por qué es una aplicación *algo crítica*? La respuesta reside en la naturaleza de este tipo de aplicaciones. Como se razonó anteriormente, la *algo criticidad* es un término un tanto anfibológico. La red wifi no es necesaria para la existencia de la infraestructura de red. En la práctica, los elementos estructurales de la red van por medio de cableado y antaño las redes eran solo cableadas. A causa de lo antes dicho, su implementación no es *esencial* para la existencia de la red y cumplir los requisitos del cliente. No obstante, la implementación de la red wifi si mejora sustancialmente la red, por tanto, entraría dentro del término *algo crítico*. A pesar de no haber sido implementada, la red wireless sí ha sido tenida en cuenta a la hora de estimar el volumen de usuarios máximos que albergaría la futura red.

Tanto el servidor de correo electrónico como el servidor web se han designado como *críticos*, ya que la facultad necesitará una página web y correo electrónico para los usuarios. Esto no entra tanto en el objetivo de este trabajo que es desplegar la red como infraestructura, pero es conveniente incluirlo en las aplicaciones que necesitará el cliente.

El servidor ftp que comúnmente en la comunidad universitaria se le llama *consigna* y el servicio VoIp se han calificado como *no críticos*. El servidor ftp, por un lado, porque no da una mejora trascendental a la red y el servicio VoIp porque no hay propósito de tratarlo en este trabajo.

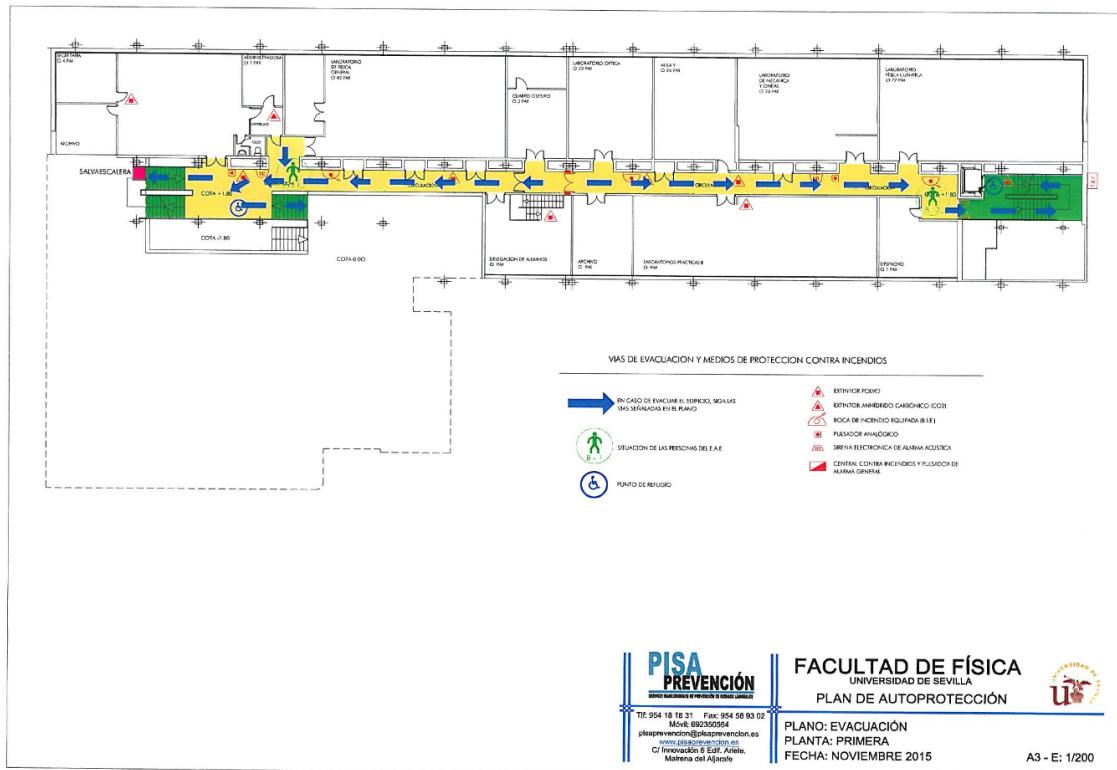
El servicio de Ethernet se ha valorado como *crítico* por ser la base de la interconexión de la red.

### 5.3. Estudio de la Infraestructura Física del Edificio

Una vez se han examinado las aplicaciones necesarias para el cliente, es preciso analizar los planos del edificio y estudiar su estructura.

Los planos que se emplearán para este proyecto son los que vienen incluidos en el plan de autoprotección del edificio de la Facultad de Física. No son los planos más óptimos para hacer un proyecto de ingeniería de esta índole, ya que vienen saturados de figuras correspondientes al plan de evacuación. Poseen una mala calidad de imagen, ya que parecen haber sido escaneados y a su vez, no están escalados correctamente.

Como se puede apreciar en la figura 5.1 correspondiente a la primera planta del edificio, el plano está preparado para un folio A3 y tiene una escala de E:1/200. Cuando se descarga el plano, este se presenta en A4, por tanto, la escala que



**Figura 5.1:** Primera Planta del edificio de Física

manifesta no es correcta. Este a su vez carece de ningún tipo de cota o referencia que se pueda usar para calcular la misma. Puede parecer un problema menor, pero no tener el plano bien escalado es una traba bastante grave, ya que a la hora de diseñar cableado impedirá saber cuantos metros de cable han sido utilizados. Además, aunque aún no se ha tratado la legislación vigente, se necesita la escala correcta del plano para poder ubicar el edificio en la clasificación de estos por áreas de plantas, pero esto se analizará más adelante.

Una puerta arquetípica mide alrededor de unos 90 cm de ancho, en el edificio hay tanto puertas simples como puertas dobles. La solución que se adoptó para asegurar el cálculo correcto de la escala fue ir presencialmente al edificio y medir una puerta doble que previamente había sido localizada en el plano de la primera planta. Quizá no sea la solución más refinada, pero era efectiva y podía ser llevada a cabo.

La puerta doble mide 120 cm en la realidad, sabiendo esto solo hay que medir la puerta en el dibujo que son unos 0,4 cm y obtener la escala.

$$\text{Escala} = \frac{\text{Medida del dibujo}}{\text{Medida Real}} = \frac{0,4 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} = \frac{0,4 \text{ cm}/0,4 \text{ cm}}{120 \text{ cm}/0,4 \text{ cm}} = \frac{1}{300} \quad (5.1)$$

Por las razones antes mencionadas, se concluye que para un A4 la escala del plano es de 1/300.

### 5.3.1. Legislación como parte de los requisitos

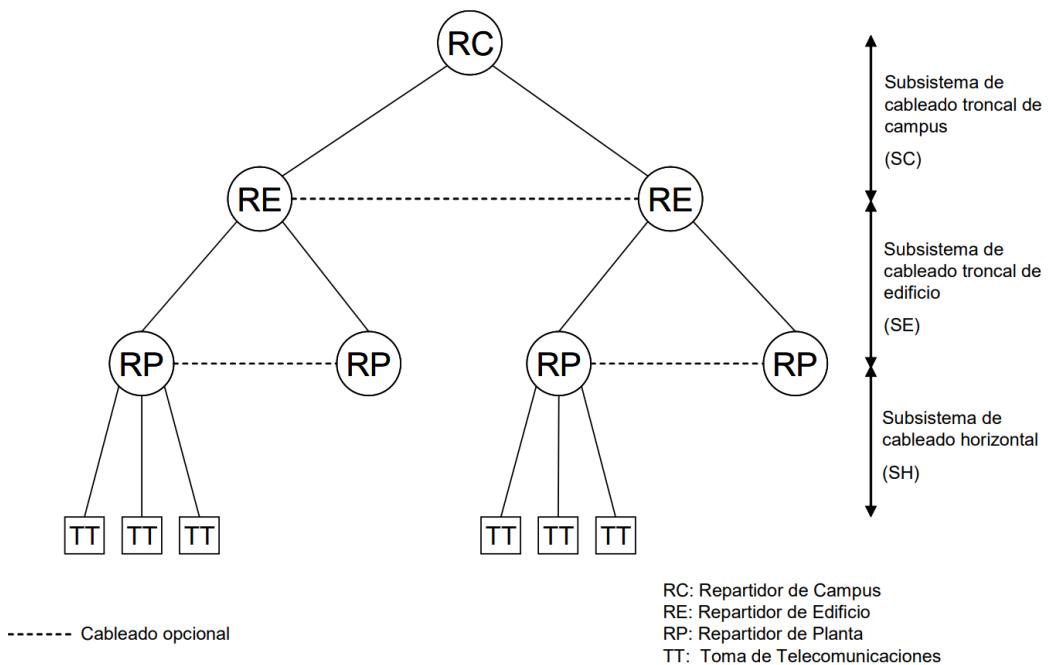
En Andalucía la normativa de Cableado Estructurado se rige por el *Anexo 01 Orden Cableado Estructurado* accesible desde la web de la Junta de Andalucía. En este anexo se explican una serie de subsistemas aplicados al cableado estructurado.

Se mencionan los Repartidores de Campus, Repartidores de Edificio, Repartidores de planta y las tomas de telecomunicaciones. Ahora bien, ¿hasta dónde se ha de llegar? ¿Es necesario un Repartidor de Campus? ¿Y el de Edificio? Para ello se cuenta con la tabla 5.3 que viene en el anexo.

La Facultad de Física es un edificio aislado de 8 plantas: Sótano, Planta Baja, Planta Primera, Planta Segunda, Planta Tercera, Planta Cuarta, Planta Quinta y Planta Sexta. Si se mide su área se contabilizan unos 1600,25 metros cuadrados. Con estos datos se razona que es necesario implementar un Repartidor de Planta y un Repartidor de edificio.

La Facultad de Física es un edificio con una casi total simetría entre plantas que facilitará la futura instalación de cableado, exceptuando la planta baja que es ligeramente distinta de las demás.

Como inconveniente, no se posee el plano eléctrico, por tanto, no se puede tener en cuenta a la hora de instalar el cableado para evitar posibles interferencias.



**Figura 5.2:** Estructura Jerárquica Del Cableado Genérico extraída del anexo

		Edificios aislados			Conjuntos de dos o más edificios		
		Una planta	Dos plantas	Más de dos plantas	Una planta	Dos plantas	Más de dos plantas
Superficie de plantas	< 500 m <sup>2</sup>	(RP)	(RP)	(RP) (RE)	(RP) (RC)	(RP) (RC)	(RP) (RE) (RC)
	> 500 m <sup>2</sup> < 1000 m <sup>2</sup>	(RP)	(RP) (RE)	(RP) (RE)	(RP) (RC)	(RP) (RE) (RC)	(RP) (RE) (RC)
	> 1000 m <sup>2</sup>	(RP) (RE)	(RP) (RE)	(RP) (RE)	(RP) (RE) (RC)	(RP) (RE) (RC)	(RP) (RE) (RC)

RP Repartidor de Planta     
 RE Repartidor de Edificio     
 RC Repartidor de Campus

**Figura 5.3:** Matriz Relación Sedes-Subsistemas

## 5.4. Requisitos de Rendimiento

Una vez analizado el edificio es necesario empezar a vislumbrar que requisitos de rendimiento atesorará la red. Una red universitaria deberá poseer la capacidad de soportar un gran volumen de tráfico sin caer, por ello es indispensable realizar una estimación del volumen de usuarios de red máximos que albergará la red para elegir el cableado y los dispositivos físicos en consecuencia cuando tratemos la fase del diseño de la red física.

El enfoque que se ha utilizado consiste en aprovechar el plano de la Facultad de Física. En él aparecen en cada habitación una unidad muy frecuente en arquitectura, los PAX, esta unidad hace referencia al número de personas para el que está destinado una habitación en concreto. La calidad del plano constituye un problema, ya que en algunas habitaciones el texto es totalmente ilegible. El proceso es algo rudimentario, hay que ir planta por planta sumando los PAX para dar con el número máximo de usuarios humanos para el que está diseñado dicha planta. Nótese que se habla de usuarios humanos y no usuarios de red, ya que por usuario humano hay más de un usuario de red. Una persona puede conectar su teléfono, ordenador portátil y emplear un ordenador de sobremesa de un puesto de trabajo, por ejemplo. Esto se analizará más adelante.

A continuación se presenta la tabla con el número de usuarios humanos por planta y el número de usuarios humanos máximos del edificio. Para la suma detallada por planta véase apéndice A.

Para hacer una estimación general se puede valorar que cada usuario humano tendrá unos 2,5 dispositivos reales. A esto se le suma un 10 % adicional dedicado a impresoras, teléfonos IP, etc. La fórmula final para calcular los Usuarios de Red es, por tanto:

<b>Planta</b>	<b>Usuarios Humanos</b>	<b>Usuarios Red</b>
Sótano	44	121
Baja	205	564
Primera	189	520
Segunda	339	933
Tercera	239	658
Cuarta	113	311
Quinta	61	168
Sexta	289	795
<b>TOTAL</b>	<b>1479</b>	<b>4070</b>

**Tabla 5.2:** Distribución de usuarios humanos y usuarios de red por planta

$$\text{Usuarios de Red} = \text{Usuarios Humanos} \times 2,5 + \text{Usuarios Humanos} \times 2,5 \times 0,1 \quad (5.2)$$

$$\text{Usuarios de Red} = \lceil \text{Usuarios Humanos} \times 2,75 \rceil \quad (5.3)$$

Se decide utilizar el techo, ya que saldrían números decimales. Con esto se efectúa la aproximación y se colige que el edificio podría tener 4070 usuarios de red simultáneos al mismo tiempo como máximo. Con esto en mente se puede deducir el direccionamiento CIDR que se empleará.

El direccionamiento que se utilizará en la red es parte fundamental de como se articulará la red lógica. Si bien se abordará en el capítulo dedicado a la red lógica en mayor profundidad, hay varias cosas que se pueden inferir de antemano.

Las redes modernas se sirven de [Classless Inter-Domain Routing \(CIDR\)](#). Para obtener el prefijo de red necesario se puede utilizar esta fórmula:

$$\text{Número de Hosts} = 2^{(32 - \text{PrefijoDeRed})} - \text{Dirección de Broadcast} - \text{Dirección de red} \quad (5.4)$$

$$= 2^{(32 - \text{PrefijoDeRed})} - 2 \quad (5.5)$$

Sabiendo que se precisa cubrir un máximo de 4070 direcciones, se recurrirá a un /20.

$$\text{Número de Hosts} = 2^{(32 - 20)} - 2 = 4094$$

Comprendido esto ya se pueden observar de entre los rangos de direcciones privadas cuál se podría manejar. Sin embargo, será discutido en su capítulo correspondiente.

**Tabla 5.3:** Rangos de Direcciones IP Privadas

Clase	Rango de Direcciones	Prefijo de Red (CIDR)	Número de Hosts
A	10.0.0.0 - 10.255.255.255	/8	16.777.214
B	172.16.0.0 - 172.31.255.255	/12	1.048.574
C	192.168.0.0 - 192.168.255.255	/16	65.534

## 5.5. Requisitos de Seguridad

Aunque no se ha abordado ampliamente este aspecto en este trabajo, aquí se presentan los requisitos de seguridad que debería cumplir una red para un edificio acorde a la legislación vigente.

### 5.5.1. Seguridad Física

Los equipos críticos deben instalarse en salas de comunicaciones o armarios protegidos contra acceso no autorizado, robo, vandalismo y desastres naturales como inundaciones, incendios, tormentas y terremotos. Se recomienda que las salas de comunicaciones cuenten con acceso controlado, por ejemplo, mediante tarjeta o vigiladas por guardias de seguridad.

Los armarios deben estar asegurados al suelo o la pared para proteger el equipo de terremotos y vientos fuertes durante tormentas. El espacio alrededor de los armarios debe ser suficiente (mínimo 1 metro a cualquier pared) para permitir el mantenimiento.

En edificios compartidos, las salas de comunicaciones pueden ser comunes, pero los armarios (repartidores) deben ser independientes para cada organismo, garantizando autonomía en la gestión del sistema. Se recomienda que las salas compartidas sean el doble de grandes. Los armarios deben tener cierres laterales desmontables con cerradura y cerraduras de seguridad en puertas delanteras y traseras.

### 5.5.2. Protección Contra Incendios

Se debe utilizar cableado con cubiertas retardantes al fuego, de baja emisión de humos no tóxicos y libres de halógenos. Las salas de comunicaciones deben tener en cuenta las directrices indicadas en el Código Técnico de la Edificación para la seguridad en caso de incendios.

### 5.5.3. Requisitos Eléctricos Dedicados

La alimentación eléctrica para el equipo del sistema de cableado estructurado y los equipos informáticos debe ser una instalación de uso exclusivo, independiente

del suministro de otros circuitos del edificio. Esta instalación eléctrica dedicada debe partir de los elementos de mando y protección de cabecera de la instalación eléctrica general del edificio.

La instalación eléctrica debe ser doble, con circuitos de corriente de [Sistema de Alimentación Ininterrumpida \(SAI\)](#) y circuitos de corriente “no [SAI](#)”.

En una [Instalación Eléctrica Dedicada \(IED\)](#) básica, ambos circuitos deben llegar a las tomas de corriente de las salas y armarios de comunicaciones y a los equipos servidores críticos en el [Centro de Procesamiento de Datos \(CPD\)](#). Se recomienda que todas las tomas del [CPD](#) tengan alimentación [SAI](#).

En una [IED](#) ampliada, además de lo anterior, los dos circuitos deben llegar a cada toma de corriente de los puestos de trabajo de los usuarios. La mitad de las tomas de cada puesto de usuario deben tener corriente [SAI](#).

Se recomienda que la [IED](#) esté centralizada desde la sala de comunicaciones principal, con un [Cuadro Eléctrico General \(CEG\)](#).

Las tomas de corriente conectadas a circuitos [SAI](#) deben ser de color rojo, y las no-[SAI](#) de color blanco.

Las tomas de corriente deben tener toma de tierra.

Cada circuito se recomienda que alimente un máximo de 8 tomas, con protección diferencial para el grupo y magnetotérmica por puesto de usuario. Los cuadros eléctricos deben tener protección de cabecera.

La instalación eléctrica dedicada debe cumplir el Reglamento [Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión \(RBT\)](#).

#### 5.5.4. Compatibilidad Electromagnética ([CEM](#))

El cableado en sí, al ser componentes pasivos, no está sujeto directamente a normas [CEM](#), pero se deben seguir los requisitos de instalación de las normas EN-50714-1, EN-50714-2 y EN-50714-3 para mantener las prestaciones electromagnéticas del sistema de tecnología de la información (que incluye equipos activos).

Se deben reducir al mínimo los cruces de cables de datos con cables de corriente, haciéndolos en ángulo recto si son inevitables.

Las canalizaciones de circuitos de fuerza y alumbrado deben estar separadas al menos 10 cm de las canalizaciones de datos; se recomienda una distancia mínima de 30 cm.

Se debe mantener una distancia mínima de 50 cm a tubos fluorescentes y evitar pasar cerca de elementos inductivos (ascensores, máquinas de aire acondicionado, motores).

Todos los elementos metálicos (bandejas, armarios, cables apantallados) deben conectarse a tierra, idealmente a un sistema de puesta a tierra dedicado si existe.

### **5.5.5. Instalación de Cableado**

Se deben evitar torceduras, tirones, radios de curvatura inferiores a 5 cm y estrangulamiento de cables con bridas.

No sobrecargar las canalizaciones.

En sistemas apantallados, la malla del cable debe conectarse a la carcasa metálica del conector y a la toma de tierra del panel.

La conexión de cables a tomas y paneles debe seguir procedimientos especificados, minimizando el destrenzado y respetando radios de curvatura.

Se deben utilizar descargadores contra sobretensiones en los extremos de conexión de los cables de cobre, especialmente en el subsistema troncal de campus.

El cableado en zonas de riesgo (ej. sótanos) debe estar protegido contra agentes externos físicos y eléctricos.

Se recomienda usar cubiertas protectoras contra roedores y humedad para las mangueras de cable en los subsistemas troncales de edificio y campus.

### **5.5.6. Seguridad de Datos y Comunicaciones**

Proteger la confidencialidad de los datos (solo usuarios autorizados pueden ver información sensible). Esto a menudo se logra mediante cifrado.

Asegurar la integridad de los datos (solo usuarios autorizados pueden cambiar información sensible, asegurar que los mensajes recibidos son los enviados). Esto se logra con mecanismos de verificación de integridad, a menudo usando hashes.

Garantizar la disponibilidad del sistema y los datos (acceso ininterrumpido a recursos importantes). Los problemas de seguridad no deben interrumpir la capacidad de la organización para realizar negocios. La redundancia ayuda a la disponibilidad.

# 6. Diseño de la Red Lógica

---

Después de analizar los requisitos y necesidades del cliente, el siguiente paso es el diseño de la red lógica. El objetivo en esta parte es poner en el centro las funciones y estructura de la red antes de adentrarse a seleccionar tecnologías concretas.

A la hora de trabajar en esta fase se hará uso de Cisco Packet Tracert para las simulaciones.

## 6.1. Definición de la Topología de Red Lógica

Dado que el edificio tiene 8 plantas, se requiere una topología que consiga interconectar estas plantas y además se adecúe a lo que se espera a nivel físico según la normativa.

Se precisa primeramente de un router perimetral que será la puerta de entrada y salida para la red hacia el exterior, este deberá de implementar [Network Address Translation \(NAT\)](#). Después se hará uso de un switch core que maneje el enrutamiento entre vlans. Por cada planta se necesitará un switch de distribución que se conecte al switch core y maneje las vlans de su planta. Por último serán precisos switches de acceso para conectar a los usuarios finales a la red.

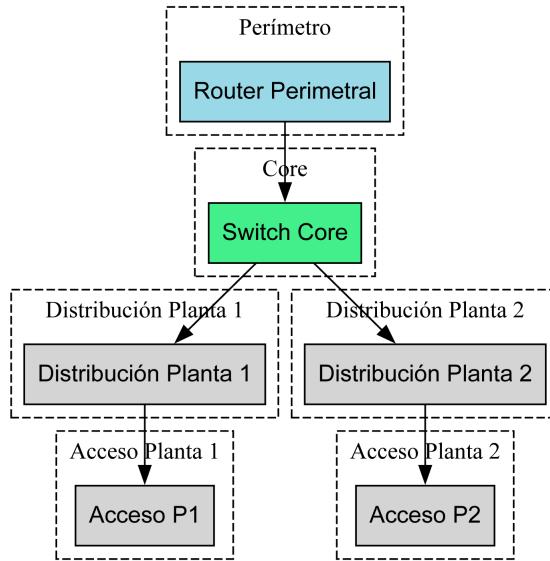
Por tanto, se estará empleando una estructura de red jerárquica, que de manera simplificada se vería así en la figura [6.1](#).

## 6.2. Esquema de Direcciónamiento IP

De las diversas redes privadas que se pueden elegir se ha optado por utilizar la red 10.0.0.0/8, ya que es una red que visualmente facilita la comprensión de ciertos conceptos y porque realmente no hay un motivo de rendimiento detrás de utilizar otra subred que admita menos dispositivos. Como se vio en el capítulo [5](#), la red necesita como mínimo un /20 para albergar todos los usuarios, optando por la red 10.0.0.0/8 se cumple ese requisito.

### 6.2.1. VLANs

En el capítulo [5](#) se estudiaron también los perfiles de usuarios que presentaría la red y en la tabla [5.1](#) ya se dio por hecho que serían necesarias las [Virtual Local Area Network \(VLAN\)](#). Utilizar la red 10.0.0.0/8 no es casualidad aquí, ya que permite ver de manera muy clara que VLAN es cada una.



**Figura 6.1:** Grafo Topología Jerárquica

Se propone el siguiente esquema: 10.x.0.0/16, siendo x la vlan. Como van a ser implementadas 4 vlans, las redes para cada una de estas quedarían tal que así:

VLAN	Red
Alumnos	10.10.0.0/16
Profesores	10.20.0.0/16
Consejería	10.30.0.0/16
Servidores	10.40.0.0/16

**Tabla 6.1:** Asignación de redes por VLAN

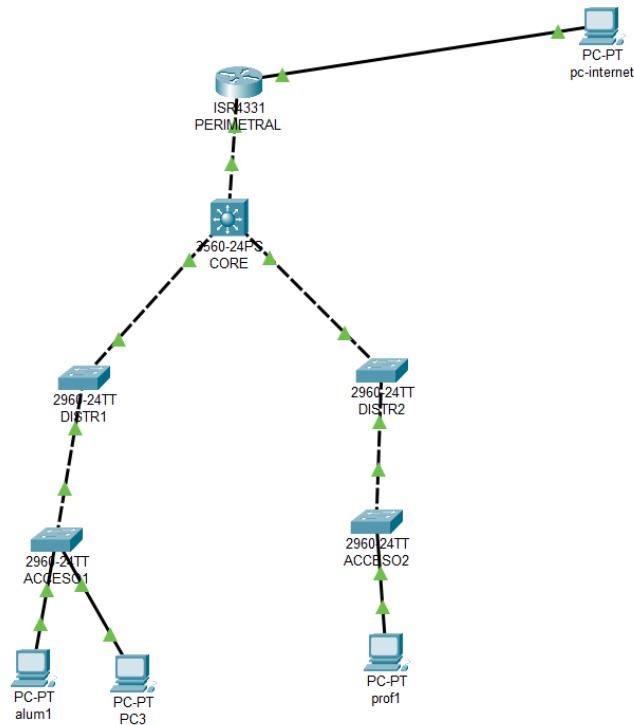
Motivos para esta separación hay varios. Primero, aislar el tráfico entre redes. Segundo, clarificar el tipo de usuario que está usando la red. Por último, añadir seguridad, ya que con las VLAN se pueden implementar ACL y otros mecanismos que serán vistos más adelante.

### 6.3. Simulación (Configuración Cisco Packet Tracert)

Como se anticipó al principio del capítulo, se usará Cisco Packet Tracert para simular la red y comprobar si lo que progresivamente es diseñado se adecúa a lo que realmente se requiere.

Dado que esto es un trabajo académico y no se ejecutará un despliegue físico real de la red, es útil indagar en este aspecto para tratar el asunto de las configuraciones de los dispositivos y como implementar la ideas que surgen en el proceso en un sistema en funcionamiento.

Según la metodología *top-down* esta parte debería de ir en la fase 4 de implementación, pero, dado que en este caso no va a existir un despliegue real de



**Figura 6.2:** Estructura Jerárquica de la red vista en Cisco Packet Tracert

la red, se ha considerado más adecuado añadir aquí las configuraciones hipotéticas que se deberían de efectuar en los routers porque se hace más cómodo para el lector. Se incluye en esta fase del proyecto porque coincide con el momento en el que se efectuaron las pruebas antes de entrar con el diseño de la red física.

Como puede verse en la figura 6.2, así es como se vería la estructura jerárquica simplificada en Cisco Packet Tracert. Para toda la parte de simulación se emplea esta versión simplificada de dos plantas para facilitar el trabajo de las pruebas, ya que toda configuración que se haga simplemente se ha de repetir en las sucesivas plantas.

Como se dilucidó, la red se compone de un router perimetral, un switch core, un switch de distribución por planta y los pertinentes switches de acceso. Además, se expuso que serán implementadas VLAN y ACL para aumentar la seguridad.

### 6.3.1. Router Perimetral

El router perimetral será la puerta de entrada y salida de la red, deberá de implementar NAT y comunicarse con el switch core, que será la base de la red. El enrutamiento de las VLAN es misión del switch core en esta arquitectura de red, aunque en redes más simples el router perimetral y switch core pueden verse fusionados en un único dispositivo.

En la presente configuración se hace referencia a nombres de puertos físicos que se simularon en Cisco Packet Tracert. Además, hay que tener en cuenta que los

dispositivos usados en el simulador no son los mismos que se utilizaran en el diseño de la red física.

```
1 enable
2 configure terminal
3 interface GigabitEthernet0/0/1
4 ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
5 ip nat inside
6 no shutdown
7 ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 192.168.100.2
8 ip routing
9 interface GigabitEthernet0/0/0
10 ip address 200.0.0.1 255.255.255.0
11 ip nat outside
12 no shutdown
13 access-list 1 permit 10.0.0.0 0.255.255.255.255
14 ip nat inside source list 1 interface GigabitEthernet0/0/0 overload
15 exit
```

#### Extracto de código 6.1: Configuración del Router Perimetral

La red que se halla entre el router perimetral y el switch core es la 192.168.100.0/24. Se recurre a esta red para diferenciarla bien de las VLAN internas que se construyen en base a la red 10.0.0.0/8.

Analizando el extracto de código por partes se puede ver que la interfaz *GigabitEthernet0/0/1* se configura como la interfaz interna de la red LAN con la dirección IP 192.168.100.1 y máscara de subred 255.255.255.0. Se utiliza el comando *ip nat inside*, indicando que el tráfico que pasa por esta interfaz será considerado “dentro” de la red.

Por otro lado, la interfaz *GigabitEthernet0/0/0* se configura como la interfaz externa, la que va hacia el exterior, con la dirección IP 200.0.0.1 y máscara de subred 255.255.255.0. Se utiliza el comando *ip nat outside*, lo que significa que el tráfico que atraviesa esta interfaz es considerado “fuera” de la red.

En ambas el comando *no shutdown* indica que las interfaces permanecerán activas.

El comando *ip routing* activa el enrutamiento del router. *ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 192.168.100.2* establece una ruta estática. Esto indica que cualquier tráfico destinado a la red 10.0.0.0 (o a cualquier subred dentro de ese rango /8) debe ser enviado a la dirección 192.168.100.2. Esta dirección de red pertenece al switch core.

En este punto se empiezan a utilizar algunas [Access Control List \(ACL\)](#), con el comando *access-list 1 permit 10.0.0.0 0.255.255.255.255* se define qué direcciones IP de la red interna (10.0.0.0/8) están permitidas para ser traducidas.

Con el comando *ip nat inside source list 1 interface GigabitEthernet0/0/0 overload* se permite la conectividad a Internet. Configura NAT con traducción de puertos. Esto significa que todo el tráfico originado en las direcciones IP permitidas por la *access-list 1* (red interna) que sale por la interfaz *GigabitEthernet0/0/0* (interfaz

externa) tendrá su dirección IP privada traducida a la dirección IP pública de la interfaz GigabitEthernet0/0/0 (200.0.0.1). “Overload” permite que múltiples hosts internos comparten esa misma dirección IP pública utilizando diferentes puertos.

### 6.3.2. Switch Core

El Switch de Capa 3 se encargará de enrutar todo el tráfico de la red y de las distintas vlans.

```
1 enable
2 configure terminal
3 vlan 10
4 name ALUMNOS
5 vlan 20
6 name PROFESORES
7 vlan 30
8 name CONSEJERIA
9 vlan 40
10 name SERVIDORES
11 exit
12 interface vlan 10
13 ip address 10.10.0.1 255.255.0.0
14 no shutdown
15 interface vlan 20
16 ip address 10.20.0.1 255.255.0.0
17 no shutdown
18 interface vlan 30
19 ip address 10.30.0.1 255.255.0.0
20 no shutdown
21 interface vlan 40
22 ip address 10.40.0.1 255.40.0.0
23 no shutdown
24 exit
25 ip routing
26 ip access-list extended ALUMNOS_FILTER
27 permit udp any any range 67 68
28 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.20.0.0 0.0.255.255
29 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.30.0.0 0.0.255.255
30 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.40.0.0 0.0.255.255
31 permit ip 10.10.0.0 0.0.255.255 any
32 interface vlan 10
33 ip access-group ALUMNOS_FILTER in
34 interface GigabitEthernet0/1
35 description Enlace al Router Perimetral
36 no switchport
37 ip address 192.168.100.2 255.255.255.0
38 no shutdown
39 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.1
40 ip routing
```

```

41 ip dhcp pool ALUMNOS
42 network 10.10.0.0 255.255.0.0
43 default-router 10.10.0.1
44 ip dhcp pool PROFESORES
45 network 10.20.0.0 255.255.0.0
46 default-router 10.20.0.1
47 ip dhcp pool CONSEJERIA
48 network 10.30.0.0 255.255.0.0
49 default-router 10.30.0.1
50 ip dhcp pool SERVIDORES
51 network 10.40.0.0 255.40.0.0
52 default-router 10.40.0.1
53 ip dhcp excluded-address 10.10.0.1 10.10.0.50
54 ip dhcp excluded-address 10.20.0.1 10.20.0.50
55 ip dhcp excluded-address 10.30.0.1 10.30.0.50
56 ip dhcp excluded-address 10.40.0.1 10.40.0.50

```

### Extracto de código 6.2: Configuración del Switch Core

## Creación VLANs

```

1 enable
2 configure terminal
3 vlan 10
4 name ALUMNOS
5 vlan 20
6 name PROFESORES
7 vlan 30
8 name CONSEJERIA
9 vlan 40
10 name SERVIDORES
11 exit

```

Como en la sección anterior se explicará el código paso por paso. En este caso, al ser la configuración del switch core algo extensa, se dividirá en secciones para hacerlo más claro.

El comando *enable* permite entrar en el modo privilegiado del dispositivo. Es el primer paso para realizar cualquier cambio de configuración.

Con *configure terminal* se entra al modo de configuración global, desde donde se pueden realizar cambios en el dispositivo.

vlan 10, name ALUMNOS, y las líneas siguientes: Aquí se están creando las **VLAN**. Una VLAN es una forma de segmentar lógicamente la red. En lugar de tener una red física grande, se crean redes virtuales más pequeñas para diferentes grupos.

- VLAN 10 recibe el nombre de ALUMNOS.
- VLAN 20 recibe el nombre de PROFESORES.

- VLAN 30 recibe el nombre de CONSEJERIA.
- VLAN 40 recibe el nombre de SERVIDORES.

Con esta sección de código se ha logrado crear los segmentos virtuales de la red, las **VLAN**.

## Configuración de Interfaces VLAN

```

1 interface vlan 10
2 ip address 10.10.0.1 255.255.0.0
3 no shutdown
4 interface vlan 20
5 ip address 10.20.0.1 255.255.0.0
6 no shutdown
7 interface vlan 30
8 ip address 10.30.0.1 255.255.0.0
9 no shutdown
10 interface vlan 40
11 ip address 10.40.0.1 255.255.0.0
12 no shutdown
13 exit
14 ip routing

```

El comando *interface vlan X* crea y permite configurar una **Switch Virtual Interface (SVI)** para cada **VLAN**. Una SVI es una interfaz lógica en un switch de capa 3 que permite actuar como un router para esa **VLAN**. Es el punto de entrada/salida para el tráfico de esa **VLAN** en el switch y actúa como su puerta de enlace predeterminada.

VLAN 10 (ALUMNOS): Se le asigna la IP 10.10.0.1 con máscara 255.255.0.0. Los dispositivos en la VLAN de Alumnos usarán esta IP como su gateway. VLAN 20 (PROFESORES): 10.20.0.1 con /16. VLAN 30 (CONSEJERIA): 10.30.0.1 con /16. VLAN 40 (SERVIDORES): 10.40.0.1 con /16.

Como se vio anteriormente el comando *ip routing* habilita las capacidades de enrutamiento del switch. Sin él, el switch solo funcionaría en Capa 2 (comunicación) y el tráfico no podría fluir entre las diferentes VLANs.

Mediante este proceso se han creado las distintas vlans y se les ha asignado su correspondiente dirección IP. Ahora, el switch puede dirigir el tráfico de una VLAN a otra, permitiendo que los alumnos se comuniquen con los profesores si es necesario, o con los servidores, etc.

## Configuración de Listas de Control de Acceso (ACL) para Seguridad

```

1 ip access-list extended ALUMNOS_FILTER
2 permit udp any any range 67 68
3 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.20.0.0 0.0.255.255

```

```

4 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.30.0.0 0.0.255.255
5 deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.40.0.0 0.0.255.255
6 permit ip 10.10.0.0 0.0.255.255 any
7 interface vlan 10
8 ip access-group ALUMNOS_FILTER in

```

*ip access-list extended ALUMNOS\_FILTER:* Se crea una **ACL** extendida con el nombre ALUMNOS\_FILTER. Las **ACL** son conjuntos de reglas que permiten o deniegan el tráfico de red basándose en criterios como direcciones IP de origen/destino, puertos y protocolos. El término **extended** indica que esta ACL permite el uso de criterios más detallados que una ACL estándar.

*permit udp any any range 67 68:* Esta regla permite el tráfico UDP con puertos de origen o destino en el rango 67-68. Estos puertos son utilizados por el protocolo **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)**, y es fundamental permitir este tráfico para que los clientes puedan obtener automáticamente su configuración de red (dirección IP, puerta de enlace predeterminada, servidores DNS, etc.).

*deny ip 10.10.0.0 0.0.255.255 10.20.0.0 0.0.255.255 (y las siguientes líneas):* Estas son las reglas clave de seguridad para la segmentación de la red:

- 10.10.0.0 0.0.255.255: Representa la red de origen (VLAN ALUMNOS). La notación 0.0.255.255 es una *wildcard mask* que corresponde a una máscara de subred 255.255.0.0, es decir, una red 10.10.0.0/16.
- 10.20.0.0 0.0.255.255: Representa la red de destino (VLAN PROFESORES).

Estas líneas, en conjunto, deniegan el tráfico IP desde la red de ALUMNOS hacia las redes de PROFESORES, CONSEJERIA y SERVIDORES. Esto asegura que los estudiantes no puedan acceder directamente a los recursos ubicados en estas otras VLAN.

*permit ip 10.10.0.0 0.0.255.255 any:* Después de las reglas de denegación explícita, esta línea permite todo el demás tráfico IP originado en la red de ALUMNOS hacia cualquier otro destino. Esto posibilita que los alumnos puedan salir a Internet y acceder a cualquier otro recurso no denegado explícitamente por las reglas anteriores. Es crucial que esta regla de permiso se encuentre después de las reglas de denegación, ya que las **ACL** se procesan de forma secuencial desde la primera regla hasta la última.

*interface vlan 10 ; ip access-group ALUMNOS\_FILTER in:* Mediante estos comandos, la ACL ALUMNOS\_FILTER se aplica a la interfaz VLAN 10 en dirección in (de entrada). Esto implica que cada paquete que intenta entrar en la interfaz VLAN 10 será evaluado por las reglas definidas en esta ACL.

## Conectividad al Router Perimetral

```

1 interface GigabitEthernet0/1
2 description Enlace al Router Perimetral
3 no switchport

```

```

4 ip address 192.168.100.2 255.255.255.0
5 no shutdown
6 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.1
7 ip routing

```

Se procede con la explicación de los comandos interesantes de esta sección.

El comando *no switchport* es crucial. Por defecto, las interfaces de un switch actúan como puertos de Capa 2. Este comando las convierte en interfaces de Capa 3, lo que significa que pueden tener una dirección IP y participar en el enrutamiento.

*ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.1* define la ruta predeterminada. Le dice al switch que si no sabe cómo llegar a una red específica, envíe ese tráfico a la dirección IP 192.168.100.1 (que es la interfaz del Router Perimetral). En la práctica, esto significa que todo el tráfico destinado a Internet (o a cualquier red fuera de la red local que no esté explícitamente enrutada) será enviado al router perimetral.

Al final de este bloque se logra configurar el camino por el cual el tráfico que no pertenece a la red local saldrá hacia internet.

## Configuración de Servidor DHCP

```

1 ip dhcp pool ALUMNOS
2 network 10.10.0.0 255.255.0.0
3 default-router 10.10.0.1
4 ip dhcp pool PROFESORES
5 network 10.20.0.0 255.255.0.0
6 default-router 10.20.0.1
7 ip dhcp pool CONSEJERIA
8 network 10.30.0.0 255.255.0.0
9 default-router 10.30.0.1
10 ip dhcp pool SERVIDORES
11 network 10.40.0.0 255.40.0.0
12 default-router 10.40.0.1
13 ip dhcp excluded-address 10.10.0.1 10.10.0.50
14 ip dhcp excluded-address 10.20.0.1 10.20.0.50
15 ip dhcp excluded-address 10.30.0.1 10.30.0.50
16 ip dhcp excluded-address 10.40.0.1 10.40.0.50

```

*ip dhcp pool <nombre\_del\_pool>*: Se crea un pool de DHCP (un conjunto de direcciones IP disponibles para asignación) para cada una de las VLAN.

*network <dirección\_de\_red> <máscara>*: Define el rango de la red desde el cual se asignarán las direcciones IP.

*default-router <ip\_gateway>*: Especifica la dirección IP de la puerta de enlace predeterminada que se entregará a los clientes de esa red. Como se vio antes, es la IP de la SVI de esa VLAN.

*ip dhcp excluded-address <inicio\_rango> <fin\_rango>:* Estas líneas son muy importantes. Indican al servidor DHCP que no asigne las direcciones IP dentro de los rangos especificados. Generalmente, estas IPs se reservan para dispositivos que necesitan direcciones estáticas (como servidores, impresoras de red, o los propios dispositivos de red como el switch o router). Aquí se excluyen las primeras 50 direcciones de cada subred.

El switch actúa como un servidor DHCP, asignando automáticamente direcciones IP, máscaras de subred y puertas de enlace a todos los dispositivos que se conecten a las VLAN. Esto simplifica enormemente la gestión de la red, evitando la configuración manual de IP en cada dispositivo.

### 6.3.3. Switch Distribución

```
1 enable
2 configure terminal
3 vlan 10
4 name ALUMNOS
5 vlan 20
6 name PROFESORES
7 vlan 30
8 name CONSEJERIA
9 vlan 40
10 name SERVIDORES
11 interface GigabitEthernet0/1
12 description Enlace a Switch Capa 3
13 switchport mode trunk
14 switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40
15 exit
16 exit
```

#### Extracto de código 6.3: Configuración Switch de Distribución

El switch de distribución actúa como un punto medio entre el switch core y los switches de acceso.

En cuanto a su configuración, lo único que cambia y es destacable en comparación a los anteriores dispositivos es la línea *switchport mode trunk* y las siguientes. De esta manera se le dice al switch que esa interfaz será usada como enlace troncal por donde pasará el tráfico de múltiples VLAN. En la siguiente línea se definen que VLANs están permitidas para utilizar el enlace troncal

### 6.3.4. Switch Acceso

La presente configuración es meramente un ejemplo basado en la topología simple que se mostró en la figura 6.2, cada switch de acceso deberá de ser configurado dependiendo de los usuarios finales que vayan a ser conectados a este switch y sus puertos correspondientes. En el ejemplo que se presenta únicamente

se configuran puertos de acceso para las vlans de Alumnos y Profesores, pero es bastante ilustrativo de como se haría con las demás vlans. Por lo tanto, hay que tener en cuenta que usuarios finales serán conectados a qué puertos de los switches de acceso para la configuración.

```

1 enable
2 configure terminal
3 vlan 10
4 name ALUMNOS
5 vlan 20
6 name PROFESORES
7 vlan 30
8 name CONSEJERIA
9 vlan 40
10 name SERVIDORES
11 interface GigabitEthernet0/1
12 description Enlace a Switch Distribucion
13 switchport mode trunk
14 switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40
15 interface range FastEthernet0/1-11
16 description Puertos para ALUMNOS
17 switchport mode access
18 switchport access vlan 10
19 interface range FastEthernet0/11-20
20 description Puertos para PROFESORES
21 switchport mode access
22 switchport access vlan 20
23 exit
24 exit

```

#### **Extracto de código 6.4: Configuración Switch de Acceso**

Lo único destacable que no haya sido dicho ya es la configuración de los puertos de acceso a las vlans, como se puede ver en las líneas 15 hasta la 18. En estas se utiliza el comando *switchport mode access* para indicar al switch que será un puerto de acceso y con el comando *switchport access vlan x* se indica la VLAN a la que será conectada dicho puerto.

#### **6.3.5. Red Externa**

Para la simulación de la red externa se ha utilizado un PC conectado al router perimetral con una IP pública.

Parámetro	Valor
Puerta de Enlace	200.0.0.1
IP	200.0.0.2
Máscara de Red	255.255.255.0

## 6.4. Estrategias de Enrutamiento y Redundancia

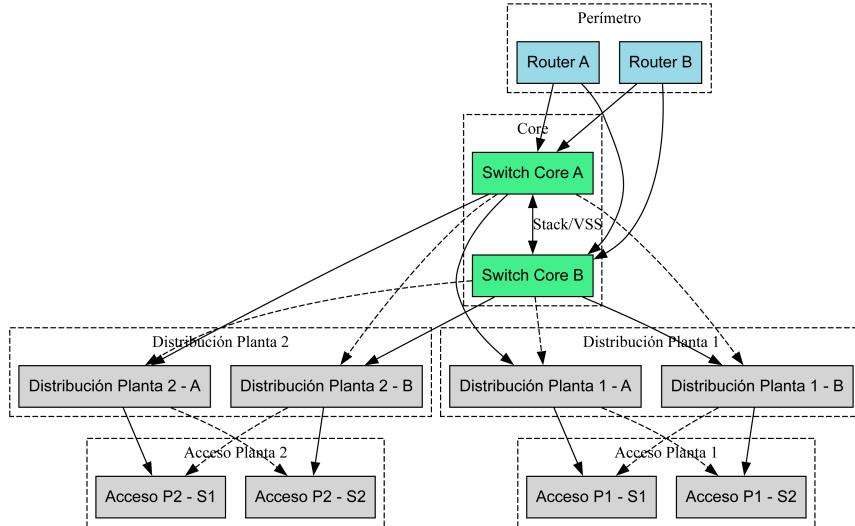
En los anteriores apartados se ha visto la estructura de la red simplificada, sin entrar en redundancias. El caso es que hay ciertos dispositivos de la red que son bastante críticos, si estos fallan la red entera colapsa. A la hora de plantear las redundancias de los dispositivos hay que hacer un balance entre lo que nos cuesta la redundancia y lo que nos aporta.

Empezando por el router perimetral, tener un segundo router sería bueno. Este segundo router perimetral podría ser el de otra facultad del campus al que se pudiera conectar la red en un momento dado si el router del edificio cayera. Se utilizaría un protocolo de redundancia de gate way. Es el punto de entrada/salida a Internet o Redes externas. Si este falla, toda la red queda aislada del exterior. Se adelanta aquí que en la red física se ha considerado este router extra como algo fuera del edificio, como el router de otra facultad del campus.

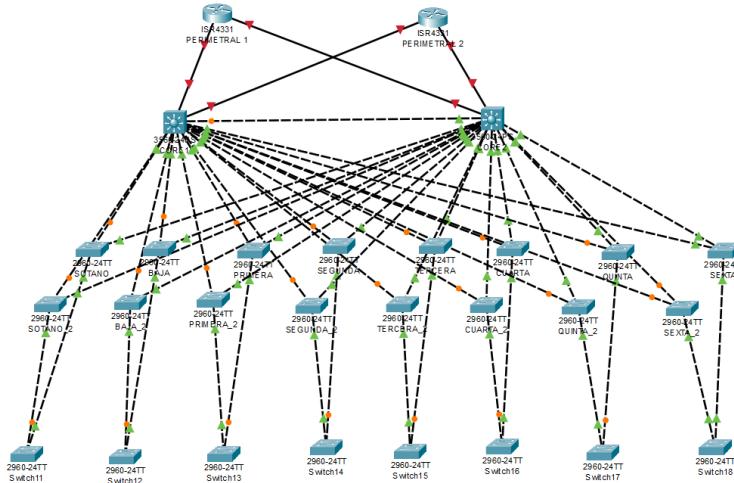
En cuanto al switch core, es el núcleo de la red. Es casi más crítico que el router perimetral, porque con la caída del perímetro el acceso al exterior es denegado, pero con la caída del switch core se imposibilita el acceso al exterior y a la red interna. Se plantea el uso de dos switches core con algún protocolo de redundancia, como podría ser VSS (Virtual Switching System), solución propietaria de Cisco, permiten que dos switches físicos actúen como un único switch lógico. Esto significa que comparten un plano de control, una dirección IP de gestión y se presentan al resto de la red como un solo dispositivo. Si un switch falla, el otro asume las funciones de forma transparente. Ofrecen balanceo de carga activo-activo en todos los enlaces. Para el switch core, la mejor práctica es utilizar una solución de virtualización de chasis como Cisco VSS o StackWise Virtual. Esto transforma dos switches físicos en una única entidad lógica. Esto no solo proporciona redundancia activa-activa (ambos switches procesan tráfico), sino que también simplifica enormemente el diseño y la gestión, ya que los switches de distribución ven un solo “super-switch” core. Esto elimina los problemas de bucles de capa 2 y optimiza el uso de todos los enlaces disponibles.

Los switches de distribución son parecidos al lo que pasa con el core, pero limitado a cada planta, si cae el switch de distribución de una planta esta queda totalmente incomunicada. Se propone usar dos por planta. Para los switches de distribución, la combinación de EtherChannel/LACP para la redundancia de enlaces hacia el core y STP para prevenir bucles de Capa 2 es la configuración estándar y más común. Si, además, los switches de distribución también realizan enrutamiento inter-VLAN, se necesitaría HSRP/VRRP/GLBP entre ellos para las SVI, asegurando que la puerta de enlace para las VLAN sea redundante. Si el volumen de tráfico lo justifica y los switches lo soportan, el uso de VPC/MLAG para los enlaces descendentes hacia los switches de acceso es muy beneficioso.

Los switches de acceso realmente no necesitan redundancia. Esto es porque si un switch de acceso cae solo afecta a los dispositivos directamente conectados. Quizá duplicar los switches de acceso de más problemas que el riesgo de su caída, ya que añadiría complejidad a la red a cambio de subsanar un problema no demasiado



**Figura 6.3:** Topología de Red con Redundancias



**Figura 6.4:** Vista de la red en Cisco Packet Tracert

grave. Hay que tener en cuenta que a más cosas se tengan que sincronizar entre sí, más probabilidad de que ocurra un problema. Por no hablar de que si de base se necesitan, por poner un ejemplo, 5 switches de acceso por planta, implementar redundancia implica subir el número a 10 switches aumentando mucho el coste.

## 6.5. Diseño de la Seguridad Lógica

En cuanto a seguridad, solamente se ha implementado la lista de control de acceso (ACL) vista en el apartado de simulación del Switch Core. El objetivo del trabajo presente no es indagar demasiado en el aspecto de seguridad y la **ACL** implementada simplemente sirve como ejemplo de lo que se podría llegar a hacer, por no hablar de que esta ACL imposibilita la comunicación total de la VLAN de

Alumnos con el resto de VLANs. En un entorno realista quizá un alumno sí necesita algún recurso en concreto de las otras VLANs y habría que afinar la ACL o buscar otras medidas de seguridad. Pero como he dicho, esto quedaría para líneas futuras del trabajo.

# 7. Diseño de la Red Física

---

El Diseño de la red física constituye la tercera parte de la metodología *top-down*. Aquí se verá la traducción de la red lógica en red física. Se repasarán la legislación vigente, la selección y justificación de equipos, el diseño del cableado y demás.

## 7.1. Legislación

El diseño e implementación de un Sistema de Cableado Estructurado (SCE) debe adherirse estrictamente a la normativa vigente, tanto a nivel nacional como europeo, para garantizar la seguridad, fiabilidad, rendimiento y compatibilidad del sistema. La Junta de Andalucía, a través de su Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, ha establecido directrices claras al respecto.

Las normativas aplicables se agrupan en diversas categorías:

■ **Normativa de Cableado:**

- UNE-EN 50173:2005, “*Tecnología de la información. Sistemas de cableado genérico*”.
- ISO/IEC 11801: “*Information technology - Generic cabling for customer premises*”.
- IEC 60793-1-1 (1995), “*Optical Fiber: Part 1 Generic Specification*”.

■ **Normativa de Conducciones:**

- UNE-EN 50310:2002, “*Aplicación de la conexión equipotencial y de la puesta a tierra en edificios con equipos de tecnología de la información*”.
- UNE-EN 50086:CORR 2001, “*Sistemas de tubos para la conducción de cables*”.
- UNE-EN 50085/A1:1999, “*Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas*”.
- UNE-EN 61357, “*Sistemas de bandejas y de bandejas de escalera para la conducción de cables*”.

■ **Normativa de Instalación, Puesta a Tierra y Certificado de SCE:**

- UNE-EN 50174-1:2001, “*Tecnología de la información. Instalación del cableado. Especificación y aseguramiento de la calidad*”.
- UNE-EN 50174-2:2001, “*Tecnología de la información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el interior de los edificios*”.
- UNE-EN 50174-3:2005, “*Tecnología de la información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el exterior de los edificios*”.

- UNE-EN 50346:2004, “*Tecnologías de la información. Instalación de cableado. Ensayo de cableados instalados*”.
- EN 300253 V2.1.1, “*Ingeniería Ambiental (EE). Puesta a tierra y toma de masa de los equipos de telecomunicación en los centros de telecomunicaciones*”.
- EN 50173-5, “*Data centers*”.

■ **Normativa Eléctrica:**

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT, Real Decreto 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria.

■ **Compatibilidad Electromagnética (CEM):**

- UNE-EN 300127 V1.2.1, “*Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM)*”.
- UNE-EN 55024/A2:2004, “*Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida*”.
- UNE-EN 55022/A2:2004, “*Equipos de tecnologías de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida*”.

■ **Nota sobre el CEM:** El cableado pasivo, por sí mismo, no está sujeto a las normas CEM. Sin embargo, para mantener las prestaciones electromagnéticas del sistema completo de tecnología de la información (que incluye tanto cableado pasivo como equipos activos), se deben seguir los requisitos de instalación contenidos en las normas:

- EN-50714-1,
- EN-50714-2,
- EN-50714-3.

■ **Normativa de Protección contra Incendios:**

- Se hace referencia a la utilización de cables con cubierta retardante al fuego, escasa emisión de humos no tóxicos y libres de halógenos.
- UNE-EN 50290-2-26:2002, “*Cables de comunicación. Parte 2-26: Reglas comunes de diseño y construcción. Mezclas libres de halógenos y retardantes de la llama para aislamientos*”.
- UNE-EN 50290-2-27:2002, “*Cables de comunicación. Parte 2-27: Reglas comunes de diseño y construcción. Mezclas libres de halógenos y retardantes de la llama para cubiertas*”.
- UNE-HD 627-7M:1997, “*Cables multiconductores y multipares para instalación en superficie o enterrada. Parte 7: Cables multiconductores y multipares libres de halógenos, cumpliendo con el HD 405.3 o similar*”.
- EN 1047, “*Data Security, fire protection*”.
- IEC 332: Sobre propagación de incendios.

- IEC 754: Sobre emisión de gases tóxicos.
- IEC 1034: Sobre emisión de humo.

Además, para el diseño y acondicionamiento de salas de comunicaciones, se deben tener en cuenta las directrices indicadas en el Código Técnico de la Edificación, documento básico SI “*Seguridad en caso de incendios*”.

La aplicación de estas normativas es obligatoria para las compras de sistemas dentro de las administraciones de los estados miembros de la Unión Europea, según la Decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea (87/95/CEE) para las Compras Públicas de Sistemas Abiertos (EPHOS, 2). Aunque se priorizan las normas europeas UNE-EN, se incluyen otras normas (ISO, ANSI, EIA/TIA) para abarcar todos los aspectos requeridos en el diseño del SCE.

## 7.2. Selección y Justificación del Equipamiento Activo

Una vez visto qué dispositivos van a ser utilizados en la red es hora de ver que marcas se emplearan para este propósito. En el mercado hay muchas soluciones y por afinar un poco la búsqueda y no eternizar el proceso esta se centrará en 3 marcas: Cisco, Juniper y Huawei. En el presente estudio se verá qué alternativas de cada marca son las más convenientes para nuestro caso y cuál será la elección final.

### 7.2.1. Routers Perimetrales

#### Cisco

Para Cisco existen dos series principales: ISR y ASR. La serie ISR (Integrated Service Routers) está pensada principalmente para pequeños negocios con redes relativamente pequeñas o de tamaño mediano, esta serie es muy básica para el propósito de esta red, así que será pasada por alto. La serie ASR (Aggregation Service Routers) está más preparada para redes que requieran un gran ancho de banda, como la que está siendo tratada, ya que se concluyó que debe estar preparada para soportar un máximo de 4070 usuarios de red simultáneos [5](#).

Dentro de la serie ASR se encuentran las series ASR 900, ASR 1000 y ASR 9000. La serie 9000 está pensada para proveedores de servicios y redes mucho más complejas que las que está siendo abordada en este trabajo, así que se desecha porque se incurría en un sobredimensionamiento.

En cuanto a la serie 900 y 1000 ambas tienen dispositivos que podrían servir para este caso. Sin embargo, se ha optado por la serie 1000 para tener algo de potencia extra por si hay que hacer remodelaciones a la red y esta fuera requerida.

Finalmente, se elige el Cisco ASR 1006-X:

- Rendimiento: Hasta 200 Gbps (con ESP200-X).

- Puertos: Utiliza Shared Port Adapters (SPAs) y Ethernet Port Adapters (EPAs) para la conectividad. Ofrece 8 ranuras SPA y 4 ranuras EPA.
- Ventajas: Ofrece la mayor escalabilidad y rendimiento dentro de los modelos mencionados aquí. Su arquitectura modular permite una gran flexibilidad en la elección de interfaces y la expansión futura. Soporta redundancia de hardware (Route Processors y ESPs).

## **Juniper Networks**

De las distintas series que ofrece Juniper Networks para el público general se ha optado por la serie MX. Hay varios modelos dentro de esta serie que se podrían tener en cuenta.

Por un lado, el MX240 se presenta como un router compacto con hasta 3 Tbps de capacidad, podría ser una opción a considerar dependiendo de las necesidades de ancho de banda. El MX480 cuenta con una capacidad de hasta 7.5 Tbps, ofrece mayor escalada y podría ser una mejor opción si se anticipa un mayor crecimiento del ancho de banda. El MX204 cuenta con una alta densidad de puertos en una sola unidad de rack y podría ser interesante si no hay gran necesidad de ancho de banda inicialmente.

## **Huawei**

Se han considerado las siguientes opciones:

- El NetEngine AR6121E ofrece una interfaz 10GE SFP+ para la conexión WAN, lo cual es importante para manejar el tráfico de un número considerable de usuarios. Sin embargo, su rendimiento de 2 Gbps (NAT + ACL + QoS) podría ser un cuello de botella si el tráfico perimetral esperado es significativamente mayor.
- El NetEngine AR6140E-9G-2AC parece ofrecer más flexibilidad en términos de puertos WAN (múltiples GE y SFP), y al ser un modelo superior, se podría inferir un rendimiento mayor.

## **Tabla Comparativa**

Después de comparar los distintos modelos de cada marca se ha seleccionado la serie ASR 1000, concretamente el modelo ASR 1006-x, debido a que cuenta con un buen rendimiento y es conveniente para la red en caso de utilizar protocolos de red propietarios de Cisco. La interoperabilidad entre los dispositivos justifica el no mezclar distintos fabricantes para mantener un mantenimiento más sencillo. Es cierto que los modelos de Juniper podrían ejercer la misma función o incluso prestar más rendimiento en algunos casos, pero mantener una coherencia de dispositivos en la red justifica la elección.

Característica	Cisco ASR 1002-HX	Cisco ASR 1006-X	Cisco ASR 907	Juniper MX240	Juniper MX480	Huawei AR6121E	Huawei AR6140E-9G-2AC
Throughput Máximo	Hasta 100 Gbps	Hasta 200 Gbps	No detallado	Hasta 3 Tbps	Hasta 7.5 Tbps	2 Gbps	No detallado
Interfaces 10GE	8 integrados + EPA slot	Vía SPAs/EPAs	Alto número módulos	Alta densidad vía módulos	Alta densidad vía módulos	1 integrado + SFP+	2 SFP
Interfaces GE	8 integrados + EPA slot	Vía SPAs/EPAs	Alto número módulos	Alta densidad vía módulos	Alta densidad vía módulos	2 combo + 8 eléctricos	2 RJ45 + 2 SFP + 3 eléct.
Escalabilidad	Buena (vía EPA)	Excelente (vía SPAs/EPAs)	Alta (vía módulos)	Excelente (modular)	Excelente (modular)	Baja (limitado por modelo)	Media (vía SIC/WSIC)
Redundancia	Sí (con RP opcional)	Sí (RPs/ESPs opcional)	Sí (doble RSP)	Sí (modular)	Sí (modular)	No detallado	No detallado
Seguridad Integrada	Funciones básicas	Funciones básicas	Funciones básicas	MACsec en MPC-10E	MACsec en MPC-10E	Firewall, IPS, URL Filt.	Firewall, IPS, URL Filt.
SD-WAN Ready	No detallado	No detallado	No detallado	Sí	Sí	Sí	Sí
Factor de Forma	2RU	~6RU	Variable (modular)	Modular	Modular	1U	1U
Consideraciones Costo	Medio	Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Bajo/Medio	Bajo/Medio

**Tabla 7.1:** Comparativa de routers de distintos fabricantes

### 7.2.2. Switches de Core

El switch core es la columna vertebral de la red, encargado de la conmutación de alta velocidad entre los switches de distribución y el router perimetral. Dada la necesidad de redundancia en la capa core y un máximo estimado de 4070 usuarios, necesitaremos dos switches core de alto rendimiento.

#### Cisco

Se optará por las opciones más nuevas que tiene en el mercado cisco, concretamente los Catalyst 9500 o Catalyst 9600.

La serie 9500 está pensada para tareas de core y agregación, proporcionando la potencia necesaria para interconectar distintos dispositivos de la red. Ofrece hasta 400G de conectividad y una alta densidad de puertos.

Por otro lado, la serie 9600 es un paso más allá, está pensada para propósitos de alta criticidad en una red. Debido a su modularidad permiten una mayor escalabilidad

#### Juniper Networks

Juniper ofrece los siguientes dispositivos como switches core: las series EX9200 y QFX Series.

Característica	Cisco Catalyst 9500	Cisco Catalyst 9600	Juniper EX9200	Juniper QFX (Seleccionar Modelo)	Huawei CloudEngine S12700E	Huawei S7700
Tipo	Fijo de Alto Rendimiento	Modular de Ultra Alto Rend.	Modular de Alto Rendimiento	Alto Rendimiento (Fijo/Modular)	Modular de Ultra Alto Rend.	Modular de Alto Rendimiento
Densidad de Puertos	Alta (10G/25G/40 G/100G)	Muy Alta (hasta 400G)	Alta (10G/40G/10 0G)	Muy Alta (depende del modelo)	Muy Alta (10G/40G/10 0G)	Alta (10G/40G/10 0G)
Redundancia	StackWise Virtual	Integral (Supervisor, Power, Fan), Power, Fan)	Integral (Supervisor, Power, Fan), Virtual Chassis	Depende del modelo (Virtual Chassis en algunos)	Integral (Supervisor, Power, Fan)	Integral (Supervisor, Power, Fan)
Escalabilidad	Alta	Excelente	Excelente	Alta/Excelente	Excelente	Excelente
Capacidades L3	Avanzadas	Avanzadas	Avanzadas	Avanzadas	Avanzadas	Avanzadas
SDN/ Automatización	Cisco DNA Center	Cisco DNA Center	Junos Fusion, EVPN	EVPN-VXLAN	SDN Integrado	Soporte SDN
Consideraciones Costo	Alto	Muy Alto	Alto	Alto/Muy Alto	Muy Alto	Alto

**Figura 7.1:** Tabla Comparativa Switches Core

- Juniper EX9200 Line of Ethernet Switches: Diseñados para funcionar como switches cores ofrecen una alta densidad de puertos además de capacidades avanzadas a la hora del manejo de la capa 2 y 3. Debido a que son modulares se facilita la redundancia y escalabilidad.
- Juniper QFX Series: Los modelos de la QFX están mas orientados a centros de datos pero aún así existen modelos que pueden servir a nuestro propósito. Cuentan también con una alta densidad de puertos de alta velocidad y baja latencia.

## Huawei

Huawei, por su parte, ofrece la serie CloudEngine S12700E y la serie S7700 como opciones que podrían funcionar como switch core en la red.

- Huawei CloudEngine S12700E Series Switches: Cuentan con una buena arquitectura que les permiten trabajar con velocidades del orden de terabits. Alta densidad de puertos y modularidad para posibles expansiones.
- Huawei S7700 Series Smart Routing Switches: Tres cuartos de lo mismo. Estos pensados más aun como switches core.

## Tabla Comparativa

Al igual que en el apartado anterior, se elegirá Cisco para mantener coherencia de fabricantes en la red. En concreto, se seleccionará el Cisco Catalyst 9500, ya que

Característica	Cisco Catalyst 9300	Cisco Catalyst 9400	Juniper EX4600	Juniper EX4300	Huawei S5735-H	Huawei S6720-EI
Tipo	Apilable Capa 3	Modular Capa 3	Apilable Capa 3	Apilable Capa 3 (Multigig)	Apilable Capa 3	Apilable Capa 3 (10GE)
Densidad de Puertos	Alta GE (incl. mGig), 10/25/40G uplinks	Muy Alta GE (PoE/PoE+), hasta 100G uplinks	Alta GE, 10GE/40 GE, 100G uplinks	Alta GE (incl. mGig), 10/40G uplinks	Alta GE, 10/40G uplinks	Alta 10GE, 40/100G uplinks
Redundancia	StackWise-40 /1T	Integral (Supervisor, Power, Fan)	Virtual Chassis	Virtual Chassis	Apilamiento (iStack)	Apilamiento (iStack)
Escalabilidad	Buena (Apilamiento)	Excelente (Modular)	Buena (Virtual Chassis)	Buena (Virtual Chassis)	Buena (Apilamiento)	Buena (Apilamiento)
Uplink Velocidad Máx.	40G	100G	100G	40G	40G	100G
PoE/PoE+	Opcional	Estándar	Opcional	Opcional	Opcional	No especificado
Consideraciones Costo	Medio	Alto	Medio/Alto	Medio	Bajo/Medio	Medio/Alto

**Figura 7.2:** Tabla Comparativa Switches Distribución

sirve perfectamente para esta red y por ser el modelo 9600 algo desmedido para lo que esta requiere.

### 7.2.3. Switches de Distribución

Visto ya en los anteriores apartados la metodología de comparación que se ha seguido se incluirán a partir de este momento únicamente las tablas comparativas finales.

Como se puede en la tabla 7.2 las opciones que presenta cada fabricante son interesantes. Todas podrían servir para la intención de la red. La elección será el Cisco Catalyst 9300 siguiendo el criterio de homogeneidad y porque como en casos anteriores, el Catalyst 9400 es excesivo para las exigencias de la red.

### 7.2.4. Switches de Acceso

En cuanto a los Switches de Acceso tomando como referencia la tabla 7.3 se optará por Cisco por coherencia. Luego entre la serie 9200 y 2960 se escogerá la 9200 por ser la más moderna. La serie 2960 es más antigua y quedaría relegada a aplicaciones en las que el presupuesto fuera muy ajustado. En este caso, al ser una instalación teórica nueva, se entiende que por los requisitos de mantenimiento de la

Característica	Cisco Catalyst 9200	Cisco Catalyst 2960-X	Juniper EX3400	Juniper EX2300	Huawei S5735-S	Huawei S5735-L
Tipo	Apilable Capa 2/3	Fijo Capa 2/3	Apilable Capa 2/3	Fijo Capa 2/3	Apilable Capa 3	Apilable Capa 2/3 Lite
Puertos GE	Hasta 48 (PoE/UPOE)	Hasta 48 (PoE+)	Hasta 48 (PoE/PoE+ )	Hasta 48 (PoE/PoE+ )	Hasta 48 (PoE+)	Hasta 48 (PoE)
Uplink Velocidad Máx.	10G/mGig	1G/10G	40G	10G	10G	10G
Apilamiento/ Redund.	StackWise-80	Opcional (FlexStack)	Virtual Chassis	No apilable iStack	iStack	
Funcionalidades	Modernas (Seguridad, IoT)	Estándar	Robusto	Nivel de entrada	Buen equilibrio	Básico
Consideraciones Costo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo/ Medio	Bajo

**Figura 7.3:** Tabla Comparativa Switches Acceso

red es lógico gastar más presupuesto en dispositivos más nuevos que tardarán más en quedar obsoletos.

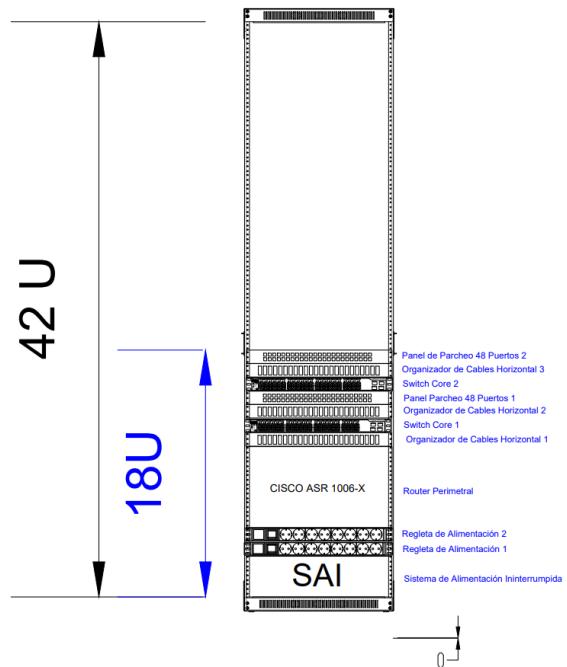
### 7.2.5. Selección Final

Para concluir, esta sería la selección final del equipamiento activo:

- Router perimetral: Cisco ASR 1006-X
- Switch Core: Cisco Catalyst C9500
- Switch Distribución: Cisco Catalyst C9300
- Switch Acceso: Cisco Catalyst C9200

## 7.3. Selección del resto del equipamiento

Aquí se examinará la designación del resto del equipamiento, la mayoría no activo, es decir, equipamiento que no precisa ni energía ni procesamiento para funcionar. Se ha decidido separarlo del apartado anterior ya que todo el resto del equipamiento se determinará con respecto a la selección anterior.



**Figura 7.4:** Rack Repartidor de edificio

### 7.3.1. Racks

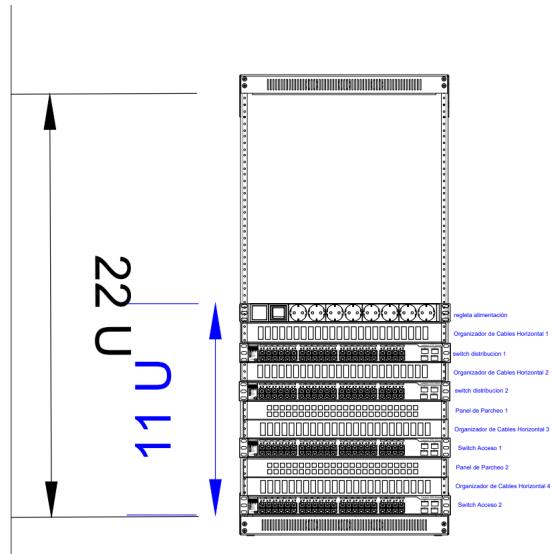
Se ha seleccionado un rack de 42 U [2] para el repartidor del edificio y, por otro lado, un rack de telecomunicaciones de 22 U [3] por cada repartidor de planta. Se ha de tener en cuenta que de cada rack, según la legislación de la Junta de Andalucía, debe de tener un 30 % libre para posibles ampliaciones.

Estos racks lo cumplen sin problema, se aprovechará para ver qué componentes incluirá cada rack, los que no hayan sido explicados se verán más adelante en este capítulo.

La figura 7.4 corresponde al rack que iría en el repartidor del edificio. Este rack contendría:

- 2 paneles de parcheo de 48 puertos
- 2 Switches core
- 1 Router Perimetral
- 3 Organizadores de cables horizontales
- 2 regletas de alimentación de 8 tomas cada una
- 1 Sistema de Alimentación Ininterrumpida

Todo esto ocuparía 18 U del rack, como se tienen 42 U y por legislación debería quedar el 30 % libre, esto es:  $42U \times 30\% \approx 13U$ . Como se tiene libre  $42U - 18U = 24U$  se cumple.



**Figura 7.5: Rack Repartidor de Planta**

En la figura 7.4 se puede ver también que todo el equipamiento se instala de abajo hacia arriba, esto se hace para situar los elementos más pesados lo más cercanos al suelo para mantener un centro de gravedad estable. El **SAI** es de los dispositivos más pesados.

En la figura 7.5 se aprecia el rack correspondiente al repartidor de planta, cada planta del edificio tendrá un rack como este sin excepción.

Este rack contiene:

- 1 Regleta de alimentación de 8 tomas
- 2 Switches de Distribución
- 2 Switches de Acceso
- 2 Paneles de Parcheo de 48 puertos
- 4 Organizadores de Cables Horizontales

Los Organizadores de cable horizontal son importantes, ya que ordenan los cables que irán de los paneles de parcheo a los switches, se está utilizando un organizador de cable por switch. Con respecto a los paneles de parcheo, únicamente se ponen 2 para los switches de acceso, que serán los que estén directamente conectados a los dispositivos finales de la red. La interconexión entre los switches de acceso y los de distribución se hará de manera directa, no tiene mucho sentido agregar paneles de parcheo para este propósito, ya que no son demasiadas interconexiones.

### 7.3.2. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI)

El Sistema de Alimentación Ininterrumpida nos permite, en caso de que la red eléctrica caiga, mantener encendidos los equipos críticos durante algún tiempo.

Debido a que son dispositivos caros, no es conveniente incluirlos en todos los racks del edificio y se ha decidido por instalarlos solamente en el repartidor de edificio. Además, los repartidores de planta ya están protegidos con dobles fuentes de alimentación.

A la hora de elegir un SAI es importante hacer un consumo máximo estimado de los dispositivos a los que dará uso. En el caso del repartidor de edificio [7.4](#) dará servicio a los dos switches core Cisco Catalyst C9500-40X y al router perimetral Cisco ASR 1006-X.

El consumo máximo estimado de los dispositivos es el siguiente:

Dispositivo	Consumo (W)
Catalyst C9500-40X	600
Cisco ASR 1006-X	1500

**Tabla 7.2:** Consumo de energía de dispositivos de red

Además, es conveniente agregar un margen adicional de seguridad de consumo adicional, entre el 20 % y 30 %. Con todo esto se tiene:

$$1500W + 2 \times 600W = 2700W$$

$$2700W \times 1,3 = 3510W$$

### Convertir a VA (Volt-Amperios)

La potencia de los SAI se suele dar en VA. Para convertir de Watts a VA, es preciso el Factor de Potencia (FP). Para equipos de TI, un factor de potencia común es 0.8:

$$VA = \frac{Watts}{\text{Factor de potencia}} = \frac{3510 W}{0,8} = 4387,5 VA$$

### Elección

Sabiendo esto se ha escogido el modelo de la empresa Salicru [\[4\]](#) que otorga 5000VA y 5000W lo que indica que su factor de potencia es 1. Este SAI cumple con los requerimientos a la perfección.

#### 7.3.3. Fuentes de Alimentación

Todos los switches tienen dos fuentes de alimentación modulares para tener redundancia en la alimentación, así se asegura que si una fuente de alimentación

cae tiene una de respaldo. El módulo de alimentación del router perimetral ya tiene dos fuentes incluidas de alimentación.

#### 7.3.4. Regletas

Las regletas que serán utilizadas y su número tienen que ir acorde al equipamiento activo de la red. En los repartidores de planta 7.5 existen 4 switches con fuentes de alimentación dobles, por tanto, se precisan 8 tomas. Se ha elegido una regleta que tiene, por tanto, 8 tomas. Se pondrán tantas regletas como alimentación necesiten los dispositivos.

#### 7.3.5. Paneles de Parcheo

Elementos no activos fundamentales en el cableado estructurado, permiten facilitar las interconexiones entre los dispositivos finales de la red y los switches, a su vez sirven para organizar las conexiones entre los repartidores de planta y el repartidor de edificio. Se han escogido paneles de 48 puertos, ya que el equipamiento activo a su vez soporta 48 puertos. Como se nombró anteriormente, en el repartidor de planta habrá un panel de parcheo por switch de acceso. En el repartidor de edificio se añade un panel de parcheo por switch core. En realidad, un solo panel podría ser suficiente, ya que no existirán tantas interconexiones, pero se justifica para tener puertos extra por si se incorporan nuevas expansiones a los racks.

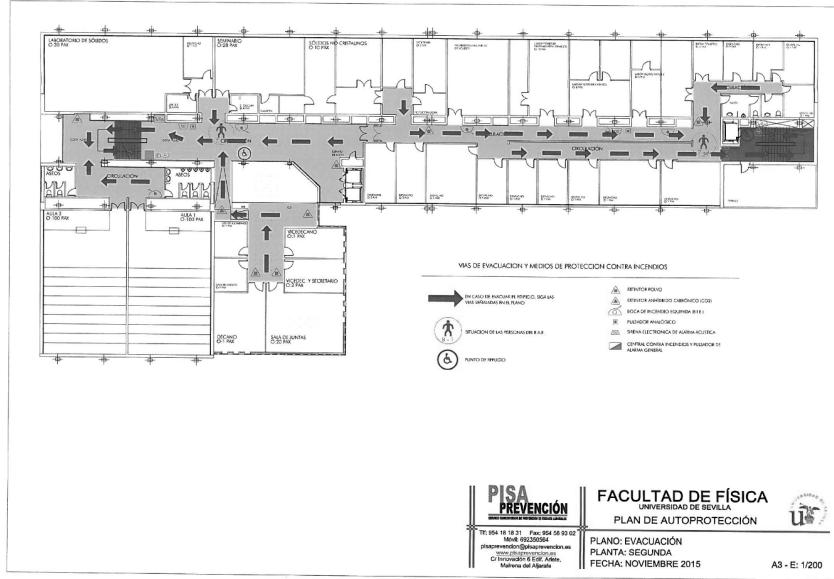
#### 7.3.6. Organizadores de cables Horizontales

Se ha ubicado un organizador de cable por switch o router. Por tanto, en los repartidores de planta se han incorporado 4 organizadores. Estos han de tener tantas ranuras como columnas de puertos tengan los equipos. Al estar organizados en 24 columnas de 2 filas, dando lugar a 48 puertos, con que se dispongan de 24 ranuras es suficiente.

### 7.4. Diseño del Cableado Estructurado

Para el diseño del cableado estructurado se ha hecho uso de AutoCAD y los planos del plan de evacuación de la universidad de física.

Una gran parte del tiempo consumido por este proyecto ha ido dirigido a la formación en el uso de este programa. Permite, entre otras cosas, una vez dibujadas las canalizaciones del cableado, saber cuánto mide en la realidad. Configurar el programa correctamente para empezar un diseño de cableado estructurado no es algo trivial, en consecuencia, se va a dedicar una pequeña sección a explicar lo más básico de esta herramienta.



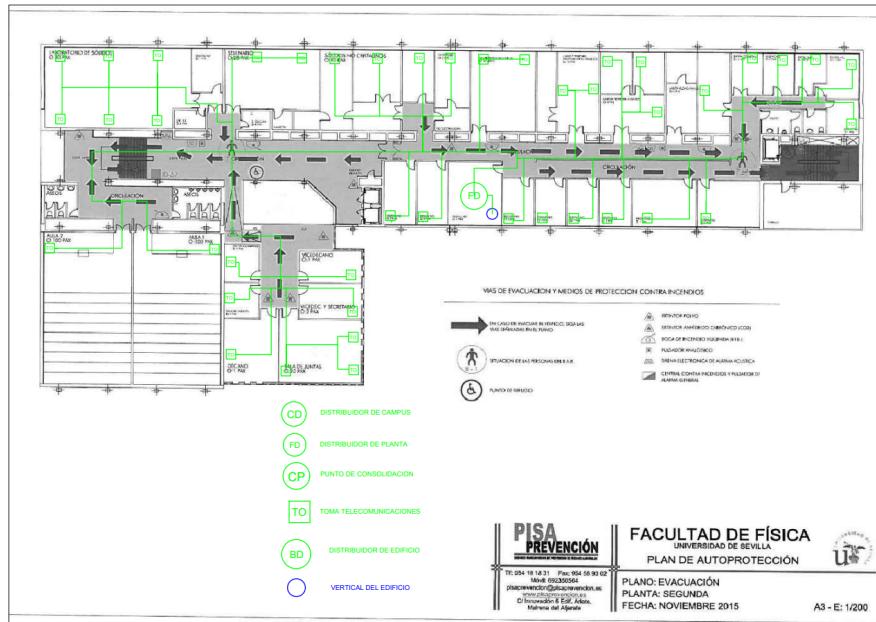
**Figura 7.6:** Segunda Planta en Escala de grises

#### 7.4.1. Configurando AutoCAD

AutoCAD posibilita enlazar archivos de imagen a un proyecto. En este caso, los planos de la universidad de física cuentan como imágenes dentro de un PDF, así que lo primero sería separar este plano en imágenes independientes. Luego, sería muy recomendable poner el plano en una escala de grises y no en color, ya que se emplearán capas de distintos colores para representar distintos elementos del cableado estructurado. El plano original de evacuación trae muchos colores, así que por ello hay que pasarlo a una escala de grises. Esto se puede hacer con cualquier programa de edición de imágenes, como podría ser GIMP, que es gratuito.

Una vez los planos están preparados llega el momento de insertarlos. Pero deben de ser insertarlos en una escala correcta. Lo primero será ejecutar el comando *UNIDADES* en AutoCAD y seleccionar como escala de inserción *Metros*, por defecto suele venir en milímetros. Luego se irá a la opción Inserción, Enlazar. Se elegirá la imagen en escala de grises y una vez escogido el punto de inserción, el programa pedirá precisar el factor de escala. Esta parte es crítica, ya que con un escalado incorrecto del plano, es imposible saber los metros de cable que usados. En el capítulo 5 se obtuvo la escala real del plano, que es de 1:300, por tanto, en el factor escala se ha de poner 300 para un correcto escalado.

Una vez hecho esto, simplemente se deben crear algunas capas con el comando *LAYER* y diseñar los bloques necesarios para el plano. No es el objetivo de esta sección hacer un tutorial de uso de AutoCAD, pero sí que el correcto escalado ha sido un problema en el desarrollo de este proyecto y se ha considerado interesante resaltarlo.



**Figura 7.7:** Plano Telecomunicaciones Segunda Planta

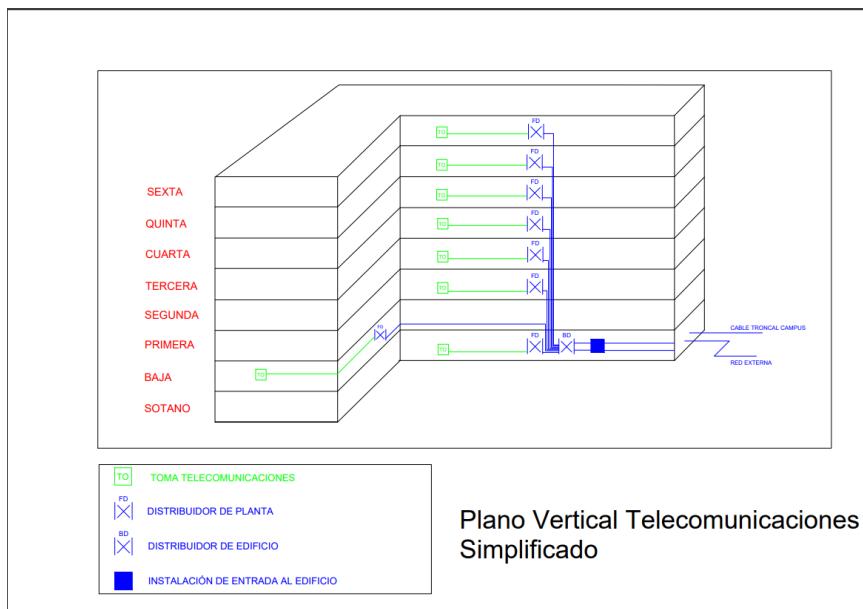
## 7.5. Ubicación de Repartidores y Cuartos de Comunicaciones

Lo primero a ver a la hora de diseñar el plano de telecomunicaciones es ver en que localización se encontrarán los cuartos de comunicaciones y los respectivos repartidores. Según el anexo de cableado estructurado de la Junta de Andalucía, se recomienda situarlos lo más céntricos en la planta posible. A su vez, es interesante situarlos cercanos a la vertical del edificio y que todos los cuartos de comunicaciones se encuentren en el mismo sitio en cada planta. Como la Facultad de Física es un edificio prácticamente simétrico, no hay mucho problema con ello, en cuanto a la vertical se desconoce donde se encuentra instalada en la realidad, así que se han situado los repartidores siguiendo el criterio de que estén los más céntricos posible.

También hubiera sido ideal tener el plano eléctrico, para diseñar el cableado, de tal forma que no haya interferencias con este.

## 7.6. Distribución de Puntos de Red (Rosetas)

Las rosetas vienen definidas por los bloques TO, que hacen referencia a las tomas de telecomunicaciones. Un mayor detalle en los planos hubiera sido ideal para situar las tomas de telecomunicaciones acorde a los puestos de trabajo, por consiguiente, se ha realizado una aproximación de donde se situarían dichas tomas, siempre buscando dar servicio a todas las aulas o despachos.



**Figura 7.8:** Plano Vertical Telecomunicaciones Simplificado

## 7.7. Planificación de Canalizaciones y Trazado

Se ha abordado principalmente el tema de las canalizaciones, que irán por falso techo. La bajada desde el falso techo hasta las tomas se realizará mediante canaletas. En cuanto a la canalización de la vertical, representada en el plano horizontal por el círculo azul, se ha optado por usar una bandeja de escalera aislante.

### 7.7.1. Cableado Horizontal (Cat 7)

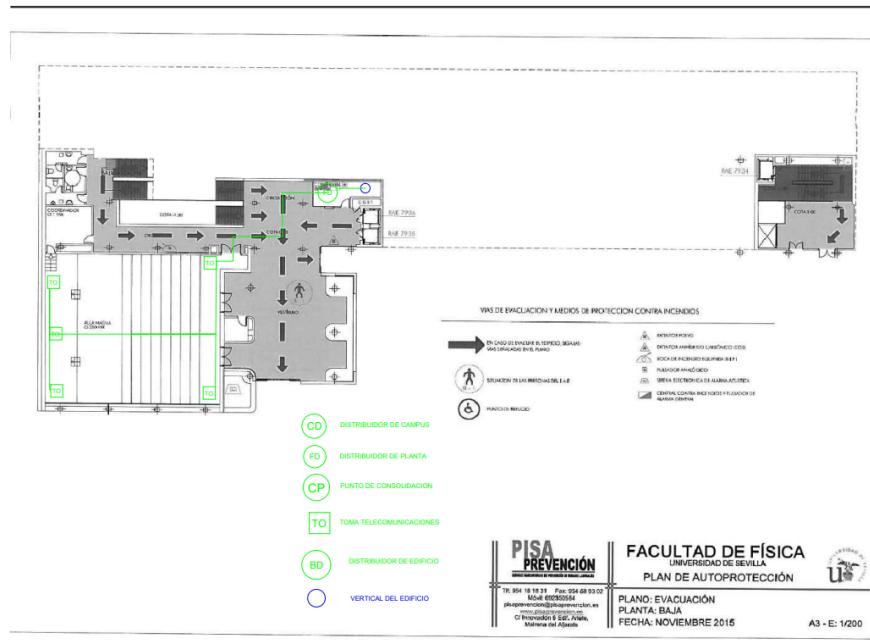
Una vez dibujadas las canalizaciones se pueden cuantificar. Según la legislación, no puede haber más de 90 metros de cable desde el repartidor hasta la toma. Una vez medidas, las canalizaciones en AutoCAD se cumple sin problema y con margen.

Se ha optado por utilizar cable Categoría 7 para que la instalación de red no quede obsoleta en poco tiempo, ya que es esperable que con los años se necesite cada vez más velocidad y ancho de banda. Actualmente, se suele instalar Cat 6 o Cat 6A, dependiendo de las necesidades del campus.

El cálculo de los metros de cableado se puede encontrar en el apéndice [E](#)

### 7.7.2. Cableado Vertical (Backbone)

Como se señaló anteriormente, se han ubicado los cuartos de telecomunicaciones para que se encuentren lo más céntricos en el edificio posible y además para que la canalización por la vertical sea más sencilla. Sin embargo, la planta baja tiene un problema, y es que es totalmente distinta a las demás, de modo que, ha obligado a situar el cuarto de comunicaciones en un lugar alejado con



**Figura 7.9:** Plano Telecomunicaciones Planta Baja

respecto a las demás plantas. En el plano vertical 7.8 se ve la propuesta de como solucionar este escollo. Por lo demás, se utilizarán bandejas de escalera para interconectar los dispositivos.

El cálculo de los metros de cableado vertical necesarios se encuentra en el apéndice E

# 8. Planificación y Costes del Proyecto

---

## 8.1. Cronograma del Proyecto

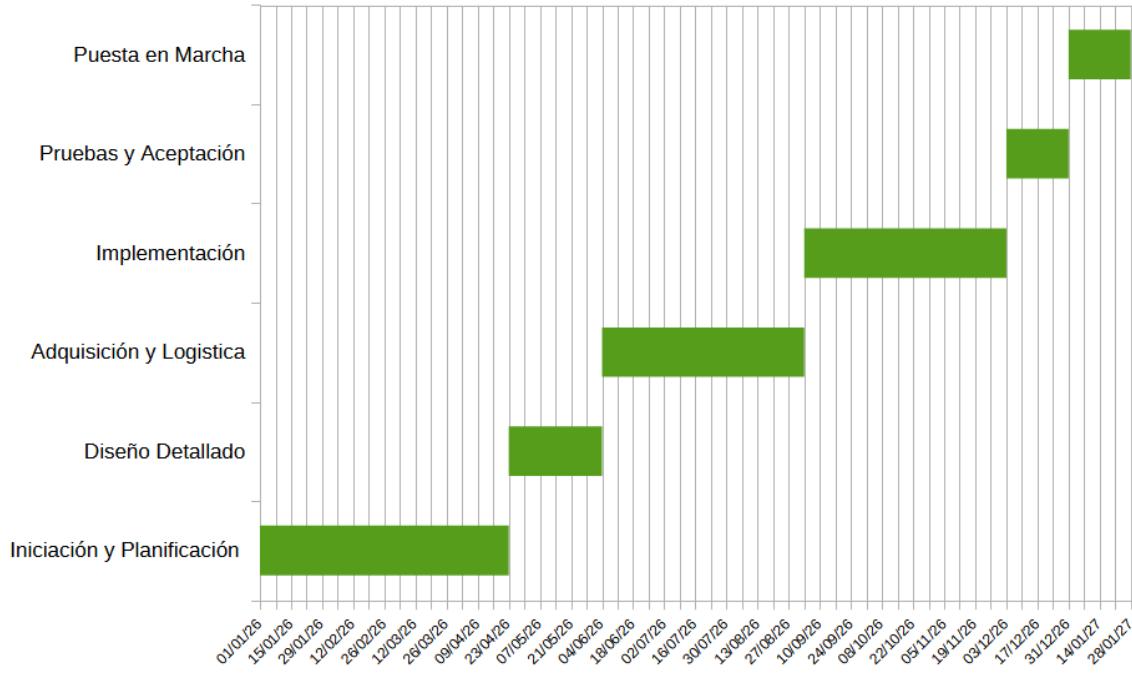
Para un proyecto de despliegue de red para un edificio como el de la Facultad de Física se ha propuesto el cronograma que puede verse en la figura 8.1. Suponiendo que el proyecto empezara el 1 de enero del año 2026, presentaría una duración aproximada de unas 56 semanas. Las fases y su duración se pueden ver en la tabla 8.1.

**Tabla 8.1:** Cronograma del Proyecto

Fase	Duración (semanas)	Inicio	Fin
Iniciación y Planificación	16	01/01/26	23/04/26
Diseño Detallado	6	23/04/26	04/06/26
Adquisición y Logística	13	04/06/26	03/09/26
Implementación	13	03/09/26	03/12/26
Pruebas y Aceptación	4	03/12/26	31/12/26
Puesta en Marcha	4	31/12/26	28/01/27
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>		
<b>Inicio del proyecto</b>		<b>01/01/26</b>	
<b>Fin del proyecto</b>			<b>28/01/27</b>

Explicando las fases un poco más en detalle:

- Iniciación y Planificación: Es la fase en la que se negociará con el cliente y se verán las necesidades que requiere el edificio. Se corresponde con el capítulo 5. Es la fase más crítica y en la que se precisa invertir más tiempo, ya que de esta dependen todas las demás.
- Diseño Detallado: Aquí convergería tanto el capítulo 6 como 7. Incluiría el diseño lógico de la red y físico
- Adquisición y Logística: Aquí se aprobaría el presupuesto y se ordenaría todo el material necesario. La duración de esta fase depende de los tiempos de entrega del material.
- Implementación: Pasar del papel a la vida real. Instalación física de la red en el edificio. Correspondría a la primera parte de la fase 4 del diseño *top-down*.
- Pruebas y Aceptación: Una vez todo instalado se comprueba que todo funciona correctamente. Culmina con la aceptación del usuario con la solución entregada. Corresponde con la fase 4 del diseño *top-down*.



**Figura 8.1:** Diagrama de Gantt del proyecto.

- **Puesta en Marcha:** Se capacita al personal que operará la red, se enciende y se le da soporte intensivo durante las primeras semanas.

## 8.2. Presupuesto Detallado

En la figura 8.2 se puede apreciar el desglose del presupuesto. Se puede contemplar que la instalación total de la red asciende a un total de 306.903,31€ . A continuación se detallará cada componente.

1. Rack de Telecomunicaciones 42U [2]: Utilizado para el repartidor de edificio.

N.º	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
1	Rack de Telecomunicaciones 42U	Ud.	1	1.011,41 €	1.011,41 €
2	Rack de Telecomunicaciones 22U	Ud.	8	663,69 €	5.309,52 €
3	Router Perimetral Cisco ASR1006-X	Ud.	1	7.620,97 €	7.620,97 €
4	Modulo Fuente Alimentación ASR	Ud.	1	1.309,00 €	1.309,00 €
5	Modulo SAI	Ud.	1	2.269,00 €	2.269,00 €
6	Switch Core Cisco C9500-40X-E	Ud.	2	8.895,00 €	17.790,00 €
7	Switch Distribución Cisco -C9300-48P-A	Ud.	16	3.605,50 €	57.688,00 €
8	Switch Acceso C9200L-48P-4GE	Ud.	16	2.945,00 €	47.120,00 €
9	Modulo Fuente Alimentación Cisco PWR-C1-1100WAC	Ud.	52	110,00 €	5.720,00 €
10	Equip Regleta 8 Tomas para Rack 19" 1U	Ud.	10	17,99 €	179,90 €
11	Panel de Parcheo 48 puertos	Ud.	18	39,62 €	713,16 €
12	Organizador de cables Horizontal	Ud.	35	11,17 €	390,95 €
13	Rosetas Dobles RJ45	Ud.	245	18,90 €	4.630,50 €
14	Canal de instalación 40x60 mm Unex en U23K	Metros	637	10,68 €	6.803,16 €
15	Cable Cat 7	Metros	14969	1,01 €	15.118,69 €
16	Bandeja portacables OMEGA - 200x100 - Perforada	Metros	20	43,50 €	870,00 €
17	Bandeja portacables RS PRO de Acero galvanizado Sendzimir	Metros	2197	22,33 €	49.059,01 €
18	Bandeja de escalera aislante	Metros	125	78,45 €	9.806,25 €
19	Licencia Cisco	Total Hardware	1	26.043,79 €	26.043,79 €
20	Mano de obra	Horas	4745	10,00 €	47.450,00 €
					<b>TOTAL</b> 306.903,31 €

**Figura 8.2:** Presupuesto Detallado del Proyecto

Se necesitará una sola unidad debido a que solo hay un repartidor de edificio.

2. Rack de Telecomunicaciones 22U [3]: Para los repartidores de planta. Existen 8 plantas, por tanto se requieren 8 racks.
3. Router Perimetral Cisco ASR1006-X [5]: Uno para el repartidor de edificio.
4. Módulo Fuente Alimentación ASR [6]: Módulo de alimentación para el router perimetral. Se precisa uno, este módulo ya provee de redundancia en la alimentación
5. Módulo SAI [4]: Módulo de Sistema de Alimentación Ininterrumpida para el repartidor de edificio.
6. Switch Core Cisco C9500-40X-E [7]: Switch Core para el repartidor de planta, 2 para redundancia.
7. Switch Distribución Cisco – C9300-48P-A [8]: Switch distribución, 2 por planta para redundancia. Como hay 8 plantas, se necesitan 16 switches.
8. Switch Acceso C9200L-48P-4G-E [9]: Switch de acceso, se estiman 2 por planta. Como se tienen 8 plantas, 16 switches.
9. Módulo Fuente Alimentación Cisco PWR-C1-1100WAC [10]: 2 fuentes por Switch Core y Switch distribución para redundancia, 1 fuente por switch Acceso.  $16 \times 2 + 2 \times 2 + 16 \times 1 = 52$  fuentes en total.
10. Equip Regleta 8 Tomas para Rack 19"1U [11]: 2 para el repartidor de edificio, 1 por repartidor de planta. 10 en total.
11. Panel de Parcheo 48 puertos [12]: 2 paneles de parcheo por rack.
12. Organizador de cables Horizontal [13]: 3 para el repartidor de edificio, 4 por repartidor de planta.
13. Rosetas Dobles RJ45 [14]: Se necesita una roseta doble por cada toma de telecomunicaciones. Hay un total de 245 tomas de telecomunicaciones en el edificio E.1
14. Canal de instalación 40x60 mm Unex en U23X [15]: Canaleta que va desde el falso techo hasta las rosetas, se considera una distancia de 2,6 metros de techo a roseta.  $245 \text{ TO} \times \frac{2,6 \text{ m}}{\text{TO}} = 637 \text{ m}$
15. Cable Cat 7 [16]: Para el cálculo de los metros de cable véase apéndice E
16. Bandeja portacables OMEGA - 200x100 - Perforada [17]: Para el repartidor de edificio.
17. Bandeja portacables RS PRO de Acero galvanizado Sendzimir [18]: Para el falso techo, véase apéndice D
18. Bandeja de escalera aislante [19]: Para la vertical del edificio.
19. Licencia Cisco: El precio de las licencias es bastante opaco para el público general, se negocian con distribuidores y dependen de muchos factores

(volumen, tipo de suscripción, duración, soporte, etc.). Se hace una estimación del 20 % del coste del hardware total.

20. Mano de obra: Estimación de las horas de la instalación completa de la red.

## 9. Conclusiones

---

Al final de este proyecto se ha conseguido diseñar una red que podría ser desplegada en un edificio como la Facultad de Física. Esta propuesta cumple con los requerimientos identificados al inicio del proyecto.

En las líneas futuras se incluye la implementación de *wireless* y el desarrollo de un proyecto con mejores materiales de partida, como planos más detallados, posesión del plano eléctrico y planos verticales del edificio.

Sin plano eléctrico no se puede diseñar una propuesta que tenga en cuenta el cruce con elementos eléctricos.

En consecuencia, se han cumplido todos los objetivos iniciales, a excepción de la implementación de *wireless*. Si bien es cierto, este aspecto ha sido considerado a la hora del volumen de usuarios que debería de soportar la red.

# A. Cálculo Usuarios Humanos por Planta Detallado

---

**Tabla A.1:** Distribución de espacios en Sótano

Habitación/es	PAX
Lab. Ing. Materiales	5
Lab. Magnético	1
Laboratorio	3
Lab. Procesado	4
Despachos	3
Apoyo Docencia e Investigación	3
Sala Estudios	25
<b>Total Sótano</b>	<b>44</b>

**Tabla A.2:** Distribución de espacios en Planta Baja

Habitación/es	PAX
Aula Magna	200
Consejería	4
Coordinador	1
<b>Total Planta Baja</b>	<b>205</b>

**Tabla A.3:** Distribución de espacios en Primera Planta

Habitación/es	PAX
Secretaría	4
Administradora	1
Laboratorio Física General	42
Cuarto Oscuro	3
Laboratorio Óptica	20
Aula 9	26
Lab. Mecánica y Ondas	20
Lab. Física Cuántica	72
Despacho	1
<b>Total Primera Planta</b>	<b>189</b>

**Tabla A.4:** Distribución de espacios en Segunda Planta

Habitación/es	PAX
Lab. Sólidos	30
Seminario	28
Sólidos No Cristalinos	10
Secretaría	2
Lab. Tratamientos Térmicos	10
Lab. De Ensayos	8
Lab. Rayos X	4
Despachos	18
Aula 1	100
Aula 2	100
Vicedecano	1
Vicedecano y Secretario	2
Sala De Juntas	20
Decano	1
Sala Reuniones	4
Apoyo Gobierno	1
<b>Total Segunda Planta</b>	<b>339</b>

**Tabla A.5:** Distribución de espacios en Tercera Planta

Habitación/es	PAX
Lab. Electrónica y Electricidad	45
Despachos	16
Secretaría	2
Lab. Electrodinámica	6
Lab. Electrodinámica 2	3
Lab. Microondas	3
Cámara Blanca	2
Seminario	20
Aula 4A	20
Aula 3A	30
Aula 4B	46
Aula 3B	46
<b>Total Tercera Planta</b>	<b>239</b>

**Tabla A.6:** Distribución de espacios en Cuarta Planta

Habitación/es	PAX
Lab. Termodinámica	28
Seminario	28
Lab. Física 2	20
Sala Ordenadores 1	5
Lab 1	8
Lab 2	5
Despacho	14
Sala Ordenadores 2	5
<b>Total Cuarta Planta</b>	<b>113</b>

**Tabla A.7:** Distribución de espacios en Quinta Planta

Habitación/es	PAX
Lab Física	13
Despachos	26
Memoteca	12
Sala Ordenadores	6
Sala Becarios	4
<b>Total Quinta Planta</b>	<b>61</b>

**Tabla A.8:** Distribución de espacios en Sexta Planta

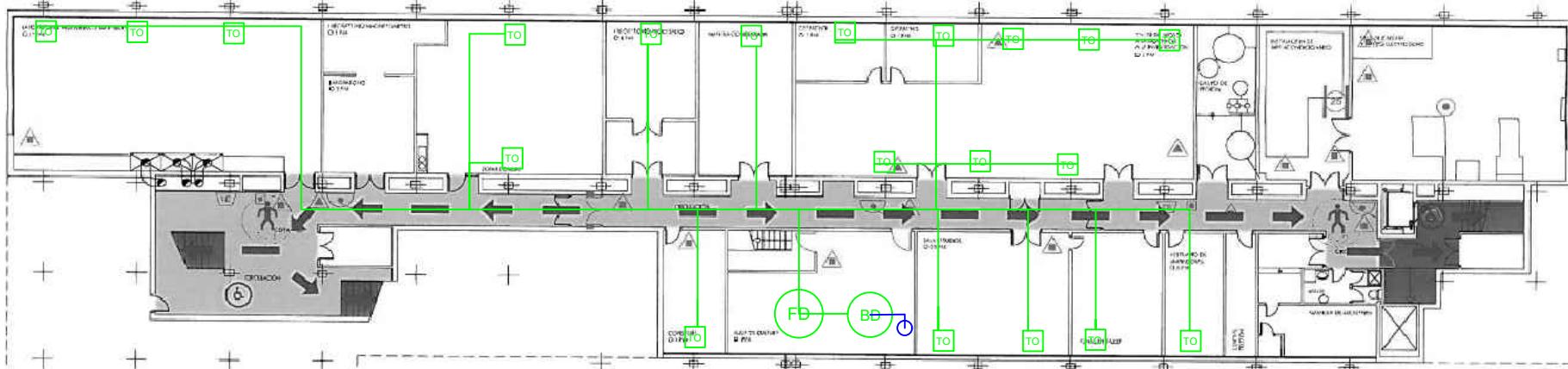
Habitación/es	PAX
Lab. De Electrónica	34
Lab. De Radioquímica	6
Lab. De Prácticas	36
Lab. De Radiotopos	4
Biblioteca	10
Lab. De Detectores	6
Sala Becarios	5
Secretaría	2
Aula 1	62
Aula 2	100
Despachos	24
<b>Total Sexta Planta</b>	<b>289</b>

**Tabla A.9:** Total de capacidad del edificio

**Total Edificio | 1479**

## **B. Planos de Telecomunicaciones**

---



#### VÍAS DE EVACUACIÓN Y MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

EN CASO DE EVACUAR EL EDIFICIO, SIGA LAS VÍAS SEÑALADAS EN EL PLANO.

- EXTINTOR PORTÁTIL
- EXTINTOR ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO2)
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (RIF)
- PULSADOR ANALÓGICO
- SIRENA ELECTRÓNICA DE ALARMA ACÚSTICA
- CENTRAL CONTRA INCENDIOS Y PULSADOR DE ALARMA GENERAL

CD DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

FD DISTRIBUIDOR DE PLANTA

CP PUNTO DE CONSOLIDACION

TO TOMA TELECOMUNICACIONES

BD DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

VERTICAL DEL EDIFICIO

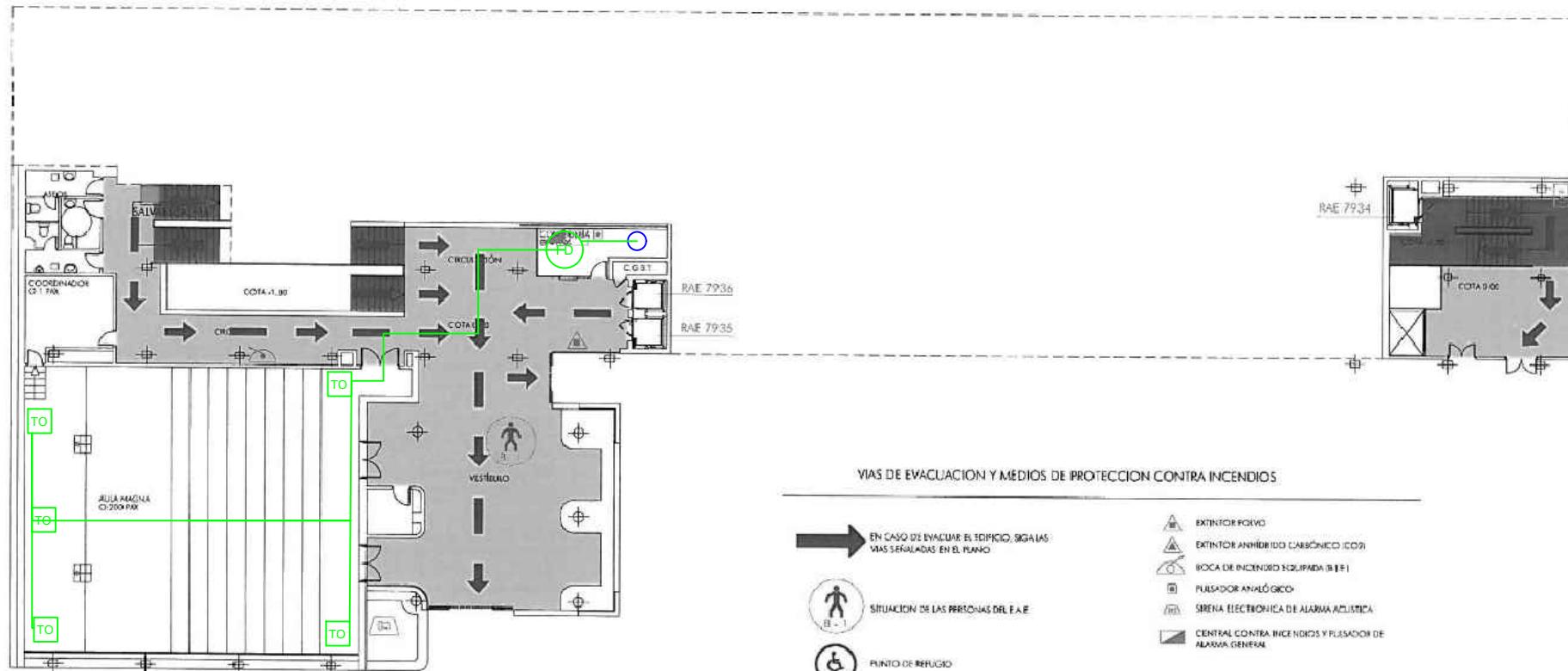
**PISA  
PREVENCIÓN**  
SERVICIO INDEPENDIENTE DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS LUMINOSOS

Tlf: 954 18 18 31 Fax: 954 58 93 02  
Móvil: 692350564  
plsaprevencion@plsaprevencion.es  
www.plsaprevencion.es  
C/ Innovación 5 Edif. Aritéa,  
Malena del Aljarafe

**FACULTAD DE FÍSICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
PLAN DE AUTOPROTECCIÓN



PLANO: EVACUACIÓN  
PLANTA: SÓTANO  
FECHA: NOVIEMBRE 2015



**CD** DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

**FD** DISTRIBUIDOR DE PLANTA

**CP** PUNTO DE CONSOLIDACION

**TO** TOMA TELECOMUNICACIONES

**BD** DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

**VE** VERTICAL DEL EDIFICIO

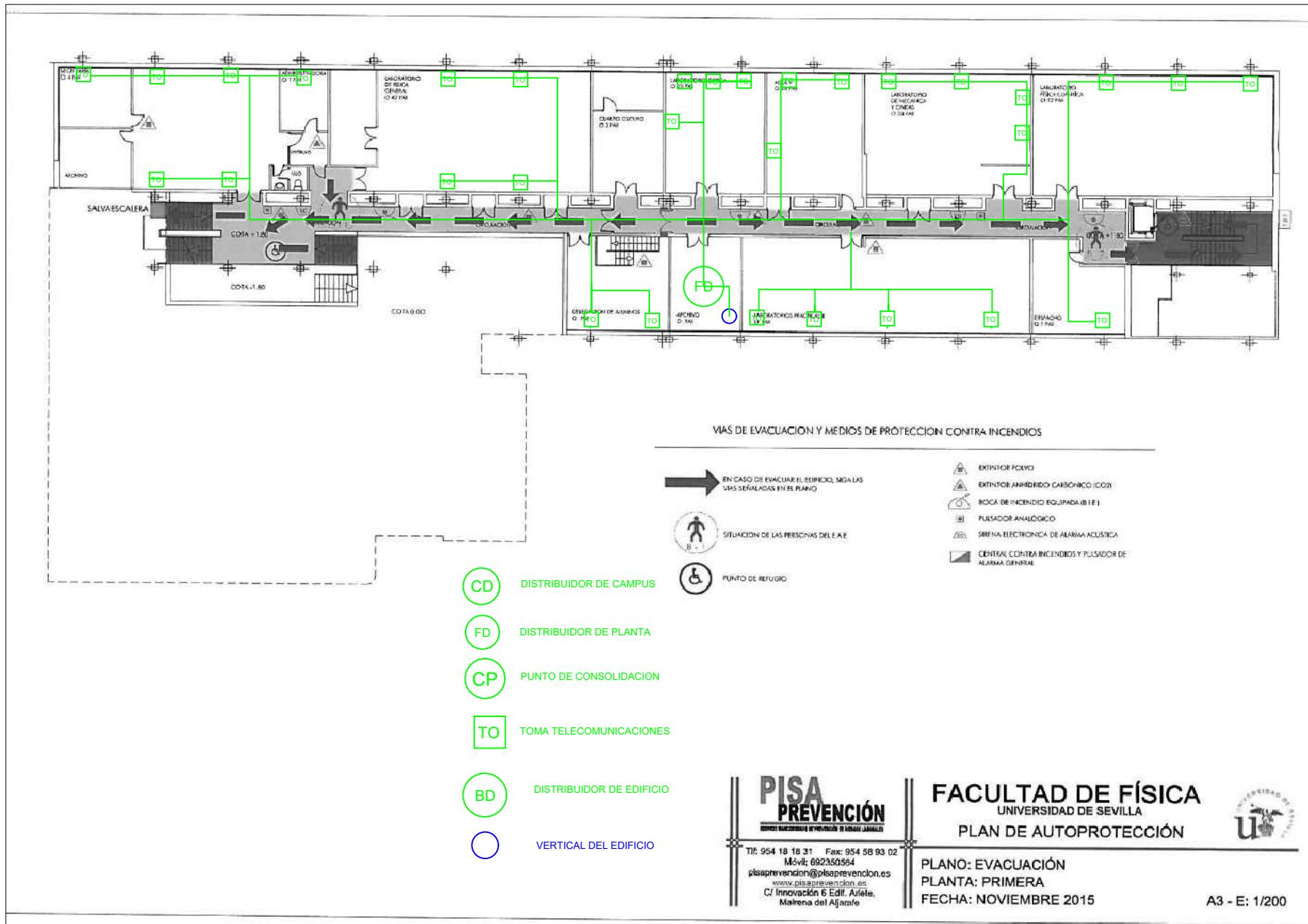
**PISA**  
**PREVENCION**

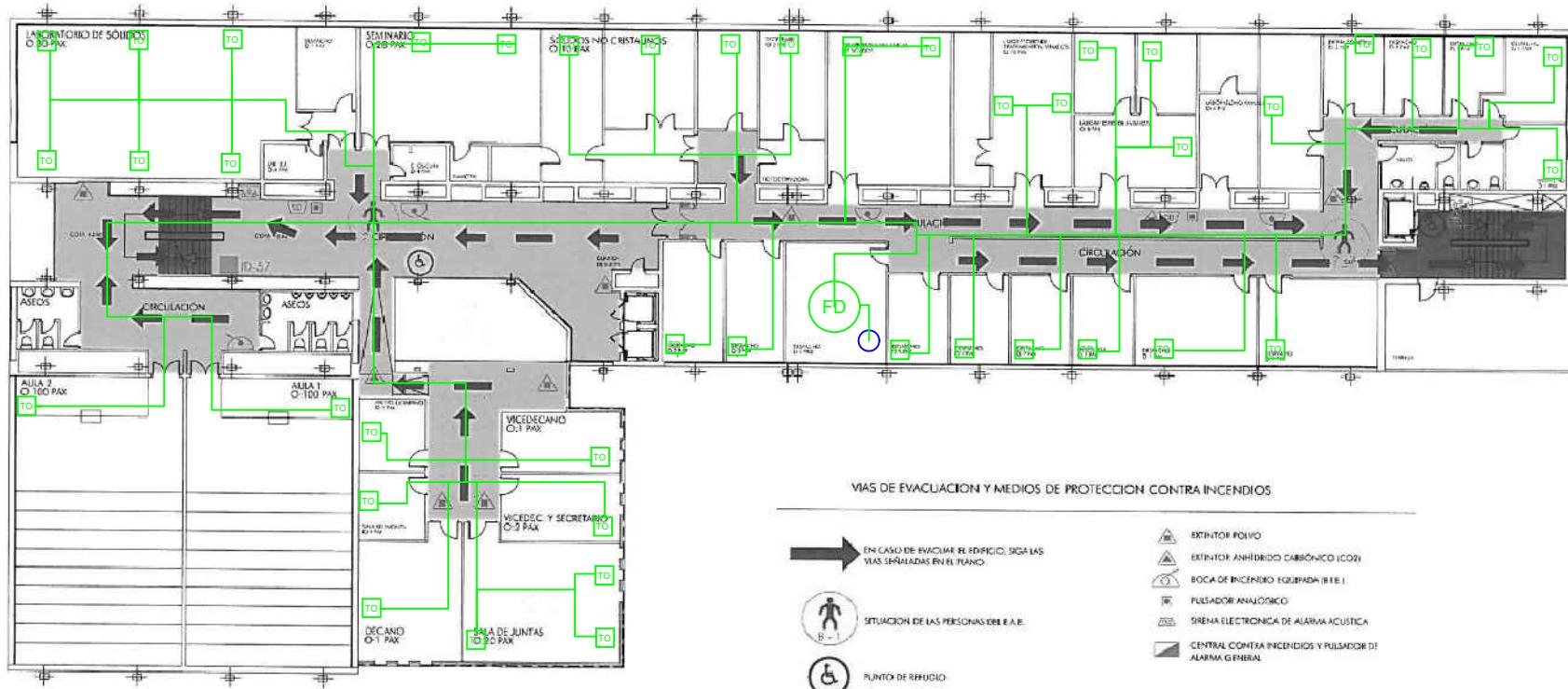
SERVICIOS INGENIERIA DE PREVENCION DE RIESGOS LABORALES  
Tlf: 954 18 18 31 Fax: 954 68 93 02  
Móvil: 602350564  
plaprevencion@plaprevencion.es  
www.plaprevencion.es  
C/ Innovación 6 Edif. Arleia,  
Mairena del Aljarafe

**FACULTAD DE FISICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
PLAN DE AUTOPROTECCION

PLANO: EVACUACION  
PLANTA: BAJA  
FECHA: NOVIEMBRE 2015







DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

## DISTRIBUIDOR DE PLANTA

## PUNTO DE CONSOLIDACION

TO TOMA TELECOMUNICACIONES

DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

VERTICAL DEL EDIFICIO

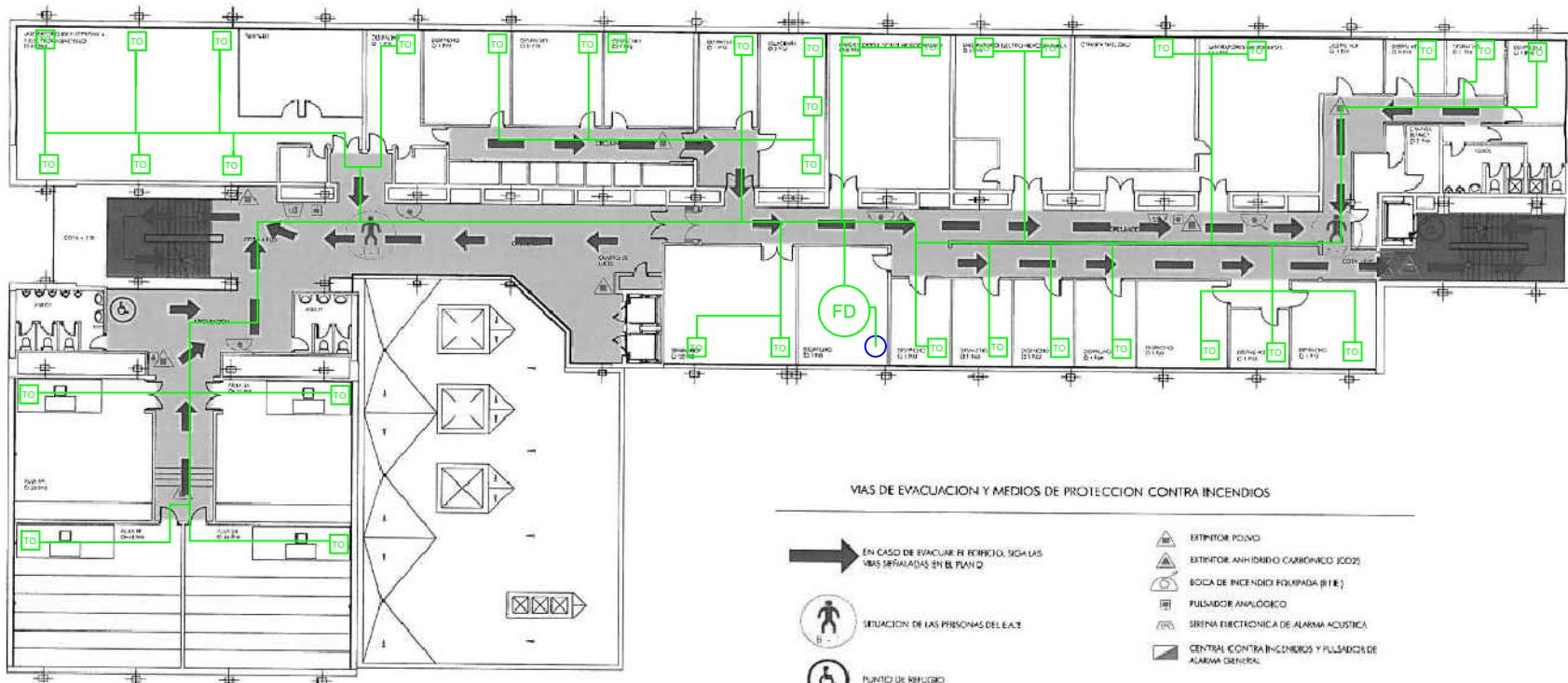


**FACULTAD DE FÍSICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
**PLAN DE AUTOPROTECCIÓN**

Tlf: 954 16 18 31 Fax: 954 58 93 02  
Móvil: 692350564  
[pisaprevencion@pisaprevencion.es](mailto:pisaprevencion@pisaprevencion.es)  
[www.pisaprevencion.es](http://www.pisaprevencion.es)  
C/ Innovación 6 Edif. Ateñe,  
Mairena del Alcora

PLANO: EVACUACIÓN  
PLANTA: SEGUNDA  
FECHA: NOVIEMBRE 2015





#### VÍAS DE EVACUACIÓN Y MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

EN CASO DE EVACUAR EL EDIFICIO, SIGA LAS VÍAS SEÑALADAS EN EL PLAN.



PUNTO DE REFUGIO:

- EXTINGUIDOR POLVO
- EXTINGUIDOR ANHIDRIDO CARBONICO (CO2)
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (BIE)
- PULSADOR ANALÓGICO
- SIRENA ELECTRÓNICA DE ALARMA ACÚSTICA
- CENTRAL CONTRA INCENDIOS Y PULSADOR DE ALARMA GENERAL

DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

DISTRIBUIDOR DE PLANTA

PUNTO DE CONSOLIDACION

TOMA TELECOMUNICACIONES

DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

VERTICAL DEL EDIFICIO

**PISA  
PREVENCIÓN**  
SISTEMAS INTEGRADOS DE PROTECCIÓN DE FOGOS Y ALARMA

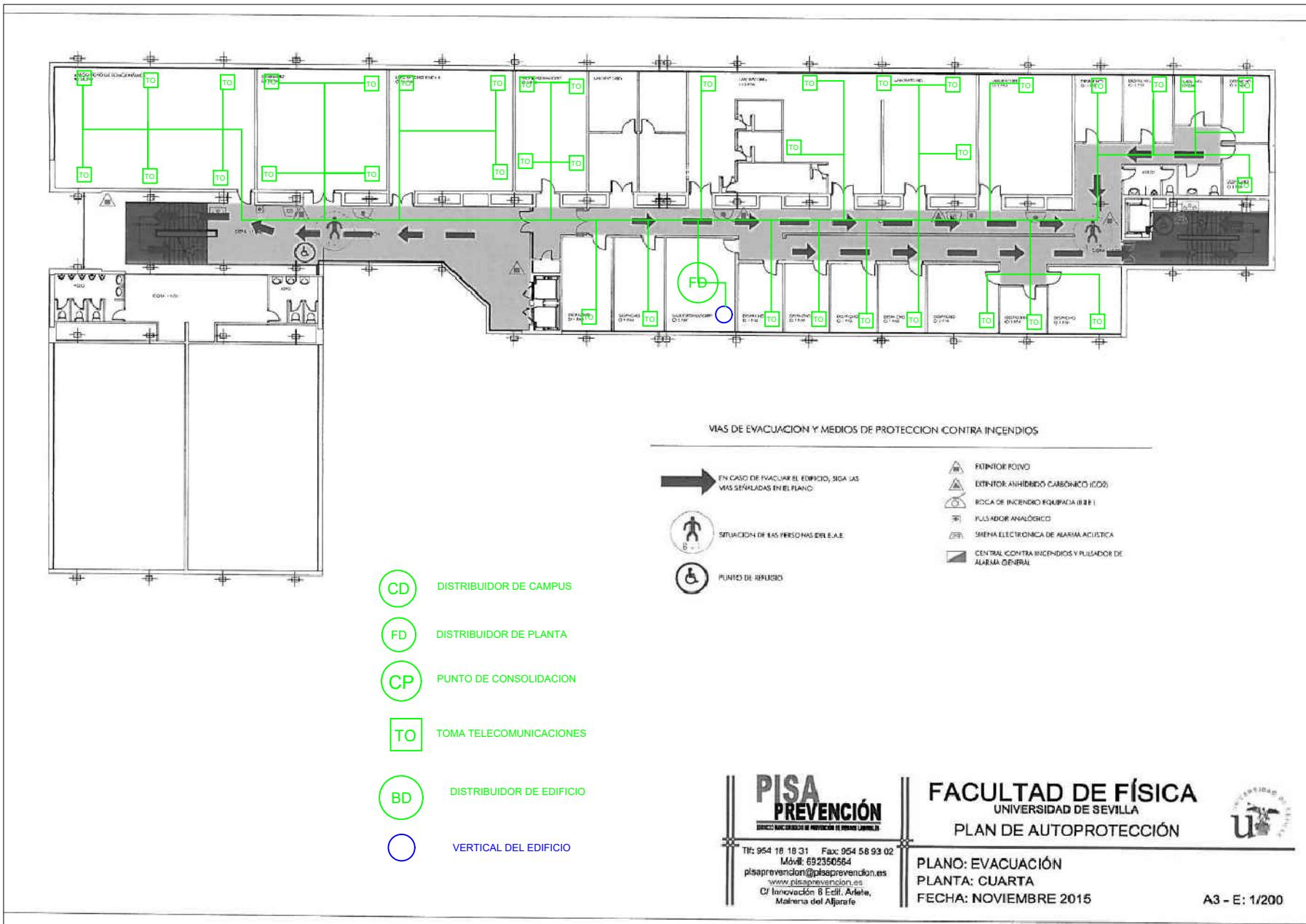
Tlf: 954 18 15 31 - Fax: 954 58 93 02  
Móvil: 629359564  
pispavencion@pispavencion.es  
[www.pispavencion.es](http://www.pispavencion.es)  
C/I innovación 6 Edif. Ariete,  
Mairena del Aljarafe

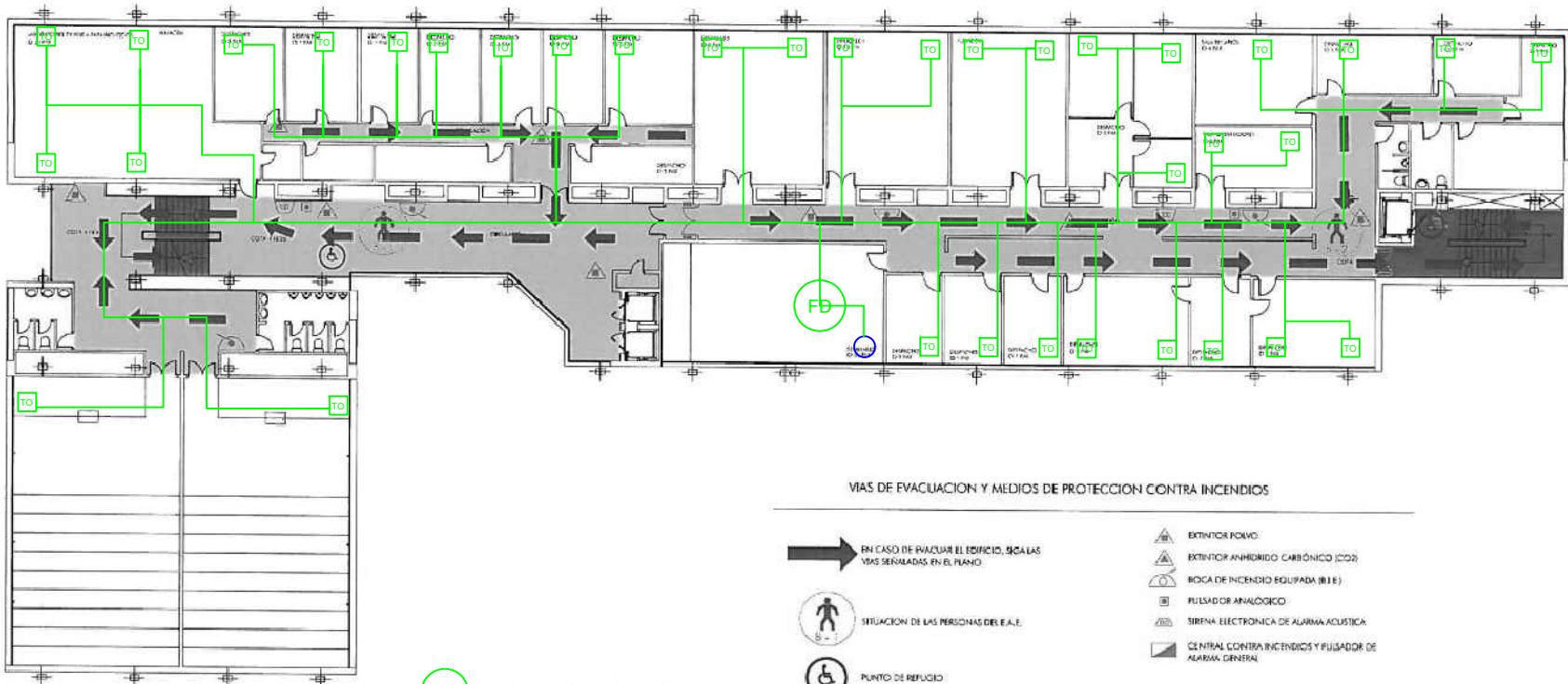
**FACULTAD DE FÍSICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
PLAN DE AUTOPROTECCIÓN



PLANO: EVACUACIÓN  
PLANTA: TERCERA  
FECHA: NOVIEMBRE 2015

A3 - E: 1/200





#### VÍAS DE EVACUACIÓN Y MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

EN CASO DE INCENDIO, SIGA LAS VÍAS SEÑALADAS EN EL PLANO.



SITUACIÓN DE LAS PERSONAS DEL E.E.



PUNTO DE REFUGIO

- EXTINTOR FONDO:
- EXTINTOR ANHIDRIDO CARBÓNICO (CO2)
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (B.I.E.)
- PULSADOR ANALÓGICO
- SIRENA ELECTRÓNICA DE ALARMA ACÚSTICA
- CENTRAL CONTRA INCENDIOS Y PULSADOR DE ALARMA GENERAL

CD DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

FD DISTRIBUIDOR DE PLANTA

CP PUNTO DE CONSOLIDACION

TO TOMA TELECOMUNICACIONES

BD DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

VERTICAL DEL EDIFICIO

**PISA  
PREVENCIÓN**  
DIFUSOR PARA CONTROL DE INCENDIOS LUMINOSO

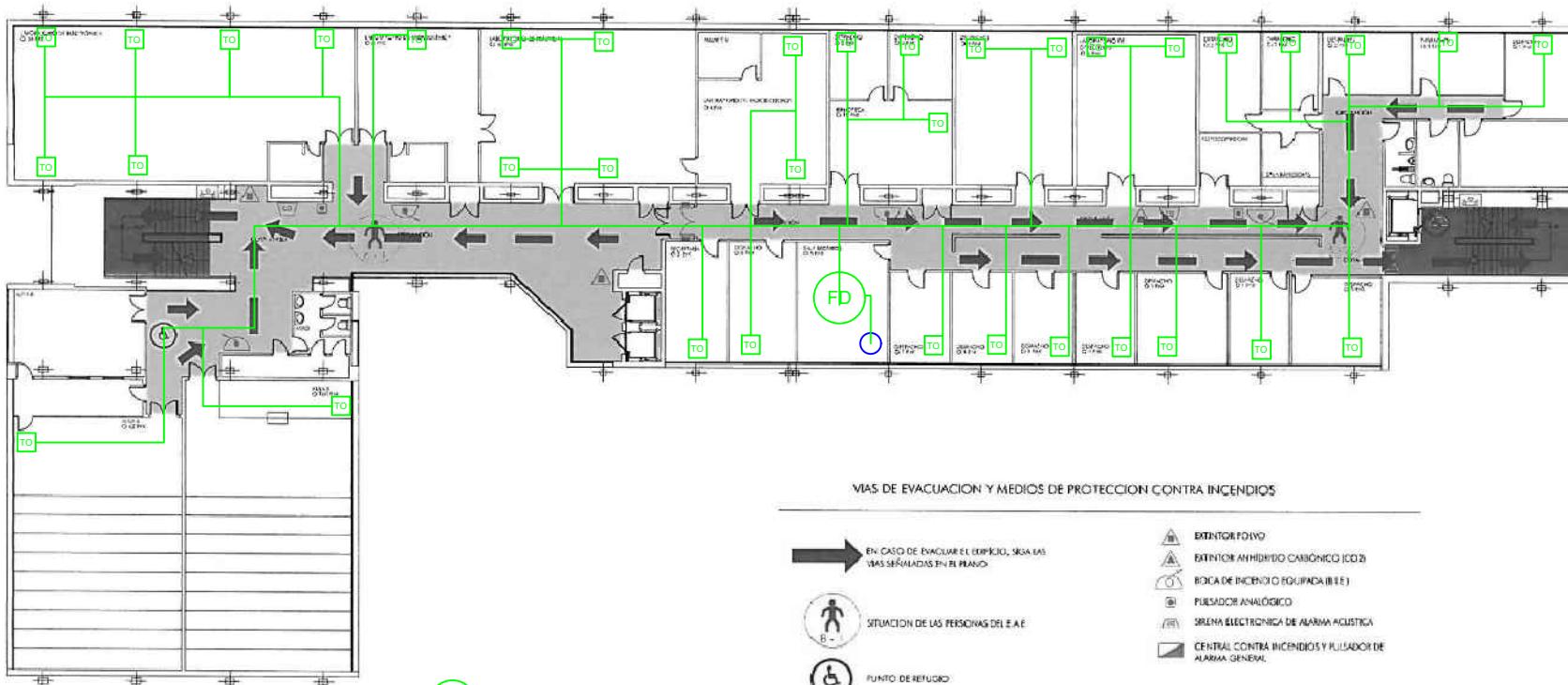
Tlf: 954 18 18 31 Fax: 954 58 93 02  
Móvil: 692350564  
pispaprevencion@pispaprevencion.es  
www.pispaprevencion.es  
C/ Innovación 6 Edif. Arleto,  
Mairena del Aljarafe

**FACULTAD DE FÍSICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
PLAN DE AUTOPROTECCIÓN



PLANO: EVACUACIÓN  
PLANTA: QUINTA  
FECHA: NOVIEMBRE 2015

A3 - E: 1/200



#### VÍAS DE EVACUACIÓN Y MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

EN CASO DE EVACUAR EL EDIFICIO, SIGA LAS  
MAS SEÑALADAS EN EL PLANO.



SITUACIÓN DE LAS PERSONAS DEL E.A.E.



PUNTO DE REFUGIO:

- EXTINGUIDOR FOAM
- EXTINGUIDOR ANHIDRÍDO CARBÓNICO (CO2)
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA (B.I.E.)
- PULSADOR ANALÓGICO
- SIRENA ELECTRÓNICA DE ALARMA ACÚSTICA
- CENTRAL CONTRA INCENDIOS Y PULSADOR DE ALARMA GENERAL

CD DISTRIBUIDOR DE CAMPUS

FD DISTRIBUIDOR DE PLANTA

CP PUNTO DE CONSOLIDACION

TO TOMA TELECOMUNICACIONES

BD DISTRIBUIDOR DE EDIFICIO

VERTICAL DEL EDIFICIO

**PISA**  
**PREVENCIÓN**

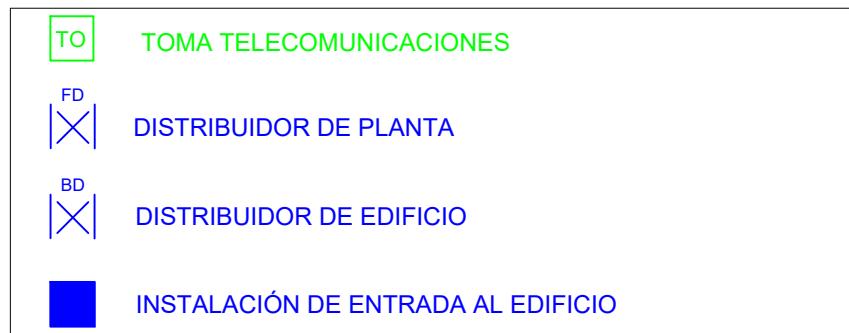
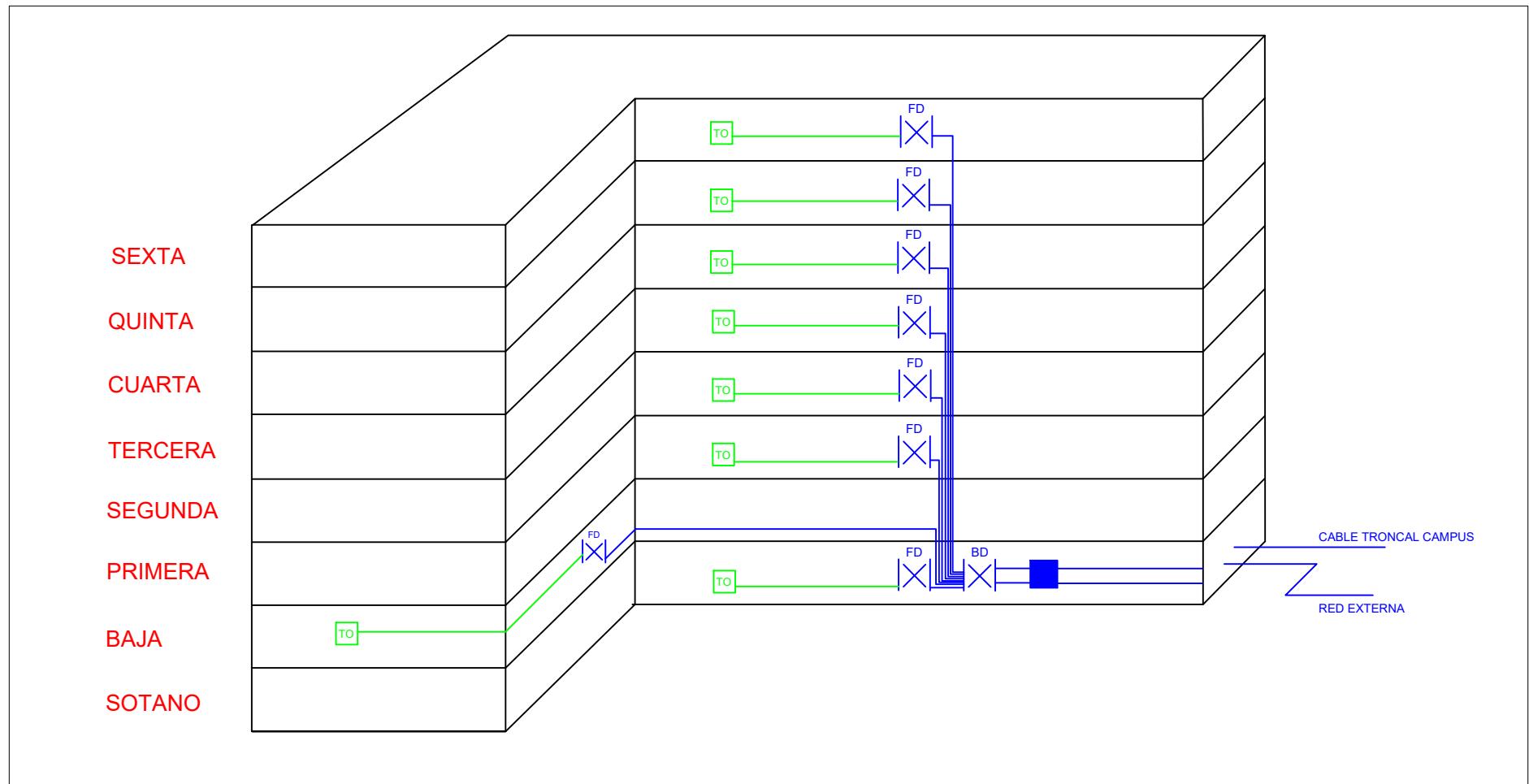
SERVICIO MANAJEANDO DE PROTECCIÓN DE RESIDENCIAS UNIVERSITARIAS  
Tel: 954 18 18 31 Fax: 954 58 93 02  
Móvil: 692350564  
pispaprevencion@pispaprevencion.es  
www.pispaprevencion.es  
C/ Innovación 6 Edif. Arleña,  
Mairena del Aljarafe

**FACULTAD DE FÍSICA**  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
PLAN DE AUTOPROTECCIÓN

PLANO: EVACUACIÓN  
PLANTA: SEXTA  
FECHA: NOVIEMBRE 2015



A3 - E: 1/200



**Plano Vertical Telecomunicaciones Simplificado**

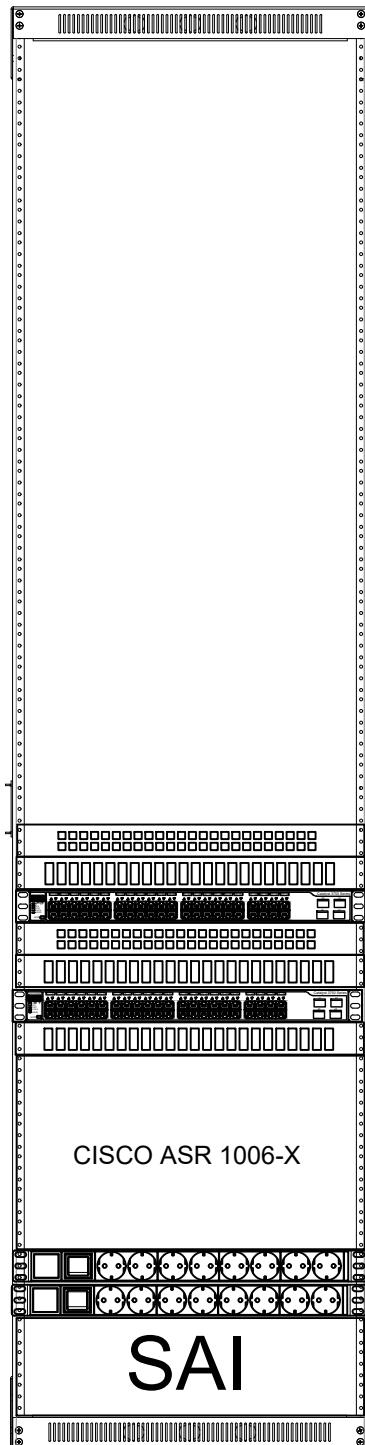
## C. Racks

---

### C.1. Repartidor de Edificio

42 U

18U



Panel de Parcheo 48 Puertos 2

Organizador de Cables Horizontal 3

Switch Core 2

Panel Parcheo 48 Puertos 1

Organizador de Cables Horizontal 2

Switch Core 1

Organizador de Cables Horizontal 1

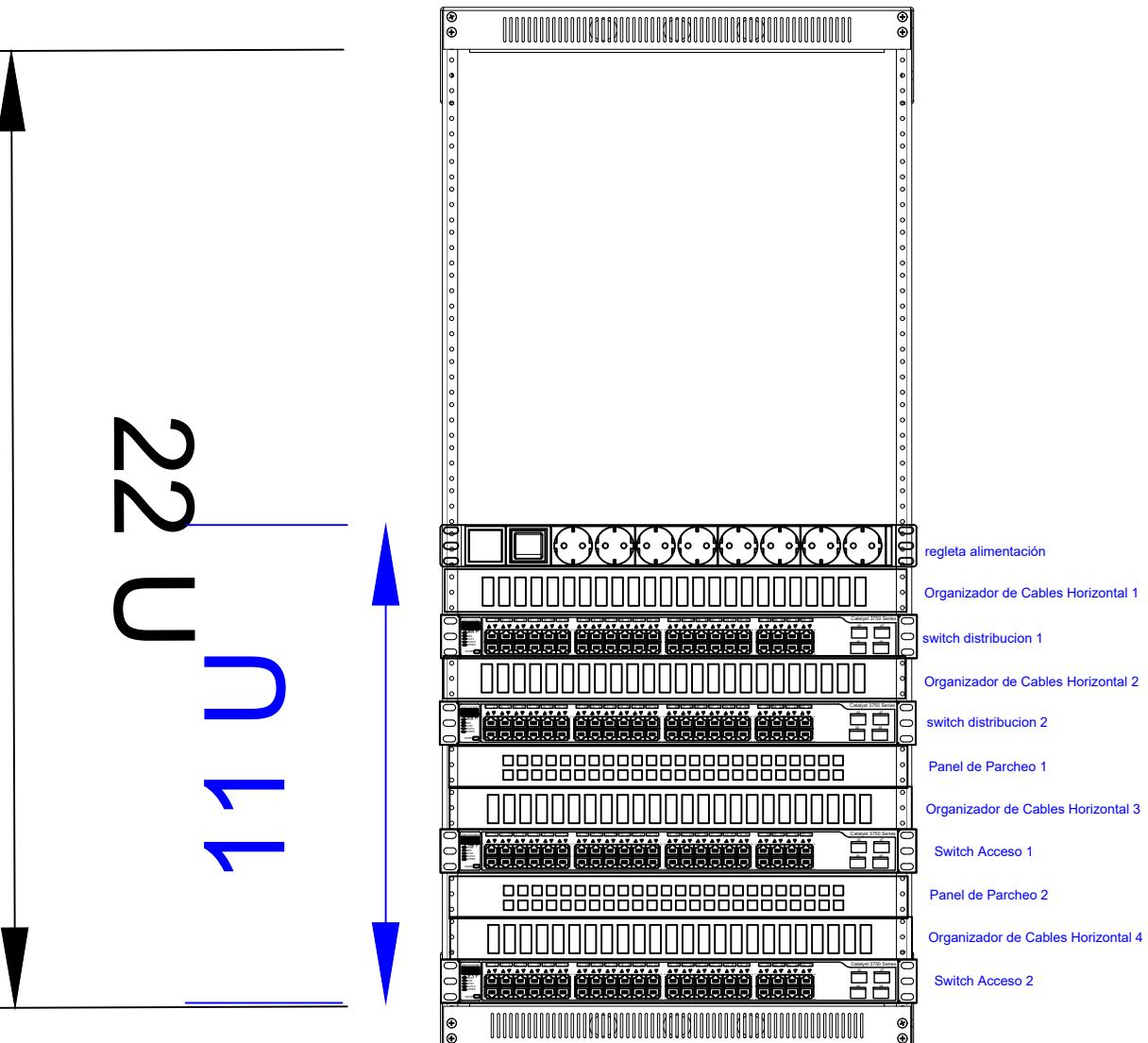
Router Perimetral

Regleta de Alimentación 2

Regleta de Alimentación 1

Sistema de Alimentación Ininterrumpida

## **C.2. Repartidor de Planta**



## D. Cálculo Metros Canalizaciones

---

Para calcular las canalizaciones se ha partido de lo dibujado en los planos de telecomunicaciones. Mediante la herramienta Total Length [20] que nos facilita muchísimo medir los metros de canalizaciones dibujados.

**Tabla D.1:** Metros de canalización por planta

Planta	Metros/Canalización
Sótano	186,65
Baja	73,86
1 <sup>a</sup>	237,26
2 <sup>a</sup>	422,34
3 <sup>a</sup>	311,45
4 <sup>a</sup>	310,17
5 <sup>a</sup>	346,49
6 <sup>a</sup>	308,39
<b>TOTAL</b>	<b>2.196,61</b>

Nos resulta en un total de 2197 metros de falso techo para el plano horizontal.

## E. Cálculo de Cableado Cat 7

---

En cuanto al cálculo del cableado horizontal total, se ha optado por una aproximación del mismo. Se supondrá que se necesitan 25 metros de cable aproximadamente por cada punto de red. Cada toma de telecomunicaciones consiste en una toma doble de rj45. Se ha de contar el número de tomas de telecomunicaciones por cada planta.

**Tabla E.1:** Resumen de Tomas de Telecomunicaciones y Puntos de Red

Planta	Tomas Telecomunicaciones	Puntos de Red (RJ45)
Planta Sótano	20	40
Planta Baja	5	10
Planta 1 <sup>a</sup>	31	62
Planta 2 <sup>a</sup>	43	86
Planta 3 <sup>a</sup>	36	72
Planta 4 <sup>a</sup>	38	76
Planta 5 <sup>a</sup>	36	72
Planta 6 <sup>a</sup>	36	72
<b>TOTAL PUNTOS RED</b>		<b>490</b>
<b>Metros/Punto</b>		<b>25</b>
<b>Total Metros</b>		<b>12250</b>

Para el cableado vertical se ha de tener en cuenta la distancia que existe desde cada repartidor de planta hacia el repartidor de edificio. Si suponemos que la distancia entre plantas es la misma y que hay una distancia de 4 metros desde el repartidor de edificio hacia el repartidor de planta de su nivel superior, la distancia hacia el que está 2 niveles por encima será de 8 metros y así sucesivamente. A su vez, se añade un factor de metros extra a lo que necesitaríamos para cada planta, en este caso se toma el doble.

**Tabla E.2:** Cálculo de Metros Extra por Nivel

Nivel	Metros	Factor Metros Extra	Total Por Nivel
Nivel 1 (Planta Baja)	4	2	8
Nivel 2 (Planta 1 <sup>a</sup> )	8	2	16
Nivel 3 (Planta 2 <sup>a</sup> )	12	2	24
Nivel 4 (Planta 3 <sup>a</sup> )	16	2	32
Nivel 5 (Planta 4 <sup>a</sup> )	20	2	40
Nivel 6 (Planta 5 <sup>a</sup> )	24	2	48
Nivel 7 (Planta 6 <sup>a</sup> )	28	2	56
<b>TOTAL</b>			<b>224</b>

Por último se sumarían los metros de cable del cableado horizontal y vertical y se añadiría una holgura del 20 %.

**Tabla E.3:** Resumen de Metraje de Cableado

<b>Tipo Cableado</b>	<b>Metros de Cable</b>
Horizontal	12 250
Vertical	224
<b>TOTAL</b>	<b>12 474</b>
Holgura	20,00 %
<b>Total Final</b>	<b>14 968,8</b>

Quedarían unos 14969 metros de cable redondeando hacia arriba para la suma del cableado horizontal y vertical.

# Bibliografía

---

- [1] Top-Down Network Design, 3rd Edition | Cisco Press, . URL <https://www.ciscopress.com/store/top-down-network-design-9781587202834>.
- [2] Rack 19"42U 800 x 600 I700, . URL <https://www.rackonline.es/armarios-rack-42u/rack-19-42u-800-x-600-i700.html>.
- [3] Rack 19"22U 600 x 800 I700, . URL <https://www.rackonline.es/armarios-rack-22u/rack-19-22u-600-x-800-i700.html>.
- [4] Salicru SLC-5000-TWIN RT3 SAI IoT On-Line Doble Conversión Torre/Rack 5000VA 5000W | PcComponentes.c, . URL <https://www.pccomponentes.com/salicru-slc-5000-twin-rt3-sai-iot-on-line-doble-conversion-torre-rack-5000va-5000w>
- [5] Cisco ASR1006-X : Amazon.es: Informática, . URL <https://www.amazon.es/Cisco-Systems-ASR1006-X/dp/B0BLSV2Y97>.
- [6] Cisco ASR1006-PWR-AC used, refurbished & new - IT Market, . URL <https://it-market.com/en/components/power-supplies/cisco/asr1006-pwr-ac>.
- [7] Cisco C9500-40X-E used, refurbished & new - IT Market, . URL [https://it-market.com/en/switches/gigabit/cisco/c9500-40x-e/641424-147711?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=17347257977](https://it-market.com/en/switches/gigabit/cisco/c9500-40x-e/641424-147711?gad_source=1&gad_campaignid=17347257977).
- [8] Cisco - C9300-48P-A - Cisco Catalyst 9300 - Network Advantage - Switc, 3.605,50 €, . URL [https://www.tonitrus.com/C9300-48P-A\\_10?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=19965740286](https://www.tonitrus.com/C9300-48P-A_10?gad_source=1&gad_campaignid=19965740286).
- [9] C9200L-48P-4G-E Cisco, . URL [https://es.wiautomation.com/cisco/comunicacion-industrial/otre/c9200l48p4ge?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=ES\\_pmax\\_full&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=17347647578](https://es.wiautomation.com/cisco/comunicacion-industrial/otre/c9200l48p4ge?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ES_pmax_full&gad_source=1&gad_campaignid=17347647578).
- [10] Cisco PWR-C1-1100WAC, . URL <https://it-planet.com/es/p/cisco-pwr-c1-1100wac-14664.html>.
- [11] Equip Regleta 8 Tomas para Rack 19"1U | PcComponentes.com, . URL <https://www.pccomponentes.com/equip-regleta-8-tomas-para-rack-19-1u>.
- [12] deleyCON 48 Puertos Patch Panel Modular para Módulos Keystone 1U (1HE) 19 Pulgadas el Montaje en Rack Compatible CAT5 CAT6 CAT7 CAT8 LAN Red Negro : Amazon.es: Informática, . URL <https://www.amazon.es/deleyCON-Puertos-Keystone-Pulgadas-Compatible/dp/B07QMSNNG2?th=1>.
- [13] Organizador DE Cables LANBERG METALICO 1U Tipo A Rack 19 Negro : Amazon.es: Electrónica, . URL [https://www.amazon.es/Organizador-Cables-LANBERG-METALICO-Negro/dp/B019M05W1K?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref\\_=fplfs&psc=1&smid=A8QV1IBDYBGA1](https://www.amazon.es/Organizador-Cables-LANBERG-METALICO-Negro/dp/B019M05W1K?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref_=fplfs&psc=1&smid=A8QV1IBDYBGA1).

- [14] hb-digital 2 puertos CAT 7 RAL9003 + 2 x CAT 7 Keystone RJ45 módulo LAN Ethernet Keystone enchufe hembra para CAT 5e CAT 6 CAT 6a máx. 10 Gbps STP – Blanco señal : Amazon.es: Industria, empresas y ciencia, . URL [https://www.amazon.es/hb-digital-puertos-RAL9003-m%C3%B3dulos-Keystone/dp/B0BPMGCS5P/ref=asc\\_df\\_B0BPMGCS5P?cid=aee9acc222b13c1fbf13b06183ffe75c&tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=704526151609&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=4931555822124651970&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9198281&hvtargid=pla-2282201949339&psc=1&gad\\_source=1](https://www.amazon.es/hb-digital-puertos-RAL9003-m%C3%B3dulos-Keystone/dp/B0BPMGCS5P/ref=asc_df_B0BPMGCS5P?cid=aee9acc222b13c1fbf13b06183ffe75c&tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=704526151609&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=4931555822124651970&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9198281&hvtargid=pla-2282201949339&psc=1&gad_source=1).
- [15] Unex. Canal de instalación 40x60 mm, . URL <https://www.unex.net/es/canal-de-instalacion-40x60-mm-en-u23x/73071-2>.
- [16] deleyCON 30m CAT.7 Cable de Instalación Cobre Rígido S/FTP PIMF, de Red LAN Ethernet Cable de Datos Gigabit CAT7 10Gbit 1000MHz LSZH Libre de Halógenos DoP - Certificado GHMT, Naranja, para Servidor : Amazon.es: Informática,. URL [https://www.amazon.es/deleyCON-Instalaci%C3%B3n-Ethernet-Gigabit-Hal%C3%ADgenos/dp/B07ZVL5FR3/ref=asc\\_df\\_B07ZVL5FR3?cid=51731928e1dc36a4ad71fdd3c288454d&tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=699723920382&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=6609018478035934729&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9198281&hvtargid=pla-863043523623&gad\\_source=1&th=1](https://www.amazon.es/deleyCON-Instalaci%C3%B3n-Ethernet-Gigabit-Hal%C3%ADgenos/dp/B07ZVL5FR3/ref=asc_df_B07ZVL5FR3?cid=51731928e1dc36a4ad71fdd3c288454d&tag=googshope-21&linkCode=df0&hvadid=699723920382&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=6609018478035934729&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcndl=&hvlocint=&hvlocphy=9198281&hvtargid=pla-863043523623&gad_source=1&th=1).
- [17] Bandeja portacables OMEGA - 200x100 - Perforada - 3m - Gris RAL7030 | 637901 | 3245066379012 | LEGRAND, . URL <https://www.legrand.es/es/productos/bandeja-portacables-omega-200x100-perforada-3m-gris-ra17030-637901>.
- [18] Bandeja portacables RS PRO de Acero galvanizado Sendzimir, dim. 3m x 100 mm x 60mm | RS, . URL <https://es.rs-online.com/web/p/bandejas-portacables/9013982>.
- [19] Unex. Bandeja de escalera aislante de 135x400 mm, . URL <https://www.unex.net/es/bandeja-de-escalera-aislante-de-135x400-mm-en-u23x/67420-04>.
- [20] MEP WORK. Total Length AutoCAD Lisp for Duct and Pipes. URL <https://www.mepwork.com/2020/05/total-length-autocad-lisp.html>.
- [21] Redes De Computadoras - Quinta Edición : Andrew S. Tanenbaum: Amazon.es: Libros, . URL <https://www.amazon.es/Redes-Computadoras-Andrew-S-Tanenbaum/dp/6073208170>.
- [22] Kennedy Clark and Kevin Hamilton. *Ccie Professional Development: Cisco Lan Switching*. Indianapolis, IN, 2007. ISBN 978-1-57870-094-3.
- [23] Junta de Andalucía. Anexo 01 - orden cableado estructurado. URL [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Anexo\\_01-OrdenCableadoEstructurado.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Anexo_01-OrdenCableadoEstructurado.pdf). Accedido el 13 de enero de 2025.

- [24] Universidad de Sevilla, Facultad de Física. Plan autoprotección de la facultad de física, 2016. URL <https://fisica.us.es/sites/fisica/files/ai/fisica25012016.pdf>. Accedido el 5 de enero de 2025.