



Proyecto de diseño de una red inalámbrica

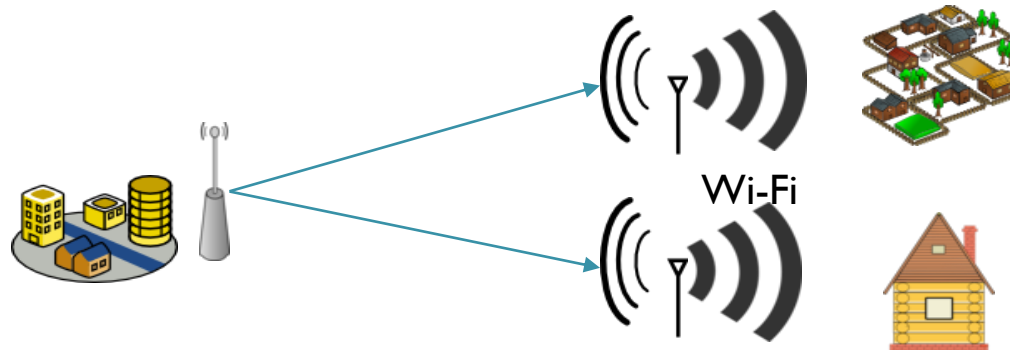
Prácticas de Redes Inalámbricas, 2020

Guía orientativa para el diseño de la red del trabajo de prácticas



Objetivo del trabajo de prácticas

- Se quiere diseñar una red inalámbrica para dar acceso a Internet a una pedanía
- Servicio ofrecido por un ayuntamiento (Administración Pública).
- Radioenlaces (soluciones propietarias) y red de acceso (Wi-Fi)
 - Radioenlaces: Red troncal. Si se usa banda 5GHz (o 2.4GHz) -> Gratis, ahorra trámites, pero potencia de transmisión limitada
- Wi-Fi: Red de acceso.

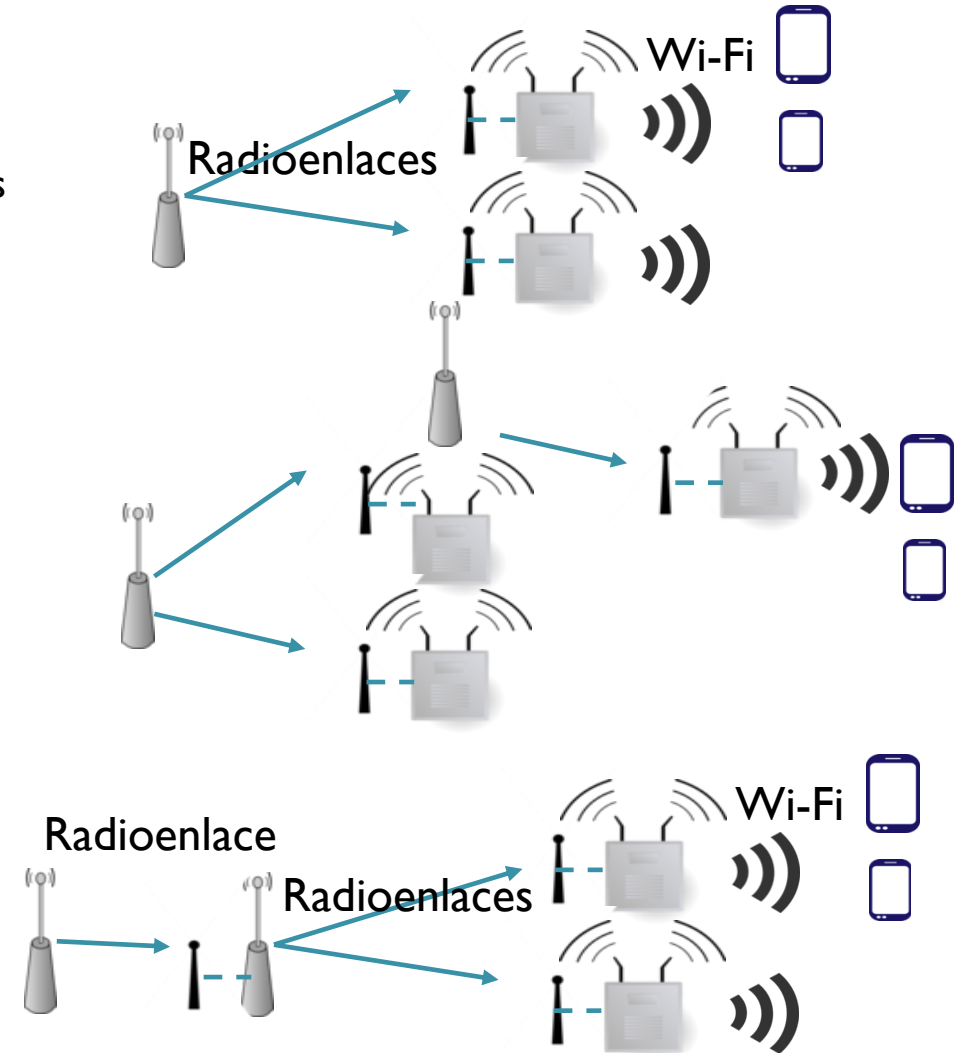


Pasos a realizar

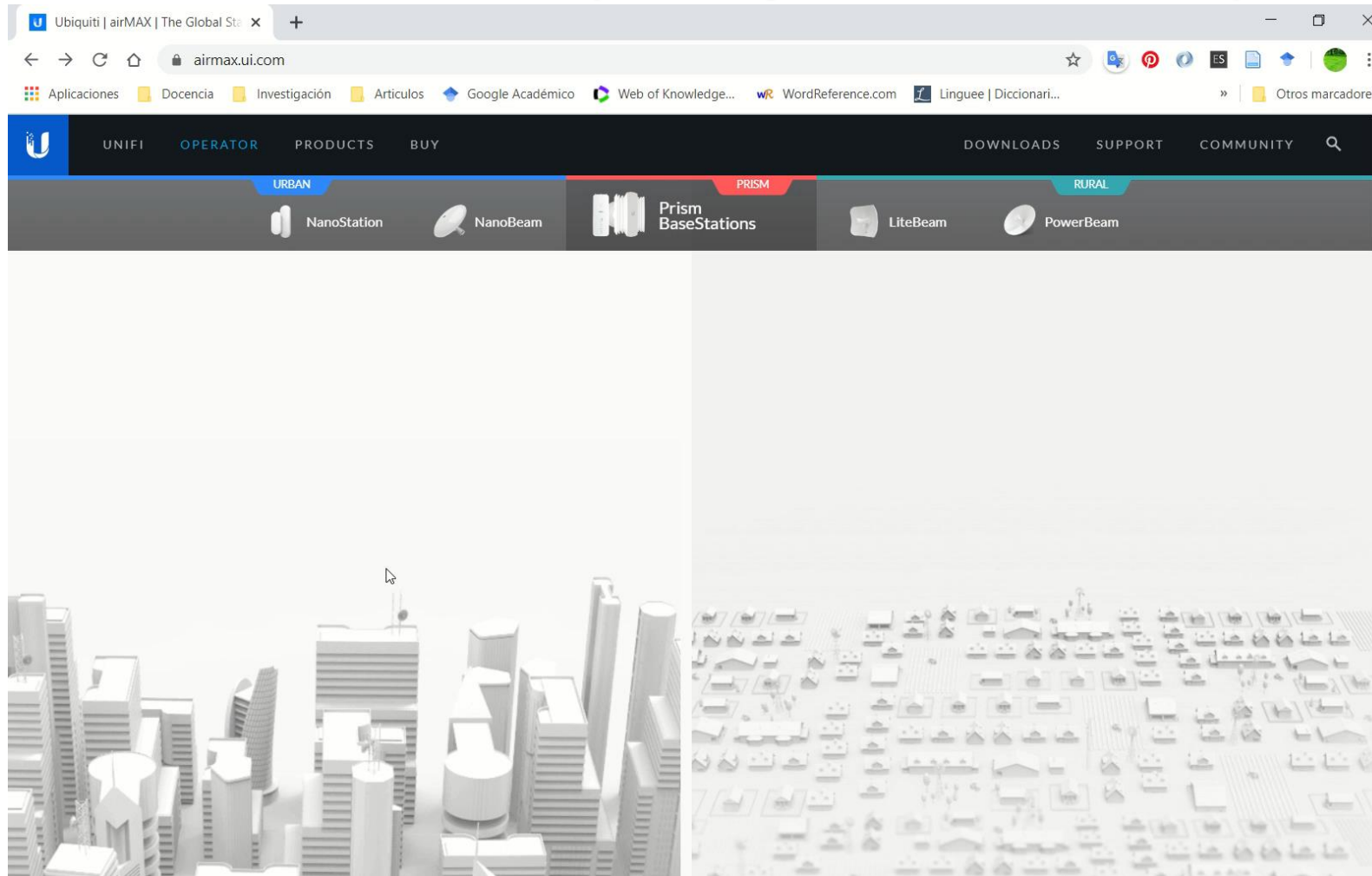
- Orientativo, podría hacerse en otro orden
 1. Conocimiento general sobre tecnologías a utilizar
 - Selección de equipos para radioenlaces y parámetros que permitan configurar (p.ej. ancho de banda). Se pueden modificar después
 2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile y prueba de radioenlaces
 3. Consulta de normativa sobre limitaciones de PIRE y Mbps
 4. Dimensionamiento: ¿Cuántos Mbps para los radioenlaces? → Sensibilidad
 5. Cálculo radioenlaces con valores adaptados a los equipos seleccionados y las limitaciones de la normativa
 - Si no cumple > Volver a puntos anteriores y modificar
 6. Diseño de red (diseño similar a práctica 4.2): Esquema, VLANs, seguridad, SSIDs, etc.
 7. Costes
 8. Redacción

Ia. Tecnologías de radioenlaces

- Red Acceso: Wi-Fi (2,4 GHz, 5GHz)
- Red Troncal:
 - Radioenlaces con tecnologías propietarias basadas en TDMA (normalmente con capa física de Wi-Fi)
 - Ubiquiti AirMAX, Mikrotik Nv2, etc.
 - Elegir familia de dispositivos:
 - <https://www.ubnt.com/broadband/technology/>
- Interconexión de equipos: Ethernet
 - En muchos casos alimentación con PoE
- Uso de repetidores (si fueran necesarios)
 - Repetidor típicamente es 1 subscritor + 1 estación base conectados por cable Ethernet
 - Aumentan cobertura
 - Pueden afectar a los costes, throughput o latencia
 - Si los 2 equipos no interfieren entre ellos (diferentes frecuencias, antenas directivas) no tiene por qué caer el throughput

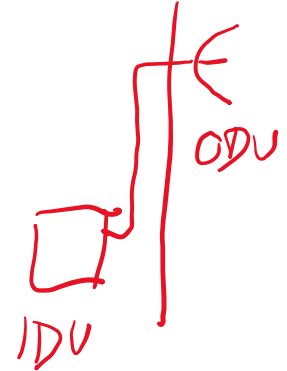


Demostración: Web del fabricante de equipos para radio enlaces (Ubiquiti AirMAX)



Ia. Tecnologías de radioenlaces(II)

- Algunos términos usados en datasheets
 - ODU vs IDU vs All-in-One
 - Outdoor Unit (ODU) + Indoor Unit (IDU)
 - Outdoor con antena
 - Indoor para alimentación y conexión con otros equipos (Ethernet).
 - Conexión entre IDU y ODU mediante cable Ethernet con PoE (Power over Ethernet)
 - All-in-One (todas las funciones en un único dispositivo)
 - Solo indoor
 - Solo outdoor
 - CPE (Customer Premises Equipment): Cualquier equipo del usuario final
 - P-P / PtP / PaP = Punto a punto (una estación base y un suscriptor)
 - P-MP /PtMP / PaMP = Punto a multipunto (una estación base y varios suscriptores)



I b. Servidores y equipos

- Tener visión general sobre el funcionamiento de:
 - Servidor DHCP
 - Portal Cautivo
 - Servidor RADIUS (para autenticación WPA-Enterprise y portal cautivo)
 - Equipos para radioenlaces: Estación Base (BS) y suscriptores.
 - Puntos de acceso Wi-Fi (o bien Wireless LAN Controller + Lightweight Access Points, CISCO)
 - Router(s), switches
 - Cámaras
 - PCs (supervisión cámaras, etc.)
 - Servidores Web (internos)
 - Etc.



2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile: Mapa de la costera (I)

- Objetivo: Cargar un mapa con Alhama y La Costera en Radio Mobile
- Se creará un marcador con Google Earth en el centro del mapa y se copiará a una unidad en Radio Mobile. Será el centro del mapa.
 - Crear un marcador con Google Earth en una posición centrada entre Alhama y La Costera

- <https://earth.google.com/web/>



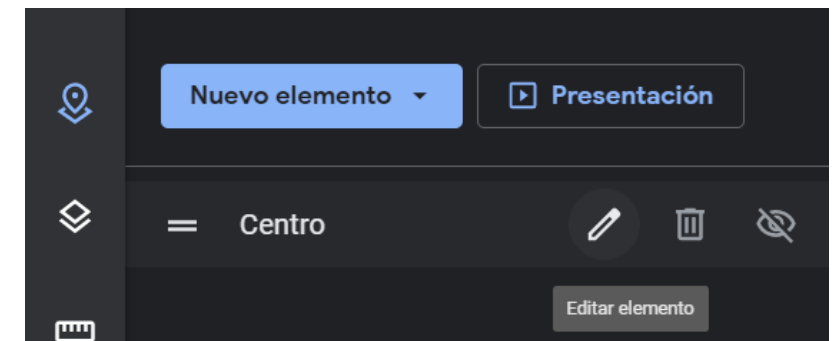
- Buscar, con la lupa, “La Costera, Murcia”

- Pulsar sobre el icono de la brújula para que el norte coincida con la parte superior de la pantalla

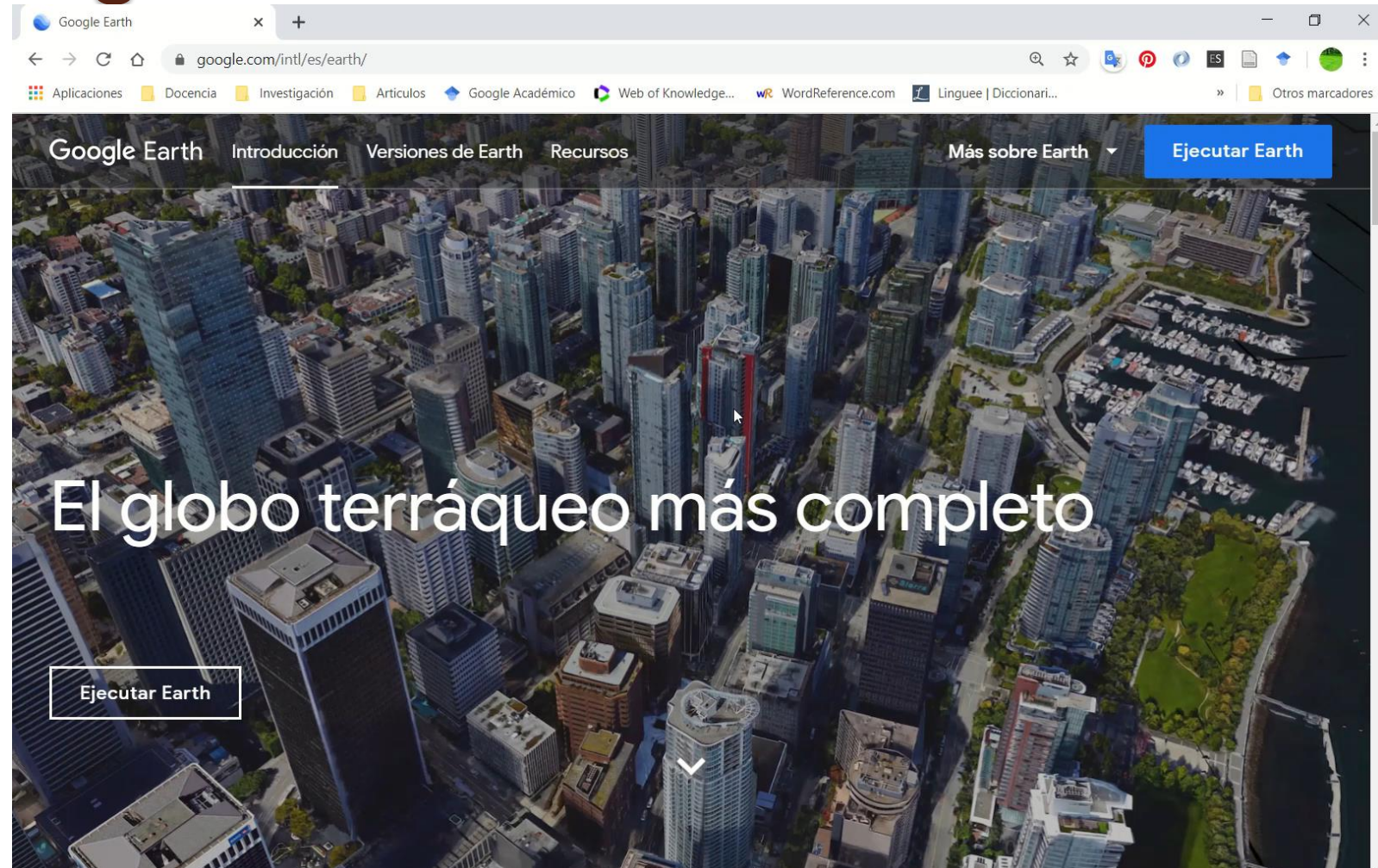


- Pulsar añadir al proyecto o en el icono de Añadir marcador
 - Dar al marcador (algo como centro del mapa) y nombre al proyecto

- Recolocar el marcador (en una localización centrada)
 - Pulsar en proyectos, en el panel de la izquierda, elegir el proyecto, buscar el marcador y pulsar el icono de editar elemento



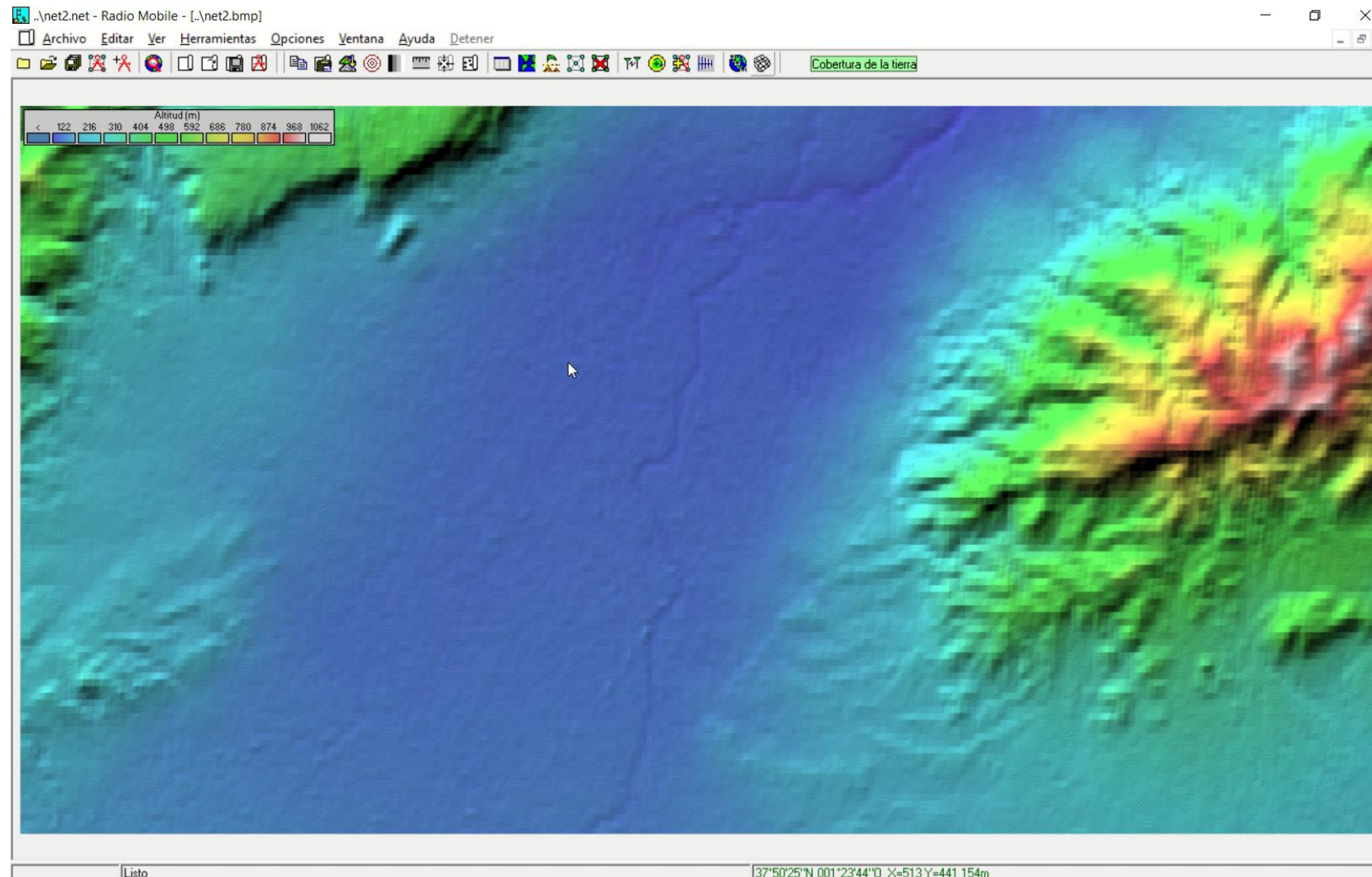
Demostración: Selección del centro del mapa en Google Earth



2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile: Mapa de la costera (II)

- Grabar red anterior en Radio Mobile (Archivo > Guardar Redes). Crear nueva red (Archivo > Nuevas Redes). Pulsar en “Grabar redes como” y grabar en una nueva carpeta. Idem con mapa (aunque no haya).
- Crear una unidad en Radio Mobile y copiar latitud y longitud desde Google Earth
 - En Google Earth se puede ver y copiar coordenadas pulsando en el icono para editar marcador
 - En Radio Mobile
 - Archivo > Propiedades de la Unidad > Elegir una unidad > pulsar Ingresar LAT LON o QRA. Dar nombre a la unidad. **Copiar los valores de Google Earth, en grados, cambiando comas por puntos.**
- Cargar mapa usando la unidad como centro del mapa
 - Archivo > Propiedades del mapa > Centro (Seleccionar una unidad) > Elegir unidad. Pulsar Extraer
 - Recordad marcar ignorar archivos perdidos y elegir la carpeta SRTM3
 - Si el tamaño del mapa no es correcto (se debe ver Alhama y La Costera) ajustar en propiedades del mapa

Demostración: Nueva red en Radio Mobile y carga del centro del mapa



- Recomendable: Tras esto, pulsar Archivo > Guardar Redes Como y elegir una carpeta nueva

2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile: Crear Red y Sistemas

- Crear una red y 2 sistemas como se hizo en la práctica 2.
- Se pueden dejar de momento los valores de la práctica para la prueba para comprobar que se ha hecho todo bien

- Cuando se calculen la potencia de transmisión, ganancia y sensibilidad que se deben usar, se cambiarán.

Propiedades de las redes

Lista de todos los sistemas

- Base Station
- Subscriber
- System 3
- System 4
- System 5
- System 6
- System 7
- System 8
- System 9
- System 10
- System 11
- System 12
- System 13
- System 14
- System 15
- System 16
- System 17
- System 18
- System 19
- System 20
- System 21
- System 22
- System 23
- System 24
- System 25

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Selecionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema Base Station

Potencia del Transmisor (Watt) 0.1 (dBm) 20

Umbral del receptor (μV) 7.0795 (dBm) -90

Pérdida de la línea (dB) 0.5 (Cable+cavidades+conectores)

Tipo de antena omni.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 10 (dBd) 7.85

Altura de antena (m) 2 (Sobre el suelo)

Pérdida adicional cable (dB/m) 0 (Si la altura de la antena difiere)

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile: Ubicaciones en La Costera

- Repetir el proceso para copiar cada localización de La Costera desde Google Earth a Radio Mobile
 - Si al colocar un elemento, en su altitud indica 0m, significa que está fuera del mapa que se ha cargado
- En Google Earth puede realizarse un ajuste de la posición de donde irá el equipo del radioenlace antes de copiar la coordenadas.
- Si más adelante se quiere mover un dispositivo, se pueden actualizar las coordenadas en Radio Mobile

Demostración: Carga de una ubicación

Presentación de PowerPoint - PDF-XChange Viewer


Archivo Edición Ver Documento Comentarios Herramientas Ventana Ayuda

Abrir... 33.3% sexe

Presentación de PowerPoint

Acceso a Internet: TeleClub

- Se desea acceso a Internet mediante Wi-Fi en:
 - TeleClub. Centro social, realización de eventos y biblioteca. **37°50'20.59"N**
1°21'10.52"W
 - Lugar de reunión habitual.
 - Dar acceso indoor como biblioteca y acceso outdoor para ocio de visitantes y residentes.
 - Explicar cuántos usuarios pueden tener durante la mañana y durante la tarde y que tipo de acceso tendrán. Elegid vosotros el número, indoor e indoor, y la forma en la que accederán. Hacer cálculos en función de los números elegidos.



3.87 x 19.05 cm

Opciones

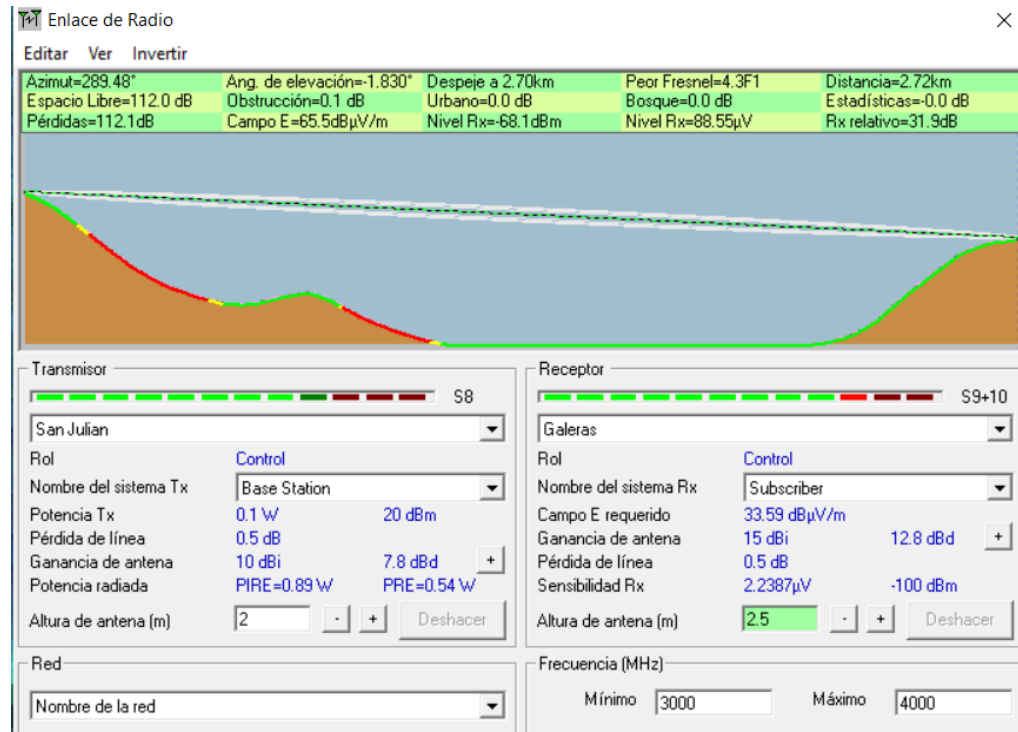
4 de 9

2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en RadioMobile: Estación base

- Dentro de las ubicaciones permitidas (circulo azul), buscar un lugar alto para colocar la estación base



2. Emplazamiento de equipos de radioenlaces en Radio Mobile: Ver balance de potencias



- Asegurarse de que todas las unidades (salvo el centro del mapa) sean miembros de la red
 - Propiedades de la red > Miembros
- Mostrar el balance de potencias
 - Herramientas > Enlace de radio
- Si fuera necesario se puede elevar la antena de un equipos (Altura de la antena)
- Nota: 31.9dB de margen de desvanecimiento es un valor muy bueno, con los datos definitivos el valor será menor. Intentad que sea >10dB, si es posible

3. Normativa: PIRE

- PIRE
 - Las Notas UN definen limitaciones de los equipos que transmitan a cada frecuencia. En nuestro caso, en bandas ISM libres, nos limitarán la PIRE.
 - Ver en datasheets de los dispositivos que se van a usar en qué rangos de frecuencias funcionan
 - Buscar PIREs máximas en notas UN:
 - UN-85
 - UN-128
 - UN-143
 - Asumir que equipos tienen técnicas de control de potencia.
 - P-P / PtP / PaP = Punto a punto (una estación base y un suscriptor)
 - P-MP / PtMP / PaMP = Punto a multipunto (una estación base y varios suscriptores)
 - Elegir en qué rango de frecuencias van a funcionar los dispositivos (a ser posible el que dé una PIRE mayor)
 - Anotar la PIRE máxima
 - En función de la ganancia de la antena de los equipos usados, obtener la potencia de transmisión



3. Normativa: Limitación de velocidad

- El gobierno pone restricciones a que una empresa pública (Ayuntamiento de Alhama) de un servicio que pueda considerarse competencia desleal al que pueden prestar empresas privadas
- Buscad en aula virtual el documento “Guía para las AAPP que quieran ser operadores”. Es un resumen de una circular de la CMT (alternativamente, se puede ver el Anexo de la circular)
 - Permite algunos servicios por parte de las administraciones
 - Prohíbe la prestación de otros
 - Limita la velocidad red-usuario en ciertos casos
- Ver cómo afectaría esta circular a nuestros tipos de servicio y clientes

4a. Dimensionamiento (Mbps)

- Queremos saber que usar para los cálculos de los radioenlaces. Buscar la situación o momento más restrictivo (más tráfico) para hacer los cálculos.
- Mbps > Modulación / MCS index > sensibilidad
- En primer lugar calcular throughputs necesarios por cada zona en función del número de clientes y el uso o tipo de servicio de los clientes (ej. 5 clientes a 2Mbps cada uno → 10Mbps)
 - Solo tener en cuenta tráfico que vaya a través de los radioenlaces
 - Hay que hacer una lista con la cantidad de usuarios que puede haber por zona (diferenciando según tipos de usuario) y el throughput que requieren.
 - Para throughputs como vídeo usar por defecto 1Mbps. Pero, si es posible, usar el que indique el fabricante de la cámara o un enlace con estimaciones de throughput en función del tipo de datos.
- Simplificación:
 - Todos los equipos que compitan por transmitir a la vez en una misma frecuencia > sumamos throughputs (sean uplink, downlink, o de radioenlaces distintos)
 - Si en distintas horas del día tenemos valores distintos, cogemos los valores más restrictivos
 - Los valores obtenidos son para verificar que cumplimos unos requisitos mínimos. Si cumplimos esta simplificación más restrictiva, también serán capaces de funcionar en circunstancias normales
- Los Mbps que obtengamos no indican a los que va a funcionar el Sistema real (solo nos aseguramos un funcionamiento mínimo). Si las condiciones lo permiten, los equipos usaran la mejor modulación posible

4b. Nivel de señal necesario (sensibilidad)

- Para cada radioenlace, en función del throughput o del data rate que se debe garantizar, **obtener el nivel de señal necesario en recepción.**
- Buscar en datasheets la tabla con modulaciones requeridas para cada throughput. Si no se encuentra usar las de <http://mcsindex.com/> :

802.11n											802.11ac
HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate GI = 800ns	Data Rate SGI = 400ns	Data Rate GI = 800ns	Data Rate SGI = 400ns	Data Rate GI = 800ns	Data Rate SGI = 400ns	Data Rate GI = 800ns	Data Rate SGI = 400ns	VHT MCS Index
			20MHz	20MHz	40MHz	40MHz	80MHz	80MHz	160MHz	160MHz	
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65	0
1	1	QPSK 1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130	1
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195	2
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260	3
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390	4
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520	5
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585	6
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650	7
8	1	256-QAM 3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	8
9	1	256-QAM 5/6	n/a	n/a	180	200	390	433.3	780	866.7	9
8	2	BPSK 1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130	0
9	2	QPSK 1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260	1

Sin MIMO

MIMO, 2 flujos de datos

- Ejemplo: Un equipo que funciona con un ancho de banda de 20 MHz, capa física basada en 802.11n, sin MIMO, intervalo de guarda corto (SGI) = 400ns, necesita 12Mbps (juntando DL y UL, es half-duplex):
 - 1) Se busca la modulación necesaria para poder transmitir a 12 Mbps o más (QPSK-1/2 = MCS1), 14.4Mbps > 12Mbps
 - 2) Se busca el nivel de potencia (sensibilidad) que debe llegar al suscriptor para poder utilizar esa modulación. Si se da tolerancia de los equipos nos ponemos en el caso peor (+2dB, que nos toque el equipo más malo). **Sensibilidad = -96dBm + 2dB = -94dBm**
- Si se utilizaran equipos con capa física 802.11ac se podrían usar tanto las tasas en marrón como las tasas en azul (802.11n solo las marrones)

RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11n/airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	-75 dBm	± 2 dB



5. Balance de potencias

- Volver a calcular balance de potencias, esta vez con valores que pueden ser los definitivos
 - Si el margen de desvanecimiento es bajo ($<10\text{dB}$):
 - Revisar errores, pérdidas estadísticas
 - Plantearse usar equipos más potentes, MIMO (si no se estaba haciendo) o canales con ancho de banda mayor
 - Si solo es un poco más bajo de 10dB se puede usar. Pero es más posible que cuando las condiciones sean más adversas el radioenlace funcione a una velocidad menor a la calculada, adapta su modulación a una peor (seguiría funcionando salvo que los cálculos correspondan a la peor modulación)
- A lo hora de presentar los valores en la memoria, hacedlo de forma clara y concisa.
 - Includ captura de la ventana con el cálculo del balance
 - Lo más importante es el perfil topográfico. Pero en la captura debe ir el resto de los valores que se muestran en la ventana, para poder corregir
 - Includ de forma clara los valores de los principales parámetros del radioenlace, por ejemplo, mediante una tabla.
 - Razonar brevemente si el radioenlace funciona como debería o no.
 - Podéis incluir formulas, pero recordad que Radio Mobile ya os da muchos de los valores que introducir en las formulas
 - Basta con incluir los valores para el sentido del radio enlace más restrictivo. Razonar brevemente cuál es el sentido más restrictivo y que el otro sentido funcionaría, sin necesidad de mostrar sus cálculos.

6.Diseño de red

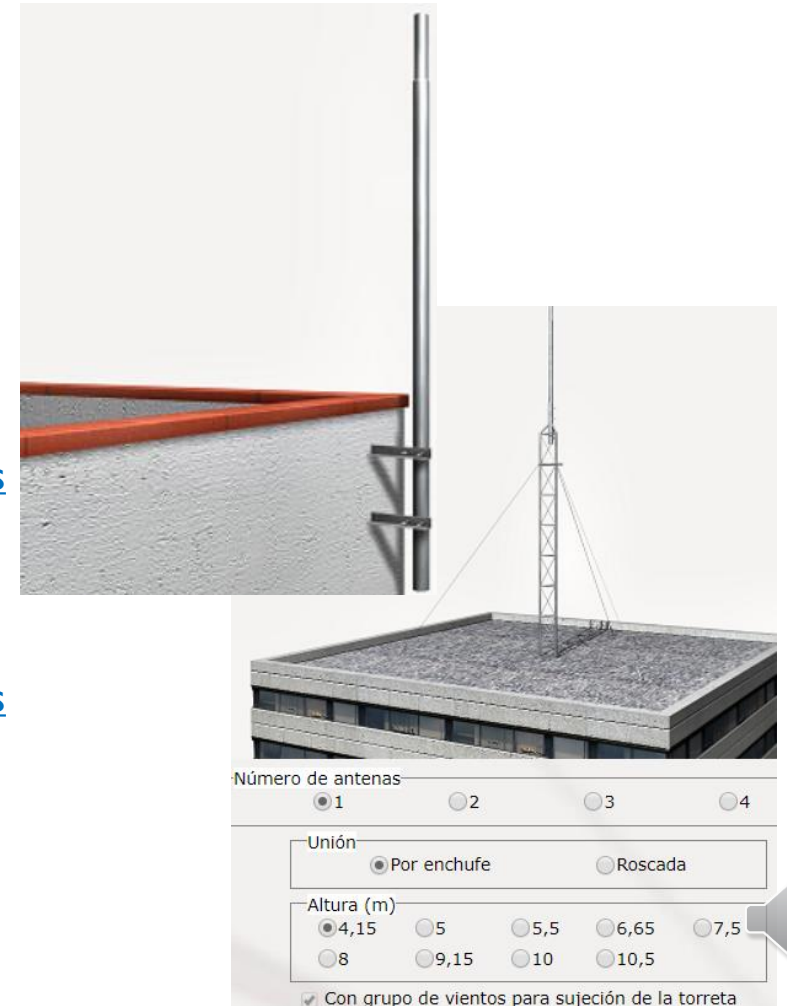
- Se puede incluir un diseño de red que muestre donde de ubiquen los equipos a utilizar.
 - Por simplicidad se puede usar el ejercicio 3 de NetEval
 - Diseño simple, no se va a evaluar: mejor meter un AP y después incluir la lista de SSIDs de ese AP (frente a llenar de APs virtuales)
- Elegir equipos que se van a utilizar: routers, switches, puntos de acceso, etc.
 - Si es posible valorar que soporten mecanismos que se usan en el diseño, p.ej. VLANs (802.1q)
 - Valorar otras características: cómo se realiza la gestión de los equipos, mecanismos de QoS para priorizar tráfico (propietarios, WMM / WME, WSM, etc.)

6.Diseño de red (II)

- Presentar información de forma ordenada
 - Por ejemplo una tabla que incluya todas las redes Wi-Fi y sus principales parámetros, seguridad, etc.
- Seguridad:
 - Control de acceso a redes inalámbricas
 - Clave compartida en APs (WEP,WPA-PSK...)
 - Servidor RADIUS + APs (WPA-Enterprise, ...)
 - Sin control de acceso a red inalámbrica
 - Normalmente se usa junto con portal cautivo
 - Control de acceso a Internet
 - Sin control de acceso a Internet (sólo control de acceso a red inalámbrica)
 - Portal Cautivo + Servidor RADIUS
 - Sólo el tráfico de los clientes autenticados atraviesa el portal cautivo
 - Separación de tráfico entre usuarios
 - VLANs
 - Cada VLAN puede usar mecanismos de seguridad distintos (de los de arriba) → gracias a configuración de servidores y distinto encaminamiento en los switches según la VLAN
 - SSIDs virtuales
 - Asignación dinámica de VLANs

Costes

- Incluid costes de los equipos elegidos
- En el caso de los radioenlaces, si se elevan con mástiles o torretas, incluid costes:
 - Mástil de 3 metros, instalación incluida: 80 €
 - http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Audiovisuales/Red_de_cables_coaxiales/Mastil_para_fijacion_de_antenas.html
 - Torreta de 4m, instalación incluida: 300€
 - http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Audiovisuales/Red_de_cables_coaxiales/Torreta_para_fijacion_de_antenas.html



Redacción (propuesta, modificar como sea necesario)

- Introducción
 - Descripción del problema. Incluye suposiciones de uso por zonas.
- Solución propuesta
 - Tecnologías usadas. Breve
 - Descripción de la propuesta
 - Plano de situación. Con zonas y principales equipos
 - Detalle por zonas (si necesario)
- Radio enlaces
 - Normativa. Citar notas UN, circular CMT AAPP
 - Dimensionamiento
 - Selección de equipos. Motivos para elegirlos, breve descripción de la tecnología
 - Parámetros/configuración de radio enlaces.
 - Balance de potencias
 - Se puede mostrar el correspondiente al sentido más restrictivo de cada radio enlace. Justificar.
 - Captura de la ventana de Radio Mobile + Tabla + Justificación de funcionamiento correcto
 - Si incluíis fórmula, no calcular y meter los valores que da Radio Mobile
- Red de acceso
 - Tecnologías usadas. Muy breve
 - Selección de equipos
 - Ubicación de equipos y principales parámetros
- Diseño de red
 - Descripción
 - Plano de red. Por ejemplo, NetEval (simplificado)
 - Selección de equipos
 - Seguridad. Explicación y tabla
- Presupuesto
- Bibliografía.
 - Enlaces a los equipos usados
 - Documentación adicional usada (si la hubiera)