

---

# Implantación de Red Inalámbrica Municipal en la Localidad de Verin

---

*TFC – I.T.T. Telemática  
Nerea Durán Pérez*

# Índice

---

- *Objetivos*
- *Definición de zonas*
- *Tecnologías*
- *Topologías de red*
- *Dimensionado de la red*
- *Esquema de red*
- *Equipamiento*
- *Direccionamiento*
- *Seguridad y accesos*
- *Simulación*
- *Aspectos legales*
- *Coste estimado*
- *Conclusiones*

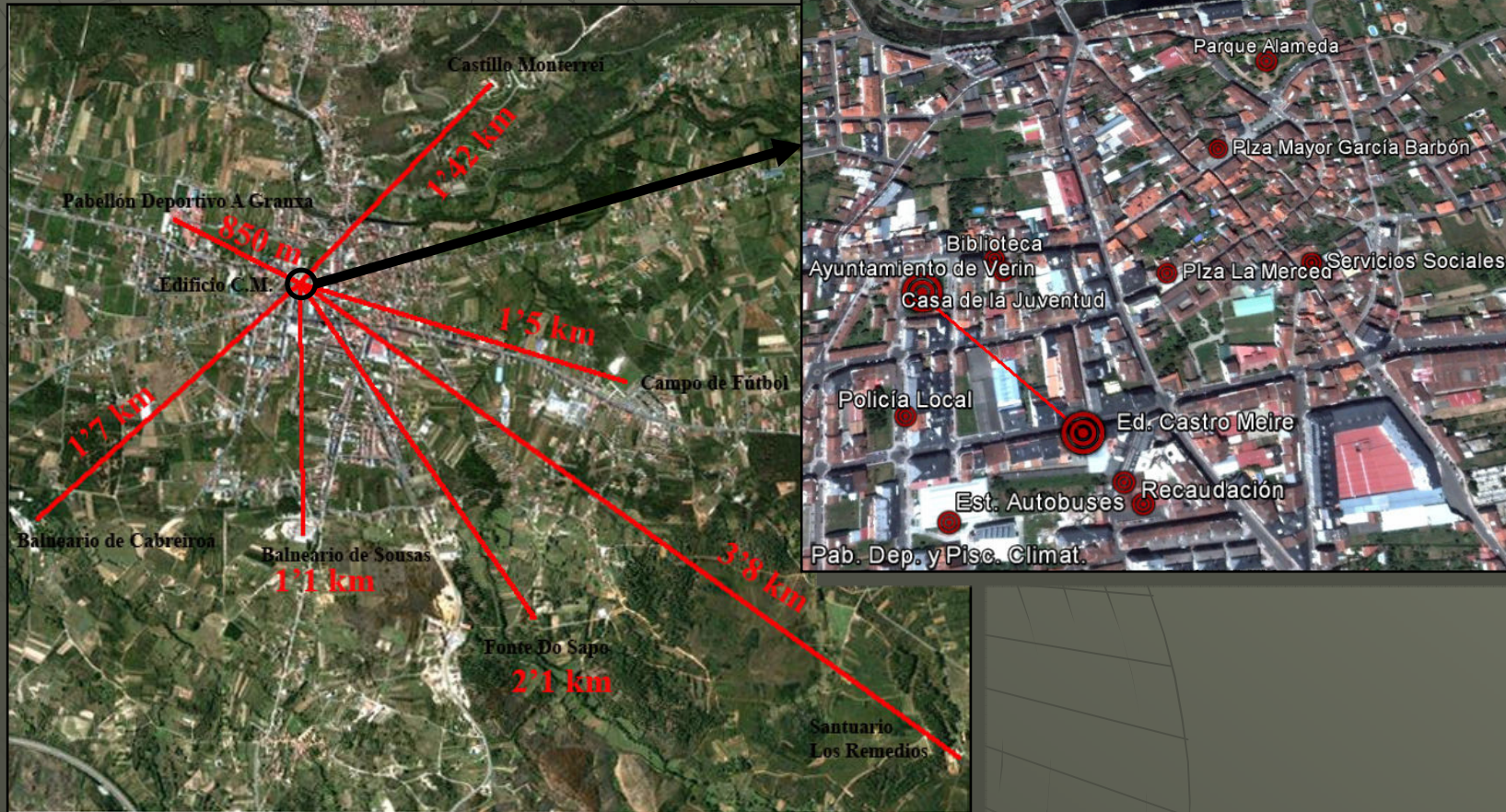
# Objetivos

---

- ❑ Diseño de red inalámbrica municipal de banda ancha en Verin:
  - Puntos de acceso a Internet gratuito para ciudadanos.
  - Conectividad entre dependencias municipales y acceso a Internet.
  - VoIP para empleados de administración local.
  - Acceso en modo audio a información turística.
- ❑ Acceso a Internet en Feces de Cima.
- ❑ Red segura y controlada.
- ❑ Cumplimiento de la legislación vigente.

# Definición de zonas (I)

1ª fase: Verin núcleo



# Definición de zonas (II)

2ª fase: Feces de Cima



# Tecnologías(I)

## WiMAX:

- ❑ Alternativa inalámbrica de banda ancha para zonas de difícil acceso y/o alto coste por cable o fibra (ej. zonas rurales).
- ❑ WiMAX Forum es el organismo certificador.
- ❑ Capa MAC determinista con ausencia de colisiones: SLOTS para transmitir.
- ❑ Throughput neto.
- ❑ Estándares:
  - 802.16 (2001):
    - 10 a 66 GHz con LOS
    - Hasta 134 Mbps
    - Estándar complementario: Frecuencias más bajas y NLOS.
  - 802.16-2004
    - Frecuencias en 3'5 y 5'8 GHz.
    - Modulación OFDM con 256 subportadoras
    - Implementa seguridad, prioridad en los flujos y redundancia.
  - 802.16e-2005
    - Frecuencias en 2'3, 2'5 y 3'5 GHz.
    - Itinerancia hasta 120 Km/h y *handoff*.
    - MIMO y AAS.



# Tecnologías (II)

## WiFi:

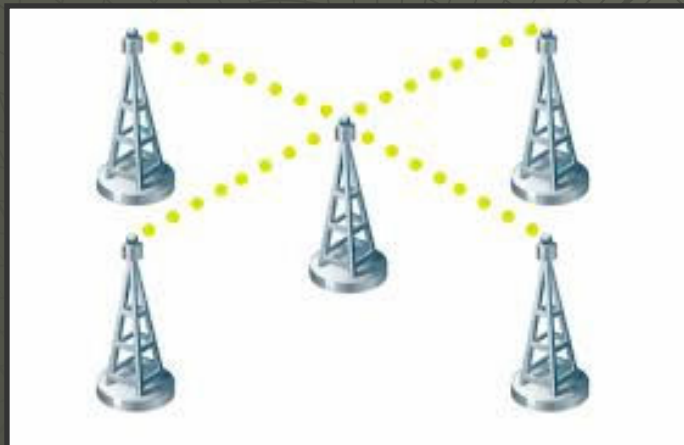
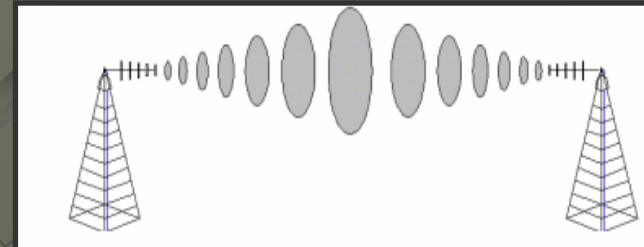
- ❑ Red local inalámbrica en 2'4 o 5 GHz.
- ❑ Velocidades menores a la nominal. Hasta 54 Mbps.
- ❑ Alcance reducido por obstáculos y meteorología. Hasta 100 m.
- ❑ Calidad no soportada por todos los estándares.
- ❑ Seguridad cuestionable.
- ❑ Estándares IEEE 802.11:
  - 802.11b: 2'4 GHz y altas velocidades.
  - 802.11a: Incompatible con 802.11b. 5 GHz.
  - 802.11g: Compatible con 802.11b. 2'4 GHz.
  - 802.11n: 2'4 y 5 GHz. Mejora cobertura, velocidad y calidad.
  - 802.11e: Añade calidad para tráfico de tiempo real.
  - 802.11i: Mejora la seguridad.



# Topologías de red

## □ Topología Punto a Punto:

- Red Troncal Primaria
- Banda de 5'4 GHz



## □ Topología Punto a Multipunto:

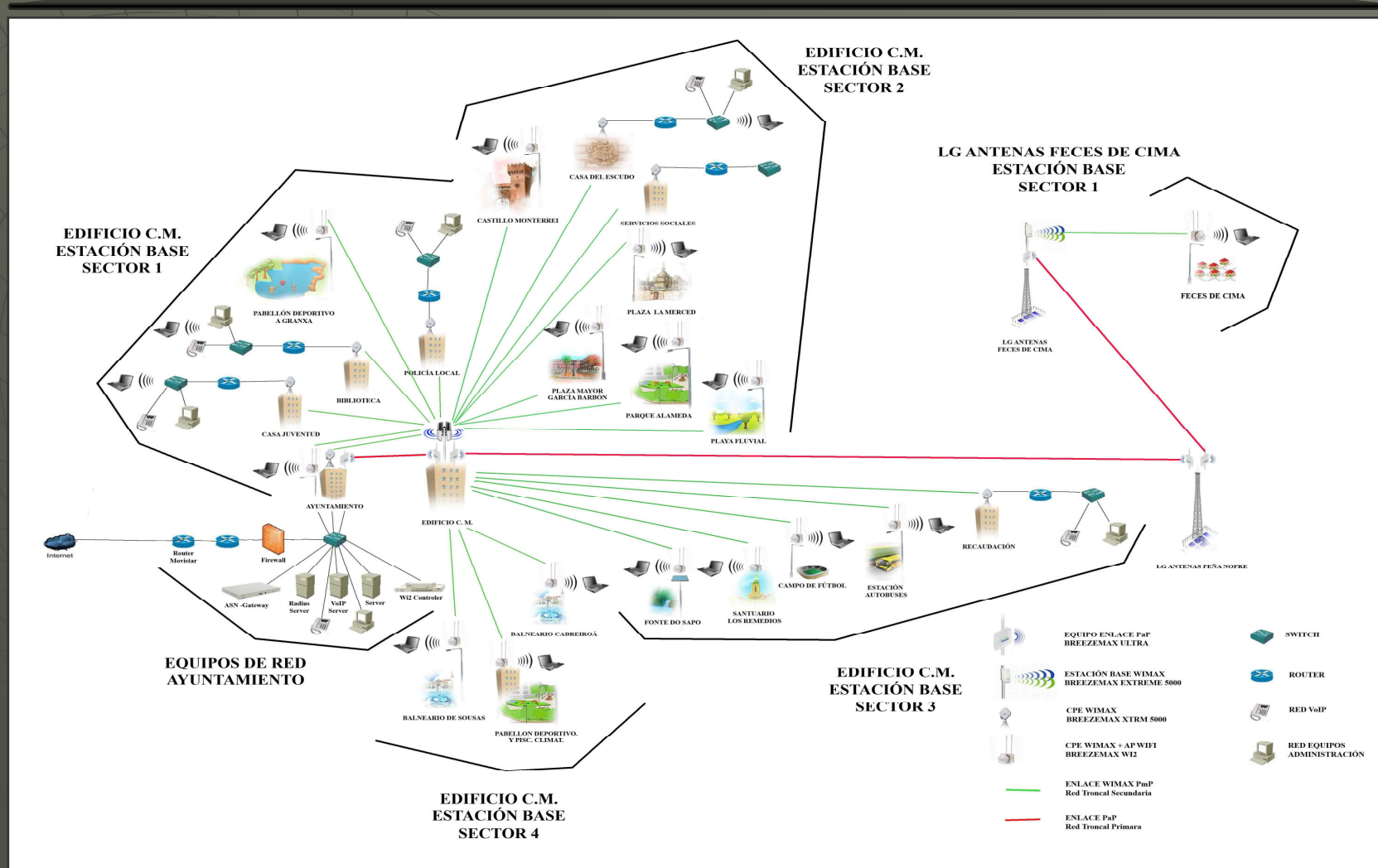
- Red Troncal Secundaria  
Banda de 5'8 GHz
- Red de Acceso  
Banda de 2'4 GHz



# Dimensionado de la Red

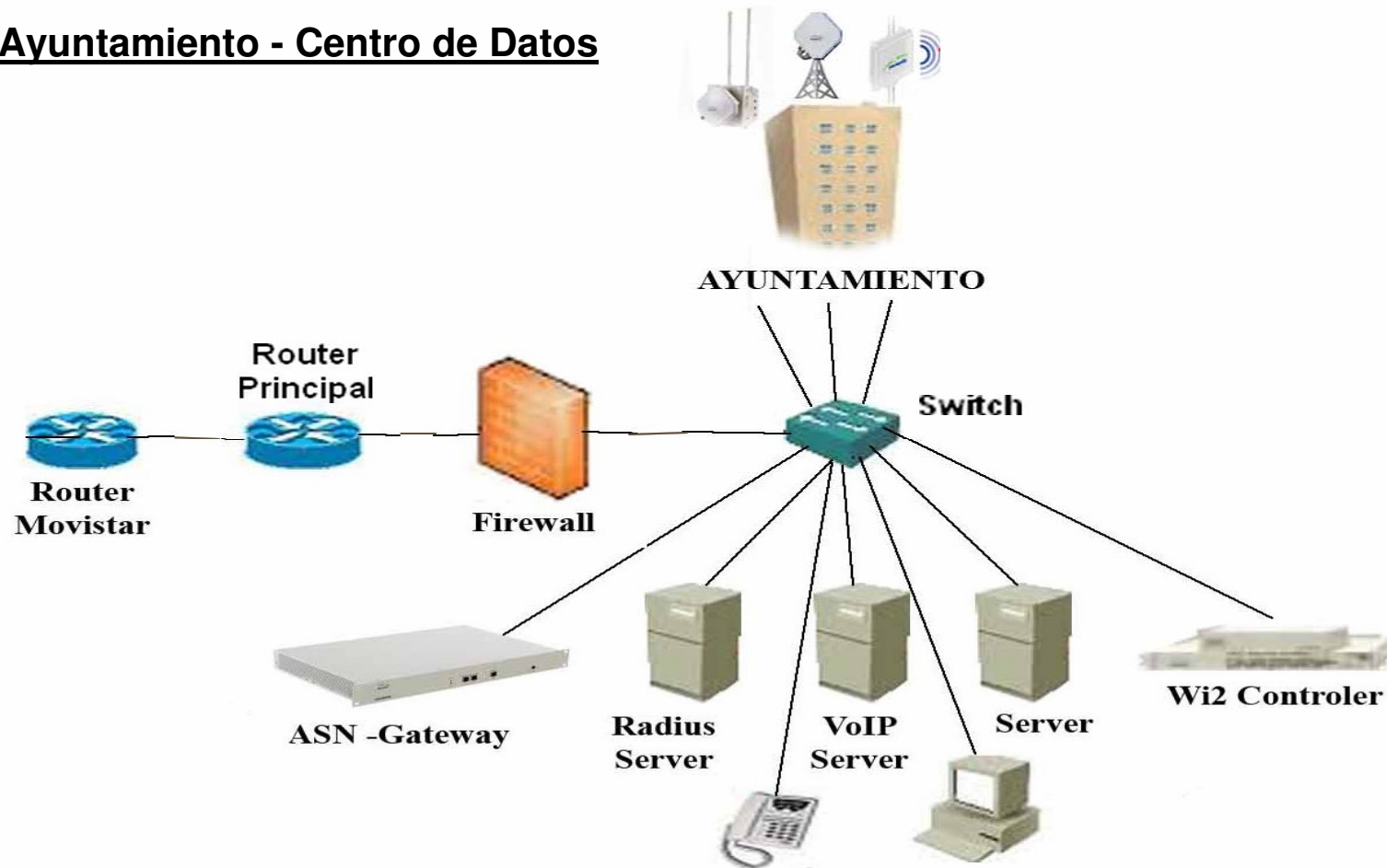
- ❑ CMT impone limitación de 256 kbps para acceso Internet Wifi gratuito.
  - ❑ Se supondrá ocupación al 50% garantizando 128 kbps en el peor caso.
  - ❑ Limitación horaria para acceso Internet Wifi gratuito de 17'00 – 20'00 h.
  - ❑ 800 usuarios:
    - 680 ciudadanos / turistas
      - Acceso a Internet
      - Acceso a audio-guía
    - 120 empleados administración
      - Acceso a Internet
      - VoIP
      - Tráfico interno
- 87 Mbps
- 20 Mbps (de mañana)
- ❑ 5 sectores :
    - Sector 1 de 52 Mbps
    - Sector 2 de 38 Mbps
    - Sector 3 de 22 Mbps
    - Sector 4 de 18 Mbps
    - Sector 5 de 4 Mbps
  - ❑ Contratación de ancho de banda para acceso a Internet de toda la red:
    - 90 Mbps simétrico (de 10 en 10 Mbps). Movistar.

# Esquema de Red (I)



# Esquema de Red (II)

## Ayuntamiento - Centro de Datos



# Equipamiento (I)

## ❑ Red Troncal Primaria:

*Solución PaP Alvarion Breeze Ultra P6000-350, 5'4 GHz:*

- Hasta 300 Mbps bruto y 50 km.
- Antena integrada direccional.

## ❑ Red Troncal Secundaria:

*E.B. WiMAX Alvarion BreezeMAX Extreme 5000, 5'8 GHz:*

- Single Sector, 2nd order diversity (entornos urbanos y NLOS).
- Tecnología MIMO, antena sectorial integrada 90°.

*E. Suscriptora WiMAX Alvarion BreezeMAX 5000 XTRM SU, 5'8 GHz:*

- Antena integrada.

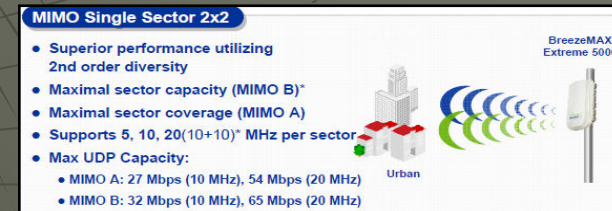
## ❑ Red de Acceso

*Punto de acceso Alvarion BreezeMAX Wi2:*

- CPE BreezeMAX 5000 XTRM + AP Wifi 802.11b/g, 2'4 GHz.
- 2 antenas omnidireccionales externas.
- Selección combinación de canales 1 – 6 – 11.

*Controlador Aps Alvarion Wi2 CRTL – 40*

- Gestión de los AP Wifi. Hasta 40 APs.



**MIMO Single Sector 2x2**

- Superior performance utilizing 2nd order diversity
- Maximal sector capacity (MIMO B)\*
- Maximal sector coverage (MIMO A)
- Supports 5, 10, 20(10+10)\* MHz per sector
- Max UDP Capacity:
  - MIMO A: 27 Mbps (10 MHz), 54 Mbps (20 MHz)
  - MIMO B: 32 Mbps (10 MHz), 65 Mbps (20 MHz)

BreezeMAX Extreme 5000

Urban

# Equipamiento (II)

## □ En centro de datos:

- Alvarion external *BreezeMAX ASN-GW*
- Firewall *CISCO ASA 5512-X/Security Plus*
- Servidores:
  - *Fujitsu PRIMERGY TX100 S3p* (Copias seg.)
  - *HP Proliant DL 160 Gen80* (Radius, DNS, DHCP, portal, audio-guía)
- Router principal *CISCO ISR G2 2911*, 3 puertos Gigabit
- Switch principal *CISCO 2960G-48TC-L*, 44 puertos 10/100/1000 Mbps
- SAI *EATON EX 3000 3U*

## □ En dependencias municipales:

- Router *CISCO ISR G2 1921*, 2 puertos 10/100/1000 Mbps
- Switch *CISCO 2960-24TC-L u 8TC-L* de 24 u 8 puertos 10/100 Mbps
- AP Wifi (Biblioteca, Casa de la Juventud, Casa Escudo) *CISCO WAP321*
- Voz IP:
  - Servidor *OmniPCX Office XL* (hasta 200 usuarios)
  - Teléfonos *Alcatel Lucent IP 4008*.

## □ Panel solar *LDK-185P* de 72 células.

# Direccionamiento (I)

Organización de direcciones en VLANs:

*VLAN 10 – 27*



Equipos  
Acceso Wifi ciud.  
192.168.10.0/24 -  
192.168.27.0/24

*VLAN 101*



Dispositivos  
VoIP  
192.168.101.0/24

*VLAN 200*



Servidores  
Radius, DHCP, DNS  
...  
192.168.200.0/24

*VLAN 1*

Equipos gestión  
192.168.1.0/24

*VLAN 100*



Equipos  
Administración  
192.168.100.0/24

# Direccionamiento (II)

## *VLAN 1 – Subred de gestión*

### ❑ Equipos del Data Center:

- Servidor copias seg.
- Firewall
- Router principal
- Switch principal
- ASN – GW
- Wi2 Controller

*192.168.1.1 - 6*

### ❑ Equipos de red acceso interior:

- Routers: *192.168.1.25 – 39*
- Switches: *192.168.1.45 – 59*

### ❑ Equipos BreezeUltra PaP: *192.168.1.60 – 99*

### ❑ Equipos BTS BreezeMAX Extreme 5000: *192.168.1.200 – 254*

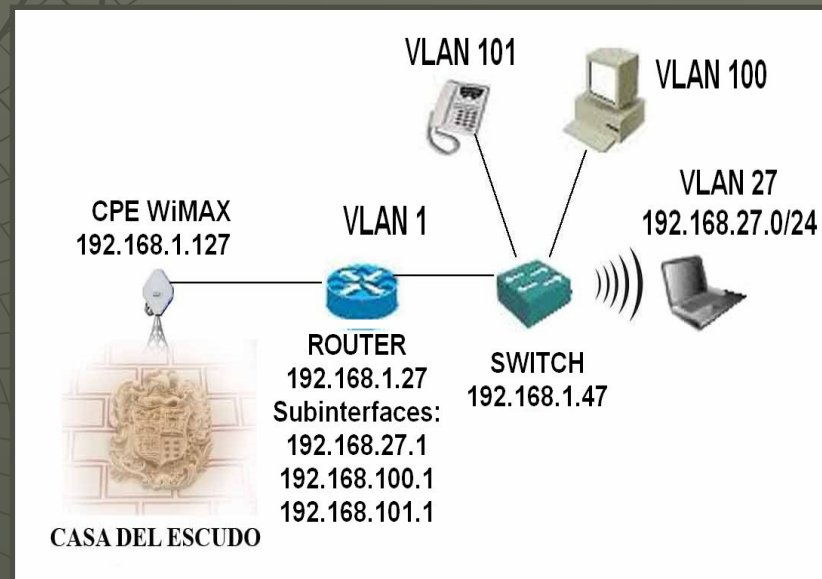
### ❑ Equipos CPE BreezeMAX / Breeze MAX Wi2: *192.168.1.100 – 199*

# Direccionamiento (III)

- ❑ Asignación de direcciones con rango de IPs disponibles para ampliaciones futuras.
- ❑ Direccionamiento intuitivo. Ejemplos:
  1. Ciudadano que se conecte por AP del Parque Alameda:
  2. Ciudadano que se conecte por AP de Casa del Escudo:



*Ejemplo 1*



*Ejemplo 2*



# Seguridad y Accesos

## Accesos

- Modalidades:
  - Empleados administración
  - Ciudadanos residentes: limitaciones horarias y de ancho de banda.
  - Turistas: Accesos de 1 día y con acceso a Internet en mismas condiciones que el grupo anterior.
- Mediante autenticación y MAC.



## Seguridad

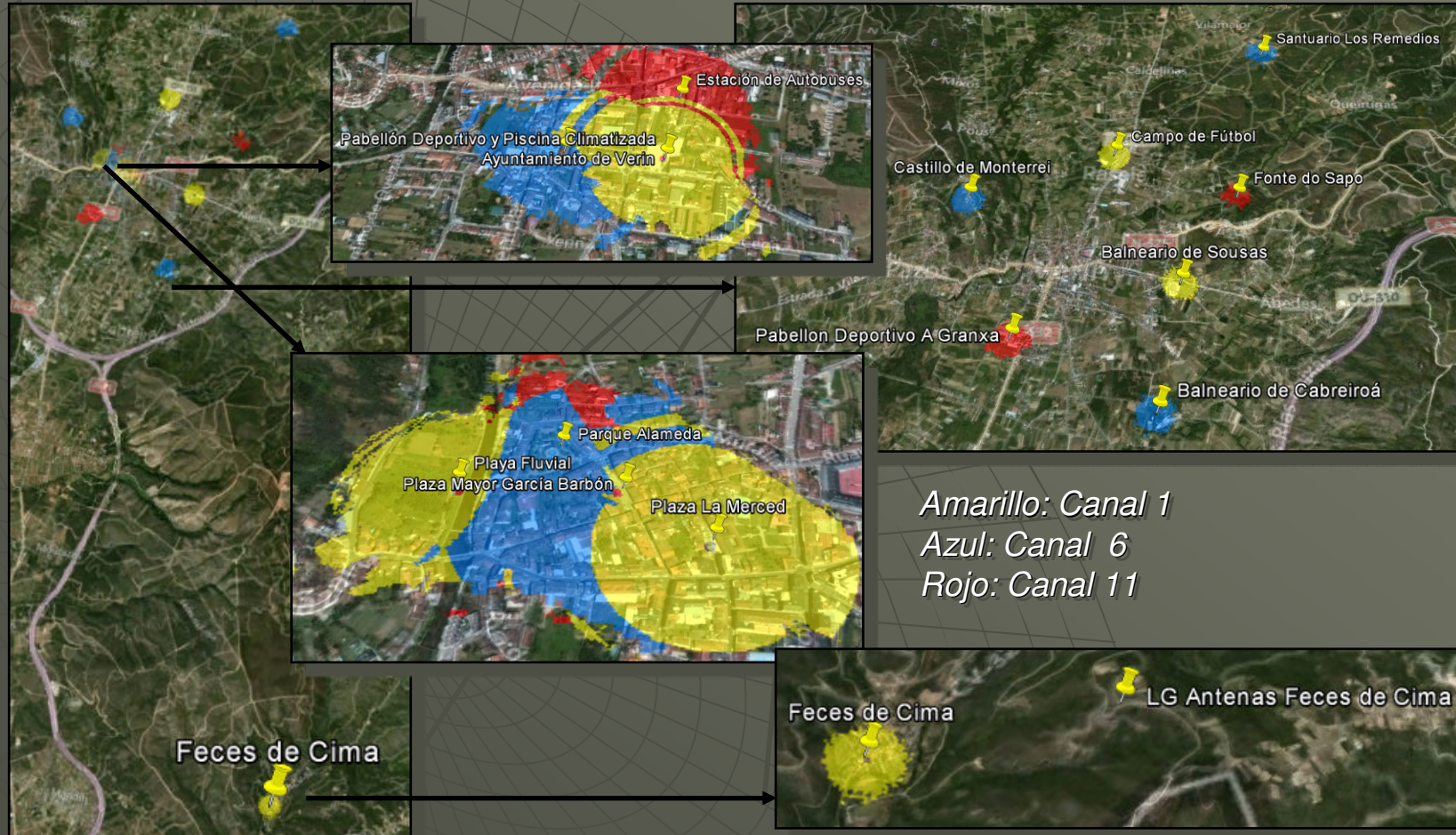
- Conexiones HTTPS.
- Autenticación Radius.
- Filtrado de paquetes, filtrado MAC, ACLs.
- Firewall con control de tráfico, prevención y detección de ataques.
- Seguridad implementada en equipos: AES, WPA 802.11i, Radius, Filtro IP/MAC ...
- Personal que administre y controle la red.
- Recomendaciones de uso a los usuarios para preservar la seguridad.

# Simulación (I)

- ❑ Programa Radio Mobile. Proporcionará un mapa de cobertura a partir de un modelo de 3 capas:
  - Datos de elevación obtenidos de proyecto NASA SRTM30/GTOPO30.
  - Mapas topográficos de Virtual Earth (modelo híbrido) y/o de Google Earth.
  - Mapa de cobertura a partir de algoritmo Longley-Rice.
- ❑ Ajuste de la potencia de transmisión de los equipos:
  - Equipos BU y RB Breeze Ultra (PaP)
    - PIRE máxima permitida de 1W.
    - Ajuste de potencia transmitida a 7'5 dBm.
  - BS BreezeMAX Extreme 5000
    - PIRE máxima permitida de 4W.
    - Ningún ajuste. 21 dBm de potencia de transmisión.
  - CPE BreezeMAX XTRM 5000
    - PIRE máxima permitida de 4W.
    - Ajuste de la potencia de transmisión a 20'5 dBm.
  - BreezeMAX Wi2
    - PIRE máxima permitida de 0'1W.
    - Ajuste de la potencia transmitida 12'5 dBm.

# Simulación (II)

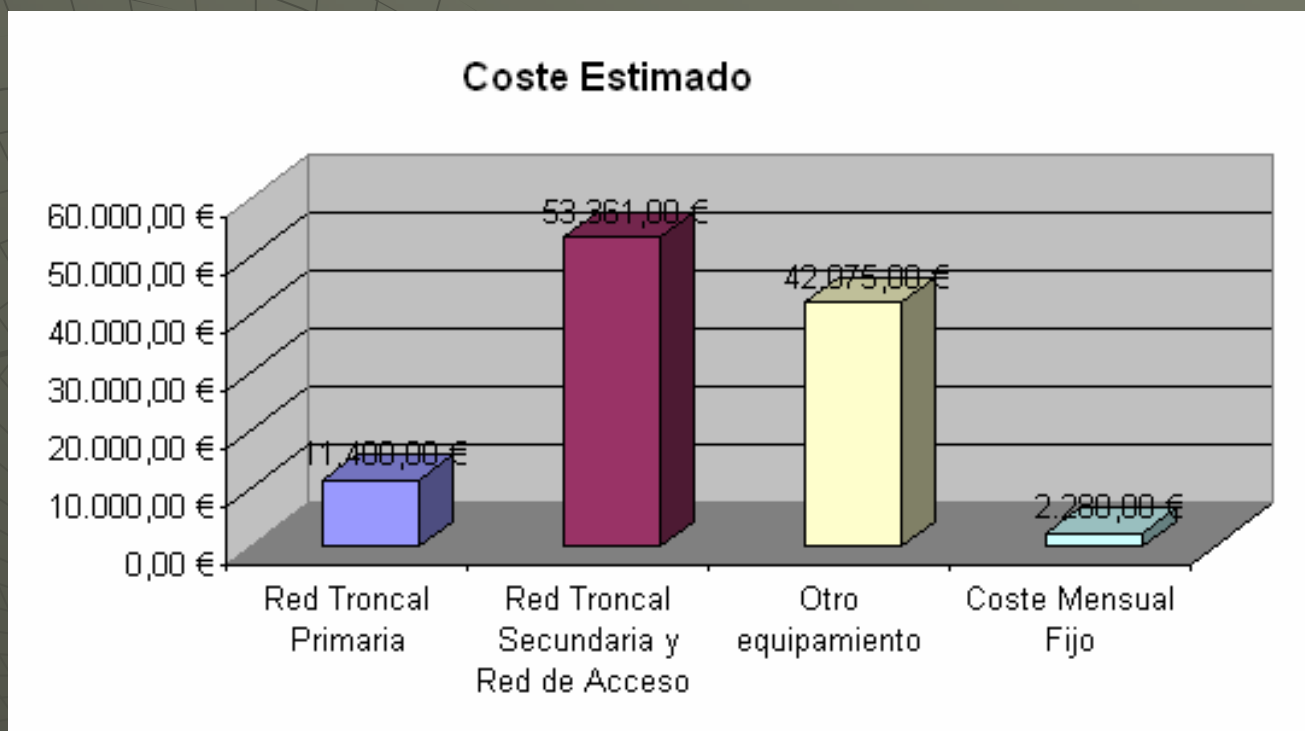
Resultado de la simulación: Enlaces viables.



# Aspectos Legales

- ❑ Ley General de Telecomunicaciones 32/2003, 3 de noviembre.
- ❑ Circular 1/2010 de la CMT sobre las condiciones de prestación de servicios y explotación de redes de comunicaciones electrónicas por las Administraciones Públicas:
  - ✓ *Se debe comunicar el proyecto a la CMT, para que lo autorice.*
  - ✓ *Si hubiese ayudas públicas debe notificarse a la Comisión Europea.*
  - ✓ *Para el caso de bandas de uso común, bloqueo de P2P, limitación de 256 kbps y exclusión de edificios residenciales se obliga la inscripción, no la comunicación.*
  - ✓ *Caso de Feces de Cima, desprovisto del servicio, se puede prestar servicio gratuito sin limitaciones previa comunicación y autorización.*
- ❑ Normativa CNAF para el control de las emisiones radioeléctricas:
  - *UN-85: 100 mW de PIRE máxima para bandas de 2'5 GHz.*
  - *UN-128: 1W de PIRE máxima para bandas de 5'4 GHz.*
  - *UN-143: 4W de PIRE máxima para bandas de 5'8 GHz.*
- ❑ Ley Orgánica 15/1999, 13 de dic., de Prot. de Datos de Carácter Personal.
  - ✓ *Obligatorio declarar ficheros con datos de usuarios a la AEPD.*
  - ✓ *Ficheros temporales de logs:*
    - *Deben ser accesibles sólo por personal autorizado.*
    - *Deberán destruirse.*
    - *No es necesario declararlos.*

# Coste Estimado



*Coste Total Estimado = 106.836 euros.*

*Coste Mensual Estimado = 2.280 euros.*

# Conclusiones

---

- ✓ *Es viable el diseño de red propuesto según resultados de simulación con Radio Mobile.*
- ✓ *Red segura y fiable.*
- ✓ *Se cumple la normativa aplicable.*
- ✓ *Equipos de red y organización de modo que se permite la escalabilidad de la red.*
- ✓ *Se hace posible el acceso a Internet a una zona desprovista de este servicio hasta el momento.*



The image features a technical diagram of a fin assembly. A central hub is connected to four radial spokes. The entire assembly is overlaid on a grid of concentric circles and radial lines. Two horizontal lines are positioned above and below the grid. The word "FIN" is written in red, bold, italicized letters across the spokes.

***FIN***