

**Caso Final Integrador**

**Álvaro Martín Romero**

**Índice**

**1.**[**Diseño y Modelado de la Arquitectura de Comunicación**](#_1._Diseño_y)

[**1.1. Análisis de modelos**](#_1.Análisis_de_modelos)

**1.2.**[**Integración de los Modelos OSI y TCP/IP en los Servicios Municipales del Ayuntamiento de Coslada**](#_Integración_de_los)

**1.3.**[**Adaptaciones al diseño para Coslada (resumen técnico)**](#_Adaptaciones_al_diseño)

[**2. Capa Física – Cálculos y Selección de Tecnologías**](#_2._Capa_Física)

**2.1.**[**Cálculo de la Capacidad de los Enlaces:**](#_1._Cálculo_de)

**2.**[**2.Selección de Técnicas de Modulación**](#_2.Selección_de_Técnicas)

**2.**[**3.Evaluación de la Eficiencia del Encapsulamiento:**](#_3.Evaluación_de_la)

# **Diseño y Modelado de la Arquitectura de Comunicación**

## 1.Análisis de modelos

**Modelo OSI (Open Systems Interconnection) – 7 Capas**

| **Capa** | **Nombre** | **Función principal en la ciudad inteligente** |
| --- | --- | --- |
| 7 | Aplicación | Interfaces con el usuario: portales web, apps ciudadanas, CCTV, servicios en la nube. |
| 6 | Presentación | Cifrado/descifrado, compresión: HTTPS, streaming de video, datos IoT en JSON/XML. |
| 5 | Sesión | Establece/mantiene sesiones: conexiones a portales, transmisiones de emergencia. |
| 4 | Transporte | Control de flujo y errores: TCP (fiabilidad) y UDP (baja latencia) para video/IoT. |
| 3 | Red | Direccionamiento y enrutamiento: IPv4/IPv6, OSPF, EIGRP, RIPng. |
| 2 | Enlace de datos | Transmisión fiable entre nodos: Ethernet, Wi-Fi, VLANs, STP, seguridad MAC. |
| 1 | Física | Medio de transmisión: fibra óptica, cableado UTP, antenas Wi-Fi, LoRa, 5G. |

**Modelo TCP/IP – 4 Capas**

| **Capa TCP/IP** | **Equivalente OSI** | **Aplicación en la ciudad inteligente** |
| --- | --- | --- |
| Aplicación | OSI 5–7 | Portales web, CCTV, VoIP, APIs RESTful para sensores IoT. |
| Transporte | OSI 4 | TCP (datos críticos), UDP (telemetría, video en tiempo real). |
| Internet | OSI 3 | IPv6, OSPFv3, túneles GRE, IPsec, direccionamiento lógico. |
| Acceso a red | OSI 1–2 | Ethernet, Wi-Fi 6, LoRaWAN, VLANs, protocolos 802.11ac/ax, switches, enlaces físicos. |

**Aplicación al proyecto de ciudad inteligente**

| **Servicio** | **Capas críticas involucradas** |
| --- | --- |
| Servicios gubernamentales | Aplicación (correo, portales), Red (enrutamiento), Transporte (TCP). |
| Seguridad pública | Transporte (UDP para video), Red (QoS + redundancia), Enlace (Wi-Fi en puntos). |
| Transporte y sensores IoT | Aplicación (MQTT/CoAP), Transporte (UDP), Enlace (LoRa/5G), Física (antenas). |
| Streaming y multimedia | Aplicación (HTTP/RTSP), Transporte (UDP), Red (multicast, QoS). |
| Seguridad y cifrado | Presentación (TLS, SSL), Red (IPsec, VPNs), DNSSEC en Aplicación. |

## Integración de los Modelos OSI y TCP/IP en los Servicios Municipales del Ayuntamiento de Coslada

Para garantizar una red de comunicaciones moderna, escalable y segura, el Ayuntamiento de Coslada adoptará una arquitectura de red basada en los modelos OSI y TCP/IP. Esta arquitectura permitirá integrar los distintos departamentos municipales y servicios ciudadanos con una infraestructura robusta y eficiente, habilitando funcionalidades clave como vigilancia, servicios en línea, IoT ambiental y comunicaciones de emergencia.

**Aplicación del Modelo OSI**

| **Capa OSI** | **Aplicación en Coslada** |
| --- | --- |
| 7. Aplicación | Servicios digitales de atención ciudadana, portales web del ayuntamiento, plataformas de gestión interna. |
| 6. Presentación | Uso de cifrado TLS/SSL para asegurar la información entre usuarios y servicios. |
| 5. Sesión | Mantenimiento de sesiones entre dispositivos y servicios para autenticación y streaming continuo. |
| 4. Transporte | Protocolos TCP (fiables) para servicios administrativos y UDP (rápidos) para video vigilancia y sensores. |
| 3. Red | Enrutamiento eficiente con OSPF/OSPFv3 y direccionamiento dual-stack IPv4/IPv6. |
| 2. Enlace | VLANs segmentadas por departamentos (ej. Urbanismo, Seguridad, Hacienda), Wi-Fi corporativo y QoS. |
| 1. Física | Fibra óptica para backbone, cableado estructurado para oficinas y enlaces inalámbricos para IoT y movilidad. |

**3. Aplicación del Modelo TCP/IP**

| **Capa TCP/IP** | **Servicios de Coslada Soportados** |
| --- | --- |
| Aplicación | Archivo, Cultura, Urbanismo, Vivienda, Servicios Sociales, Educación, Participación Ciudadana, etc. |
| Transporte | TCP para ERP municipales, UDP para CCTV, VoIP de emergencias, y tráfico IoT de sensores. |
| Internet | Uso de IPv6 con túneles GRE/IPSec, soporte de DNSSEC, redundancia con rutas dinámicas. |
| Acceso a red | Interconexión segura de dependencias municipales por switches y puntos de acceso Wi-Fi 6. |

**4. Integración por Tipos de Servicio**

**🔹 Gubernamentales (Ej. Secretaría General, Hacienda, Recursos Humanos)**

* Infraestructura centralizada con VLANs dedicadas.
* VPN segura para acceso remoto de funcionarios.
* Servicios de correo, gestión documental y CRM por TCP/IP.

**🔹 Seguridad y Emergencias**

* Videovigilancia con cámaras IP.
* Enlaces redundantes por túnel GRE sobre IPsec.
* Comunicación prioritaria por QoS y VLANs dedicadas.

**🔹 Transporte y Medio Ambiente (Transición ecológica, Limpieza, Jardines)**

* Sensores IoT sobre redes LoRaWAN/Wi-Fi para calidad del aire y temperatura.
* Semáforos inteligentes conectados mediante IPv6.
* Gestión en tiempo real desde centro de control.

**🔹 Servicios Sociales, Salud y Educación**

* Aplicaciones con datos sensibles protegidas por cifrado y DNSSEC.
* Acceso seguro por dispositivos móviles de trabajadores sociales.
* Videollamadas o streaming en centros de atención o actividades educativas.

**🔹 Servicios al Ciudadano (Agenda, Participación, Cultura, Deportes)**

* Portales y aplicaciones con interfaces responsivas (capa aplicación).
* Streaming de eventos municipales vía UDP + QoS.
* Accesibilidad garantizada en puntos de información digital.

**5. Medidas de Seguridad Integradas**

* Cifrado extremo a extremo (TLS/IPsec).
* Autenticación centralizada (RADIUS/LDAP).
* Firewalls entre segmentos y acceso segmentado por roles.
* DNSSEC para protección de resolución de nombres.

### Adaptaciones al diseño para Coslada (resumen técnico)

| **Servicio** | **Implementación realista en Packet Tracer** |
| --- | --- |
| Videovigilancia | Cámaras IP conectadas a switches → a servidores de video |
| Redes gubernamentales | VLANs por departamento + routers ISR con OSPFv2/v3 |
| Transporte e IoT | Sensores IoT conectados vía Home Gateway + IoT Server |
| Streaming y eventos | Servidor de web + servidor multimedia + PC de streaming |
| Seguridad y emergencias | VLAN dedicada + tunel GRE entre sedes de seguridad |
| Conectividad ciudadana | Wi-Fi con WLC simulado + portal web en servidor |
| Alta disponibilidad | Rutas estáticas + OSPF + EtherChannel en backbone |

# 2. Capa Física – Cálculos y Selección de Tecnologías

## 1. Cálculo de la Capacidad de los Enlaces:

**Contexto:**

* En cada sede hay zonas con conectividad inalámbrica crítica (puntos de acceso, áreas de atención al público, IoT, etc.).
* Se usarán tecnologías Wi-Fi 6 o enlaces punto a punto de alta frecuencia.
* Excluimos zonas oscuras (almacenes, cuartos de archivo cerrados, etc.) del cálculo.

**Parámetros elegidos para el cálculo:**

| **Parámetro** | **Valor** |
| --- | --- |
| Ancho de banda (𝐵) | 300 MHz |
| SNR (dB) | 20 dB |

**Justificación de los parámetros elegidos:**

| **Parámetro** | **Valor** | **Razón de elección** |
| --- | --- | --- |
| **Ancho de banda (𝐵)** | **300 MHz** | Este valor simula el uso de tecnologías avanzadas como **Wi-Fi 6E**, que opera en la banda de **6 GHz** y puede usar canales anchos de hasta **320 MHz**. Elegí 300 MHz como valor redondeado y realista en despliegues urbanos de alto rendimiento. |
| **SNR (dB)** | **20 dB** | Un **SNR de 20 dB** representa una **calidad de señal buena pero no perfecta**, bastante común en escenarios con múltiples dispositivos, interferencias moderadas o paredes en interiores. Permite modelar condiciones **realistas, no ideales**, lo cual es clave en una sede con cobertura parcial. |

**Alternativas posibles según escenario:**

| **Escenario** | **Ancho de Banda sugerido** | **SNR típico** |
| --- | --- | --- |
| Oficinas estándar con Wi-Fi 5 | 80–160 MHz | 15–20 dB |
| Centros críticos con Wi-Fi 6E | 160–320 MHz | 20–30 dB |
| IoT de bajo consumo (LoRa, etc.) | < 1 MHz | 0–10 dB |
| Zonas muy congestionadas | 80 MHz | < 15 dB |

**Conversión de SNR a escala lineal:**

*SNR lineal=*

**Aplicando la fórmula de Shannon:**

**Resultado**

La **capacidad máxima teórica del canal inalámbrico crítico** con 300 MHz de ancho de banda y una SNR de 20 dB es:

1997 Mbps (≈ 2 Gbps)

**Aplicación práctica por sede**

| **Sede** | **Tecnología recomendada** | **Cobertura calculada** | **Zonas oscuras (excluidas)** |
| --- | --- | --- | --- |
| 🏛️ Sede Central | Wi-Fi 6E / Enlaces punto a punto | Oficinas, salas de reuniones | Almacenes de archivo |
| 🚨 Sede de Seguridad | Wi-Fi 6 + repetidores outdoor | Centro de mando, recepción | Cámaras selladas, depósitos |
| 🚦 Sede Infraestructura IoT | Enlaces 5 GHz + LPWAN (LoRa, etc.) | Talleres, centro de sensores | Trasteros sin sensores |
| 📺 Sede Multimedia y Ciudadana | Wi-Fi 6 público y para eventos | Áreas de atención, patios | Áreas de mantenimiento cerradas |

## 2.Selección de Técnicas de Modulación

Elegir la técnica de modulación adecuada es **clave** para equilibrar **velocidad, eficiencia espectral y robustez** frente al ruido o interferencias.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Modulación** | **Bits/símbolo** | **Eficiencia espectral** | **Robustez ante ruido** | **Complejidad** | **Usos típicos** |
| **BPSK** | 1 | Baja | **Muy alta** | Baja | Redes muy ruidosas, sistemas militares, IoT |
| **QPSK** | 2 | Media | Alta | Moderada | Satélites, 4G, enlaces Wi-Fi básicos |
| **16-QAM** | 4 | Alta | Media | Alta | Wi-Fi, 4G, 5G, redes de alta capacidad |
| **64-QAM** | 6 | Muy alta | Baja | Muy alta | Wi-Fi 5/6 en entornos con poca interferencia |
| **256-QAM** | 8 | Máxima | **Muy baja** | Muy alta | Redes cableadas (Ethernet 10G, DOCSIS 3.1), Wi-Fi 6 |

**Selección por Tipo de Enlace**

**Enlaces Inalámbricos (Wi-Fi, sensores, etc.):**

| **Entorno** | **Modulación recomendada** | **Justificación** |
| --- | --- | --- |
| Zonas críticas, mucho ruido | **QPSK** | Mejor equilibrio entre robustez y eficiencia. Apta para señal estable sin exigir SNR alto. |
| Zonas controladas, señal fuerte | **16-QAM / 64-QAM** | Mayor velocidad donde la calidad de señal es buena (p.ej. sedes con Wi-Fi 6). |
| IoT (bajo ancho, largo alcance) | **BPSK / LoRa (CSS)** | Alta robustez, ideal para sensores de bajo consumo y bajo bit rate. |

**Enlaces Cableados (Fibra, Ethernet, backbone):**

| **Tipo de medio** | **Modulación recomendada** | **Justificación** |
| --- | --- | --- |
| Ethernet (1G–10G) | **PAM-5 / 16-QAM / 256-QAM** | Muy alta eficiencia, ya que el ruido es bajo y el canal es muy limpio. |
| Fibra óptica | **QAM-64/256 o más** | Se usan esquemas densos con corrección de errores (FEC), gracias al altísimo SNR. |
| Enlaces eléctricos cortos | **QAM-16** | Buen compromiso si hay pequeñas interferencias (cables trenzados no apantallados). |

**Conclusión**

| **Tipo de Enlace** | **Modulación Seleccionada** | **Motivo** |
| --- | --- | --- |
| Inalámbrico interior | QPSK o 16-QAM | Buen rendimiento con robustez media, ideal para Wi-Fi en zonas urbanas |
| Inalámbrico exterior | QPSK o BPSK | Más tolerancia al ruido y obstáculos (zonas públicas, IoT) |
| Backbone cableado | 64-QAM o 256-QAM | Alta eficiencia donde las condiciones físicas lo permiten (fibra o 10G LAN) |
| IoT largo alcance | BPSK o modulación LoRa | Menor consumo energético y mayor robustez |

## 3.Evaluación de la Eficiencia del Encapsulamiento:

**Ejemplo práctico: Evaluación de la eficiencia del encapsulamiento**

**Supuestos del caso:**

* Se transmite un **mensaje de aplicación** (por ejemplo, un archivo o paquete de datos) de **1000 bytes de carga útil (datos de aplicación)**.
* Se usan tecnologías **Ethernet estándar** (IEEE 802.3) sobre una red IP con TCP.

### Tamaño de cada cabecera por capa:

| **Capa** | **Cabecera** | **Tamaño típico** |
| --- | --- | --- |
| Transporte (TCP) | TCP header | 20 bytes |
| Red (IP) | IPv4 header | 20 bytes |
| Enlace de Datos | Ethernet header | 18 bytes |
| Física | Preambulo + CRC | 8 bytes |
| **Total Overhead** |  | **66 bytes** |

**Cálculo de eficiencia:**

**Eficiencia=**

Eficiencia= ​= ​≈0.9389=93.89%​

**¿Qué pasa si el mensaje es más pequeño?**

Si en vez de 1000 bytes se transmiten 100 bytes, veamos el resultado:

**Conclusión:**

| **Tamaño del mensaje** | **Overhead** | **Eficiencia total** |
| --- | --- | --- |
| 1000 bytes | 66 bytes | 93.89 % |
| 100 bytes | 66 bytes | 60.24 % |
| 50 bytes (IoT típico) | 66 bytes | 43.10 % |

Cuanto menor es el paquete, mayor impacto tiene la sobrecarga del encapsulamiento, lo cual es crítico en redes de sensores o sistemas IoT.

# 3.Capa de Red – Direccionamiento, Subneteo y Enrutamiento