

# TFC INTEGRACIÓN DE REDES TELEMÁTICAS

Diseño de una red telemática para dar servicio  
TRIPLE PLAY en un pequeño municipio

**Autor: Jana Marin Manuel De Céspedes**

**TFC: Integración de redes telemáticas**

**Consultor: Antoni Morell Pérez**

**Fecha: 12/06/2015**

## Resumen

Este proyecto pretende diseñar una red para la distribución de servicios triple play en un pequeño municipio como el de Navacerrada, un municipio de la sierra de Madrid, donde los habitantes censados no superan los 2500 habitantes pero que en verano y fines de semana de invierno se triplica la población, ya que por su cercanía a una gran ciudad alberga visitantes que en verano quieren escapar del calor, disfrutar de la naturaleza y de la tranquilidad, del turismo rural, etc. y en invierno, de su pista de esquí, por lo que una red de alta velocidad supondría una mejora significativa de la oferta turística de la zona impulsando aún más la economía local [1].

La gran mayoría de fabricantes de equipos de acceso como Alcatel-Lucent, Huawei, Ericsson, han apostado ya por un futuro con fibra, sin embargo, la implantación de esta red supone una gran inversión de recursos tanto económicos como de tiempo, por lo que la evolución de las plantas de xDSL se realiza de forma escalonada, utilizando la tecnología VDSL2 como un medio para conseguir grandes anchos de banda que ofertar a los clientes con una inversión muy rentable durante el cambio hacia una solución de fibra total, por ello, el proyecto sugiere una red mixta, con tecnología VDSL2 y FTTU.

Se detallan los procedimientos del diseño e implantación de la red de fibra óptica, incluyendo los equipos activos tanto del lado central como del lado cliente. Se ha escogido un equipo de acceso de Alcatel-Lucent de la familia 73XX ISAM, porque tienen una gran versatilidad, ya que son capaces de dar servicio de triple Play tanto con fibra óptica por medio de tecnología GPON como con cobre por medio de VDSL2, por su amplia experiencia en el desarrollo de estos productos y por ser un producto líder a nivel mundial.

Aunque el objetivo a largo plazo es hacer llegar a todas las viviendas del municipio la tecnología por fibra, el alcance de este documento detallará únicamente el despliegue de una fase piloto, que incluye dos escenarios diferenciados, una urbanización de chalets y una urbanización de viviendas colectivas. La diferencia se centra en la red de dispersión o en cómo llega la fibra hasta casa del abonado desde la red de distribución. En la urbanización de chalets la distribución horizontal se lleva por las fachadas de las casas, sin embargo, en la urbanización de viviendas colectivas la fibra llega hasta la CIT situado en el garaje comunitario, desde el RITI se distribuye por las viviendas utilizando las canalizaciones verticales interiores.

# CONTENIDO

1.	ALCANCE DEL PROYECTO .....	4
2.	ANÁLISIS DE OPORTUNIDAD .....	5
2.1.	MUNICIPIO DE NAVACERRADA .....	5
2.2.	REQUISITOS DEL MERCADO RESIDENCIAL .....	6
2.3.	ESTUDIO DE LA OPORTUNIDAD .....	6
3.	BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES .....	8
3.1.	DSL STANDARS .....	8
3.2.	VDSL2.....	9
3.3.	REDES INALÁMBRICAS .....	10
3.3.1.	WIMAX.....	10
3.3.2.	LTE.....	11
3.4.	GPON .....	11
4.	PROCEDIMIENTOS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE UNA RED FTTH.....	16
4.1.	FASES DE UN PROYECTO FFTH. ....	16
4.2.	TECNICAS DE DESPLIEGUE DE FIBRA .....	17
4.2.1.	Despliegue horizontal .....	18
4.2.2.	Despliegue vertical.....	20
4.3.	PARÁMETROS FÍSICOS PRINCIPALES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DE LA RED.....	22
4.3.1.	El presupuesto de pérdida .....	22
4.4.	NORMATIVA VIGENTE Y RECOMENDACIONES .....	24
5.	DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA RED FTTH .....	25
5.1.	PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....	26
5.2.	ESCENARIO DE DESPLIEGUE DE LA ZONA PILOTO .....	27
5.2.1.	URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES .....	27
5.2.2.	URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS COLECTIVAS .....	28
5.3.	CÁLCULO DEL BALANCE ÓPTICO .....	29
5.4.	CRONOGRAMA .....	31
5.5.	PLANOS.....	31
5.5.1.	Plano general de fibra Óptica .....	31
5.5.2.	Esquema fibra óptica A y B .....	31
5.5.3.	Alzado vertical de los 8 portales .....	31
6.	DISEÑO DE LA RED VDSL2.....	35
7.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO .....	38
7.1.	EQUIPAMIENTO EN LA CENTRAL.....	38
7.2.	EQUIPAMIENTO GPON EN CASA DEL ABONADO.....	42
7.3.	EQUIPAMIENTO PARA VDSL2 EN CASA DEL ABONADO .....	43
7.3.1.	OTROS EQUIPAMIENTOS.....	44
7.4.	EQUIPAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCION .....	45
8.	PRESUPUESTOS .....	49
9.	PORFOLIO DE SERVICIOS OFERTADOS.....	51

10.	VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA ZONA PILOTO .....	51
11.	VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA RED EN TODO EL MUNICIPIO. ....	53
12.	INDICE DE ILUSTRACIONES .....	56
13.	GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	59
	ANEXOS .....	60
	1. Configuración de equipo	
	2. Información técnica ONT	
	3. Información técnica CTO	
	4. Información técnica STB	
	5. Información técnica NT VDSL2	
	6. Información técnica arqueta	
	7. Información técnica Fibra óptica PKP	

## 1. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto propone una solución de implantación de una red triple-play en municipio madrileño de Navacerrada, donde existe una brecha tecnológica importante, ya que sus vecinos no disponen de redes de alta velocidad que les permita hacer un uso eficiente de las nuevas tecnologías.

Veremos un análisis de oportunidad donde se enumeran diferentes aspectos del municipio que hacen pensar que se tratará de una inversión fiable y viable.

Se realizará un pequeño análisis de las tecnologías existentes para justificar la elección realizada.

Dicha solución se basará en las tecnologías de fibra óptica (GPON) y de VDSL, ya que el despliegue de fibra óptica es un proceso lento, se aprovechará al máximo la compra de un equipo de acceso mixto, capaz de albergar placas de línea tanto de fibra óptica (NGLTs) como de cobre (NVLt), de modo que se podrá ofertar el servicio de triple-play (con una menor velocidad), a aquellos abonados que estén dentro del radio de cobertura de esta tecnología, ya que como veremos, a más de un kilómetro, la velocidad máxima es de 30Mbps, tan pronto como se realice la instalación del equipo de acceso en la central de telefonía del municipio.

Se realizará una descripción detallada de la red de fibra óptica de dos escenarios seleccionados como fase piloto. Esta incluirá planos, descripción del equipamiento, configuración del equipo, cálculos de señal y presupuestos.

También veremos una descripción de la implantación del servicio VDSL2, qué equipamiento será necesario y qué pasos debe realizar la operadora para migrar un abonado de ADSL a VDSL o directamente dar un alta nueva. Se espera que la mayoría de los abonados que disponen de ADSL y que entran en el radio de cobertura, opten por mejorar su conexión.

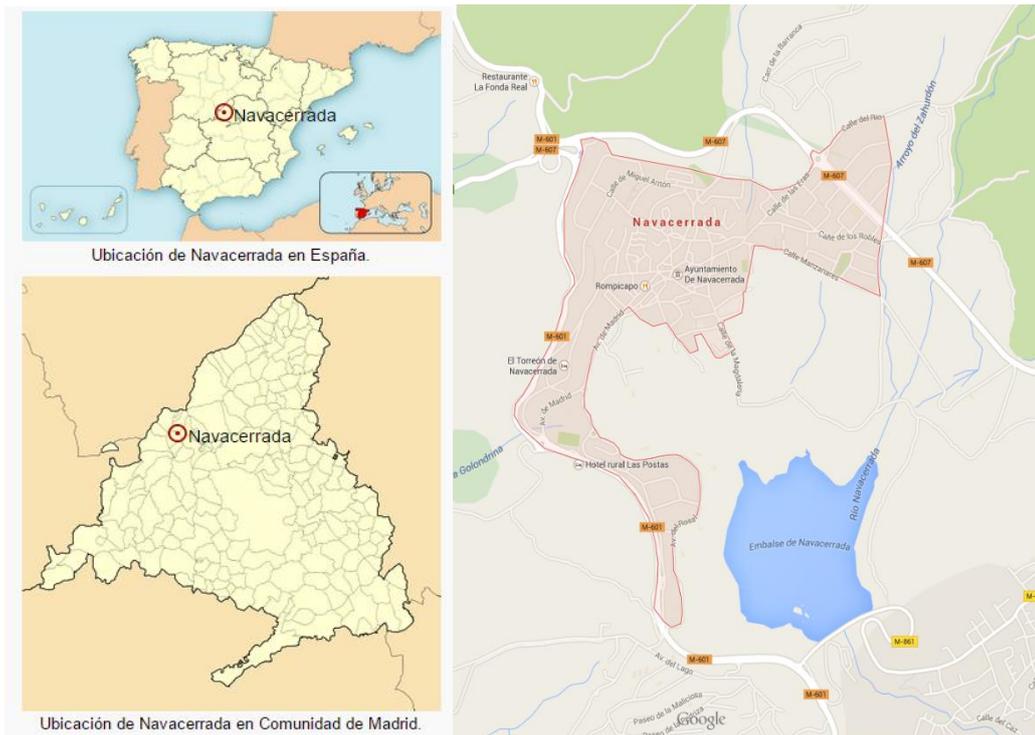
Un capítulo con el catálogo de servicios dará una descripción de los paquetes que se ofertarán, tanto por fibra como por cobre y a que precios.

Y por último se realizará un cálculo de la viabilidad económica del proyecto.

## 2. ANALISIS DE OPORTUNIDAD

### 2.1. MUNICIPIO DE NAVACERRADA

Navacerrada es una población y municipio de la Comunidad de Madrid, situada a 52 kilómetros de la capital, a unos 1200 m. de altitud, sobre el embalse del mismo nombre, en pleno Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, y rodeado por algunas de las montañas más altas y simbólicas del Sistema Central. Esta ubicación hace que Navacerrada tenga un clima montañoso y supone un atractivo más para visitar la localidad y además Forma parte del Camino de Santiago. [1]



**Ilustración [1] Situación de Navacerrada**

**Con una superficie aproximada de 32 km<sup>2</sup>, es uno de los pueblos de montaña más carismáticos de la Comunidad de Madrid.**

Sus habitantes varían de los apenas 2800 en invierno a más de 12 000 durante el verano, gracias como se ha dicho por su localización, cerca de Madrid, con estación de esquí al norte y embalse al sur. El municipio cuenta con 2.297 viviendas familiares censadas. Cuenta con 600 plazas para visitantes, repartidas entre sus 8 establecimientos hoteleros, a lo que hay que sumar 6 casas rurales y apartamentos turísticos.

Habitantes: 2862 habitantes [2].

Densidad: 103,96 Habitantes/km<sup>2</sup> [2].

La población de Navacerrada se dedica principalmente al sector servicios, hostelería y comercio, no existen grandes empresas que requieran conexiones muy grandes, por tanto, hablaremos únicamente de un mercado residencial, donde podremos englobar tanto a usuarios residenciales propiamente dicho, como a pymes [2].

Se trata de una población joven con solo un 16% de habitantes mayores de 65 años [2].

## 2.2. REQUISITOS DEL MERCADO RESIDENCIAL

En la actualidad, todo el mundo debería tener al alcance las nuevas tecnologías que hacen a las empresas más competitivas, abren un amplio abanico de posibilidades a emprendedores, estudiantes y otras personas que desean hacer uso de ellas.

En el siguiente cuadro, se muestra un listado con los requisitos de ancho de banda para distintos tipos de servicios para usuarios residenciales. Se basa en un estudio realizado sobre el VDSL como medio de transmisión para la señal de televisión IP (IPTV) [3].

### 1 Requisitos de ancho de banda de distintas aplicaciones

<b>Aplicaciones</b>	<b>Downstream</b>	<b>Upstream</b>
IPTV	18 Mbps	1 Mbps
Juegos <i>online</i>	2 Mbps	2 Mbps
VoIP	0,3 Mbps	0,3 Mbps
Internet	10 Mbps	4 Mbps
Videoconferencia	2 Mbps	2 Mbps
<b>Total</b>	<b>32,3 Mbps</b>	<b>9,3 Mbps</b>

Por tanto, podemos estimar que los abonados residenciales requieren al menos, 30 Mbps de bajada y 9 de subida.

## 2.3. ESTUDIO DE LA OPORTUNIDAD

La central de Telefonía de Navacerrada pertenece a Telefónica.



Ilustración [2] Central de Telefónica de Navacerrada

Se sitúa muy cerca del centro del municipio, en la Calle Prado Jerez número 22, situación estratégica, ya que ningún punto del municipio dista en línea recta más de 1,5 kilómetros de la central, lo que supone una gran ventaja para el despliegue de nuestra red, como se puede observar en la ilustración 3.



**Ilustración [3] Distancia máxima desde Central Telefónica**

En la actualidad, da servicio a un total de 1576 líneas de ADSL y ADSL2+ con una velocidad máxima de 3Mbps y no existe saturación.[4]

Según fuentes personales, el municipio no cuenta con servicio de televisión de pago disponible y la calidad de la señal de televisión no es demasiado buena, por lo que se espera que los habitantes, al menos aquellos con línea de ADSL contratada, tiendan a mejorar sus conexiones si se ofrecen a precios razonables y aquellos que no tienen, se planteen tenerla gracias a la posibilidad de mejorar la oferta y calidad televisiva.

El coste de la conexión en el mejor de los casos es de aproximadamente 40 euros al mes, cuota de línea de teléfono **sin incluir**.

Existen 2988 unidades urbanas en Navacerrada, 2323 son de uso residencial y el resto de otros usos como comercial, hostelería, cultural, sanitario, etc...

Se estima que el 80% contrata línea telefónica, de los cuales, el 75% contrata internet y de estos, si la señal de TDT es de mala calidad, el 75% contratará Televisión. Esto, en números será:

Número de líneas telefónicas: 598

Número de contrataciones 2PLAY (teléfono + internet): 448

Número de contrataciones 3PLAY (teléfono, internet y televisión): 1344

### 3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

En este apartado se hará una breve revisión de las alternativas tecnológicas disponibles en el mercado hoy día, de modo que podamos justificar las elegidas.

#### 3.1. DSL STANDARDS

Como vimos en el capítulo 2.2, en el municipio de nuestro estudio, Navacerrada, las tecnologías empleadas son ADSL y ADSL2+, veamos una pequeña descripción y comparativa.

El DSL (Digital Subscriber Line) se trata de un conjunto de tecnologías para proporcionar grandes anchos de bandas a hogares y pequeños negocios sobre las líneas telefónicas de cobre.

Como vemos en la siguiente ilustración, el ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) fue la primera de estas tecnologías, fue desarrollada en 1999 y desde entonces, muchas otras como el VDSL2 (Very high speed DSL2) han emergido para mejorar la eficacia y el bit rate ofrecido por ADSL. Por el momento, G. Fast es una nueva tecnología que está siendo estandarizada y aprobada.

Es una tecnología de acceso a Internet de Banda Ancha, que se consigue mediante el uso de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (POTS) (300-3400 Hz), como podemos observar en la siguiente ilustración 5 por lo que es necesario instalar un filtro llamado splitter que se encarga de separar la señal telefónica de los datos.

Se denomina asimétrica debido a que la velocidad de bajada (downstream) y de subida (upstream) no coincide, siendo la primera mucho mayor.

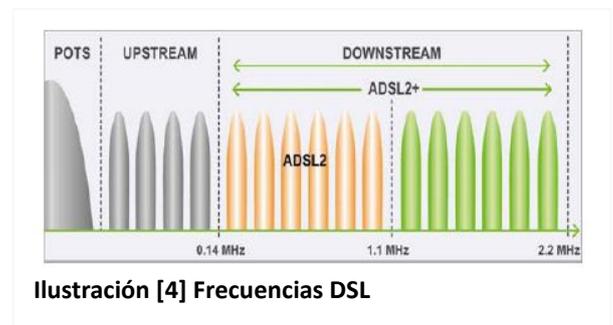


Ilustración [4] Frecuencias DSL

Las tecnologías han ido apareciendo con el objetivo de incrementar el ancho de banda y la distancia desde la central al abonado (denominado loop). En la ilustración 5 se puede apreciar cómo afecta la distancia al performance de cada tecnología:

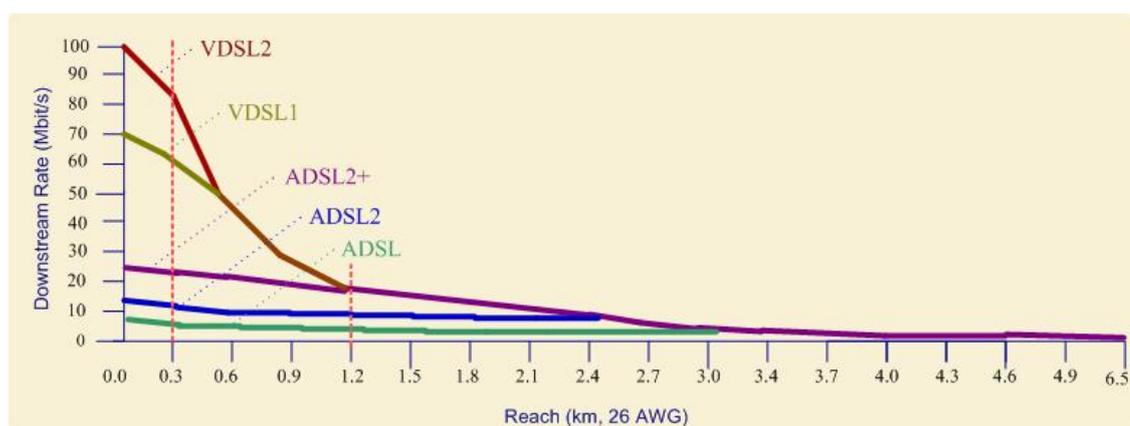


Ilustración [5] Relación velocidad-distancia en DSL

Hasta 1,5 km el bit rate máximo para cada tecnología es muy diferente, sin embargo, a partir de este, el ADSL2+ desciende rápidamente y más allá de 3km, ADSL, ADSL2 y ADSL2+ ofrecen el mismo rendimiento.

### 3.2. VDSL2

Veamos ahora las principales características del VDSL2.

Existe una primera versión de VDSL, pero nos centraremos en esta, que difiere únicamente en algunas mejoras.

Esta tecnología se basa en el par trenzado de cobre y su código de línea es DTM como las otras tecnologías ADSL. Además tiene otras cualidades del ADSL como el diagnóstico de bucle o loop. Ofrece PTM (packet transport) con encapsulación 64/65B (lo que comúnmente se denomina EFM (Ethernet in First Mile).

La norma ITU que describe sus especificaciones es la ITU G.993.2

Puede llegar hasta los 100Mb/s simétricos y requiere un profile de 30 MHz (solo obtenidos en bucles muy cortos (<150mts), por lo que se utiliza en entornos con equipos remotos muy cerca del usuario (a esto se le conoce como FTTC y FTTN), aunque puede llegar hasta 3 km, con menores velocidades, como podemos ver en la siguiente ilustración:

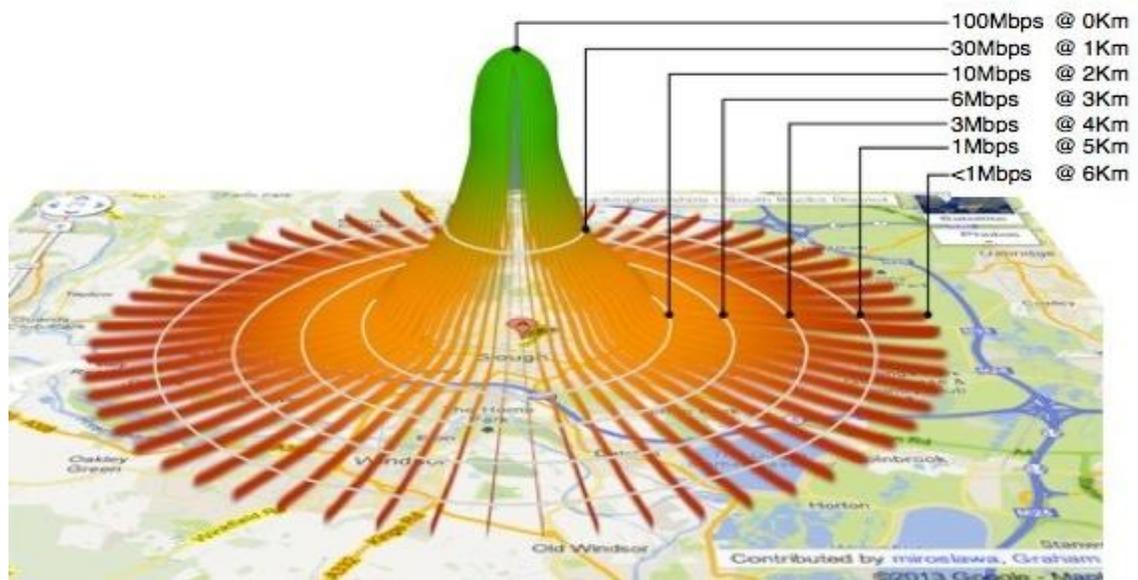


Ilustración [6] Velocidades VDSL2 en función de la distancia

Veamos un esquema típico de la topología VDSL en la ilustración 7.

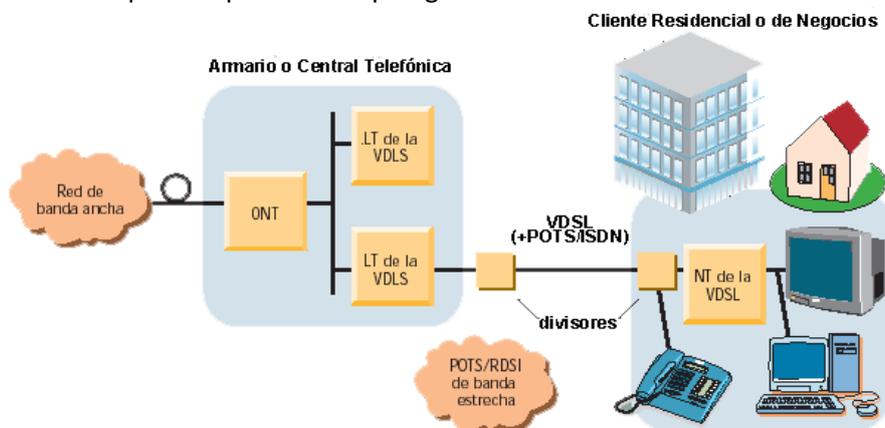
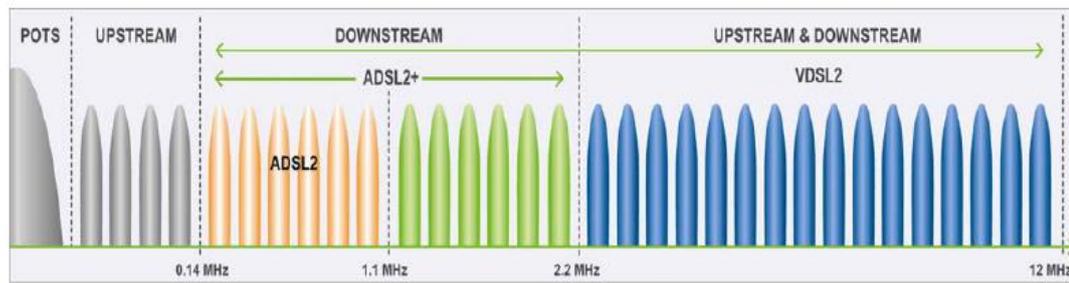


Ilustración [7] Topología VDSL2

Al igual que en ADSL es necesario un splitter para separar la señal telefónica de los datos. También cabe recalcar que esta configuración no es la única y para sacar el máximo rendimiento a zonas alejadas de las centrales, se hace uso de equipos remotos o extensoras de la central,

que aunque requiere mayor inversión ofrece un buen rendimiento. Finalmente, en la ilustración 8 veremos una comparativa entre las frecuencias usadas por las distintas tecnologías, el VDSL2 puede usar las frecuencias indistintamente tanto de subida como de bajada:



**Ilustración [8] Frecuencias tecnologías DSL**

Como conclusión podemos decir que el VDSL2 es la sucesora del ADSL y está diseñado para soportar los servicios de Triple play. Su despliegue ideal son bucles muy cortos para alcanzar el máximo rendimiento, pero en bucles algo más largos (menos de 1 km) es capaz de dar los 30Mbps que establecimos como requerimientos del mercado residencial que ocupa nuestro estudio.

### 3.3. REDES INALÁMBRICAS

En este estudio no se incluye la tecnología Wifi, ya que está destinado a redes de ámbito local o LAN. Veremos por tanto tecnologías centradas en áreas de cobertura más amplia como son WiMAX y LTE.

#### 3.3.1. WIMAX

WiMAX, siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz y puede tener una cobertura de hasta 50 km.

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, o como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16.

Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

WiMAX soporta triple play gracias a que es capaz de garantizar Calidad de Servicio y multidifusión. Vemos en la ilustración 9 un diagrama de la topología de red de Wimax y sus componentes:

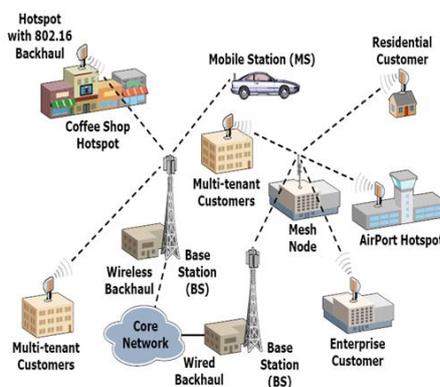


Figure 1-1: Typical IEEE 802.16 deployment scenarios



Antena estación de base

**Ilustración [9] Topología WiMax**

Existen dos variantes, uno de acceso fijo y otro de acceso móvil.

El de acceso fijo (802.16d), que es el que nos interesaría, se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio, puede llegar a velocidades teóricas máximas de 70 Mbit/s con una frecuencia de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbit/s con radios de célula de hasta 6 km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula, por lo que esta tecnología no cumple los requisitos de ancho de banda que buscamos [7][8].

### 3.3.2. LTE

Considerado un estándar de la 3.9G, totalmente IP, que permite a los operadores una introducción progresiva de tal manera que les permite mantener los servicios de voz sobre las plataformas existentes, y aprovechar las ventajas de LTE para los servicios de datos. En este último punto, debe decirse que el objetivo de LTE es proporcionar la Internet de banda ancha que tenemos en redes fijas, pero en redes móviles.

LTE permite anchos de banda escalables hasta 20 MHz, donde ofrece 100 Mbps en el enlace descendente y 50 Mbps en el ascendente en distancias de hasta 5 km, pero podría ofrecer servicios con prestaciones limitadas hasta 100km.

Con una latencia inferior a 10ms, podemos tener aplicaciones en tiempo real (juegos en red, voz sobre IP, etc.) sin que el usuario note los retrasos que sí tenían los otros estándares previos. Los operadores pueden ofrecer servicios de triple play, servicios que hasta la aparición de LTE sólo se podían dar sobre redes fijas de manera masiva.

El inconveniente es que esta tecnología se está comenzando a desplegar, se necesita una gran inversión para la adaptación y comunicación con las tecnologías existentes y además está basada en frecuencias licenciadas, otorgadas únicamente por el gobierno central que regula y gestiona el reparto del espectro radioeléctrico, por lo que es inviable desplegar esta tecnología en un proyecto de nuestra magnitud.

## 3.4. GPON

Gpon es el estándar para las redes ópticas pasivas capaces de dar hasta 2,5Gbps de bajada y 1,25Gbps de subida por fibra, aunque la velocidad real depende de la distancia y del ratio de splitters utilizado.

La figura 10 explica claramente sus características principales:

### ¿QUÉ ES GPON?

<b>G</b> igabit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidades de hasta 25Gbps de downstream y 1,25 Gbps de upstream por fibra.</li> </ul>
<b>P</b> assive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de componentes pasivos en toda la red de distribución.</li> <li>• Basado en splitters para compartir el medio entre todos los usuarios</li> <li>• No se usan amplificadores</li> </ul>
<b>O</b> ptical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de luz para transmitir los datos por medio de láser o LEDs</li> </ul>
<b>N</b> etwork	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Topología en estrella para conectar los usuarios a la central</li> </ul>

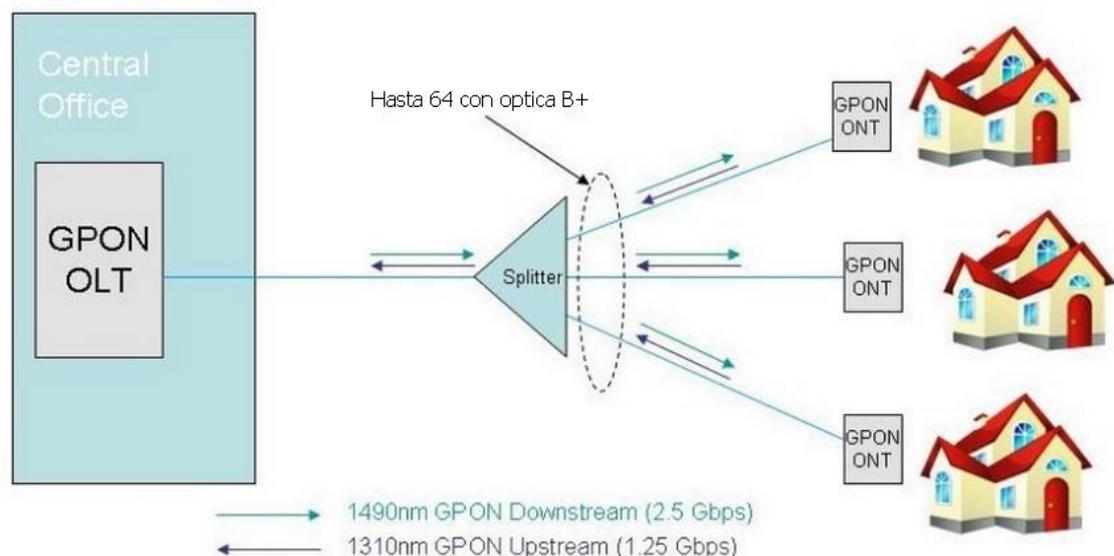
Ilustración [10] GPON

GPON que no es un elemento si no una red de acceso cableada con topología en estrella que conecta a los usuarios a la central, gracias la transmisión óptica, tiene las siguientes características, que hace de esta tecnología muy ventajosa:

- GPON es una planta de fibra puramente pasiva con bajo costo de mantenimiento y alta fiabilidad.
- Cada Fibra es compartida a través de múltiples usuarios, lo que resulta en menor exigencia de fibra, menos puertos en la oficina central (CO ) y por lo tanto, menos electrónica con un menor consumo lo que reduce la huella de carbono .
- La fibra proporciona mucho mayor ancho de banda por la distancia en comparación con las redes de cobre
- La infraestructura de fibra instalada es a prueba de futuro.
- Y por último, PON ofrece paquetes de servicios sobre una única fibra. Esto puede ser triple play ; voz, datos o vídeo , o cuádruple play , incluyendo servicios como backhaul móvil.

GPON provee flujos asimétricos usando longitud de ondas separada, 2,5Gbps de downstream son enviados a 1490 nanómetros y la ONT realiza una asignación del ancho de banda flexible, de la misma forma los 1,25Gbps del upstream son asignados de forma dinámica (ver figura siguiente).

Los elementos que componen GPON son:



**Ilustración [11] Componentes de GPON**

Una OLT (Optical Line Terminal) se sitúa en la central, de él parten las fibras hacia los abonados. Agrega el tráfico que llega de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación, realizando funciones de router.

La ONT, situado en casa del cliente la cual es también un elemento activo y contiene las interfaces de usuario. Existen múltiples tipos de ONT dependiendo de la aplicación, ONTs para hogares, Business ONTs para empresas, con interfaces de mayor tráfico y las MDU (Multi-

Dwelling Unit), para edificios con varias viviendas.

La red de distribución está formada por elementos pasivos, donde se incluyen las fibras y los splitters que permiten compartir cada fibra entre varios abonados.

Los Splitters ópticos pasivos son elementos que permiten la conexión punto-multipunto y que las señales ópticas sean distribuidas a otras fibras. Desde la OLT sale una única fibra a la que se puede conectar hasta 64 o 128 ONTs (en las últimas versiones) pero cada bifurcación supone una pérdida de potencia (o atenuación), como se explica dentro de unas líneas.

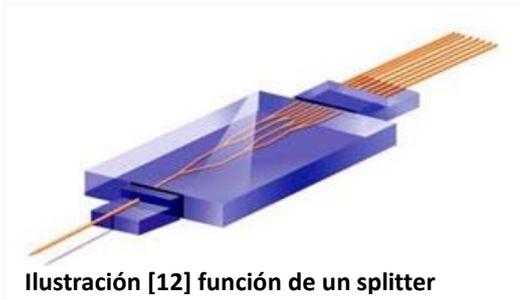


Ilustración [12] función de un splitter

El cable de fibra óptica se trata de un fino hilo de vidrio o plástico que guía la luz. Una fuente de luz que puede ser un LED o un láser, se enciende, apaga o varía su intensidad en función de la señal eléctrica de entrada que contiene la información.

La luz se acopla a una fibra óptica que la guía a lo largo de la comunicación. En el extremo del receptor, un detector decodifica la luz y reproduce la información de la señal. Existen varios tipos de fibra, como vemos en la siguiente figura:

En la **fibra multimodal** viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos. Recorren diferentes distancias y se separan al viajar dentro de la fibra. En la **fibra multimodal de índice gradual** el núcleo esta hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. La propagación de los rayos en este caso sigue un patrón similar.

La **fibra monomodal** es la de menor diámetro y solamente permite viajar un rayo óptico central, lo que permite distancias mayores pero es más difícil de manipular.

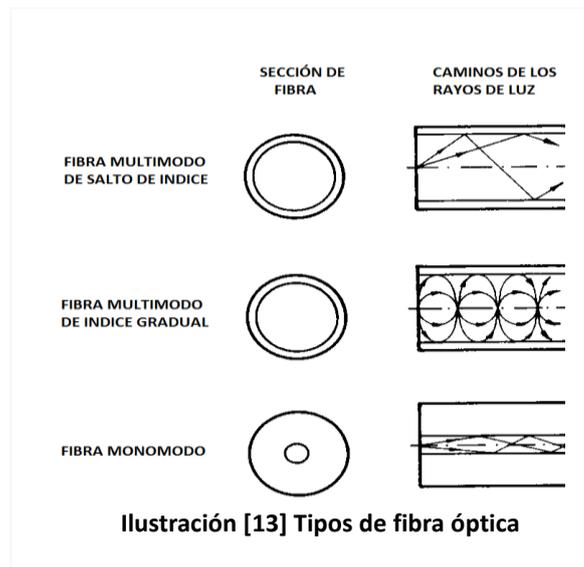


Ilustración [13] Tipos de fibra óptica

En la siguiente ilustración veremos una solución de triple play usando GPON:

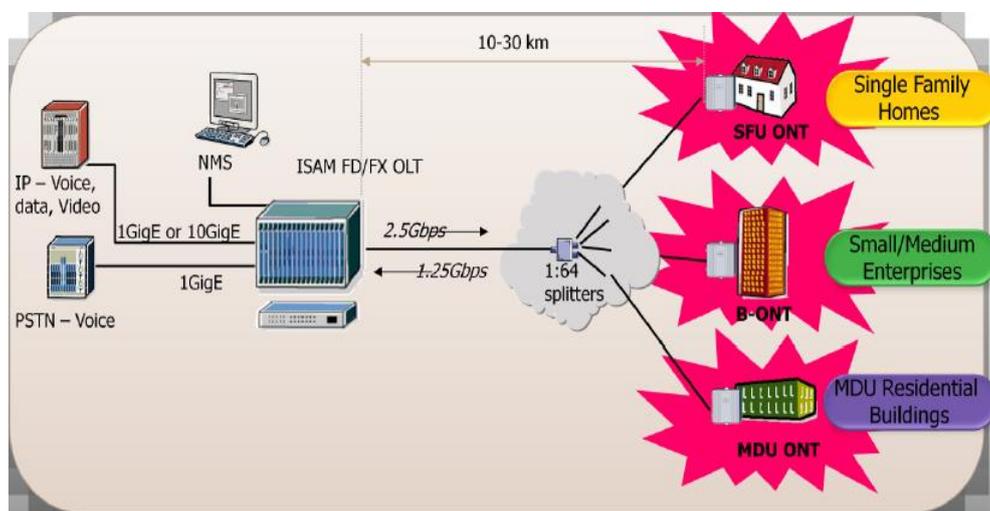


Ilustración [14] Escenario con GPON

Los Splitters suponen la mayor parte de las perdidas en el enlace entre la OLT y ONT. Tenemos que considerar que una fracción de 1:2 tendrá una pérdida de 3dBs, o podemos calcular la pérdida por esta fórmula:  $10 \log n^{\circ} \text{ Splitter}$

Por ejemplo, una división de 64 tendrá una pérdida de 18 dBs.

Además, tenemos que tener en cuenta la atenuación de la fibra por Km (alrededor de 0,3dB/Km), el número de empalmes en la fibra (cada empalme tiene una pérdida de 0,1 dB), y el número de conectores (a 0.3dB por conector). Tendremos 2 conectores mínimo, uno en la OLT y otra en la ONT, pero podemos tener más, como en el cuadro de distribución dentro de la CO y otros dentro del edificio del abonado. Una configuración de splitters de 1:8 puede ser por ejemplo, un splitter de 1:8, o uno de 1:4 más otro de 1:2.

Veamos ahora las soluciones que ofrece GPON para cada servicio:

### DATOS(INTERNET)

En la ilustración 15 vemos la solución para HSI usando GPON. El PC del abonado se conecta a uno de los puertos Ethernet de la ONT o por WiFi si la ONT lo tiene. Es posible conectar un modem-router entre la ONT y el PC para dar al abonado capacidades de enrutamiento, ya que la mayoría de las ONTs solo tienen capacidades de cada 2 (como un switch).

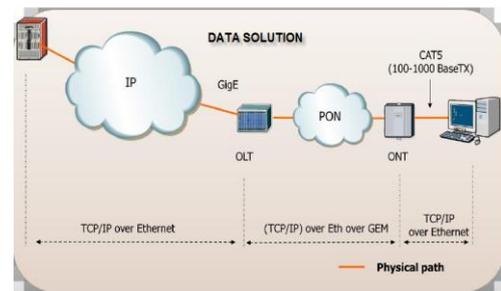


Ilustración [15] Solución para datos

### VOZ

El servicio de voz será del tipo VoIP (Voz sobre IP), existen dos protocolos mayoritarios para este servicio, Megaco (H248) y SIP, siendo este último el más utilizado. Dependerá del tipo de ONT y protocolo que maneje el proveedor de servicios el que optemos por una solución u otra. Aquí se muestran las dos soluciones SIP:

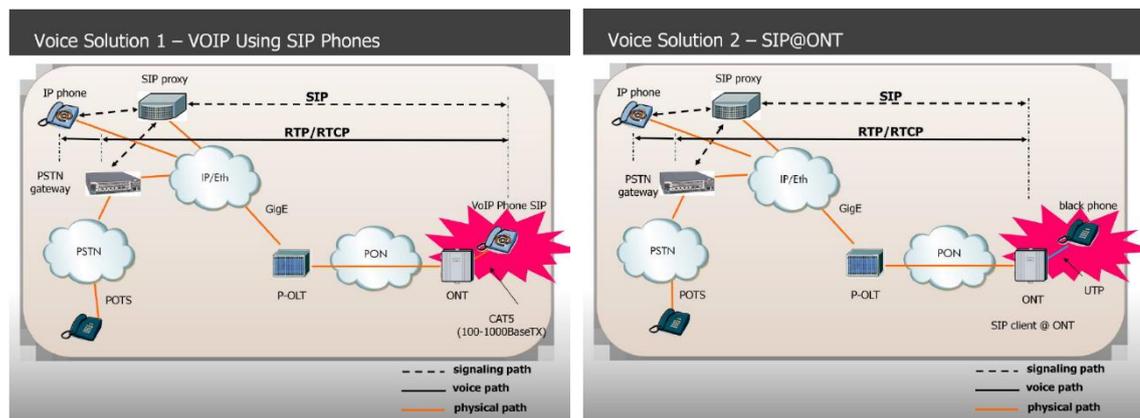


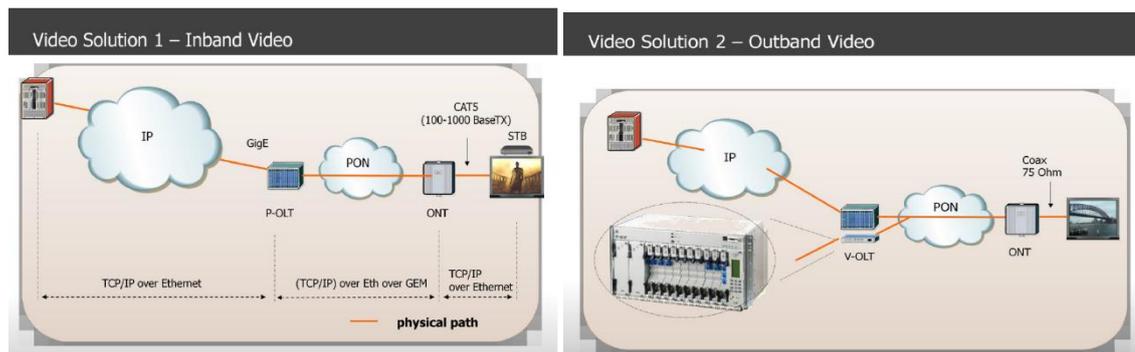
Ilustración [16] Soluciones de VOZ con GPON

En la solución 1, el telefono se conecta a un puerto ethernet de la ONT y es éste quien tiene la inteligencia y se comunica con el proxy SIP.

En la solución 2 la ONT funciona como un Media Gateway para el telefono (telefono convencional o black phone), que se conecta via UTP por el puerto RJ11 de la ONT. Es la ONT quien tiene la inteligencia y envía los eventos al proxy SIP (descuelgues, tonos de ring, de ocupado, etc).

**VIDEO**

Para el servicio de Video volvemos a tener varios escenarios:



**Ilustración [17 ] Soluciones de Video con GPON**

La solución 1 es la del servicio IPTV. Similar a la de datos, pero en lugar de conectar un PC, se conecta el STB (Set Top Box). El servidor de video codifica la señal (MPEG) y la envía como un flujo de paquetes UDP, que se pasan a la OLT hasta el STB.

La solución 2 es para señal TDT (Televisión Digital terrestre). En este caso, la V-OLT recibe una señal óptica de 1550nm con los canales de video embebidos.

La televisión se conecta a la ONT usando un cable coaxial al conector F de la ONT.

En la solución propuesta se usará el escenario 1, ya que la transmisión de la señal por la fibra es delicada, requiere en muchos casos de amplificadores, además de suponer una inversión extra por la compra de equipamiento de cabecera.

## 4. PROCEDIMIENTOS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE UNA RED FTTH

A la hora de realizar un diseño e instalación de una red de este tipo es necesario tener en cuenta unos procedimientos y la normativa vigente.

En este capítulo se describen los más importantes y necesarios:

- Fases de un proyecto FTTH.
- técnicas de despliegue de fibra
  - o horizontal
  - o vertical
- Cálculo de parámetros
- Normativa vigente

### 4.1. FASES DE UN PROYECTO FTTH.

En este apartado se hace una descripción de los pasos que hay que seguir para la definición/despliegue de una red FTTH.

1. Definición del área de actuación. Esta fase define el área de influencia del despliegue, cuántas unidades inmobiliarias se van a cubrir, donde se colocarán los equipos activos, que generalmente son las centrales de Telefónica.  
Se define Unidad inmobiliaria como aquel hogar con cobertura FTTH, donde se ha desplegado el equipamiento en la cabecera, la red de alimentación, la red de distribución y la red vertical (o de dispersión).

2. Solicitud de permisos.

En general, se solicitarán permisos para la autorización de aprovechamiento de cualquier propiedad o instalación ajena a la empresa, así como cuando de la realización de los trabajos pueda derivarse alguna injerencia en campos de actuación de Organismos Oficiales o en la prestación de cualquier otro servicio público.

Los casos más frecuentes en que son necesarios dichos permisos son:

- Realización de obras en calles, carreteras o caminos.
- Cuando pueda haber interrupción o trastorno grave en la circulación, tanto rodada como de peatones.
- Injerencia en propiedades particulares.
- Almacenamiento de materiales en la calle o en propiedades particulares.
- Cruce de líneas férreas, carreteras, canales, pasos de puente, etc.
- Cruce con líneas de energía eléctrica.
- Para el uso de barrenos o cualquier otro procedimiento de trabajo que pueda entrañar riesgos o molestias graves a los transeúntes o al vecindario.
- Para el empleo de agua o energía eléctrica de las redes de distribución de las mismas.
- Para los tendidos en zonas declaradas de interés militar o estratégicos.

Cada Ayuntamiento exige un plan de implantación y despliegue y unas tasas que varían de unos a otros. En nuestro caso supone un 2% de la obra +2% de las instalaciones.

Es necesario solicitar permiso a las comunidades de vecinos para la realización de cualquier instalación interior o exterior.

3. Si existe infraestructura y se desea utilizar es necesario solicitar una concesión de infraestructura o SUC (Solicitud de Uso Compartido). Este suele suponer un coste inicial de 400€ y una cuota de 62€/mes por cable.

Nota: En nuestro caso no existe infraestructura previa.

4. Diseño. Esta fase incluye el diseño de la red así como la elección de los materiales.
5. Petición de Materiales a proveedores
6. Construcción de la red (Cabecera, alimentación y distribución)
7. Certificación y carga as-built (Documentación)

Nota. Esta información se ha obtenido de una conferencia realizada el 24 de Marzo del 2014 sobre el despliegue de redes FTTH, disponible en youtube [28].

## 4.2. TECNICAS DE DESPLIEGUE DE FIBRA

En la figura 18 podemos observar una distribución típica de una red GPON:

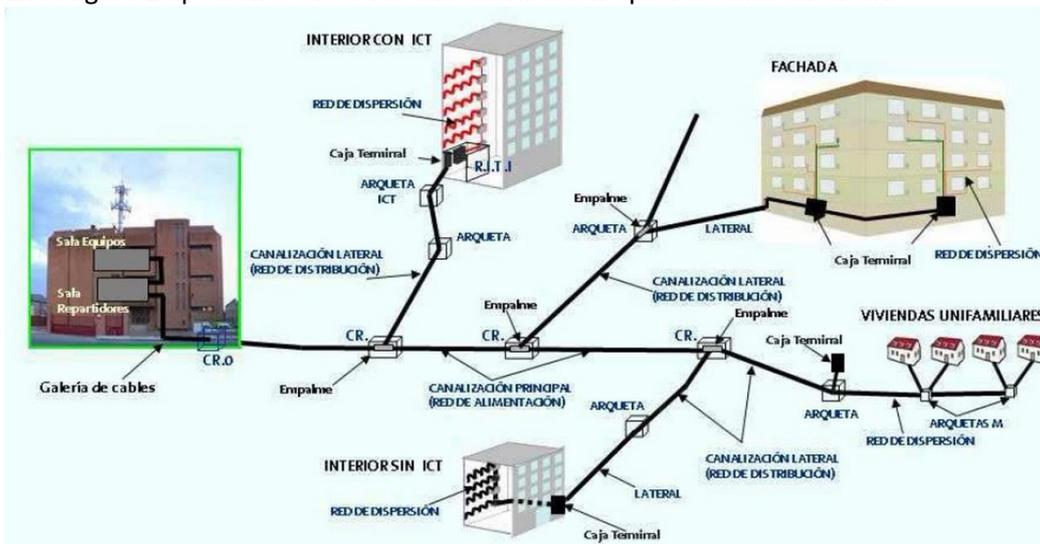


Ilustración [18] Distribución típica de fibra óptica

Habitualmente se construye la red utilizando dos niveles de splitting, pero dependerá de las necesidades geográficas de la zona a cubrir.

Suele constar de una red de alimentación, de una de distribución y de una red de dispersión. La red de alimentación parte de la central (donde se sitúa la OLT) a través de la denominada canalización principal. Sobre esta se colocan unas cámaras de registro (CR) desde donde parten las canalizaciones laterales que forman la red de distribución.

Estas redes de distribución llegan hasta las cajas terminales situadas en las fachadas de las viviendas o hasta los RITI en aquellas que dispongan de ellos y desde allí parten las respectivas redes de dispersión que distribuyen las fibras ópticas a los usuarios.

La unión entre la red de alimentación y la red de distribución suele estar formada por divisores tipo 1:2 o 1:4.

El segundo divisor si sitúa entre la red de distribución y la red de dispersión y se suele colocar divisores de tipo 1:8, 1:16 o 1:32. Técnicamente estos splitters están colocados en las diferentes cajas de empalme y registros a lo largo de la red.

El despliegue de la fibra óptica dependerá principalmente de la ordenanza municipal. En zonas urbanas consolidadas y generalmente no dotadas de ICT, es habitual la existencia de instalaciones aéreas o por fachada, como única forma de llevar la red a los usuarios.

Cabe comentar que el tendido aéreo por fachada es el que más beneficia al ciudadano, pues minimiza los tiempos de obra en las calles, además, la realización de instalaciones nuevas de interior supone importantes costes, tanto para los ciudadanos como para los operadores, que en muchos casos no pueden asumir, con el consiguiente perjuicio para los ciudadanos que no podrán acceder a los nuevos servicios de la Sociedad de la Información [11]

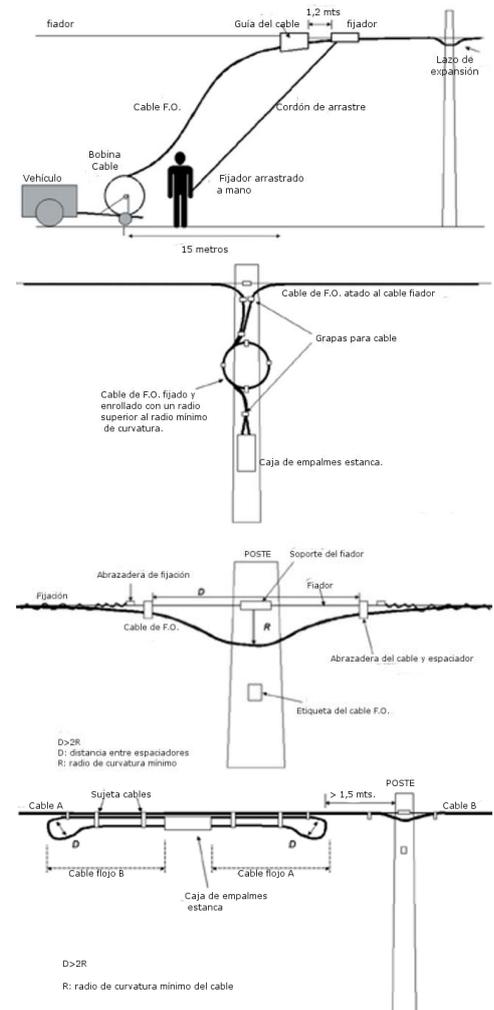
La red deberá cubrir el 100% de las viviendas de la zona, independientemente de si contratan o no los servicios ofrecidos por el operador.

### 4.2.1. Despliegue horizontal

Nos referimos a horizontal cuando hablamos del despliegue de la red de alimentación (o red principal) y red de distribución. Dependiendo de muchos factores, se puede hacer por el suelo (instalación canalizada) o por el tendido aéreo. A continuación se detallan los procedimientos a seguir para su despliegue:

#### Tendido Aéreo

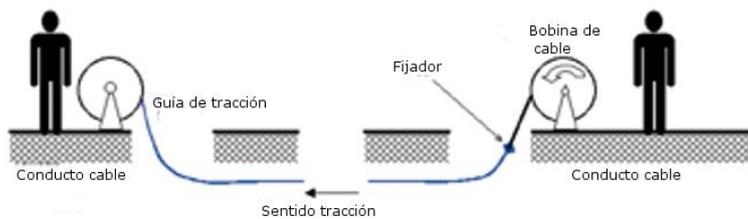
- Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica, etc).
- Instalar el fiador (correcto conexionado a tierra).
- Preparar equipamiento
- Instalar cable guía y fijador al fiador.
- Respetar los radios de curvatura apropiados.
- Elevar el cable de Fibra óptica hasta el cable guía y fijador.
- Mantener la distancia de seguridad de la bobina de cable (15 mts) en relación al fijador.
- Instalar fijador y asegurar al fiador (abrazadera de fijación).
- Atar el cable al fiador en la abrazadera de manera temporal.
- Ajustar el fijador para una adecuada operación.
- Fijar un cabo de tiro al fijador.
- Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado respetando la distancia de seguridad de la bobina.
- En cada poste se detiene el tendido y se realiza el lazo de expansión si este es preciso (no es necesario en cables autoportantes).
- Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico.
- Cuando sea preciso, la cajas de empalmes se pueden montar en postes o en el cable fiador



**Ilustración [19] Instalación aérea**

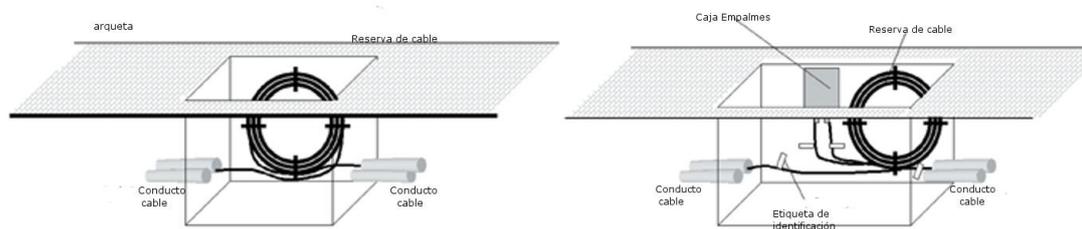
#### Instalación Canalizada

- Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (identificación de arquetas, presencia de gases, combustibles, cables de energía, etc).
- Preparación, inspección e identificación de los conductos a utilizar (lubricado, dimensionado, etc).
- Preparar cable guía de tracción, de ser preciso Instalar cable guía.
- Respetar los radios de curvatura apropiados.
- Colocar la bobina de cable en los soportes adecuados para facilitar el desencarretado.
- Colocar las poleas y rodillos necesarios para facilitar el arrastre del cable a través de los conductos y arquetas del trayecto.
- Instalar fijador y asegurar el fiador (abrazadera de fijación).



**Ilustración [20] instalación canalizada I**

- Atar el cable al fijador en la abrazadera de manera temporal.
- Ajustar el fijador para una adecuada operación.
- Iniciar la operación de estirar a mano sin brusquedad y mantener la velocidad de estirado y lubricar el cable si es necesario.
- En cada arqueta se verificará el guiado del cable y se realizará la reserva de cable (ver FIG 4.6) si esta es precisa (sobre todo en arquetas de cambio de dirección).
- Continuar el tendido procurando que los extremos de los cables de cada trayecto, coincidan en una arqueta para su posterior mecanización mediante empalmes. Prever la longitud necesaria para la realización de los empalmes fuera de la arqueta.
- Identificar en las arquetas de empalme los extremos de cada cable con etiquetas de identificación de cable óptico
- Asegurarse de que durante el tendido (siempre que sea posible mediante tracción manual) se mantiene una holgura de desencarretado de 3 o 4 metros para evitar excesiva fuerza de tracción y rozaduras en el cable.
- Terminado el trayecto deberá realizarse una verificación del tendido del cable óptico mediante un OTDR con el fin de comprobar que no haya sufrido daño alguno el cable (roturas, radios de curvatura excesivos, etc).
- Acondicionar el cable y cerrar cada una de las arquetas del trayecto correspondiente (grapeado del cable, identificación de reservas, sellado de conductos, etc).



**Ilustración [21] Instalación canalizada II**

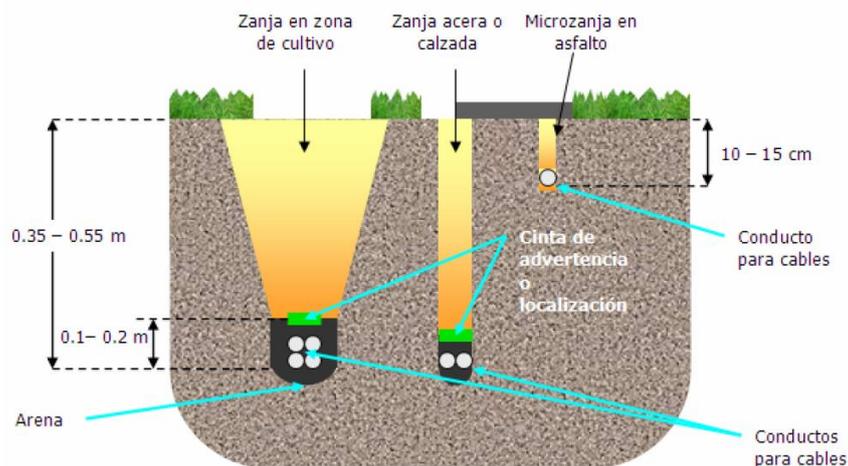
La instalación de los conductos en ciudades, donde generalmente existen diversas canalizaciones con tubos y cables es preferible la realización de zanjas.

La parte inferior de la zanja se rellena con al menos 5 cm de arena para allanar la base y evitar los desniveles sobre el que irán instalados los conductos y cables. A continuación se instalan los conductos y se cubren con una capa de arena fina de espesor comprendido entre 5 y 10 cm. La anchura puede variar en función de la cantidad de tubos y cables a instalar.

La técnica de microzanjeado consiste en una zanja en el asfalto de poca profundidad y se utiliza para realizar el menor daño posible en zonas críticas.

Es obligatorio colocar una cinta de advertencia entre 10 y 20 cm por encima del conducto, para evitar roturas cuando se realicen excavaciones sobre el terreno.

A continuación se muestra una imagen con lo explicado:



**Ilustración [22] Instalación de conductos por excavación y perforación**

#### 4.2.2. Despliegue vertical

No todas las viviendas dispones de ICT. Esta se hizo obligatoria para edificios de nueva construcción en el año 1998 [14].

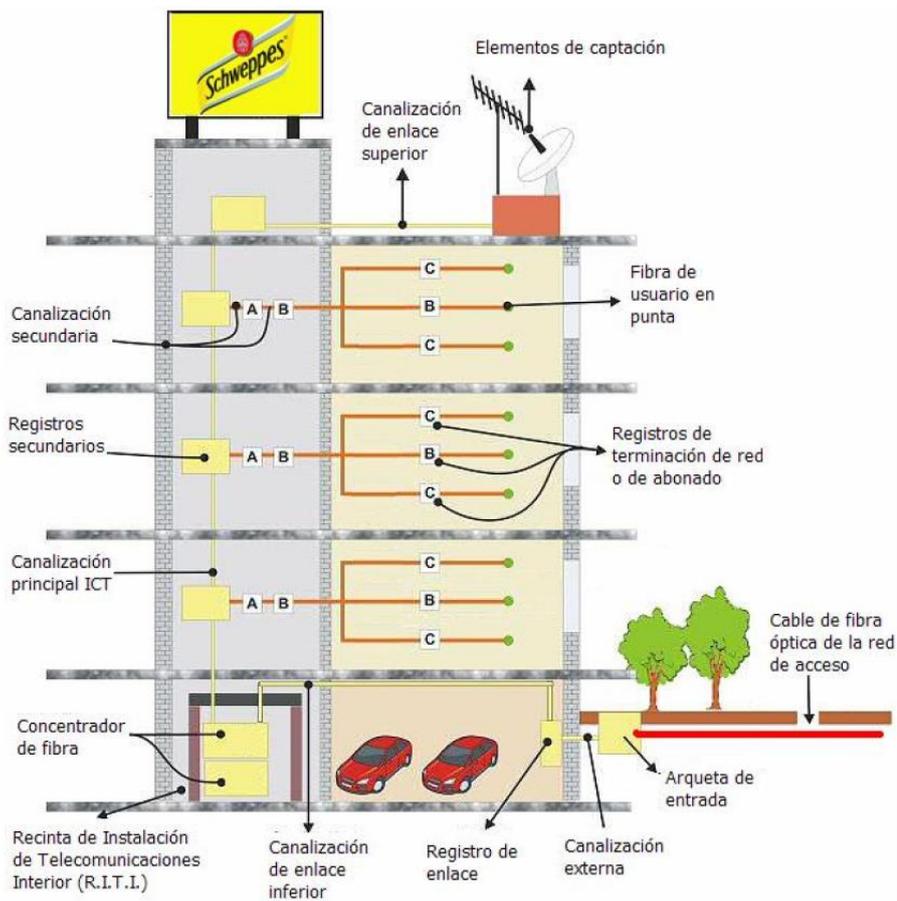
Los edificios tienen una gran cantidad de cables instalados por su estructura, como potencia, telefonía, televisión, etc que se instalan a los largo de bandejas y conductos hasta llegar a los ICTs.

Los cables de fibra óptica no conservan fácilmente la posición vertical, por lo que se suelen utilizar cables especiales que permiten esta instalación y se denominan cables riser, cuya principal característica es su bajo peso y flexibilidad.

Es crítico proteger los cables ópticos del peso de los cables de cobre, ya que pueden someter a la fibra a una elevada presión y afectar la señal, además de respetar las especificaciones de curvatura.

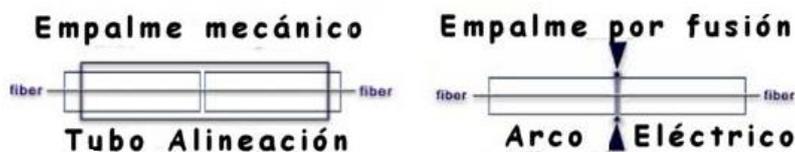
Los cables deberán amarrarse cada metro de tendido con bridas o correas para aliviar del propio peso que puede llegar a ser considerable en edificios de gran altura.

Redes de dispersión en edificio colectivo con ICT (RITI)



**Ilustración [23] Sección de edificio con instalación FTTH sobre ICT**

Tras el despliegue del tendido de cable, se realizan los empalmes necesarios. Existen dos técnicas y se usarán en función del tipo de cable y los requerimientos de transmisión. Por ejemplo para tramos de cable relativamente cortos con bajos requerimientos se puede usar empalmes mecánicos y/o conectores de empalmes, sin embargo para redes de capacidades elevadas, se precisará utilizar técnicas que introduzcan baja atenuación como es el empalme por fusión:



**Ilustración [24] Empalmes de fibra óptica**

Un empalme por fusión de fibra puede introducir una atenuación entre 0.1 y 0.5 dB de acuerdo con la recomendación ITU-CCITT, aunque lo más normal es que introduzca unas pérdidas medias de 0.2 dB. Por el contrario, un empalme mecánico introduce unas pérdidas entre 0.3 y 0.4 dB. Además, a lo largo de los años se reseca el aceite de los empalmes de la fibra, incrementando las pérdidas en hasta 1 dB [16].

### 4.3. PARÁMETROS FÍSICOS PRINCIPALES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DE LA RED

La finalidad de cualquier red de fibra óptica es ejecutar una transmisión de datos a alta velocidad, libre de errores. Una realización de pruebas correcta durante cada fase de la implantación de la red garantiza que los productos satisfagan las especificaciones y además minimiza el trabajo de resolución de problemas localizando conectores sucios/dañados, empalmes cuestionables y otros componentes defectuosos antes de que afecten al servicio.

Uno de los factores más importantes para garantizar una transmisión correcta es controlar las **pérdidas de potencia** en la red frente a las especificaciones del presupuesto de pérdida del enlace con la recomendación ITU-T y la norma, lo cual se hace estableciendo un presupuesto de pérdida de extremo a extremo total con un margen suficiente, a la vez que reduciendo al mínimo las retro-reflexiones.

#### 4.3.1. El presupuesto de pérdida

Una de las primeras tareas que deben realizarse al diseñar redes de fibra óptica es evaluar el presupuesto de pérdida aceptable.

Para caracterizar correctamente el presupuesto de pérdida se consideran generalmente los siguientes parámetros principales [23]:

- Transmisor: potencia de lanzamiento, temperatura y envejecimiento
- Conexiones de fibra: divisor, conectores y empalmes
- Cable: pérdida de fibra y efectos de temperatura
- Receptor: sensibilidad del detector
- Otros: margen de seguridad y reparaciones

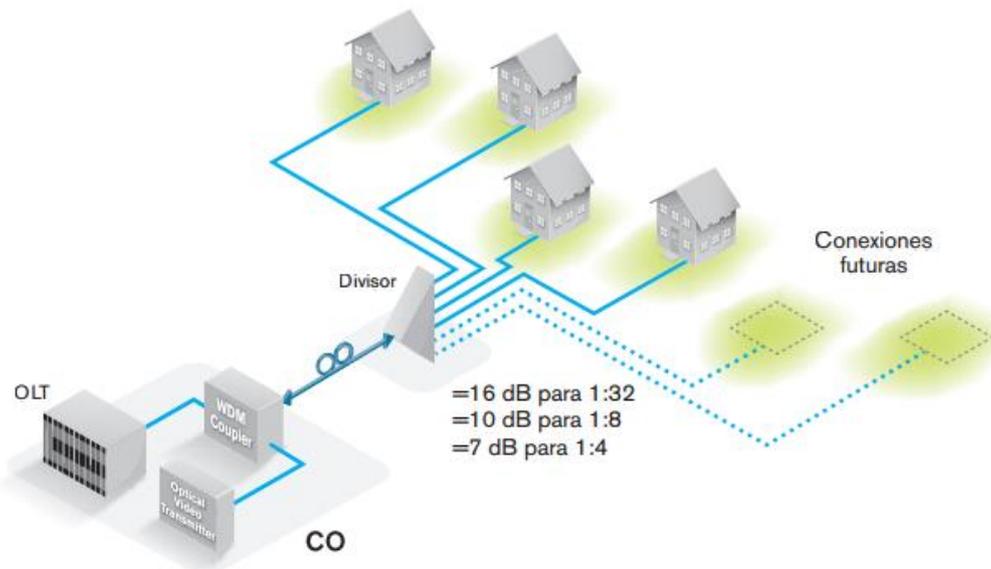
Cuando una de las variables arriba indicadas no cumple con las especificaciones, el rendimiento de la red puede verse afectado.

El presupuesto de pérdida variará en función del tipo de PON que se implementa. Por ejemplo, en el caso de un sistema GPON de clase B, como se muestra en la siguiente tabla, el presupuesto de pérdida máximo para la ruta ascendente a 1,25 Gbit/s puede ser de 32 dB (delta entre sensibilidad mínima y potencia de lanzamiento máxima). Téngase en cuenta que la potencia de lanzamiento del transmisor puede variar y, si consideramos el mismo sistema, pero con una potencia de lanzamiento de -2 dBm, el presupuesto de pérdida se convertirá entonces en 24 dB (delta entre sensibilidad mínima y potencia de lanzamiento mínima).

**Tabla 2 Presupuestos de pérdida**

Tipo		BPON									GPON								
Norma		Serie ITU-T G.983									ITU-T G.984.1								
Clase de red de distribución óptica (ODN)		B	A	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
		Descendente				Ascendente				Descendente				Ascendente					
Velocidad de transferencia de bits nominal		156	622,08	1244,16		156	622,08	1244,16		2488,32		155,52	622,08		1244,16				
<P <sub>lanzamiento</sub> >Mín	dBm	-4	-7	-2	-4	+1	-4	-6	-1	-4	+1	0	+5	-6	-4	-6	-1	-3	-2
<P <sub>lanzamiento</sub> >Máx	dBm	+2	-1	+4	+1	+6	+2	-1	+4	+1	+6	+4	+9	0	+2	-1	+4	+2	+3
Sensibilidad Mín	dBm	-30	-28	-28	-25	-25	-30	-27	-27	-25	-25	-21	-21	-27	-30	-27	-27	-24	-28

Un ejemplo del cálculo del presupuesto de pérdida total típico puede ser el siguiente:



**Ilustración [25] Cálculo de presupuesto de pérdida total**

La pérdida de divisor (1:4, 1:8, 1:16, 1:32) representa normalmente la mayor parte de la pérdida en el sistema: aproximadamente 16 dB para divisores 1:32.

La pérdida de inserción es normalmente de 0,7 a 1.0 dB por acoplador WDM y se utiliza generalmente para combinar la señal de vídeo (1550 nm) con señales de datos y voz (1310/1490 nm).

Las pérdidas de conector y empalme rondan normalmente los 2,0 a 3,0 dB para el enlace completo, desde el OLT al ONT.

La pérdida de fibra es igual a la atenuación multiplicada por la distancia. La distancia máxima está limitada por el presupuesto de pérdida a la longitud de onda de atenuación más desfavorable (1310 nm con aprox. 0,33 dB/km de atenuación). La longitud máxima varía normalmente entre 4 y 20 km [23].

**Tabla 3 Ejemplo de cálculo de presupuesto de pérdida**

	Pérdida típica [dB]	Número/Longitud	Pérdida total [dB]
Divisor (1:32)	~ 16 - 17	1	17
Acoplador WDM (1:2)	~ 0.7 - 1.0	1	1
Empalme (fundido)	~ 0.02 - 0.05	4	0.2
Conector (APC)	~ 0.2	2	0.4
<b>Fibra G.652C</b>			
1310 nm	~ 0,35/km	18,2 km	6.4
1490 nm	~ 0,27/km		4.9
1550 nm	~ 0,20/km		3.6
<b>Presupuesto de pérdida total</b>			
1310 nm			25.0
1490 nm			23.5
1550 nm			22.2

El cálculo de presupuesto de pérdida debe ser una de las primeras cosas a verificar antes de cualquier implantación y debería ser obligatorio para garantizar que la clase del sistema seleccionado sea compatible con la topología que se implantará. Si, por ejemplo, se diseña un sistema con los elementos indicados en la tabla 3 y si la potencia de lanzamiento del transmisor a 1310 nm es -4 dBm con una sensibilidad de detector de -28 dBm, el presupuesto de pérdida permitido de 24 dB comprometerá el rendimiento del sistema a 1310 nm (ascendente). Por tanto, la pérdida total medida durante la implantación de la red no debe superar el presupuesto de pérdida total permitido por el diseño del sistema y debe tener suficiente margen para permitir cualquier fluctuación de pérdida que pueda producirse durante el ciclo de vida del sistema.

#### 4.4. NORMATIVA VIGENTE Y RECOMENDACIONES

A continuación se enumeran las normas y leyes que se deben tener en cuenta para la ejecución del proyecto:

- **IEC 61300-3-34** Dispositivos de interconexión de fibra óptica y componentes pasivos. Tests básicos y procedimientos de medida
- **IEC 60794-1-1** Especificaciones generales de la fibra óptica
- **IEC 62221** Fibra óptica. Métodos de medida. Sensibilidad a microdobles
- **Real Decreto 401/2003** Aprobación del reglamento regulador de las Infraestructuras comunes de telecomunicación. Reglamento de instalación de cableado en los hogares
- **Orden ITC/1077/2006 del 6 de abril** se realizaron modificaciones técnicas y administrativas que se recogen en el RD401/2003
- **UNE 20431** Resistencia a la llama
- **UNE 502615-1 y UNE 50266** Propagación de incendio.
- **UNE 50267, 50268-1** Emisión de humos.

A continuación se presentan las recomendaciones propuestas por la ITU (International Telecommunication Union) que regulan las diferentes características de los equipos desarrollados para el soporte del estándar GPON, de modo que se tienda a la unificación de sus características, funcionalidades y compatibilidad entre equipos existentes[18]:

ITU-T G.984.1 Características generales de funcionamiento y constitución del estándar GPON.

ITU-T G.984.2 Manejo de la capa dependiente de los medios físicos PMD

ITU-T G.984.3 Capa de convergencia de transmisión

ITU-T G.984.4 Interfaz de control y gestión (OMCI) de la terminación de red óptica ONT.

ITU-T G.984.5 Rango de bandas reservadas sugeridas para el futuro.

Además la UIT o ITU define las recomendaciones referentes a fibra monomodo ITU-T G.652, G.653, G.654, G.655, G.656, G.657 donde se definen sus características y rendimientos.

La G652 es la fibra monomodo estándar de dispersión no desplazada. Es la fibra más comercializada, esta tiene cuatro variantes, A, B, C y D.

Las principales ventajas de la C y D son mayor capacidad de transmisión por aumento de ancho de banda. [19]



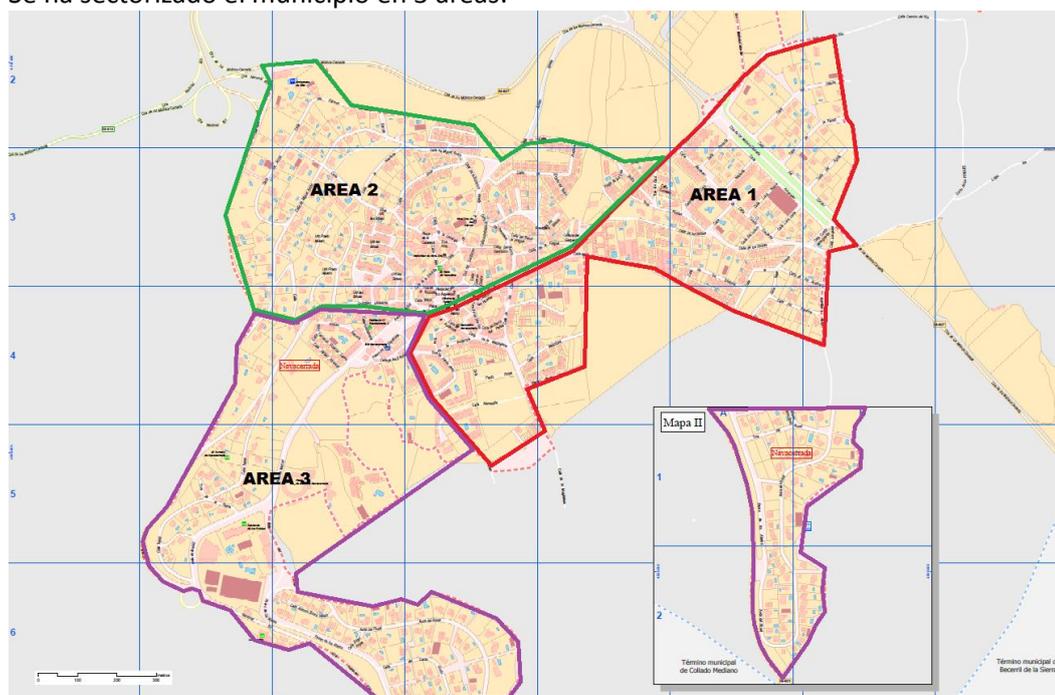
Ilustración [26] Estándares GPON

## 5. DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA RED FTTH

Este apartado detalla el despliegue de una red FTTH desde una central de telecomunicaciones hasta una zona residencial de viviendas multifamiliares y una urbanización de viviendas unifamiliares, que se tomará como fase piloto del despliegue de la red FTTH que se desplegará posteriormente en la totalidad del municipio de Navacerrada.

Tras la puesta en marcha de la zona piloto, se realizaría el despliegue de la red en el resto del municipio, procediendo por fases, de modo que el operador pueda comenzar a ofertar los servicios y por tanto, comenzar a facturar lo antes posible.

Se ha sectorizado el municipio en 3 áreas:



**Ilustración [27] Áreas de despliegue**

Las zonas se han delimitado atendiendo a la densidad de población y a la distancia de la central.

El despliegue de la red se realizaría por fases.

El área 1 cuenta con 1200 viviendas.

El área 2 cuenta con 1200 viviendas

Y el área 3, aun siendo mayor que el resto, solo cuenta con 500 viviendas.

Por cuestiones económicas se debería desplegar la fibra en el siguiente orden: 1-2-3. Este despliegue está fuera del alcance de este estudio.

Para la fase piloto o fase 0 se han escogido estos modelos de edificios, ya que son los que se pueden encontrar principalmente en el municipio, una urbanización de bloques de pisos donde existe ICT y una urbanización de viviendas unifamiliares, cuyo acceso se realizará por fachada, por lo que pueden servir de modelos para el despliegue posterior total.

La solución constará del diseño, la planificación de la red y la configuración de los abonados en el equipo de acceso.

## 5.1. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La red de fibra cubrirá el 100% de unidades inmobiliarias (a partir de ahora UI) de la zona piloto, aunque para los cálculos de banda total realizaremos una estimación del 75% como se indicaba en capítulos anteriores.

Otro factor a tener en cuenta es que se utilizará un Split de 1:64 para cada PON, aunque estos soporten 128, esta es una práctica habitual en las instalaciones de este tipo.

Para la red total del municipio, existen actualmente 2988 UIs, por lo que si dividimos estos entre 64, resultan 46 Pones (puertos ópticos), lo que quiere decir que necesitaremos 46 fibras ópticas, pero se desplegarán 64 fibras desde la central, ya que es obligatorio un 3% de fibras de reserva [28], que en nuestro caso son 14, lo que deja por tanto un amplio margen (18 fibras) para posibles operadores que quieran utilizar la infraestructura, para garantizar ampliaciones, reparaciones, etc.

El despliegue de la red de alimentación se realizará por despliegue horizontal, a través de canalizaciones, tal como se describe en el apartado 4.2.1

La red de distribución dependerá del tipo de edificio al que llegue. Si esta cuenta con ICT se conectará por medio de canalización subterránea hasta la arqueta o punto de registro que conecta la instalación del edificio. Si no existe, se realizara por aéreo.

Se ofertarán conexiones de 50Mbps y 100Mbps, gracias al equipo de acceso situado en la central de telecomunicaciones. Se ha escogido el ISAM 7302 con la controladora NANT-E cuya capacidad de switching son 320Gbps, se conecta a cada placa de línea con enlaces dedicados en el backpanel de 2.5Gbps. Más información puede verse en el capítulo de materiales y en los anexos.

La OLT (en nuestra propuesta 7302 ISAM FD) se conecta a través de su controladora a la red troncal por medio de un puerto óptico 10GB Ethernet que se conectará al puerto óptico del Service Router. Las tarjetas de abonados cuentan con 8 puertos GPON cada uno. Cada puerto soporta 64 ONTs. Cada PON provee 2.5Gb/s de downstream y 1.2Gb/s de upstream. Se pueden ver en la ilustración 28:

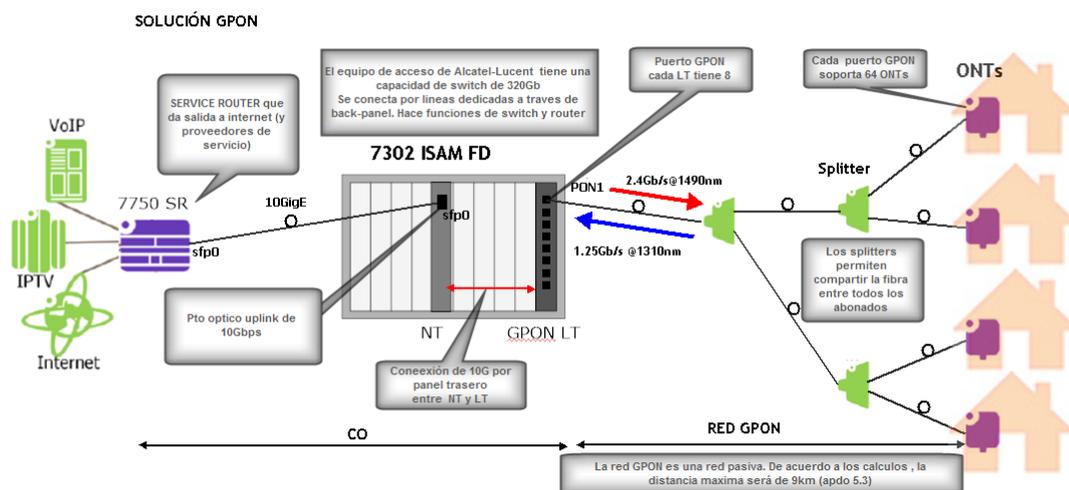


Ilustración [27] Conexión equipos

## 5.2. ESCENARIO DE DESPLIEGUE DE LA ZONA PILOTO

Las dos urbanizaciones se encuentran muy próximas a la central de telefonía, dentro del área 1 que se mostraba en el apartado anterior (figura áreas de despliegue).  
Vemos en la siguiente figura la situación de las zonas seleccionadas:

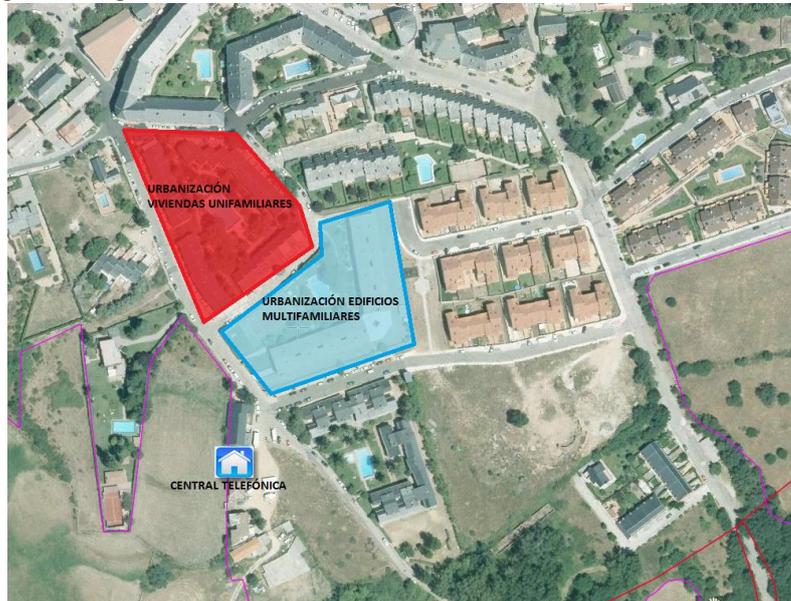


Ilustración [28] ZONA PILOTO

### 5.2.1. URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

La urbanización se compone de 4 bloques de casas como se ve en la siguiente ilustración. A continuación se detallan las características de cada bloque (A, B, C y D):

Bloque A:

Incluyen las viviendas de la calle de Prado Jerez desde el número 53 al 37 (solo números impares), esto son 8 viviendas.

Bloque B:

Discurre por la travesía de Prado Jerez desde el número 44 al 28, (solo números pares), por lo que son 8 viviendas.

Bloque C:

Incluyen las viviendas de la calle de Prado Jerez desde el número 35 al 19 (solo números impares), esto son 8 viviendas.

Bloque D:

Desde el número 26 la travesía de Prado Jerez hasta el número 2, por lo tanto son 12 viviendas.

BLOQUE	NÚMERO DE VIVIENDAS
A	8
B	8
C	8
D	12
TOTAL	36

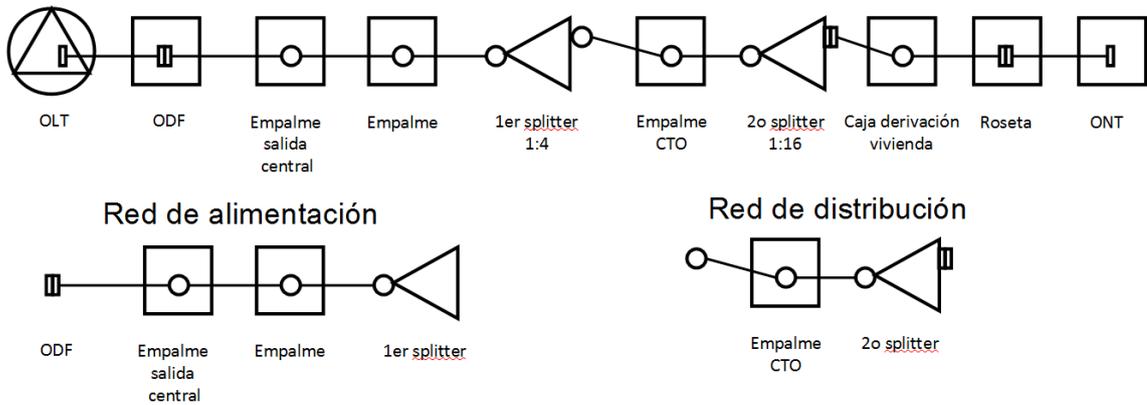
Tabla 4 Numero de ONTs



Ilustración [30] ZONA CHALETS

El abonado más alejado de la urbanización de chalets se sitúa a 265 metros de la central (situado en el bloque D)

El esquema de la red de esta zona quedará como sigue a continuación:



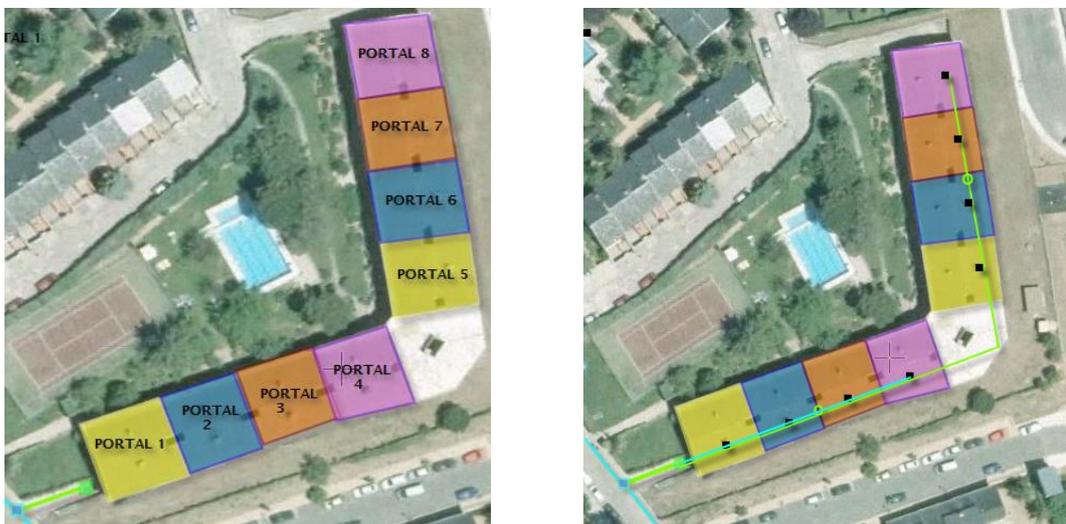
**Ilustración [29] Esquema red FTTH Urbanización unifamiliar**

### 5.2.2. URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS COLECTIVAS

Esta urbanización se sitúa en la calle Prado Jerez, con acceso por el número 55.

Se forma con 8 edificios de 2 plantas, con garaje colectivo. En total son 32 viviendas, 2 viviendas por piso de cada edificio.

El abonado más alejado de la urbanización de pisos se sitúa a 200 metros escasos de la central



**Ilustración [30] Urbanización viviendas colectivas**

La fibra entrará por el garaje, donde se sitúan los RITIs. Se realizará el cableado vertical hasta

las cajas de derivación por planta y de aquí hasta el pto de cada vivienda:

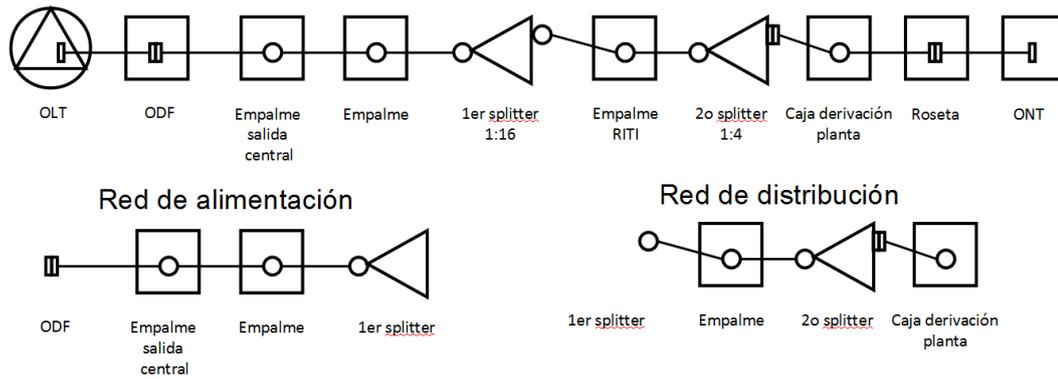


Ilustración [31] Esquema red FTTH Urbanización multifamiliar

### 5.3. CÁLCULO DEL BALANCE ÓPTICO

El balance óptico aporta información sobre las pérdidas máximas de la red, lo que incide en la distancia máxima de cada enlace, ya que ambos son inversamente proporcionales. La siguiente expresión lineal se utiliza para el cálculo de la longitud máxima de la fibra:

Ecuación 1 Cálculo Longitud máxima de la FO:

$$L_{max} = \frac{P_{op} - a \cdot C_a - b \cdot S_a - n}{F_a}$$

Donde:

- $L_{max}$  es la longitud máxima de la fibra en km.
- $P_{op}$  es el margen de potencia máxima para el sistema opto-eléctrico en dB, calculado a partir de la diferencia entre la potencia óptica del transmisor y la sensibilidad del receptor.
- $a$  es el número de conectores de empalme (dos conectores corresponden a una unión).
- $C_a$  es la atenuación media de conector en dB/conector.
- $b$  es el número de empalmes de fibra.
- $S_a$  es la atenuación media de empalme de fibra en dB/empalme.
- $n$  es el margen de envejecimiento, ratio de encendido-apagado, cambios de temperatura y otros parámetros que inciden en la atenuación de la señal.
- $F_a$  es la atenuación de la fibra en dB/km.

Tabla 5 Atenuaciones típicas FTTH

ATENUACIONES TÍPICAS EN FTTH	
SPLITTERS (10 log x, x=Split ratio) 1:64	18dB
Perdidas por km de fibra upstream	0.42dB/km
Perdidas por km de fibra downstream	0.30dB/km
Conectores	0.3dB
Empalmes	0.1dB
Envejecimiento	1 dB

NGLT-A es la tarjeta que dará servicio de GPON en el equipo OLT (ver capítulo de equipamiento), con una óptica de B+ y una capacidad de splitting de 1:64.

El valor típico del parámetro Pop (denominado “Power Budget” en inglés) para un láser B+ es

28dB. Veamos cómo se calcula [20]:

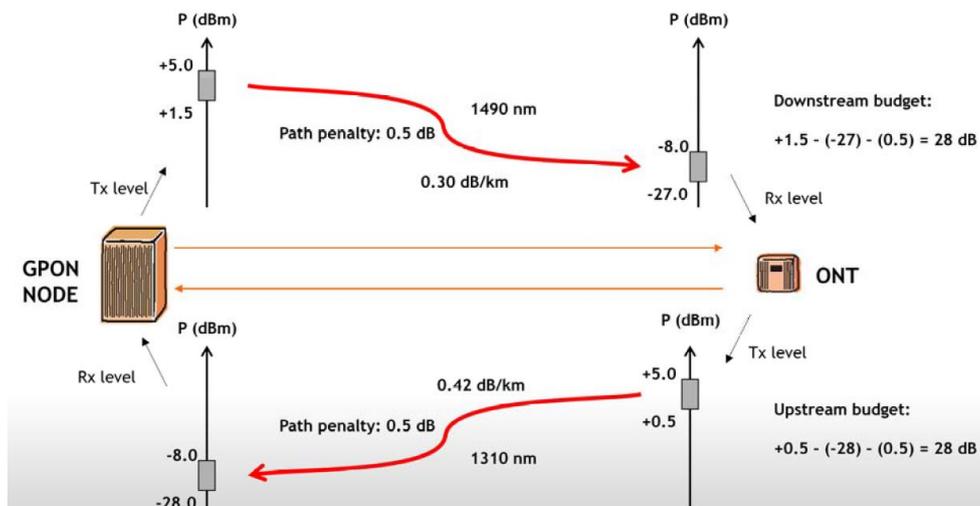


Ilustración [33] Data Transceiver Specifications Class B+

Mirando al downstream, hay un mínimo de potencia de transmisión de +1.5dB con una sensibilidad de -27dB en el lado de recepción, y una penalización del path de 0.5dB\*. Esto da una pérdida de 28dB.

En el upstream hay un mínimo de 0,5dB y una sensibilidad de 28dB en el lado de recepción con una penalización del path de 0.5dB\*. Esto también resulta en 28dB.

\*La penalización es causada por la dispersión sobre ciertas distancias [20]

Para los cálculos utilizaremos las variables del abonado más alejado de nuestro escenario piloto. Podemos observar en la ilustración 26:

- Power Budget: 28
- Pérdidas por splitting: 18 dB (10 log64)
- Conectores: 4\*0.3
- empalmes: 4\*0.1
- Envejecimiento 1dB
- Atenuación (0.30 dB/km- downstream, 0.42 dB/km- upstream): 0.42dB/km

Aplicando la ecuación 1, Longitud máxima de la fibra será:

$$L = (42 - 18 - 1.2 - 0.4 - 1) \text{ dB} / 0.42 \text{ dB/km} = 9.04 \text{ km}$$

Esto se puede interpretar que para un Split de 1:64, la distancia máxima de una ONT es 9,04km.

Como se vio en los datos del municipio, la distancia máxima que existe desde la central a cualquier punto del municipio nunca supera esta cantidad

Por otro lado, vamos a calcular la potencia recibida por el abonado más alejado de la zona piloto.

Éste se sitúa a 265 metros de la central.

Como vimos, la OLT transmite como mínimo a 1.5dB

La sensibilidad óptica de la ONT son -27.0 dBm (consultar especificaciones en anexos)

Teniendo en cuenta la atenuación de los factores de longitud de fibra ( $-(0.30 * 0.265) \text{ dB}$ ), el splitting (-18dB), Conectores (-1.2dB) y empalmes (-0.4dB), vemos que la ONT recibe:

$1.5 \text{ dB} - 0.075 \text{ dB} - 18 \text{ dB} - 1.2 \text{ dB} - 0.4 \text{ dB} = -18.17 \text{ dB}$  que es superior a la sensibilidad mínima de la ONT.

## 5.4. CRONOGRAMA

El siguiente cronograma muestra la estimación de tiempos para la puesta en marcha de la zona piloto.

Se ha estimado que la duración total de la construcción será de 15 semanas.

Como observamos en la ilustración 34, la obtención de permisos tanto por parte del ayuntamiento como los permisos individuales ocupa una gran parte, al igual que el despliegue e instalación de los equipos en la cabecera.

También se puede observar que no se espera a la obtención de todos los permisos para comenzar con la obra.

### CRONOGRAMA DEL PROYECTO

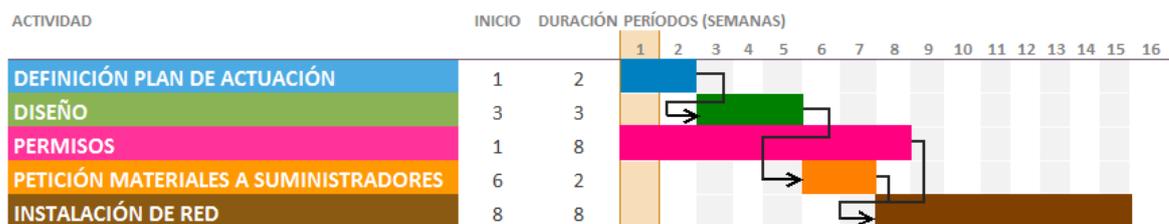


Ilustración 32 Cronograma del proyecto

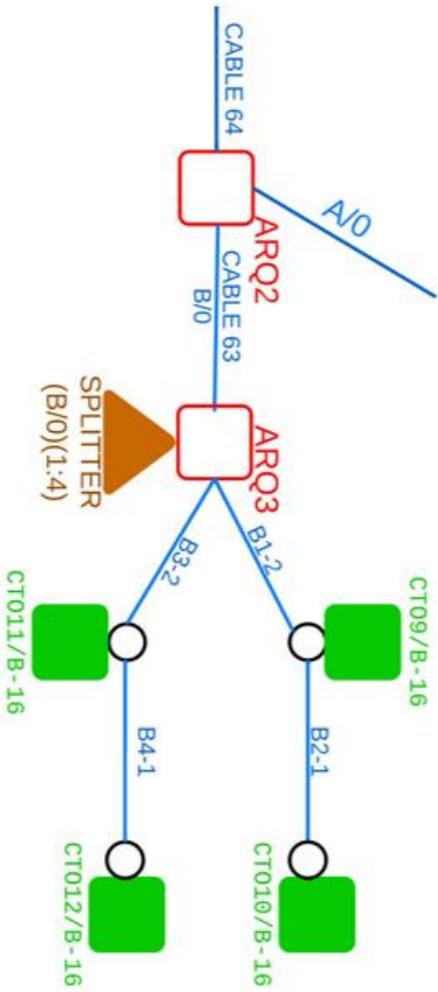
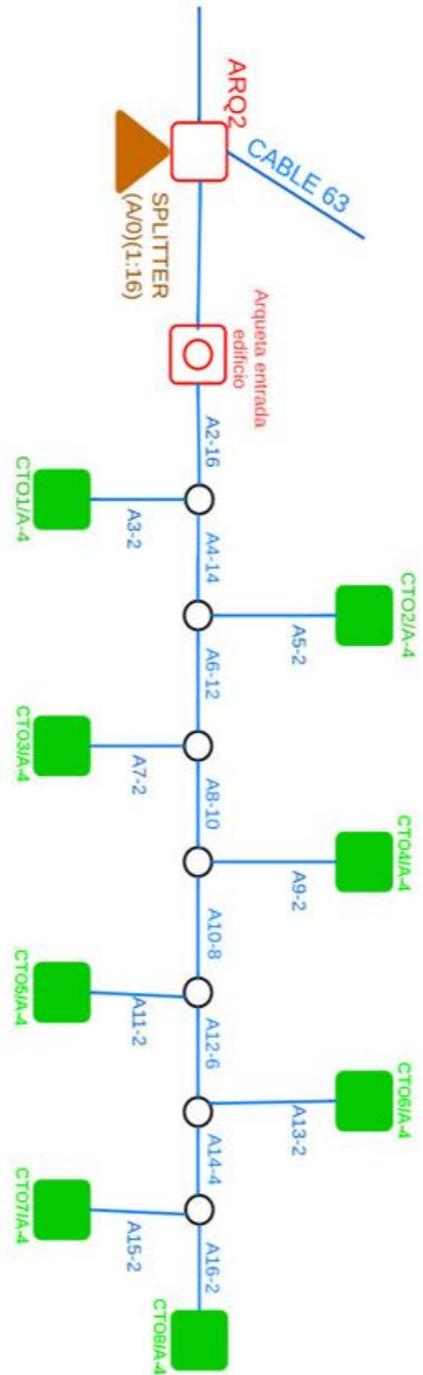
## 5.5. PLANOS

Los planos que se muestran a continuación son:

- 5.5.1. [Plano general de fibra Óptica](#)
- 5.5.2. [Esquema fibra óptica A y B](#)
- 5.5.3. [Alzado vertical de los 8 portales](#)

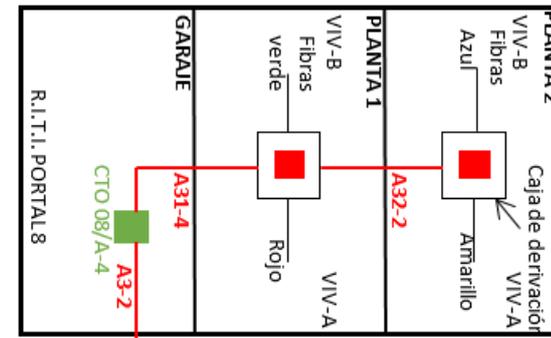
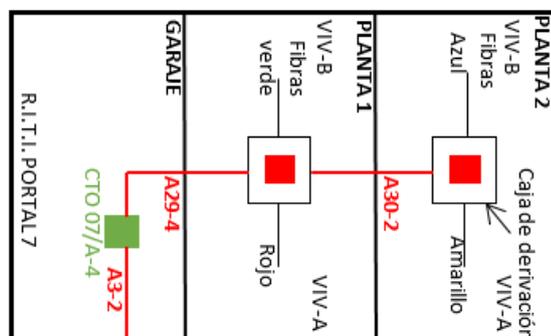
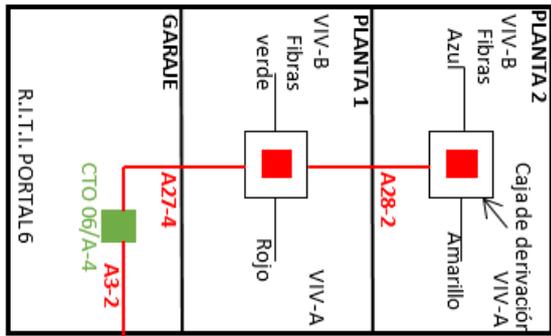
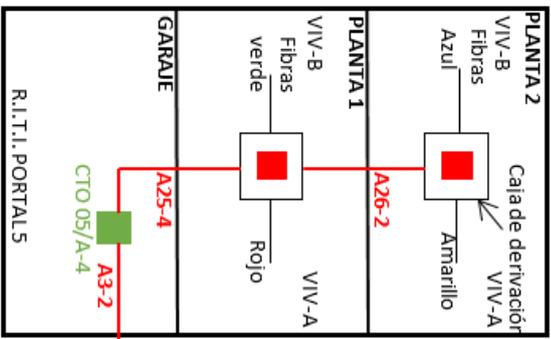
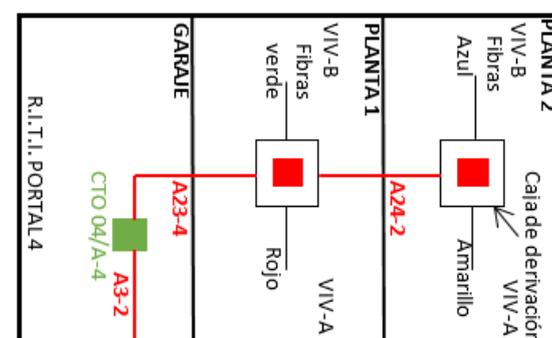
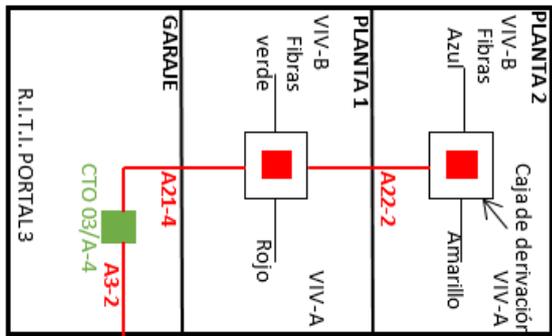
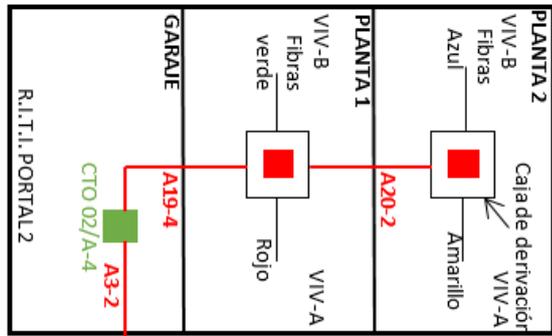
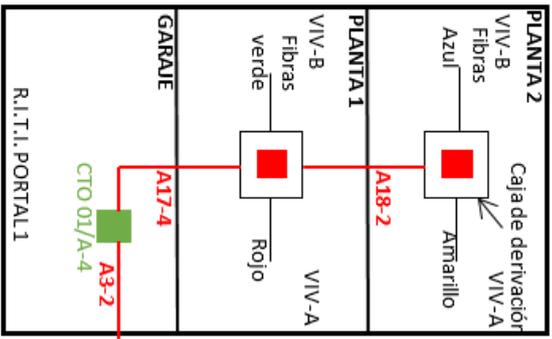


5.5.2 ESQUEMAS FIBRA A Y B



LEYENDA	
	ARQUETA ARQ-X X: ID DE ARQUETA
	CTO W/X-Y W: ID DEL CTO X: ID FO Y: Nº FIBRAS
	CABLE FO X: ID DEL CABLE Y: TRAMO Z: Nº FIBRAS
	SEPARACION FIBRAS
	SPLITTER (X/Y) CABLE/TRAMO (N:Z) SPLITTEADO

5.5.3. ALZADO VERTICAL DE LOS PORTALES



## 6. DISEÑO DE LA RED VDSL2

Este apartado detalla cómo se implementará el servicio VDSL2.

Como se indicó en capítulos anteriores, la tecnología VDSL2 es una evolución del ADSL, la cual en bucles cortos y utilizando la infraestructura de cableado existente, es capaz de dar anchos de banda muy superiores.

Muchos operadores en la carrera por aumentar el ancho de banda de sus abonados, optan por la fibra óptica, sin embargo, su implantación requiere un tiempo muy valioso, por lo que la estrategia que se sigue para migrar las centrales de ADSL a FTTx incluye una combinación con VDSL2 de modo que pueden ofrecer mayores anchos de banda en un tiempo muy corto [27].

Grandes compañías como Belgacom, que cuenta con más de 1 millón de abonados IPTV lo ofrece por medio de esta tecnología.

El objetivo es poder dar un servicio inmediato a aquellos abonados cuya distancia a la central no supera el km (se establece un radio de 750 metros para contar con el trazado de las calles):

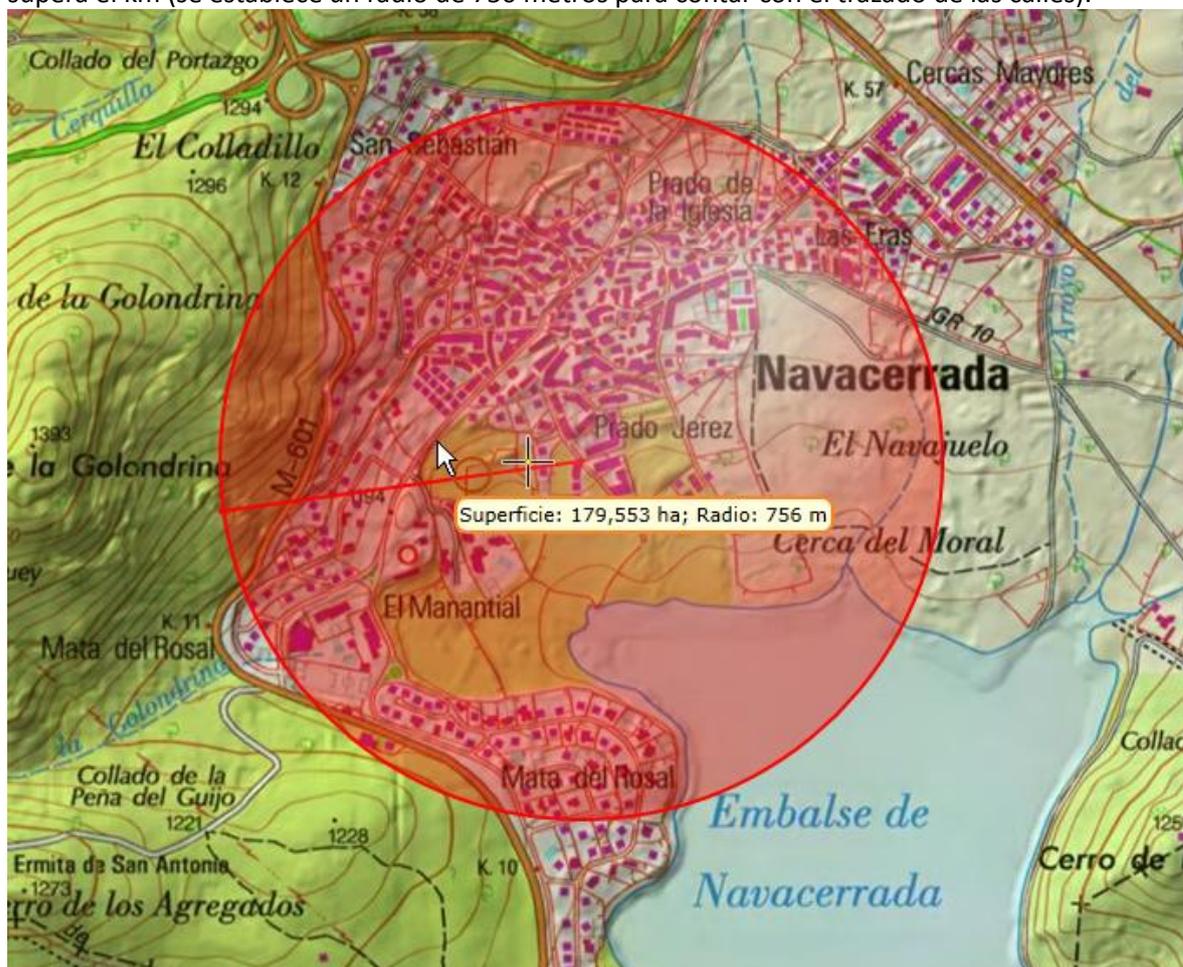


Ilustración [35] Cobertura VDSL2

Es posible gracias a que el equipo de acceso soporta tarjetas de abonados de esta tecnología y la prestación del servicio solo supondrá una conexión del abonado que ahora sale de un equipo a otro.

Para ello, se instalará un repartidor, que da salida a los conectores desde el equipo de acceso (ISAM), hasta el repartidor de salida de la central. También será necesario interconectar las líneas PSTN para mezclar la señal POT+DATOS en la tarjeta LT.

El equipamiento necesario para implantar el servicio se divide en dos partes, por un lado en la central se instala en el equipo de acceso la tarjeta de línea NVLS. Esta tarjeta tiene en su frontal dos

conectores, uno superior por donde se introducen Las líneas POTS (telefonía tradicional) y el inferior, por donde salen los datos y la voz sobre el mismo par. Será necesario la instalación de un repartidor para estas líneas, de modo que se conectarán al repartidor vertical de salida de la central.

Veamos un esquema de la situación actual de la central:

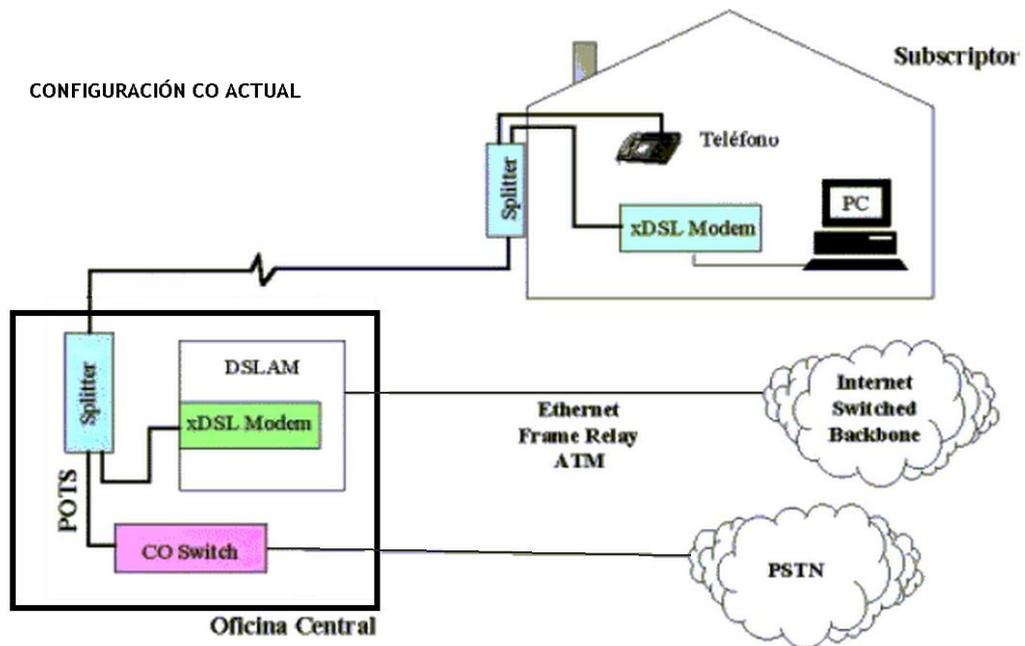


Ilustración [36] Configuración ADSL en la Central

En la figura 36 vemos la configuración tradicional de ADSL, la señal de telefonía se mezcla con el ADSL en un splitter externo, para luego volver a separarse en casa del abonado con un nuevo splitter.

Con el nuevo equipo de acceso, la señal de telefonía se mezcla en la propia tarjeta. La salida del conector llevará las dos señales listas para salir a la red externa hasta el abonado.

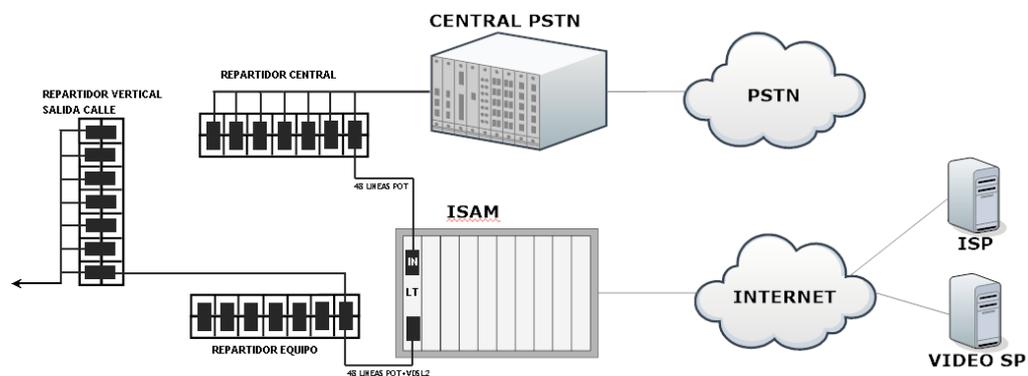


Ilustración [37] Esquema de conexionado en central

La fotografía 38 nos muestra un repartidor de pares de cobre:

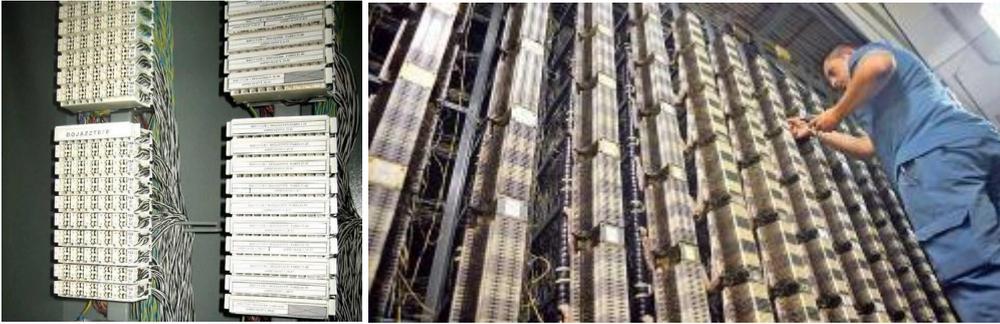


Ilustración [38] Repartidor pares de cobre

El equipamiento en el domicilio del abonado se basa principalmente en la NT y el splitter. A la NT se conectan los equipos del usuario, PCs, tablets, TV, etc...

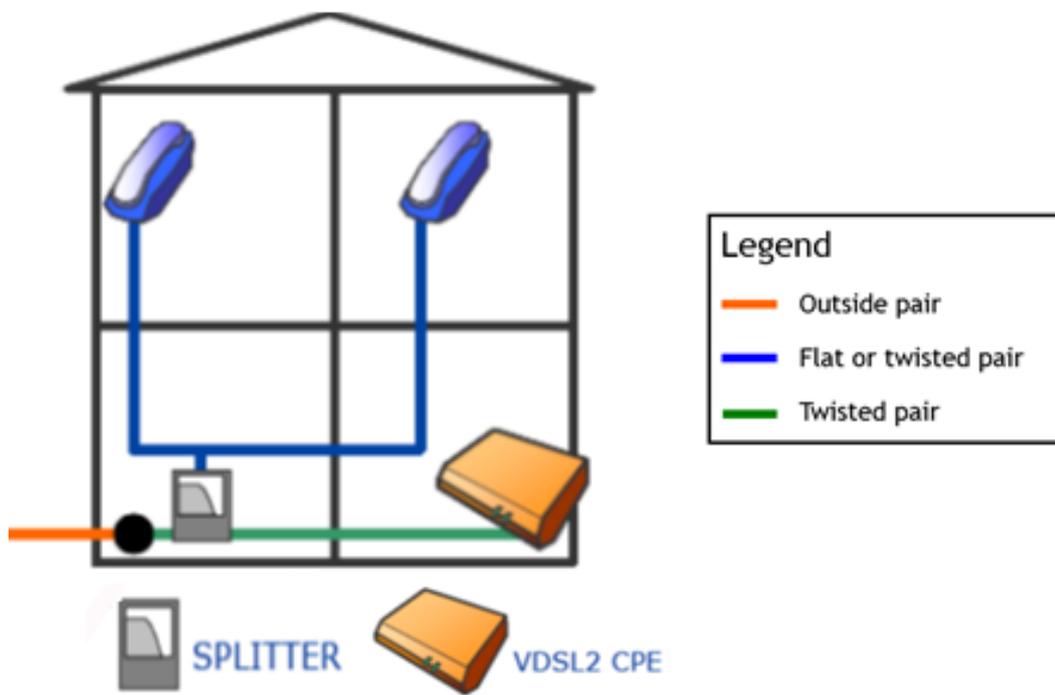


Ilustración [39] Equipamiento de VDSL

## 7. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

A lo largo de este apartado se realizará una descripción del equipamiento necesario de nuestra red, resumido en el siguiente cuadro

Tabla de equipamiento de la red para servicio Triple Play	
Equipamiento en la central	7330 ISAM FD
	Armazón <b>FXS-B</b>
	Controladora NT
	Tarjeta LT VDSL: NVLS
	Tarjeta LT GPON: NGLT-A
	Puertos ópticos
	Repartidor de fibra óptica ODF
	Alcatel-Lucent 7750 SR
	Repartidor de cobre para bucles vdsl
Equipamiento en casa del abonado GPON	Roseta óptica
	ONT I-241W Alcatel-Lucent
	Latiguillos de fibra optica
Equipamiento en casa del abonado VDSL	NT TP-LINK TD-W9980
Equipamiento para servicio de video tanto GPON como VDSL	Set-top Box STB-2105 de ZigXel
Equipamiento opcional (teléfono POT)	Teléfono duo famitel AT 80 doble manos libres pantalla retro iluminada
	Alcatel TEMPORIS 700 Blanco
Equipamiento de la red	Fibra óptica monofibra
	Fibra óptica multifibra
	Splitters
	Terminales

**Tabla 2** Tabla resumen de equipamiento

### 7.1. EQUIPAMIENTO EN LA CENTRAL

No entraremos en detalle de todo el portfolio que ofrece Alcatel-Lucent (ALU a partir de ahora). Nos centramos en la solución que mejor se adapta a nuestros requerimientos.

ISAM (Intelligent Services Access Manager) comprende una familia de Multiplexadores de acceso que dan solución a las distintas necesidades del mercado de los proveedores de servicio. Desplegado a lo largo de todo el mundo, es capaz de manejar todas las tecnologías (de cable) existentes, tanto de fibra, GPON, EPON como de cobre, VDSL, DSL. ALU es una empresa Franco-americana (hace unos años se fusionaron Alcatel y Lucent), aunque sus productos son algo más caros que sus competidores chinos



(Huawei), es de sobra conocido su eficaz servicio postventa y su mantenimiento que lo sitúan a la cabeza del ranking en ventas.

#### OLT: 7302 ISAM FD + ARMAZON FXS-A

De las tres densidades disponibles (FD-16, FD-8 y FD-2) que se ven en la figura 40, nos decantaremos por el 7302 ISAM FD-16.

Su bastidor (NFXS-A) se puede implementar ya sea en la oficina central, o en un lugar remoto (en un armario exterior).

Es una plataforma basada en el concepto ranura universal. El cableado externo se aplica directamente a los conectores de acceso frontal de las placas de terminación de línea, lo que hace ahorrar espacio y slots.

Hay un máximo de 16 ranuras para tarjetas de línea.

Las controladoras (se puede tener redundancia de NT) y La NTIO (que es una tarjeta de extensora de puertos, se utiliza principalmente para conectar equipos remotos) se sitúan en el centro del armazón.

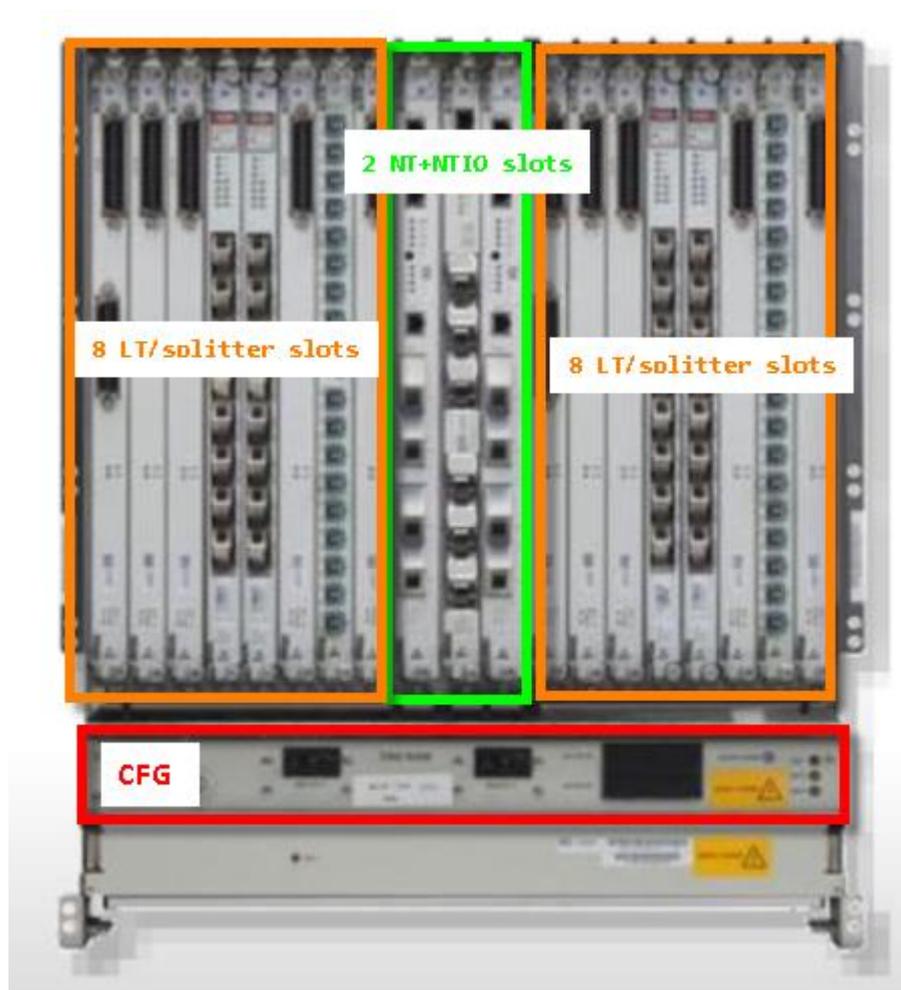


Ilustración [41] ALU ISAM 7302 FD

Se escoge esta densidad, ya que el despliegue de las 64 fibras ópticas requiere 8 placas de línea tipo GPON. Se podrá poner 8 placas de VDSL2 de modo que podremos soportar hasta 384 abonados de este tipo.

## LA CONTROLADORA

La NT o tarjeta controladora **NANT-E**, es la recomendada para despliegues de GPON y es la que hace de este equipo tan versátil (controladoras previas no soportaban placas de línea de GPON).

La NANT-E tiene 4 puertos ópticos, todos ellos son uplinks de 1, 2.5 o 10 Gb/s dependiendo de los conectores SPF o SPF+. Y un puerto eléctrico (RJ45).

En el siguiente cuadro se resumen sus características más importantes:

CARACTERISTICAS DE NANT-E	
Capacidad de switching	320 Gb/s
Ancho de banda por LT	1/ 2,5/10 Gb/s
Uplinks	4x 1G/2,5G/10G
Forwarding model	L2/L3/MPLS/VPLS
Protocolos de routing	OSPF/RIP/IS-IS/BGP
LTs soportadas	DSL, voz, P2P, PON
Procesador	Quad core
CPU memory	4Gbyte

Tabla 6 Características de la NANT-E

### LT PARA VDSL: NVSL

Esta tarjeta tiene una conexión de 2.5Gb/s hacia la NT.

Da servicio a 48 puertos, soportando VDSL2, ADSL, ADSL2, ADSL2+, annex M y POT. Soporta test de línea remoto, para comprobar el par de cobre. Tiene los splitters integrados y como se puede ver en la imagen, los conectores se sitúan en el frontal de la placa.



Ilustración [43] LT VDSL: NVLS

### LT PARA GPON: NGLT-A

Esta placa es la que da servicio de GPON.

Tiene 8 puertos GPON, los cuales pueden llegar a un ratio de 128 ONTs con ópticas c+, aunque nosotros nos limitaremos a 64 con ópticos de B+, ya que el área a cubrir es limitada y esto abarata costes.

Se conecta a la controladora con un enlace de 10G a través del panel trasero.



Ilustración [44] LT GPON: NGLT

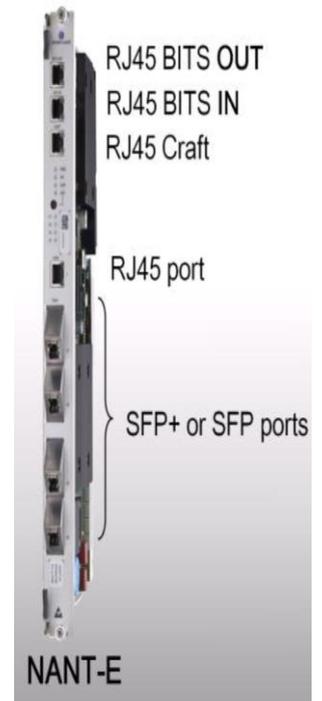


Ilustración [42]  
Controladora

### Alcatel-Lucent 7750 SR

Aunque comparando su rendimiento con routers de la gama Cisco, este no se lleva la mejor puntuación [22], se ha elegido este router para conectar el nodo de acceso con la red IP, por su precio, ya que los router cisco pueden llegar a valer el doble.

Es un equipo modular, con 7 variantes de chasis lo que nos proporciona la posibilidad de adquirir uno ajustado. Para ver más información es necesario acceder a la página web del fabricante [22].

### Repartidor ODF

El repartidor Óptico Modular (ODF) se utiliza para la interconexión y terminación de cables de fibra óptica así como la conexión de las fibras ópticas a los distintos usuarios o equipos.

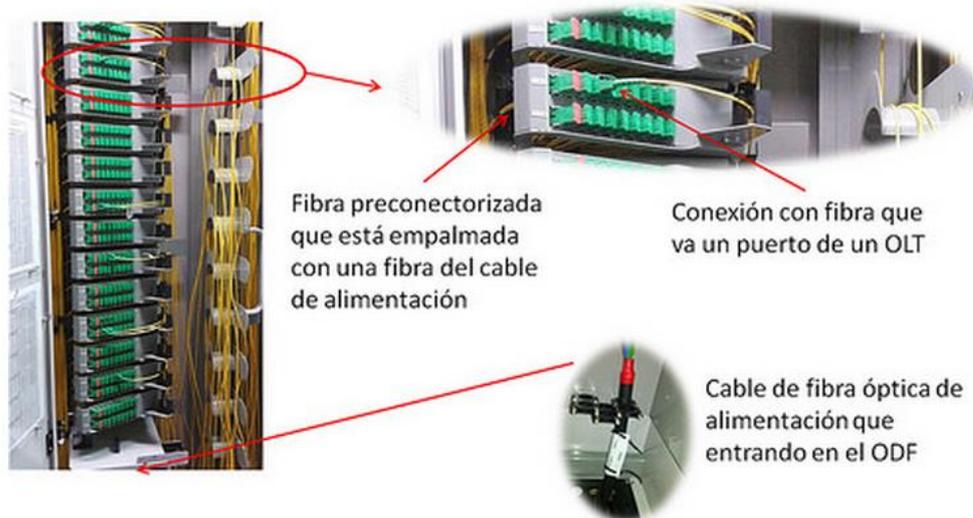
Las fibras se conectan por un lado a las placas de línea y por otro a este repartidor óptico:



Fibras que se conectan con el ODF

Ilustración [45] OLT con fibras ópticas conectadas al ODF

En la ilustración 46 vemos el ODF, donde se empalma el cable de alimentación que sale/entra de la calle. Este repartidor generalmente se encuentra próximo al OLT.



Fibra preconectorizada que está empalmada con una fibra del cable de alimentación

Conexión con fibra que va un puerto de un OLT

Cable de fibra óptica de alimentación que entrando en el ODF

Ilustración 33 Conexión del ODF

Utilizaremos uno proporcionado por la empresa TFO [23].

## 7.2. EQUIPAMIENTO GPON EN CASA DEL ABONADO

La ONT I-240W dispone de 2 puertos POTS (para teléfono clásico, RJ11), 4 puertos Ethernet (RJ45), y puerto Wifi. Por lo tanto esta ONT cumple con los requisitos de triplePlay y además al ser una solución 100% ALU nos aseguramos una compatibilidad total entre todos los elementos (ver en apartado anexos las especificaciones).



Ilustración [47] Alcatel-Lucent ONT I-240W

Veamos un esquema de las interfaces de nuestra ONT y sus aplicaciones:

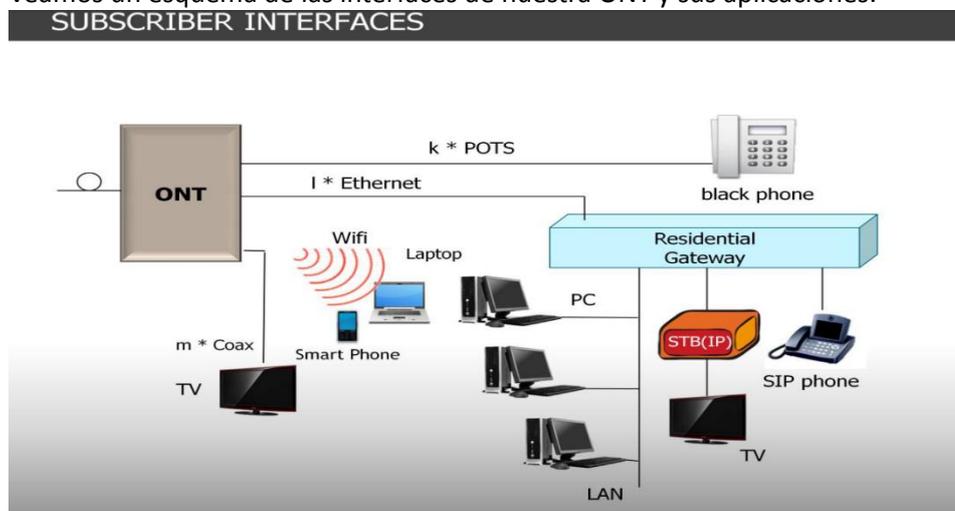


Ilustración [48] Interfaces de la ONT

### ROSETA OPTICA

Permite la terminación del cable de acometida que llega a casa del abonado.

La bandeja de empalme puede alojar hasta dos empalmes mecánicos o de fusión y organizar la fibra óptica sobrante.

Esta roseta se suele situar en la entrada del abonado, aunque dependerá del tipo de instalación de la vivienda.

Se instala en la pared y consta de tres elementos, la base, la bandeja y la tapa. La bandeja permite la fijación de los cables y el guiado de la fibra, así como la inserción de los adaptadores y la tapa protege el contenido interior de suciedad o pérdidas al manipular las cajas.

Utilizaremos las rosetas de la marca telnet:

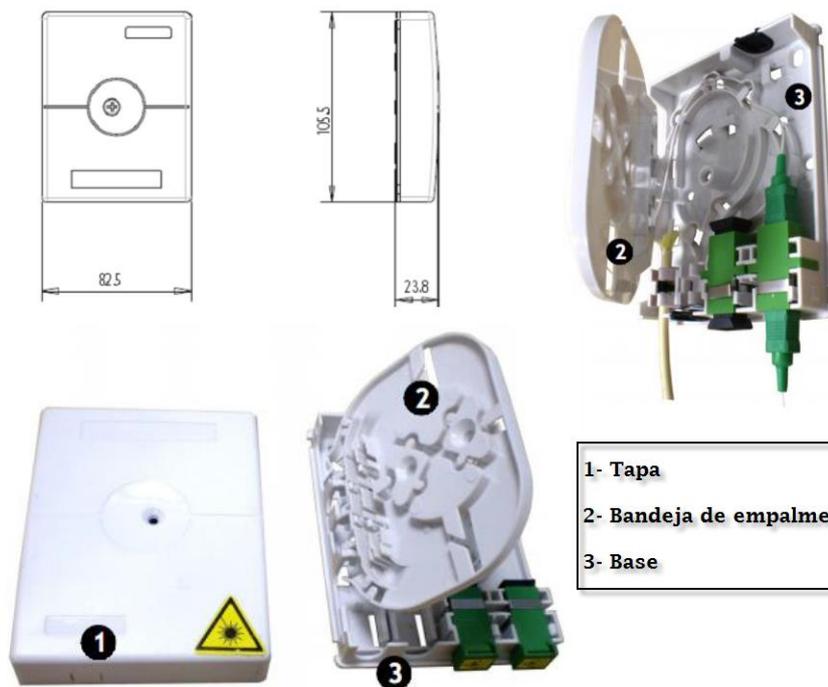


Ilustración [49] Roseta óptica de TELNET

### 7.3. EQUIPAMIENTO PARA VDSL2 EN CASA DEL ABONADO

Tras un estudio de mercado, se ha optado por el **TP-LINK TD-W9980**



Ilustración [50] NT VDSL de TP-LINK

Es un modem-router que soporta tanto VDSL2 como ADSL2+ de la compañía TP-LINK. Proporciona velocidades de hasta 100Mbps de bajada y 300 Mbps de velocidad inalámbrica en la banda menos saturada de 5 GHz y con 300 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

Tiene 4 puertos LAN gigabit, 2 puertos USB multifuncionales, los usuarios pueden compartir impresoras, archivos y multimedia en la red local de internet.

Otra ventaja es que se incluye en la caja el splitter externo, como los cables de teléfono y Ethernet, lo que supone un ahorro en compras y logística

Gracias a buenas prestaciones\*, un bonito diseño, un tamaño reducido, valoraciones muy positivas y un precio muy ajustado, 75€\*, 15 por debajo de sus competidores en productos de la misma gama con equipamientos similares, se convierte en una buena elección.

\* ver anexo para detalle de prestaciones

\*precio basado en amazon.com

## Set Top Box

Tanto para el abonado GPON como para el VDSL2, aquellos interesados en contratar servicio de video, necesitarán un set-top-Box, como se muestra en la ilustración 51:

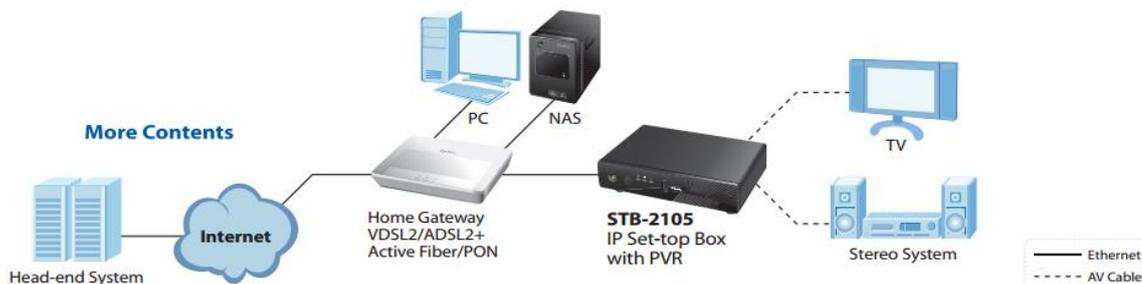


Ilustración [51] Esquema de conexión de la STB

El equipo escogido es el STB-2105 de ZigXel. Este equipo ofrece servicio de video IP, como video bajo demanda e IPTV, basado en MPEG-4 AVC/H.264 y soporta HD. Tiene un precio medio de 75€ y gran experiencia con proveedores de servicio como Telefónica. Se pueden ver especificaciones técnicas en los anexos.



Ilustración [52] STB de ZIGXEL

### 7.3.1. OTROS EQUIPAMIENTOS

#### Teléfono fijo

Pondremos el teléfono fijo como un equipamiento opcional, que el cliente puede o no solicitar, a cambio de una cuota mensual (en concepto de alquiler/mantenimiento).

Se ofertarán dos modalidades, las dos supondrán un mismo coste de compra (35 €):

Teléfono duo famitel AT 80 doble manos libres pantalla retro iluminada.

Alcatel TEMPORIS 700 Blanco.



Ilustración [53] Teléfonos POT ofertados

## 7.4. EQUIPAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCION

### FIBRA OPTICA

Atendiendo a las necesidades del trazado, necesitaremos diferentes tipos de cables, por ejemplo, el cable que discurre por fachadas e interior de viviendas suele ser ignífugo, mientras que los que van soterrados son equipados con protecciones extra “antirroedores”. Optaremos por la adquisición de productos de la empresa Telnet, se trata de una empresa española cuya fábrica de fibra óptica se sitúa en La Muela, Zaragoza. Es especialista en soluciones de fibra óptica y fabrican desde cables monofibra hasta cables multifibra de hasta 512.

La fibra óptica que se empleará será monomodo (véase capítulo 3.3.3 sobre la descripción de GPON), así lo recomienda la IEEE 1000Base-LX y 10Gbase-LX, que señala como opción primaria la utilización de fibras G.652B, C o D para FTTH que garantiza una transmisión de la señal más fiable y sufre menos atenuación. Utilizaremos por tanto la **fibra monomodo G652.D de Telnet [23]**.

El número de fibras por usuario final será de una, ya que actualmente existen sistemas basados en tecnología SDW, donde los canales de subida y bajada utilizan la misma fibra, pero con diferentes longitudes de onda.

### CABLES MULTIFIBRA

Existen dos tipos de cables, de estructura holgada o de estructura ajustada.

Para instalaciones de fibra a través del subsuelo se utilizará un cable multifibra de estructura holgada. Esta consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y rodeado de una cubierta protectora. Cada tubo de dos a tres milímetros lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos suelen estar rellenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra.

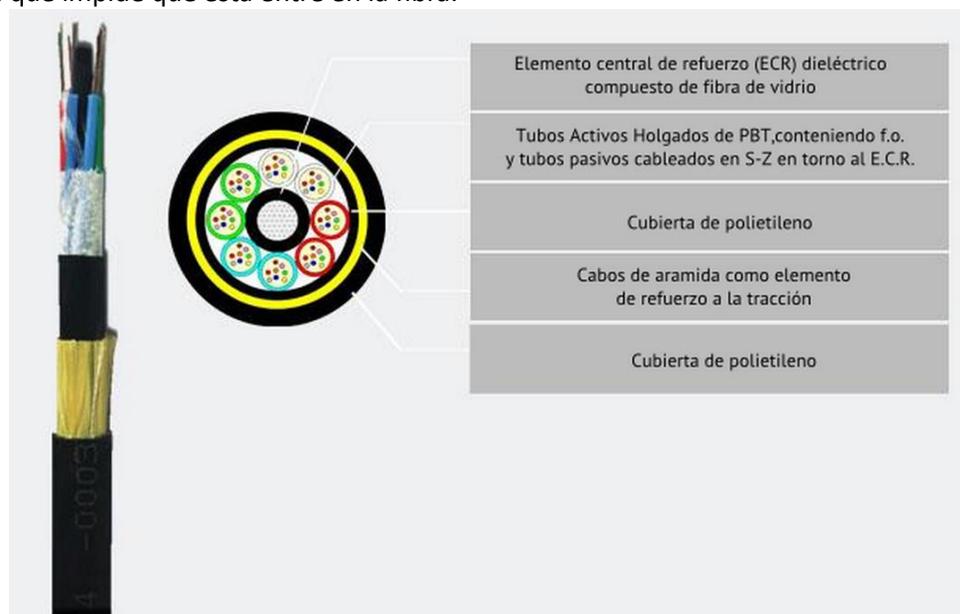


Ilustración [54] Cable multifibra Telnet

El cableado que se utilizará para el proyecto en exterior será el PKP de telnet, cuyas especificaciones pueden encontrarse en la página web del fabricante [24]

Para instalaciones en interior, se utilizará el FLexiT-FTTH del mismo fabricante.



Ilustración [55] Cable FlexiT FTTH de Telnet-ri

Para más información sobre sus especificaciones técnicas, visitar la página web del fabricante [25].

### **CABLE MONOFIBRA**

Los cables monofibra están compuestos de un solo hilo. Su aplicación es propio de interiores e interconexión próxima de equipos. Se incluye en los equipos donde se utilizan, por lo que no es necesario comprar.

### **CONECTORES**

Se pueden utilizar diferentes tipos de conectores: SC, LC, MT aunque existen algunas recomendaciones sobre cuál escoger en función de la red final.

- Utilizar conectores SC, LC o MU para sistemas monomodo WDM que poseen una fibra por abonado.
- Utilizar conectores duplex de cualquier tipo para sistemas con dos fibras monomodo por abonado.
- Utilizar conectores duplex SC, LC o MT para sistemas multimodo con dos

Los conectores están incluidos en los equipos donde se necesitan, por lo que no cuentan en cuestión de presupuestos.

### **Cajas de empalmes**

Son elementos que constan de bandejas, donde se guardan los empalmes de las fibras correspondientes a cables diferentes y los splitters.

Pueden ubicarse en cámaras de registro, arquetas o en fachadas:



Ilustración [56] Caja de empalme. izq instalación en fachada. Dcha: en arqueta

### Cajas Terminales Ópticas (CTO)

Son elementos parecidos a las cajas de empalme, pero su función principal suele ser albergar el último divisor de dónde saldrán las fibras que llegarán a casa de los clientes. Incluyen fibras preconectorizadas en cada una de sus salidas para facilitar las acometidas de fibra.

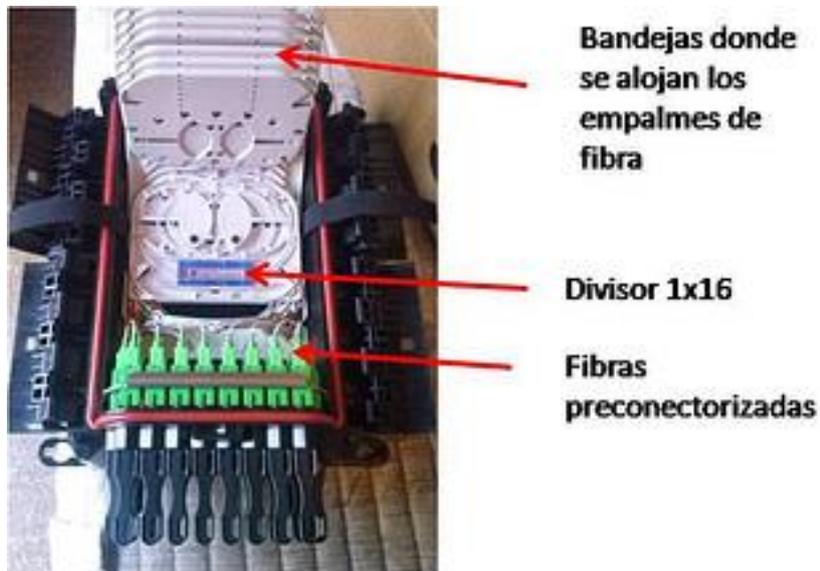


Ilustración [57] CTO de M3, de 16 salidas con divisor incluido 1:16

En la figura 58 vemos un CTO de interior. Esta se instala en los RITI de los edificios con ICT, por tanto necesitaremos 8 de estas para nuestra zona piloto.

Esta en concreto tiene un divisor 1:16. Recordar que en nuestro caso serán de 1:4.

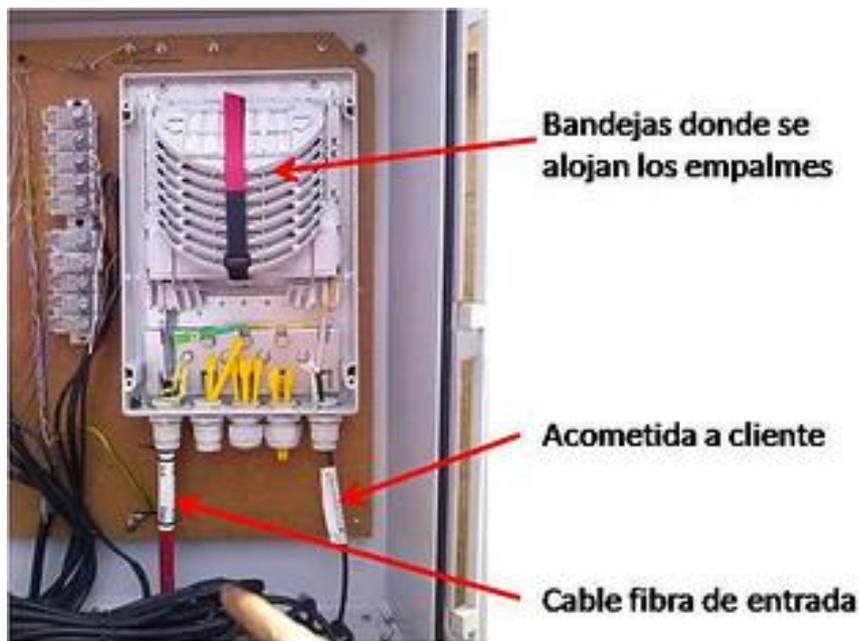


Ilustración [58] CTO de interior (en RITI)

Utilizaremos los CTOs del fabricante Corning, se pueden consultar las especificaciones técnicas en los anexos del documento.

### ARQUETAS

Las arquetas son los únicos puntos accesibles de la canalización, una vez terminada su construcción. Las arquetas serán de tipo polipropileno reforzado. En ellos hay que hacer todas las operaciones de tendido, empalme, reparación y sustitución de cables, derivaciones, etc.

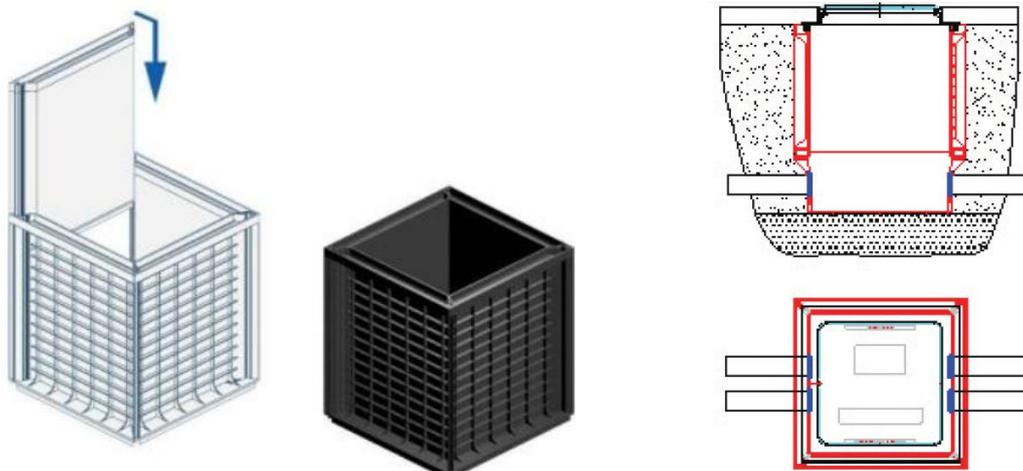


Ilustración [59] Arqueta de polipropileno

Son una alternativa eficaz a las arquetas tradicionales en obra civil. Surgen del interés por desarrollar una solución que aunara la resistencia de las arquetas tradicionales (hormigón, ladrillo...) con la manejabilidad, versatilidad y calidad del acabado que ofrecen los productos plásticos. Cada vez más, van adquiriendo un mayor protagonismo en grandes infraestructuras, tales como autopistas, carreteras, aeropuertos, ferrocarriles, etc. En urbanizaciones, polígonos industriales, proyectos de energías renovables, etc. Fabricadas a base de polipropileno reforzado auto-resistente son desmontables de tipo modular. Presentan una alta resistencia a la compresión y a la corrosión, mucho mayor que las tradicionales de hormigón y ladrillo, con una mayor durabilidad [26].

Inicialmente se prevé la utilización de arquetas tipo M de 55x55x60cm del fabricante HidroStank, en la página del fabricante encontramos información sobre la instalación de este tipo de arquetas [26].

#### INSTALACIÓN:

1.- Colocación de arqueta sobre solera compactada o de hormigón. Posibilidad de recrecer la arqueta con módulos adicionales.

2.- Realización de acometidas en fábrica o in situ mediante coronas perforadoras (para diámetros inferiores a 210 mm).

3.- Estanqueidad: posible utilización de juntas para la unión tubo-arqueta.

4.- Rellenar con tongadas de tierras y compactar con martillo de presión-percusión.

5.- Posicionar marco y tapa, y recibir con hormigón o mortero.



Ilustración [60] Indicaciones sobre la instalación de arquetas

## 8. PRESUPUESTOS

Los presupuestos se realizarán en base a los materiales y mano de obra necesarios para el despliegue en la fase piloto.

En los presupuestos no se tienen en cuenta las herramientas para la instalación, verificación y ensayos de la instalación ya que se da por hecho que la empresa responsable del despliegue dispone de ellos.

### MATERIAL CENTRAL

Referencia	Denominación	UD	total unidades	precio unitario	TOTAL
A-001	ISAM 7302 (RACK+2 NT+ 2NGLT-A+8 NVLT)	ud	1	21500€	21.500 €
A-002	Puertos ópticos SFP	ud	18	59 €	1.062 €
A-003	Repartidor de fibra óptica ODF	ud	1	1.150 €	1.150 €
A-004	Alcatel-Lucent 7750 SR	ud	1	9.000 €	9.000 €
A-005	Repartidor de cobre para bucles vdsI	Ud	1	590 €	590 €
A-006	cordón monofibra SC-APC	ud	16	5,10 €	81,60 €
A-007	Cable para interconexión vdsI + conectores	ud	8	15 €	120 €
<b>TOTAL MATERIAL CENTRAL</b>					<b>33504 €</b>

### MATERIAL RED

Referencia	Denominación	UD	total unidades	precio unitario	TOTAL
B-001	Arqueta polipropileno instalación incluida	ud	4	251 €	1.004 €
B-002	Cable fibra optica 64 f.o.	metros	250	2,64 €	660,00 €
B-003	Cable fibra optica 16 f.o.	metros	100	1,68 €	168,00 €
B-004	Cable fibra optica 8 f.o.	metros	100	1,55 €	155,00 €
B-005	splitter 1:16	unidades	2	215 €	430 €
B-006	Cable de acometida	metros	300	1 €	300 €
B-007	CTO exterior (torpedo)	ud	4	105 €	420 €
B-008	Bandejas de conectorización de fibra con split 1:4	uds	8	120 €	960 €
B-009	Cajas de empalmes	uds	2	110 €	220 €
<b>TOTAL MATERIAL RED</b>					<b>4.317 €</b>

**MATERIAL CASA ABONADO**

Referencia	Denominación	UD	total unidades	precio unitario	TOTAL
C-001	Roseta optica	ud	39	25 €	975 €
C-002	ONT	ud	39	90,00 €	3510€
C-003	STB	ud	245	75,00 €	18375 €
C-004	NT VDSL2	ud	384	75,00 €	28800 €
C-005	telefonos	ud	2	30 €	60 €
<b>TOTAL MATERIAL CASA ABONADO</b>					<b>51720 €</b>

**MANO DE OBRA**

Referencia	Denominación	UD	total unidades	precio unitario	TOTAL
D-001	Instalación equipos en central	ud	1	5.000 €	5.000 €
D-002	Canalización e instalación aérea	mts	450	23 €	10.215 €
D-004	Instalación splitters, empalmes y accesos edificio	ud	68	20,50 €	1.394,00 €
D-005	Instalación rosetas ópticas	ud	68	5,00 €	340,00 €
D-006	Realización de empalmes de fusión	ud	140	6 €	840 €
D-006	Diseño, ingeniería, asistencia técnica y dirección de obra	ud	1	9.000 €	9.000 €
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>26.789€</b>

**Total presupuesto: 116330€**

**Permisos del ayuntamiento (2% del presupuesto): 2326,62€**

**Total PROYECTO: 118656,6€**

## 9. PORFOLIO DE SERVICIOS OFERTADOS

En este apartado se describen los servicios que se ofertan a los abonados, al igual que los precios, que incluyen IVA.

Se ofertará inicialmente los siguientes paquetes:

Como oferta de lanzamiento, todas las altas contarán con usuario para TV online.

				<b>PRECIO FINAL</b>
<b>2play FTTH</b>	Cuota de línea y llamadas a fijo	50Mbps	TV online	50 €
<b>3PLAY FTTH</b>	Cuota de línea y llamadas a fijo	100Mbps	TV con STB	75 €
<b>2play VDSL</b>	Cuota de línea y llamadas a fijo	30 Mbps	TV online	45 €
<b>3play VDSL</b>	Cuota de línea y llamadas a fijo	30 Mbps	TV con STB	60 €

Nota: Solo se ofertarán los paquetes VDSL a aquellos abonados que estén dentro de la zona de cobertura de VDSL pero no de FTTH.

Los contratos tienen una permanencia de 1 año, la baja del servicio antes del vencimiento del periodo implica una penalización de 190€ en caso de 3PLAY y 90€ en caso de 2PLAY proporcional al tiempo no cumplido, es decir, 15,8€ por mes que falte en caso de 3PLAY y 7,5€ para 2PLAY.

Tan pronto como el abonado VDSL cuente con cobertura FTTH se ofertará la migración a fibra. La instalación se realizará sin coste para el usuario pero se ampliará de nuevo el tiempo de permanencia a 1 año. Si la migración se realiza dentro del primer año, es decir con los precios vigentes arriba indicados, se mantendrá la misma cuota hasta finalizar el año. Una vez cumplido, se aplicarán las tarifas vigentes de acuerdo con el servicio.

El alquiler de los teléfonos supondrá un coste adicional de 1.5€ mensual en concepto de alquiler y mantenimiento, que deberá ser como mínimo de 1 año y una cuota inicial de 15€.

## 10. Viabilidad económica de la zona piloto

Los cálculos realizados sobre la viabilidad económica se basan en los ingresos y gastos obtenidos únicamente en el despliegue de la zona piloto, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

El área de cobertura de VDSL abarca unos 2000 abonados. Se ha realizado una inversión de 384 puertos (8 placas vdsl2), por tanto se estima que todos los puertos serán ocupados.

Las estimaciones se realizan según las explicaciones realizadas en el apartado 2.3 de esta memoria.

Los gastos de instalación de un abonado VDSL2 son 50 euros (la NT no incluida, ya que está incluida en inversión inicial) y para un abonado GPON 100 euro (ONT no incluida en la instalación).

El ayuntamiento de Navacerrada, ve muy ventajosa la instalación de la fibra óptica, ya que supone una mejora para los habitantes y por tanto una buena estrategia propagandística, por lo que anima al operador a realizar la inversión de dos formas, se compromete a eximir los gastos de licencias y a proveerlas en la mayor brevedad posible y se encargará del marketing del servicio utilizando una publicación que se distribuye semanalmente. Esto supondrá un ahorro de 1966,72 € en licencias y alrededor de 2000 € en comercialización.

No se incluye en los gastos de gestión de altas y mantenimiento ya que la compañía utiliza los recursos

existentes, de igual manera el alojamiento de los equipos en la central supondrá un gasto interno que no se incluye en este estudio.

## INGRESOS

Abonados potenciales gpon 68

Abonados dentro de la zona de cobertura vdsl 2100

SERVICIO	UNIDADES	PRECIO/UD	TOTAL
Abonados GPON	2PLAY	10	478,13
	3PLAY	29	2151,56
Abonados VDSL2	2PLAY	72	3240
	3PLAY	216	12960
		TOTAL	18829,69

## GASTOS

	UNIDADES	PRECIO/UD	TOTAL
Inversión inicial	1	112331	116330
Instalación abonados gpon	39	100	3900
Instalación abonados vdsl	384	50	14400
		TOTAL	134555 €

## BALANCE PRIMER AÑO

MES	GASTOS	INGRESOS	BALANCE
1	134555	18829,69	-115725,31
2	0	18829,69	-96895,63
3	0	18829,69	-78065,94
4	0	18829,69	-59236,25
5	0	18829,69	-40406,56
6	0	18829,69	-21576,88
7	0	18829,69	-2747,19
8	0	18829,69	16082,50
9	0	18829,69	34912,19
10	0	18829,69	53741,88
11	0	18829,69	72571,56
12	0	18829,69	91401,25

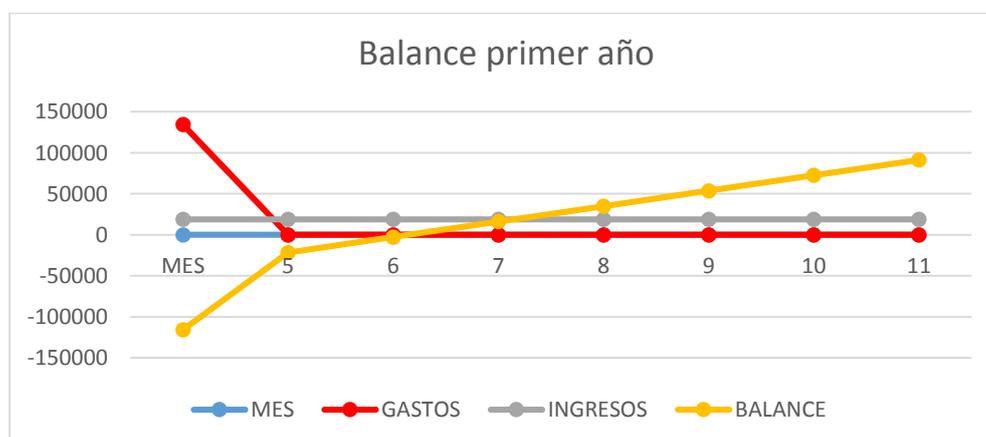


Ilustración 61 Balance viabilidad

## Conclusión

Gracias a la introducción de la tecnología vdsl2, el proyecto se vuelve altamente viable desde el octavo mes, tal como podemos ver en el gráfico del balance.

Por lo que, si no se desea realizar una nueva inversión económica, se podría considerar el despliegue de la fibra óptica desde el sexto mes, ya que como vimos en la planificación, se requieren alrededor de 9 semanas para el comienzo de la instalación de la fibra, hasta tener todos los permisos, licencias y proyecto.

## 11. Viabilidad económica de la red en todo el municipio.

Se podría estimar los costes en el resto del municipio extrapolando el coste medio de la instalación de la fibra, la inversión en equipamiento de central y el coste por abonado, aunque podría ser muy impreciso, ya que los costes de la red dependen en gran medida de la cantidad de splitters, ctos, los cuales dependen de la calle, tipo de edificio y cantidad de viviendas por zona.

Veamos a grandes rasgos la estimación de costes en total.

Tendremos en cuenta las siguientes premisas:

En estos cálculos eliminamos costes de VDSL2, tanto en material de central como mano de obra.

Los costes de la red se realizan sumando el total y dividiendo por las 68 UI de la zona piloto. Luego se multiplica el resultado por las 2988 UI, ya que la fibra cubrirá el 100% de las viviendas del municipio.

El coste por abonados se realiza utilizando las estimaciones de abonados reales (448 abonados de 2PLAY y 1344 abonados de PLAY), que incluye material y mano de obra.

Este cálculo se basa en cifras totales, sin tener en cuenta que la realización de la obra es lineal, es decir, ni los gastos de instalación se realizan en el mes 1, ya que se hace por fases, ni la totalidad de los abonados estarán dados de alta en este mes y por tanto facturando desde el primer momento.

Se estima que el despliegue de cada área se realiza en 6 meses, por tanto hasta un año y medio después del comienzo del despliegue no sería real.

Tampoco se han tenido en cuenta los ingresos por vdsl, ya que incrementa la complejidad enormemente del cálculo, pero como vimos en el capítulo anterior, estudio de la viabilidad económica de la zona piloto y las condiciones de estos, los ingresos de estos abonados se podrán tener en cuenta hasta un año después de la instalación de la fibra óptica y solo podrá incidir en el resultado de forma positiva, aumentando los ingresos.

COSTES	
<b>CENTRAL</b>	32294
<b>RED</b>	1132153,2
<b>ABONADOS</b>	486080
<b>total</b>	1650527,2

INGRESOS			
GPON	UNIDADES	PRECIO	INGRESOS
<b>2P</b>	448	50	22400,00
<b>3P</b>	1344	75	100800,00
<b>total</b>			123200,00

BALANCE			
MES	GASTOS	INGRESOS	BALANCE
1	1650527	123200,00	-1527327,20
2	0	123200,00	-1404127,20
3	0	123200,00	-1280927,20
4	0	123200,00	-1157727,20
5	0	123200,00	-1034527,20
6	0	123200,00	-911327,20
7	0	123200,00	-788127,20
8	0	123200,00	-664927,20
9	0	123200,00	-541727,20
10	0	123200,00	-418527,20
11	0	123200,00	-295327,20
12	0	123200,00	-172127,20
13	0	123200,00	-48927,20
14	0	123200,00	74272,80
15	0	123200,00	197472,80
16	0	123200,00	320672,80
17	0	123200,00	443872,80
18	0	123200,00	567072,80
19	0	123200,00	690272,80
20	0	123200,00	813472,80
21	0	123200,00	936672,80
22	0	123200,00	1059872,80
23	0	123200,00	1183072,80
24	0	123200,00	1306272,80

Viendo los resultados de estos cálculos, podemos afirmar por tanto que el proyecto es viable dentro de un margen de tiempo razonable, ya que se estima una vida útil de al menos 10 años.

## INDICE DE REFERENCIAS

- [1] Información sobre el Municipio de Navacerrada:  
<http://www.sierraguadarrama.info/municipios/municipio.php?mun=NVC>  
<http://www.navacerrada.es/>  
<http://www.madrid.org/desvan/almudena/run/j/Inicio.icm?enlace=almudena>
- [2] Banco de Datos municipal y zonal ALMUDENA, del instituto de estadística:  
[http://www.madrid.org/desvan/AccionLlamadaArbolDesvan\\_dwr.icm?tipoArbol=almudenaCheck&codMunic=0936&litMunic=Navacerrada](http://www.madrid.org/desvan/AccionLlamadaArbolDesvan_dwr.icm?tipoArbol=almudenaCheck&codMunic=0936&litMunic=Navacerrada)
- [3] Requisitos de ancho de banda para servicios, televisión IPTV y transmisión mediante VDSL  
[http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/204239/ARTICLE-JFFONDEVILA-2009\\_4.pdf?sequence=1](http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/204239/ARTICLE-JFFONDEVILA-2009_4.pdf?sequence=1)
- [4] Información sobre la Central de telefónica de Navacerrada.  
<http://bandaancha.eu/localizar-central-telefonica>
- [5] TopologíaVDSL:  
[http://www.adslayuda.com/modules/vdsl/vdsl.html\\_13484dbd.png](http://www.adslayuda.com/modules/vdsl/vdsl.html_13484dbd.png)
- [6] Espectro asignación vdsl2  
[http://www.redeszone.net/content/uploads/Espectro\\_de\\_asignaci%C3%B3n\\_VDSL2.png](http://www.redeszone.net/content/uploads/Espectro_de_asignaci%C3%B3n_VDSL2.png)
- [7] Wimax  
<http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- [8] Comunicaciones móviles Antonio Satué Villar (Material docente de la UOC)
- [9] LTE: Comunicaciones móviles Antonio Satué Villar (Material docente de la UOC)
- [10] Blog especializado en instalaciones de fibra óptica.  
<http://fibraoptica.blog.tartanga.net/>
- [11] Propuestas para el despliegue de infraestructuras fijas de telecomunicaciones en el ámbito municipal:  
[http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/medif\\_8715b2c9.pdf](http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/medif_8715b2c9.pdf)
- [12] Tipos de instalación de fibra óptica  
<http://www.conectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica>
- [13] fases de un proyecto FTTH  
<http://www.siter2000.com/ftth.php>
- [14] Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones ICT  
<http://www.coit.es/descargar.php?idfichero=1197>
- [15] Guidelines for starting VDSL2 deployments (Alcatel-Lucent internal documentation)
- [16] Enrique Prados. “Redes FTTH”. En VII Jornadas Técnicas JDSU España. Madrid, 2008
- [17] Parámetros que afectan el rendimiento de la red  
<http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>
- [18] ITU-T G984.X Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits  
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>
- [19] G.652 Características de las fibras y cables ópticos monomodo.  
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>
- [20] Calculos de distancias y pérdidas. Documentación ALU TAC60018w- Fiber Access Features and Concepts.pdf
- [21] Comparativa entre router cisco y router ALU:  
<http://www.miercom.com/pdf/reports/20110216.pdf>
- [22] Alcatel-Lucent Service Router 7750  
<http://www.alcatel-lucent.com/products/7750-service-router-0>
- [23] TFO soluciones de fibra óptica  
<http://tfosolutions.pt/4/>
- [24] Fibra óptica PKP de Telnet. Especificaciones  
<http://www.telnet-ri.es/pkp-aramida-y-doble-cubierta-polietileno/>
- [25] Fibra óptica de interior FlexiT-FTTH de Telnet. Especificaciones  
<http://www.telnet-ri.es/flexit-ftth-interior-con-cubierta-termoplastico/>

- [26] Arquetas Hidrostantk  
<http://www.hidrostantk.com/downloads/Hidrostantk-Canalizacion.pdf>
- [27] Alcatel-Lucent NPI Guide Book: VDSL2 Deployment
- [28] Conferencia sobre el despliegue de redes FTTH en la Universidad Politécnica de Cuenca:  
[https://www.youtube.com/watch?v=6g3-gp1w\\_OwAf](https://www.youtube.com/watch?v=6g3-gp1w_OwAf)

## 12. INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Nº</b>	<b>Descripción y fuente</b>	<b>Pag</b>
[1]	Situación de Navacerrada <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Navacerrada_(Madrid)">https://es.wikipedia.org/wiki/Navacerrada_(Madrid)</a> & <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	5
[2]	Central de Telefónica de Navacerrada <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	6
[3]	Distancia máxima desde Central Telefónica fuente: <a href="http://sigpac.mapa.es/fega/visor/">http://sigpac.mapa.es/fega/visor/</a>	7
[4]	Frecuencias DSL <a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/ADSL2_frequencies.png">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/ADSL2_frequencies.png</a>	8
[5]	Relación velocidad-distancia en DSL Fuente: <a href="http://image.huanetwork.com/includes/templates/hnw/images/xDSL-img1.jpg">http://image.huanetwork.com/includes/templates/hnw/images/xDSL-img1.jpg</a>	8
[6]	Velocidades VDSL2 en función de la distancia Fuente: <a href="http://i.blogs.es/bbf9ca/grafico-velocidad-distancia/650_1200.jpg">http://i.blogs.es/bbf9ca/grafico-velocidad-distancia/650_1200.jpg</a>	9
[7]	Topología VDSL2 Fuente: <a href="http://www.adslayuda.com/modules/vdsl/vdsl_html_13484dbd.png">http://www.adslayuda.com/modules/vdsl/vdsl_html_13484dbd.png</a>	9
[8]	Frecuencias tecnologías DSL Fuente: <a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/VDSL2_frequencies.png">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/VDSL2_frequencies.png</a>	10
[9]	Topología WiMax Fuente: <a href="http://cnmcblog.es/wp-content/uploads/2010/05/wimax1.png">http://cnmcblog.es/wp-content/uploads/2010/05/wimax1.png</a>	10
[10]	GPON Elaboración propia	11
[11]	Componentes de GPON <a href="http://1.bp.blogspot.com/-EGcB5hX0yy8/UmFxeSdYiuI/AAAAAAAAAD34/fy-yFEzhYXk/s1600/">http://1.bp.blogspot.com/-EGcB5hX0yy8/UmFxeSdYiuI/AAAAAAAAAD34/fy-yFEzhYXk/s1600/</a>	11
[12]	función de un splitter <a href="http://www.c3comunicaciones.es/Imagenes/2012/10/">http://www.c3comunicaciones.es/Imagenes/2012/10/</a>	13
[13]	Tipos de fibra optica <a href="http://html.rincondelvago.com/0001273014.png">http://html.rincondelvago.com/0001273014.png</a>	13
[14]	Escenario con GPON GPON in access networks technology introduction	13
[15]	Solución para datos GPON in access networks technology introduction	14
[16]	Soluciones de VOZ con GPON GPON in access networks technology introduction	14
[17]	Soluciones de Video con GPON GPON in access networks technology introduction	15
[18]	Distribución típica de fibra óptica <a href="http://fibraoptica.blog.tartanga.net/files/2015/01/FTTH-localizacion-de-los-splitter_3.jpg">http://fibraoptica.blog.tartanga.net/files/2015/01/FTTH-localizacion-de-los-splitter_3.jpg</a>	17
[19]	Instalación aérea <a href="http://www.conectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica">http://www.conectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica</a>	18

[20]	Instalación canalizada I <a href="http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica">http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica</a>	19
[21]	Instalación canalizada II <a href="http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica">http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica</a>	19
[22]	Instalación de conductos por excavación y perforación <a href="http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica">http://www.conelectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica</a>	20
[23]	Sección de edificio con instalación FTTH sobre ICT <a href="http://www.preoc.es/">http://www.preoc.es/</a>	21
[24]	Empalmes de fibra óptica <a href="http://www.gonzalonazareno.org/certired/p10f/imagenes/P10I00a.JPG">http://www.gonzalonazareno.org/certired/p10f/imagenes/P10I00a.JPG</a>	21
[25]	Cálculo de presupuesto de pérdida total <a href="http://tfosolutions.pt/">http://tfosolutions.pt/</a>	23
[26]	Estándares GPON GPON in access networks technology introduction	24
[27]	Áreas de despliegue <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	25
[28]	Conexión de equipos Elaboración propia	26
[29]	Zona piloto <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	27
[30]	Zona Chalets <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	27
[31]	Esquema red FTTH Urbanización unifamiliar Elaboración propia	28
[32]	Urbanización viviendas colectivas <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a>	28
[33]	Esquema red FTTH Urbanización multifamiliar Elaboración propia	29
[34]	Data Trasceiver Specifications Class B GPON in access networks technology introduction	30
[35]	Cronograma del proyecto Elaboración propia	31
[36]	Cobertura VDSL2 fuente: <a href="http://sigpac.mapa.es/fega/visor/">http://sigpac.mapa.es/fega/visor/</a>	35
[37]	Configuración ADSL en la Central <a href="http://www.geocities.ws/hectorcarauca/RADSL.htm">http://www.geocities.ws/hectorcarauca/RADSL.htm</a>	36
[38]	Esquema de conexión VDSL en central Elaboración propia	36
[39]	Repartidor pares de cobre <a href="http://www.anexom.es/tecnologia/adsl/oba-oferta-de-bucle-de-abonado/">http://www.anexom.es/tecnologia/adsl/oba-oferta-de-bucle-de-abonado/</a>	37
[40]	Equipamiento de VDSL <a href="https://encrypted-tbn2.gstatic.com/">https://encrypted-tbn2.gstatic.com/</a>	37
[41]	FAMILIA 73XX ISAM DE ALU <a href="http://www.alcatel-lucent.com">http://www.alcatel-lucent.com</a>	38
[42]	ISAM 7302 FD <a href="https://www.alcatel-lucent.com/products/">https://www.alcatel-lucent.com/products/</a>	39

[43]	NT controladora <a href="https://www.alcatel-lucent.com/products/">https://www.alcatel-lucent.com/products/</a>	40
[44]	LT VDSL : NVLS <a href="https://www.alcatel-lucent.com/products/">https://www.alcatel-lucent.com/products/</a>	40
[45]	LT GPON: NGLTA <a href="https://www.alcatel-lucent.com/products/">https://www.alcatel-lucent.com/products/</a>	40
[46]	OLT con fibras opticas conectadas al ODF <a href="http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/">http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/</a>	41
[47]	Conexión de ODF <a href="http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/">http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/</a>	41
[48]	Alcatel-Lucent ONT I-241W <a href="https://www.alcatel-lucent.com/products/">https://www.alcatel-lucent.com/products/</a>	42
[49]	Interfaces de la ONT <a href="ftp://173.209.177.55/ONT%20Product%20Information%20Manual.pdf">ftp://173.209.177.55/ONT%20Product%20Information%20Manual.pdf</a>	42
[50]	Roseta óptica de TELNET <a href="http://www.telnet-ri.es">http://www.telnet-ri.es</a>	43
[51]	NT VDSL de TP-LINK <a href="http://www.tp-link.es/">http://www.tp-link.es/</a>	43
[52]	Esquema de conexión de la STB <a href="http://www.zyxel.com/">http://www.zyxel.com/</a>	44
[53]	STB de ZIGXEL <a href="http://www.zyxel.com/">http://www.zyxel.com/</a>	44
[54]	Teléfonos POT ofertados <a href="http://www.amazon.es/">http://www.amazon.es/</a>	44
[55]	Cable multifibra Telnet <a href="http://www.telnet-ri.es/pkp-aramida-y-doble-cubierta-polietileno">http://www.telnet-ri.es/pkp-aramida-y-doble-cubierta-polietileno</a>	45
[56]	Cable FlexiT FTTH de Telnet-ri <a href="http://www.telnet-ri.es/">http://www.telnet-ri.es/</a>	46
[57]	Caja de empalme. izq instalación en fachada. Dcha: en arqueta <a href="http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/">http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/</a>	47
[58]	CTO de M3, de 16 salidas con divisor incluido 1:16 <a href="http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/">http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/</a>	47
[59]	CTO de interior (en RITI) <a href="http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/">http://megasporuntubo.es/un-vistazo-practico-al-ftth/</a>	48
[60]	Arqueta de polipropileno <a href="http://www.hidrostank.com/downloads/Hidrostank-Canalizacion.pdf">http://www.hidrostank.com/downloads/Hidrostank-Canalizacion.pdf</a>	48
[61]	Indicaciones sobre la instalación de arquetas <a href="http://www.hidrostank.com/downloads/Hidrostank-Canalizacion.pdf">http://www.hidrostank.com/downloads/Hidrostank-Canalizacion.pdf</a>	49

## 13. Glosario de términos

ADSL	línea de abonado digital asimétrica (asymmetric digital subscriber line).
ALU	Alcatel-Lucent
ARQ	Arqueta
CO	Central Office
CPE	Customer Premises Equipment (home telecommunications equipment)
CR	Cámara de Registro
CTO	Caja terminal Óptico
DSL	digital subscriber line
DTM	Código de Línea Discrete MultiTone.
EFM	Ethernet First Mile
FD	Flexible density
FTTC	Fiber to the Customer
FTTH	Fiber to the home
FTTN	Fiber to the Network
GPON	Gigabit Passive Optical Network
ICT	Infraestructura Común de Telecomunicaciones
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Provider
IPTV	Internet Protocol Television
ISAM	Intelligent Services Access Manager
LED	Light Emitting Diode
LT	Line Terminal
LT	conector de fibra óptica
LTE	Long Term Evolution
MC	conector de fibra óptica
NGLT	New GPON Line Termination
NT	Network Terminal
NTIO	(tarjeta extensora de puertos)
NVLT	New VDSL line Termination
ODF	Repartidor Óptico Modular
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network termination
POTS	Plain Old Telephone
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTM	Packet Transfer Mode
RITI	Recinto Interior
SC	conector de fibra óptica
SFP	Small Form-factor Pluggable (optical transceiver module)
SR	Service Router
STB	Set Top Box
SUC	Solicitud de Uso compartido
UI	Unidades Inmobiliarias
UTP	Unshielded Twisted Pair (Cat 5 network cabling)
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
WiFi	IEEE 802.11b wireless networking
WiMAX	IEEE 802.16 wireless broadband standard

## ANEXO 1. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

### CONFIGURACIÓN DE EQUIPO

En este documento se explica a grandes rasgos los principales parámetros de configuración del equipo. No se entrarán en detalle de cada parámetro, por estar fuera del alcance de este documento.

Los pasos a configurar un equipo serán:

1. Equipamiento
2. Parámetros de gestión
3. parámetros de servicio:
  - profiles de servicio
  - vlans de servicio
4. puertos vdsl
  - Identificador
  - tipo transferencia (ATM o PTM)
  - Velocidad del puerto
  - Vlanes de servicio
5. Puertos GPON
  - configuración de la ONT.
  - configuración del equipamiento de la ONT.
  - configuración de las vlan de servicio

#### 1. Equipamiento

Al instalar el equipamiento, aunque este es detectado automáticamente, es necesario declararlo. Para la fase piloto solo se instalarán 2 NGLTs y 4 NVLSs. la direccion x/y/z significa rack/subrack/slot:

```
configure equipment slot nt-a planned-type nant-e
configure equipment slot 1/1/1 planned-type nglt-a
configure equipment slot 1/1/2 planned-type nglt-a
configure equipment slot 1/1/9 planned-type nvls-a
configure equipment slot 1/1/10 planned-type nvls-a
configure equipment slot 1/1/11 planned-type nvls-a
configure equipment slot 1/1/12 planned-type nvls-a
```

#### 2. Parámetros de gestión.

Los parámetros de gestión permiten al sistema de gestión controlar remotamente el equipo para control de alarmas, mantenimiento (actualización de SW) y alta de abonados. La comunicación se realiza por medio de protocolo SNMP, la cual para autenticar utiliza unas entidades llamadas communities. La controladora se divide en 2 partes lógicas, la parte de control o nt y la parte de IHub, que hace funciones de router. También será necesario configurar la dirección IP del nodo y una vlan de gestión. Cada tipo de tráfico (iptv, internet, voz) es manejado por el router interno por medio de vlans. El tráfico de gestión también se maneja así.

Todas las contraseñas almacenadas son encriptadas.

Las alarmas y eventos son enviados desde el nodo al gestor por medio de traps.

```
configure service vpls 48 customer 1 v-vpls vlan 48 sap nt-a:sfp:1:48 create
configure service ies 10 customer 1 interface "mgmt" address 100.20.20.13/24 sap nt:vp:1:48 no shutdown
```

```
configure router static-route 0.0.0.0/0 next-hop 100.20.20.1
```

```
configure system security operator admin password encrypted:37:be:4d:e9:23:c7:9d prompt "%s:%n%d%c "
description "default administrator"
configure system security snmp community COMIHUB host-address 100.20.20.13/24 context ihub
configure system security snmp community comnt host-address 100.20.20.13/24
```

### 3. parámetros de servicio:

Para dar servicio de xDSL, es necesario configurar una gran cantidad de parámetros. Para agilizar este proceso se utilizan los perfiles, que son un conjunto de parámetros que configuran un servicio. Esto es, por ejemplo el perfil "service" que engloba todos aquellos parámetros que definen la velocidad de la línea. otro perfil es el llamado spectrum, donde se definen los parámetros de sincronización del puerto con la NT, por ejemplo, si se trata de un puerto ADSL, que conlleva protocolos de nivel de enlace de ATM o si es VDSL, donde el nivel de enlace es Ethernet.

```
configure xdsl service-profile 1 name serviceProf50M version 1 min-bitrate-down 5000 min-bitrate-up 750
plan-bitrate-down 50000 plan-bitrate-up 750 max-bitrate-down 50000 max-bitrate-up 7500
configure xdsl service-profile 2 name serviceProf100M version 1 min-bitrate-down 10000 min-bitrate-up 1500
plan-bitrate-down 100000 plan-bitrate-up 15000 max-bitrate-down 100000 max-bitrate-up 15000
configure xdsl service-profile 3 name serviceProf30M version 1 min-bitrate-down 3000 min-bitrate-up 500
plan-bitrate-down 30000 plan-bitrate-up 5000 max-bitrate-down 30000 max-bitrate-up 5000
configure xdsl spectrum-profile 1 name vdsl1 version 1 vdsl-band-plan itu-g993.2x
```

Al igual que para el tráfico de gestión, se crea una vlan para cada servicio. De esta manera se aísla el tráfico y se aporta seguridad.

```
configure vlan id 100 mode residential-bridge name internetVLAN
configure vlan id 200 mode residential-bridge name voipVLAN
configure vlan id 300 mode residential-bridge name iptvVLAN
configure vlan id 800 mode residential-bridge name cpe_mgmt_VLAN
```

4. puertos vdsl. Este es un ejemplo de un puerto VDSL, vemos que se le asocian los perfiles declarados anteriormente para definir la velocidad de la línea. otro parámetro importante es el transfer-mode que define si se trata de una línea adsl o vdsl.

Observamos que el bridge port crea un puerto virtual sobre el que se asocian las vlan de servicio.

```
configure xdsl line 1/1/3/1 service-profile 1 spectrum-profile 1 admin-up transfer-mode ptm
configure interface port xdsl-line:1/1/3/1 admin-up user vdsl_0001
configure bridge port 1/1/3/1 max-unicast-mac 16
configure bridge port 1/1/3/1 vlan-id 100 tag single-tagged network-vlan 100 vlan-scope local qos priority:0
configure bridge port 1/1/3/1 vlan-id 200 tag single-tagged network-vlan 200 vlan-scope local qos-profile
name:qosVoice
configure bridge port 1/1/3/1 vlan-id 300 tag single-tagged network-vlan 300 vlan-scope local qos-profile
name:qosIPTV
```

5. Configuración de servicio GPON. Cada ONT se define sobre una placa y un puerto óptico PON.

Aunque las ONTs se encuentran en casa del abonado, el equipo las maneja como un equipamiento propio, donde hay que definir placas y puertos (véase que las onts tienen una nomenclatura del tipo I-240-W, lo que quiere decir: I de indoor, 2 interfaces pot, 4 interfaces ethernet, 0 interfaces RF (tv analógica), W de wireless).

Por tanto se define el equipamiento en primer lugar y luego cada interfaz de forma independiente. El serial number es un identificador único, que permite a la OLT asociar la configuración de una ONT que se crea con el equipo real, ya que todas las ONTs definidas en un PON se conectan por un mismo interfaz. Sin esto, no sería capaz de identificar quien es quien!

```
configure equipment ont interface 1/1/7/1/6 sw-ver-pland auto desc1 gpon00001 sernum FA010144B admin-  
state up  
configure equipment ont slot 1/1/7/1/6/1 planned-card-type 10_100base plndnumdataports 4  
plndnumvoiceports 0  
configure equipment ont slot 1/1/7/1/6/2 planned-card-type pots plndnumdataports 0 plndnumvoiceports 1  
configure interface port uni:1/1/7/1/6/1/[1-4] admin-up link-updown-trap  
configure interface port voip:1/1/7/1/6 admin-up link-updown-trap  
configure interface port vlan-port:1/1/7/1/6/1/[1-4]:100 admin-up severity no-value  
configure interface port vlan-port:1/1/7/1/6/vuni:300 admin-up severity no-value  
configure bridge port 1/1/7/1/6/1/1 max-unicast-mac 100 vlan-id 3 qos priority:0 configure bridge port  
1/1/7/1/6/1/1 pvid 100  
configure bridge port 1/1/7/1/6/1/2 default-priority 5 max-unicast-mac 6 vlan-id 300 qos priority:0 pvid 300  
configure bridge port 1/1/7/1/6/1/3 default-priority 5 max-unicast-mac 6 vlan-id 300 qos priority:0 pvid 300  
configure bridge port 1/1/7/1/6/1/4 default-priority 5 max-unicast-mac 6 vlan-id 300 qos priority:0 pvid 300  
configure bridge port 1/1/7/1/6/vuni default-priority 5 max-unicast-mac 16  
configure bridge port 1/1/7/1/6/vuni vlan-id 200 qos priority:0  
configure bridge port 1/1/7/1/6/vuni pvid 200  
configure igmp channel vlan:1/1/7/1/6/1/[2-4]:300 max-num-group 6 fullview-packages [1] preview-  
packages [1]  
configure voice ont pots 1/1/7/1/5/2/1 admin-state unlocked  
configure voice ont pots 1/1/7/1/6/2/1 admin-state unlocked
```

# ALCATEL-LUCENT 7342 ISAM I-241W-U RESIDENTIAL INDOOR ONT

The Alcatel-Lucent 7342 Intelligent Services Access Manager (ISAM) I-241W-U Residential Indoor Optical Network Terminal (ONT) is the perfect answer for Gigabit Passive Optical Network (GPON) delivered home networking. The device has built-in concurrent dual-band Wi-Fi® 802.11 b/g/n networking with triple play capability that simplifies the home equipment experience. It can provide triple play services with voice, video (RF and IPTV) and data. A powerful new hardware design features gigabit wire-speed routing performance and many in-home networking options, including coax-based Home Phoneline Networking Alliance (HPNA), which ensures reliable fast performance for any application. The 7342 ISAM I-241W-U is designed to take advantage of the Alcatel-Lucent award-winning management platforms including a customized Home Device Manager instance by Motive™ integrated with the Alcatel-Lucent 5520 Access Management System (AMS) platform delivering a uniform end-to-end operations, administration, and maintenance (OA&M) solution that carriers need in order to provide unparalleled subscriber satisfaction.



## FEATURES

- Four RJ-45 10/100/1000 Ethernet ports
- Two plain old telephone service (POTS) ports for carrier-grade voice services
- RF interface for video services and HPNA services
- 2 USB host ports
- Wireless IEEE 802.11 b/g/n
- 2.4G and 5G dual-band concurrent Wi-Fi
- Network Address Translation (NAT) and firewall
- Network demarcation for all services
- Voice interworking function from the analog POTS lines to the voice over IP (VoIP)/Ethernet layers
- Optics support received signal strength indication (RSSI)
- ITU-T G.984 compliant
- Echo cancellation
- Supports virtual private network (VPN) pass-through for Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP), and IPSec
- Network management using Alcatel-Lucent 5520 AMS

## BENEFITS

- Integrates the ONT and wireless access point functions to allow one less device in the home
- Delivers connectivity to Ethernet devices within the home
- Supports full triple play services including voice, video, and high-speed Internet access
- Allows service-per-port configurations
- Supports IP video distribution
- Supports connection to USB disk drives for home Network-attached Storage (NAS)
- Delivers voice services using VoIP
- Delivers video services efficiently with multicasting or unicasting
- Delivers RF video services
- Flexible video delivery options enable service providers to start with RF overlay and migrate to IPTV

## APPLICATIONS

This indoor ONT is designed to deliver triple play services (voice, data and video) to residential subscribers. Voice services are provided through two POTS ports, by using an integrated ATA that converts voice traffic into Session Initiation Protocol (SIP) or ITU-T H.248. Connectivity to an existing PSTN Class 5 switch is supported through a voice gateway (GenBand) or through SIP with direct interoperability to a variety of soft switches. Ethernet connectivity is available on four Gigabit Ethernet ports, both of which have the ability to burst up to a full gigabit dynamically. Service providers can deliver video using RF overlay or as IP packets (IPTV) using the integrated HPNA feature. RF overlay allows video to be distributed to any television set without investing in a set-top box (STB). If a service provider chooses to offer IPTV, the service provider can distribute IPTV signals using HPNA. The ONT transfers IP packets onto coaxial cable (HPNA v3 over coax), enabling video and IP traffic to be distributed through the home using existing coaxial wiring.

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### Physical

- Height: 43 mm (1.7 in)
- Width: 225 mm (8.9 in)
- Depth: 166 mm (6.5 in)
- Weight: 0.702 kg (1.55 lb)
- Wall or desk mount

### Operating environment

- Temperature: 0°C to 40°C (32°F to 104°F)
- Humidity: 8% to 95% relative humidity

### Power requirement

- Local powering with 12 V input (feed uses external AC/DC adapter)
- Power consumption: Less than 30 W

### GPON interface

- 1490 nm wavelength downstream, 1310 nm wavelength upstream
- 2.488 Gb/s line rate downstream, 1.244 Gb/s line rate upstream
- GPON Encapsulation Method (GEM) mode support for IP/Ethernet service traffic support
- ITU-T G.984.3-compliant dynamic bandwidth reporting

- ITU-T G.984.3-compliant Advanced Encryption System (AES) in downstream
- ITU-T G.984.3-compliant FEC
- ITU-T G.988 Appendix 1 and Appendix 2 ONT Management Control Interface (OMCI)
- Remote software image
- Small form factor (SFF) type laser, SC/APC connector

### Ethernet

- 10/100/1000Base-T interface with RJ-45 connectors
- Wire-speed forwarding
- Ethernet port auto-negotiation or manual configuration with Media Dependent Interface/Media Dependent Interface with Crossover (MDI)/MDIX
- Virtual switch based on IEEE 802.1q virtual LAN (VLAN)
- VLAN tagging/detagging per Ethernet port and marking/remarking of IEEE 802.1p
- IP Type of Service/Differentiated Services Code Point (ToS/DSCP) to IEEE 802.1p mapping for untagged frames
- Class of Service (CoS) based on VLAN-ID, IEEE 802.1p bit
- Internet Group Management Protocol (IGMP) v2/v3 snooping

### Residential gateway

- IPv4 and IPv6
- Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE) and IP over Ethernet (IPoE)
- NAT, Demilitarized Zone (DMZ) and firewall
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) and Domain Name System (DNS) proxy
- Parental controls
- DSCP quality of service (QoS) and IGMP proxy
- TR-64 and TR-69

### WLAN interface

- IEEE 802.11b/g/n
- 64-bit and 128-bit Wireless Encryption Protocol (WEP) support
- Wireless Protected Access (WPA) support including Pre-shared Key (WPA-PSK) and WPA2
- Media access control (MAC) filters

### USB interface

- Two USB 2.0 interfaces – one powered, one unpowered
- One USB 2.0 host port slot powered for dongle (both units)

### POTS interface

- Two FXS ports for VoIP service with RJ-11 connectors
- Multiple CODECs: ITU-T G.711, ITU-T G.729 (A and B)
- SIP (RFC 3261)
- ITU-T G.168 Echo cancellation
- Services: Caller ID, Call Waiting, Call Hold, 3-Way Call, Call Transfer, Message Waiting Indication
- 5 REN per line
- Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) dialing
- Balanced sinusoidal ring signal, 55 Volts Root Mean Square (VRMS)

### RF video service interface

- Coaxial port (75 W F connector)
- Operating wavelength range: 1550 nm to 1560 nm
- Operating RF bandwidth: 47 MHz to 870 MHz
- Video output power: 18 dBm V

### LED

- PWR
- WAN
- GPON
- Gigabit Ethernet 1-4
- VoIP 1-2
- Wi-Fi 5G
- Wi-Fi 2.4G
- WPS 5G
- WPS 2.4G
- USB
- RF video
- HPNA

### Regulatory compliance

- UL 60950-1
- FCC Part 15, subpart B
- ISE-003
- CE
- CB

# OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series

CORNING

## Features and Benefits

**Designed for aerial, pole, pedestal, buried**  
Variety of installation applications

**Four distribution ports**  
Fiber management

**Mass fusion splice capacity**  
Quick and easy installation

## Standards

Approval and Listings      Meets Telcordia GR-771-CORE

Approvals and Listings      RDUP (RUS) Listed

Corning OptiSheath® sealed terminal, UCA series is designed for the aerial, pole, pedestal or buried fiber access network and provides a low-cost solution optimized for optical access architectures.

The terminal offers 16 drop ports for flat drop cable, with eight ports per side and up to 6 ft of buffer tube slack storage. The UCA terminal has two distribution ports per side for in-line and branch splicing. The terminal can be outfitted with up to 16 OptiTap® connector adapters (preconnectorized), 8 ports per side, 12 OptiTip® ports for multifiber drops in a single port or with mechanical adapters that allow the sealing and strain-relief of individual flat drop cables for direct fusion splicing inside the terminal.

It is not unusual for a customer to use a combination of both OptiTap connector adapters and mechanical adapters in the same terminal. The internal fiber management design allows for up to 6 ft of buffer slack storage in the base and the mounting of up to three splice trays (36 single-fiber splices or 144 ribbon).

Terminal kit content includes one splice tray (UCAO-ST06), predetermined number of pigtails and cover loaded up with factory-installed OptiTap connector adapters, OptiTip adapters or mechanical adapters. The UCA terminals are a key item in an optimized access network infrastructure. 144 fiber cables or those with large central strength members (>4 mm OD), require part number SCF-MBR-CMS.



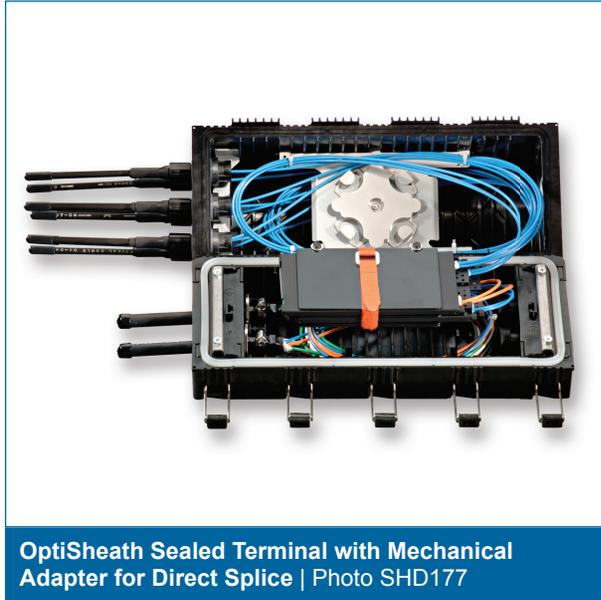
OptiSheath OptiTap Connector with Adapter Sealed Terminal (open) | Photo SHD160



OptiSheath Sealed Terminal (end cap) | Photo SHD159

# OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series

CORNING



OptiSheath Sealed Terminal with Mechanical Adapter for Direct Splice | Photo SHD177

## Specifications

	Dimensions (LxHxD)	Weight
OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series	38.1 cm x 19.6 cm x 15.9 cm (15 in x 7.72 in x 6.25 in)	2.22 kg (5 lb)

## Shipping Package

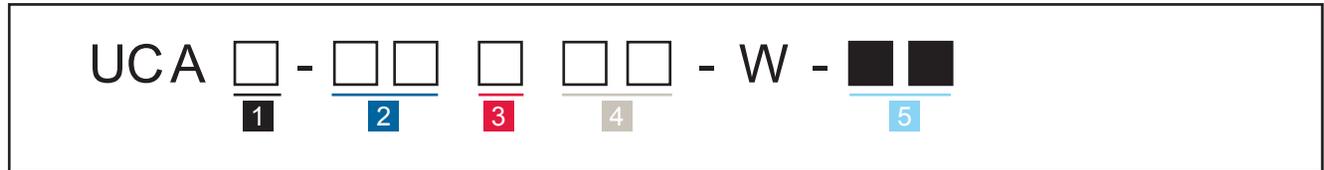
	Dimensions (LxHxD)	Weight
	45.7 cm x 30.5 cm x 30.5 cm (18 in x 12 in x 12 in)	21.78 kg (8.25 lb)

*Note: Standard unit includes terminal, specified number of drop port adapters, one single-fiber splice tray, wall-/pole-mounting bracket, two cable strain-relief brackets and installation instructions.*

# OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series

CORNING

## Ordering Information



### 1 Select number of adapters.

- 4 = Up to 8 OptiTap Connector Adapter cable assemblies or blank adapters (left end)
- 5 = More than 8 OptiTap Connector Adapter node assemblies or blank adapters (both ends)

### 2 Select number of OptiTap Connector Adapters.

- 00 = No adapter
- 02 = 2 adapters
- 04 = 4 adapters
- 06 = 6 adapters
- 08 = 8 adapters
- 10 = 10 adapters
- 12 = 12 adapters
- 14 = 14 adapters
- 16 = 16 adapters

### 3 Select adapter type.

- 6 = OptiTap Connector Adapter (single-fiber)
- O = OptiTip Connector Adapter (multifiber connector, 12 fiber)

### 4 Select configuration (type of pigtails).

- CP = OptiTap Connector Adapters with 900  $\mu$ m pigtails
- RB = OptiTap Connector Adapters with ribbon pigtails
- TP = OptiTip Connector Adapters with 12 fiber MTP Connector 2.3 m pigtails

### 5 Select number of blank adapters (optional).

- 2B = 2 mechanical adapters for flat drop cables
- 4B = 4 mechanical adapters for flat drop cables
- 6B = 6 mechanical adapters for flat drop cables
- 8B = 8 mechanical adapters for flat drop cables

#### Notes

1) One to eight positions left end with nine to 16 on right end.

2) Total 16 ports, maximum 36 splices. All CP and RB versions include: one splice tray for 12-fiber splicing, two express port hardware, pigtails, spiral wrap, wall/pole bracket. E version does not include pigtails.

3) If using armored cable: order UCN-GNDS20 and UCN-GNDCBL-20.

# OptiSheath® Sealed Terminal, UCA Series

CORNING

## Accessories

Part Number	Product Description	Units per Delivery	
UCA-ST-02	UCAO OptiSheath® Splice Tray, 12 single-fiber splices, 0.2	1/1	
UCAO-ST-03	UCAO Splice Tray holds 4 mass fusion splices, 0.2	1/1	
UCAO-ST-06	UCAO OptiSheath Splice Tray, 12 single-fiber splices or 4 mass fusion splices, 0.4	1/1	
UCAO-BK1	Wall-Pole-Mount Bracket	1/1	
UCN8-KT-BND	Pole Strap	1/1	
SCA-KT-VEL-12	Velcro Straps, 12 in, 20 per pack	20/1	
UCA4-KT-PLUG	Dummy Plugs for cable entry ports, pre-wrapped with tape, 5 per pack	1/1	
UCA4-KT-EXP	Express Cable Strain-Relief Hardware, straps not included, 10 per pack	1/1	
SCF-MBR-CMS	Large Central Member Tube Strain-Relief Kit, 2 barrels and screws	1/1	
SCF-MBR-CMS-25	Large Central Member Tube Strain-Relief Kit, 25 barrels and screws	1/1	
UCA4-KT-SR	Sealing-Ring Gasket, silicone, 10 per pack	1/1	
UCA-KT-AHD	OptiSheath Below-Ground Terminal Aerial Long Hanging Bracket with cross-brace	1/1	
UCA4-KT-AHD	OptiSheath Below-Ground Terminal Aerial Short Hanging Bracket	1/1	
UCA4-KT-PLUG-FV	Cable Entry Port (dummy plug with flash valve), 5 per pack	1/1	
UCA-KT-POLE	OptiSheath Below-Ground Terminal Pole-Mount Bracket	1/1	
UCAO-TP	UCA Sealing Tape for cables, 10 per pack	10/1	
UCA4-KT-EC-TP	Pre-Cut Tape for end cap wedges, 20 per pack	1/1	
UCA4-KT-SCREW	Metal Screw for wedge and end cap, 25 per pack	25/1	
UCN-GND-S20	Ground Bonds, small, 3 m, 20 per pack	20/1	
UCN-GNDCBL-20	Ground Leads, 8 in, 6-gauge, 20 per pack	20/1	
TKT-OTAP-CLN-001	OptiTap Connector Adapter Cleaning Kit	1/1	

\* Note: Contact a Corning Customer Care Representative for pricing and availability.

**Corning Optical Communications LLC • PO Box 489 • Hickory, NC 28603-0489 USA**

**800-743-2675 • FAX: 828-325-5060 • International: +1-828-901-5000 • [www.corning.com/opcomm](http://www.corning.com/opcomm)**

A complete listing of the trademarks of Corning Optical Communications is available at [www.corning.com/opcomm/trademarks](http://www.corning.com/opcomm/trademarks). All other trademarks are the properties of their respective owners. Corning Optical Communications is ISO 9001 certified.

© 2015 Corning Optical Communications. All rights reserved.

# ZyXEL



[www.zyxel.com/green](http://www.zyxel.com/green)

- IPTV and Video-on-Demand applications
- Support High-Definition resolution
- Provide content protection mechanisms
- Support remote management for easy installation
- Support DLNA for multimedia sharing
- Support local Personal Video Recording (PVR)

## STB-2105 IP Set-top Box with PVR

## Advanced Multimedia Center at Home

### Benefits

#### Advanced video coding

ZyXEL STB-2105 offers IP video services, such as Video-on-Demand and IPTV, based on MPEG-4 AVC/H.264 compression technology, to reach a wider audience or achieve a higher density of service, and thus increased network utilization. This enables Telco/Service Providers to expand their subscriber base and offer two or more video streams per household, where only one was previously possible — creating opportunities for substantially increased revenues and faster return on their IPTV investments.

#### High-Definition video quality

ZyXEL STB-2105 supports High-Definition displays at 720p and 1080p with MPEG-4 part 10/H.264 format. High-Definition video offers exciting and dramatic viewing enjoyment with greater realism and more detail, especially on large displays. It comes complete with digital audio outputs for an even more exciting home theater experience.

#### Support for content security solutions

STB-2105 is compatible with a wide range of leading content protection and rights management solutions without Smart Cards. Its Conditional Access capabilities will provide good protection in regards to content provider concerns.

#### Support for middleware solutions

ZyXEL STB-2105 is supported by leading IPTV Middleware providers for integration as part of a broadband TV solution. It also supports applications developed in HTML, Javascript, and even the state-of-the-art SVG (Scalable Vector Graphics) for content extensions.

#### Easy installation and extendable features

ZyXEL STB-2105 is easy to install even for subscribers, and its field-upgradeable software platform is also handy for future technology enhancements without costing IPTV service providers significantly.

#### DLNA for easy multimedia sharing

With an embedded hard disk, users can record their favorite video clips and pause live TV. In addition, family members can easily share multimedia content without going through a complicated setup process.



Power-Saving Mode



HDTV



PVR



HD Audio Output



USB Interface



TR-069





### Specifications

#### System Specifications

##### Electronics

- SOC microprocessor (450 MHz)

##### Memory

- Support 128 MB NAND flash (up to 256 MB)
- Support 256 MB DDR2 DRAM

##### Operating System

- Linux

##### Video Codec\*

- MPEG-1
- MPEG-2 MP@HL
- H.264 MP@L4.1/HP@L4.1
- VC-1

##### Audio Codec\*

- MPEG-1 audio layer 1&2
- MPEG-2 audio layer 1&2
- MP3 (MPEG-1 audio layer 3)
- MPEG-4 AAC
- Dolby digital AC-3

##### Video Protocol

- Multicast IPTV (IGMP protocol)
- Video on demand (RTP/RTSP control)

##### Graphic

- 24 bits/pixel RGB for computer graphics and video
- 4:3 and 16:9 video format
- Picture-In-Pictures & Picture-In-Graphics
- NTSC/PAL
- Alpha blending
- On screen display
- Color keying

##### Security/Content Protection

- Macrovision v7.0\*
- HDCP 1.1\*
- Support of conditional access system selection

##### Network Protocol

- TCP, UDP, HTTP 1.1
- DHCP (RFC 2131)
- IGMP v3
- NTP (RFC 1305)
- SNMP (RFC 1157)
- TR-069

##### Supported Bit-rates

- MPEG-2: 20 Mbps
- H.264: 20 Mbps

##### Data

- Teletext [DVB EN 300 472]
- Subtitles [DVB EN 300 743]
- SPTS/IP

##### Browser

- HTML 4.01
- XHTML 1.0
- JavaScript 1.5
- DOM level 2
- CSS level 2
- SSL 3.0 128-bit encryption for secured transactions
- Support video/audio plug-in

#### Hardware Specifications

##### Interface

- Power on/off switch button
- Built-in 10/100M Ethernet port x 1
- USB 2.0 host ports x 2
- IR receiver support IR remote control
- Infrared keyboard (option)
- Smartcard slot

##### Video & Audio Output

- Composite (RCA)
- Component (YPbPr)
- SCART

- HDMI 1.3a

- Optical S/PDIF

##### Remote Control

- Support IR remote control

#### Physical Specifications

- Item weight: 997 g (2.2 lb)
- Item dimensions: 245 (W) x 151 (D) x 50 (H) mm (9.64 (W) x 5.94 (D) x 1.97 (H) inches)
- Packing weight: 1,983 g (4.38 lb)
- Packing dimensions: 362 (W) x 201 (D) x 111 (H) mm (14.25 (W) x 7.91 (D) x 4.37 (H) inches)

#### Environmental Specifications

##### Operating Environment

- Temperature: 0°C ~ 40°C
- Humidity: 20% ~ 90% RH

##### Storage Environment

- Temperature: -30°C ~ 60°C
- Humidity: 20% ~ 90% RH

#### Certification

##### Safety

- EN 60950-1, UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1

##### EMC

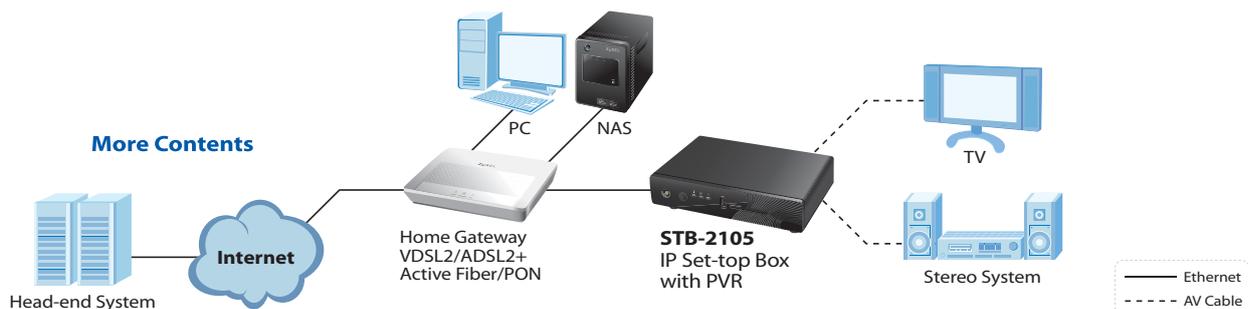
- FCC Part 15 Class B
- EN 55022 Class B

\* Royalties are required

#### Rear Panel



### Application Diagram



For more product information, visit us on the web at [www.ZyXEL.com](http://www.ZyXEL.com)



Copyright © 2010 ZyXEL Communications Corp. All rights reserved. ZyXEL, ZyXEL logo are registered trademarks of ZyXEL Communications Corp. All other brands, product names, or trademarks mentioned are the property of their respective owners. All specifications are subject to change without notice.

## N600 Wireless Dual Band Gigabit VDSL2 Modem Router

### TD-W9980

#### ⦿ Features:

- All-in-One: VDSL2/ADSL2+ Modem, NAT Router, 4-port Gigabit Switch and wireless Dual Band Access Point in one device provides a one-stop networking solution
- Simultaneous 2.4GHz 300Mbps and 5GHz 300Mbps connections for 600Mbps of total available bandwidth
- Gigabit Ethernet ports ensure ultra-high wired performance, ideal for video streaming, online gaming and Internet call
- Dual USB Ports for storage sharing, printer sharing, FTP Server and Media Server
- Supports the latest Internet Protocol IPv6 to future-proof your network
- Versatile Connectivity: VDSL/ADSL or Ethernet WAN for multiple Internet connection types
- Parental Control allows parents or administrators to establish restricted access policies for children or staff
- IP based bandwidth control allows administrators to determine how much bandwidth is allotted to each PC
- Supports up to 10 IPSec VPN tunnels simultaneously
- Wi-Fi On/Off Switch lets you simply turn the wireless radio on or off
- Easily setup an encrypted security connection at a push of WPS button
- SPI and NAT firewall protects end-user devices from potential attacks across the Internet



#### ⦿ Description:

TP-LINK's TD-W9980 N600 Wireless Dual Band Gigabit VDSL2 Modem Router is an incredibly robust all-in-one device allowing users to access high-speed internet connections and share them wirelessly at blazing fast speeds of 300Mbps using the crystal clear 5GHz band and 300Mbps using the traditional 2.4GHz band or by using one of its 4 Gigabit LAN ports. With 2 multi-functional USB ports, users can share printers, files and media across the local network or the Internet. What's more, this All-in-one device allows for two different connection types: VDSL/ADSL or Ethernet WAN, giving users the flexibility to access the Internet whichever method is most convenient.

## Specifications:

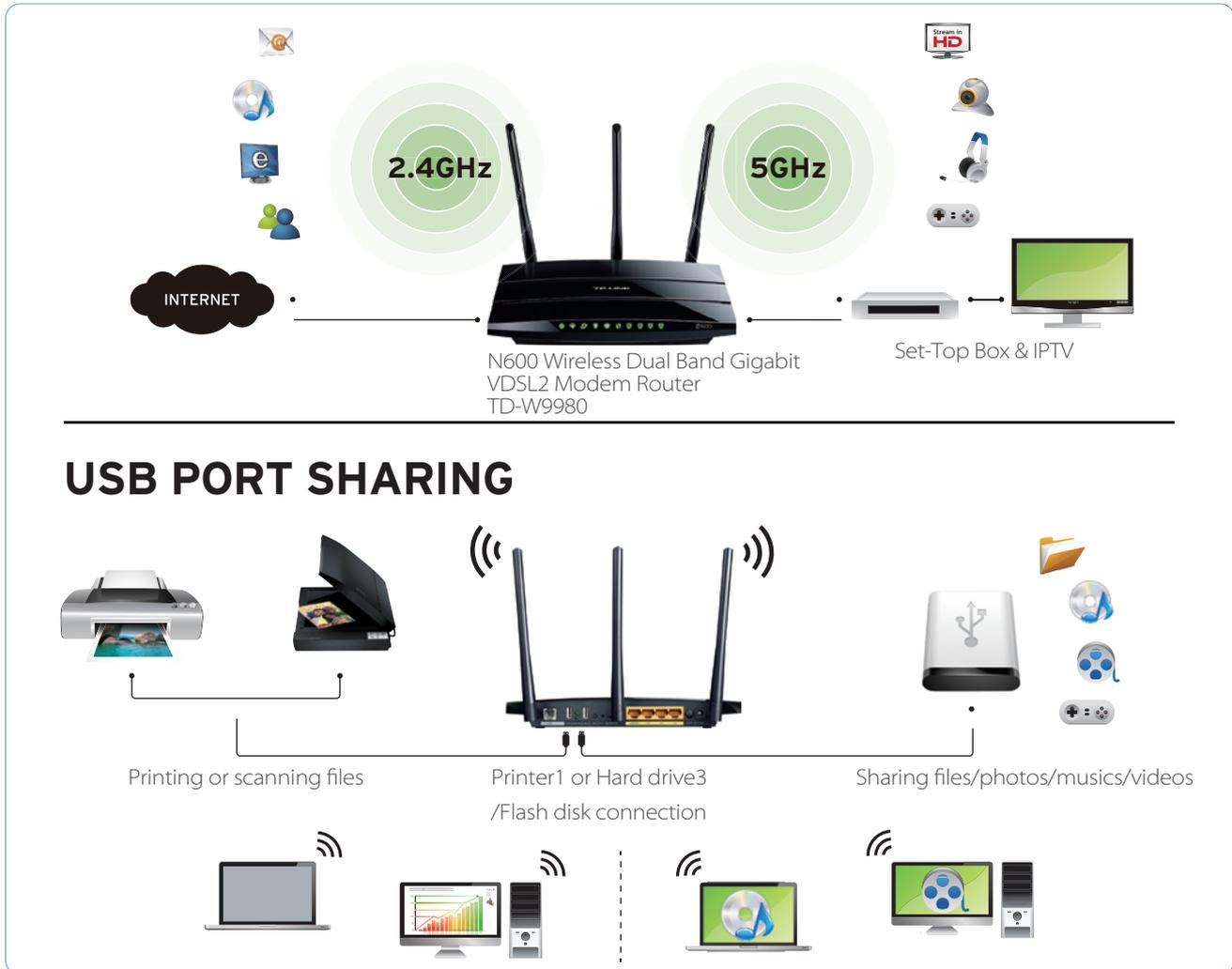
HARDWARE FEATURES	
Interface	4 10/100/1000Mbps RJ45 Ports 1 RJ11 Port 2 USB 2.0 Ports
Button	1 Power On/Off Button 1 WPS Button 1 Wi-Fi On/Off Switch 1 RESET Button
External Power Supply	12VDC/1.5A
Dimensions (W X D X H)	9.6*6.4*1.3 in.(243 x 160.6 x 32.5mm)
IEEE Standards	IEEE 802.3, 802.3u
VDSL2 Standards	ITU-T G.993.2
ADSL Standards	Full-rate ANSI T1.413 Issue 2 ITU-T G.992.1(G.DMT) ITU-T G.994.1 (G.hs) ITU-T G.995.1
ADSL2 Standards	ITU-T G.992.3 (G.dmt.bis)
ADSL2+ Standards	ITU-T G.992.5
Antenna Type	Three 5GHz 5dBi detachable antennas (RP-SMA) Two 2.4GHz 3.5dBi internal antennas
WIRELESS FEATURES	
Wireless Standards	IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n
Frequency	2.4GHz and 5GHz
EIRP	<20dBm(EIRP)
Wireless Security	Support 64/128 bit WEP, WPA /WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK Wireless MAC Filtering
SOFTWARE FEATURES	
Quality of Service	WMM, Bandwidth Control (IP QoS)
Port Forwarding	Virtual server, Port Triggering, UPnP, DMZ, Manage Control
VPN Pass-Through	PPTP, L2TP, IPSec Pass-through
ATM/PPP Protocols	ATM Forum UNI3.1/4.0 PPP over ATM (RFC 2364) PPP over Ethernet (RFC2516) IPoA (RFC1577/2225) PVC - Up to 8 PVCs
Advanced Features	Parent Control Traffic Shaping(ATM QoS) UBR, CBR, VBR-rt, VBR-nrt; Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), DHCP relay; Network Address Translation (NAT); PVC/Ethernet Port Grouping Static Routing, RIP v1/v2 (optional); DNS Relay, DDNS
Security	NAT Firewall, SPI Firewall, MAC / IP / URL Filtering
USB Sharing	Storage Sharing, FTP Server, Media Server, Print Server
Management	Web Based Configuration(HTTP), Remote management, Telnet management, Command Line Interface, SSL for TR-069, SNMP V1/V2C, Web Based Firmware Upgrade, CWMP(TR-069), Diagnostic Tools

# N600 Wireless Dual Band Gigabit VDSL2 Modem Router

## ⦿ Specifications:

IGMP	IGMP snooping V1/V2/V3 IGMP Multicast
IPSec VPN	10 IPSec VPN Tunnels LAN-to-LAN Main, Aggressive Negotiation Mode DES, 3DES, AES128, AES192, AES256 Encryption Algorithm MD5, SHA1 Authentication Algorithm Manual, IKE Key Management Mode Dead Peer Detection (DPD) Perfect Forward Secrecy (PFS)
IPv6	IPv6 and IPv4 dual stack Supported IPv6 Tunnels: DS-Lite, 6RD, 6 to 4 Supported IPv6 Connection Type: PPPoEv6, DHCPv6, Static IPv6
<b>OTHERS</b>	
Certification	IPv6, CE, FCC, RoHS
System Requirements	Microsoft® Windows® 98SE, NT, 2000, XP, Vista , Windows 7, Windows 8, MAC® OS, NetWare®, UNIX® or Linux.
Operating Temperature	0°C~40°C (32°F~104°F)
Storage Temperature	-40°C~70°C (-40°F~158°F)
Operating Humidity	10%~90% non-condensing
Storage Humidity	5%~90% non-condensing

Diagram:



**Package:**

- N600 Wireless Dual Band Gigabit VDSL2 Modem Router TD-W9980
- One Power Adapter
- One External splitter (Optional)
- Two RJ-11 Telephone Lines
- One RJ-45 Ethernet Cable
- Resource CD
- Quick Installation Guide

**Related Products:**

- N600 Wireless Dual Band USB Adapter TL-WDN3200
- N600 Wireless Dual Band PCI Express Adapter TL-WDN3800

\* Some USB hard drive that works at a high power without using any external power adapter might not be supported.



# CANALIZACIÓN



# HIDROSTANK

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La arqueta desmontable modular de polipropileno HIDROSTANK surgió del interés por desarrollar una solución que aunara la **resistencia** de las arquetas tradicionales (hormigón o ladrillo...), con la manejabilidad, versatilidad y calidad del acabado que ofrecen los productos plásticos.

De los estudios realizados, en colaboración con la Cátedra del Plástico de la Universidad de Zaragoza, nació la **ARQUETA DE POLIPROPILENO REFORZADO AUTO-RESISTENTE HIDROSTANK**.

### Aplicaciones:

- Canalizaciones Eléctricas y Telecomunicaciones
- Canalizaciones Hidráulicas: Imbornales, Saneamiento, Abastecimiento...
- Canalizaciones de gas

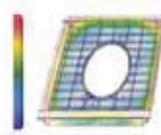
# ARQUETA DESMONTABLE MODULAR HIDROSTANK:

## AUTO-RESISTENTE



Hasta tamaño 68x68 cm., según ensayos en laboratorio.

## INNOVACIÓN



Producto innovador, patentado mundialmente: PCT ES/97/00174.

## VERSATILIDAD



Posibilidad de recrecidos, acometidas in situ, acabados a medida: medias cañas, sifones, perfiles...

## ALTA CALIDAD



Garantía de los materiales empleados, 0% halógenos, mayor resistencia ante corrosión...

## FÁCIL INSTALACIÓN



Instalación fácil, rápida y segura: manipulación manual, sin maquinaria.

## MEDIOAMBIENTAL



De material 100% reciclado y reciclable.

### INSTALACIÓN:

1.- Colocación de arqueta sobre solera compactada o de hormigón. Posibilidad de recrecer la arqueta con módulos adicionales.

2.- Realización de acometidas en fábrica o in situ mediante coronas perforadoras (para diámetros inferiores a 210 mm).

3.- Estanqueidad: posible utilización de juntas para la unión tubo-arqueta.

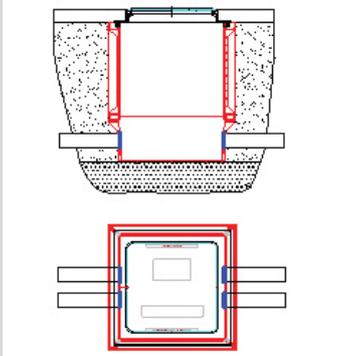
4.- Rellenar con tongadas de tierras y compactar con martillo de presión-percusión.

5.- Posicionar marco y tapa, y recibir con hormigón o mortero.



## ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES

Para redes de telefonía, fibra óptica, ICT, SOS.



"Arqueta de polipropileno reforzado para canalización de telecomunicaciones HIDROSTANK, con/sin fondo, de medidas interiores..., con marco y tapa de fundición dúctil/plástico/hormigón".



## ARQUETA DE SOS

"Arqueta de polipropileno reforzado para canalización de SOS HIDROSTANK, con/sin fondo, de medidas interiores..., con marco y tapa de fundición dúctil....".

- de paso o empalme
- de derivación o adosada a postes SOS



\* Homologado por: *Telefonica*

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS INTERIORES	MEDIDAS EXTERIORES	ALTURA	TAPA
BO - 600 *	TELEFONICA TIPO M	45x45	55x55	60	50x50
F-80x68	TELEFONICA TIPO H	80x68	90x80	80	93x86
F-100x90	TELEFONICA TIPO D	100x90	110x100	100	120x95

Medidas de la tabla expresadas en cm.

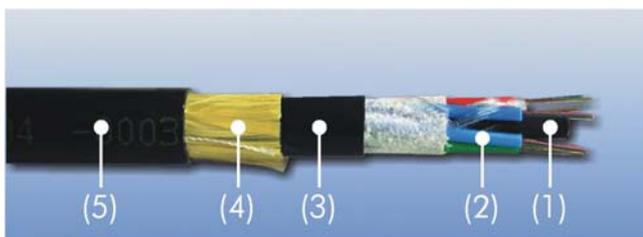


REFERENCIA	MEDIDAS INTERIORES	MEDIDAS EXTERIORES	ALTURA	TAPA
A-58x58	58x58	68x68	60 - 80 - 100 - 120	60x60
A-126x58	126x58	136x68	60 - 80 - 100 - 120	136x60

Medidas de la tabla expresadas en cm.



## Cable de Fibra Óptica PKP



### Características de la fibra óptica

Las fibras ópticas serán acordes con los siguientes valores (UIT-T G.652.D).

#### Transmisión

Atenuación máxima (dB/km)

- 0.37 a 1310nm
- 0.37 a 1383 nm
- 0.24 a 1550nm

Diámetro de campo modal en 1310 nm

- 8.6 - 9.5  $\mu$ m

Longitud de onda de corte fibra (nm)

- 1100 - 1320 nm

Máxima dispersión total en 1285-1330 nm

- 3.5 ps/nm.km

Máxima dispersión total en 1550 nm

- 18 ps/nm.km

#### Físicas

Diámetro sobre 1ª protección

- 245  $\pm$  10  $\mu$ m

Proof test

- 100 Kpsi.

NOTA: Otros tipos de fibra óptica disponibles a petición del cliente.

### Marcas de cubierta

Las marcas de cubierta contendrán la siguiente información:

- o TELNET-RI – AÑO
- o Número de fibras
- o Tipo de fibra
- o Tipo de cubierta
- o Metraje

TELNET-RI 2006 24 F.O. 10 PKP 0001

### Características físicas y mecánicas

TRACCIÓN MÁXIMA	IEC 794-1-E1	4200 N
RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO	IEC 794-1-E3	30 N/mm
RESISTENCIA AL IMPACTO	IEC 794-1-E4	5 J.
CICLO TERMICO OPERACION	IEC 794-1-F1	-20°C/+60°C
CURVATURA	IEC 794-1-E11, proc. 1.	15 x diám. Cable
PENETRACIÓN DE AGUA	IEC 794-1-F5	Lpagua $\leq$ 1m (14 días)

### Descripción general

Cables de fibra óptica monomodo, de 4 a 256 f.o, con segunda protección holgada, núcleo dieléctrico seco con material bloqueante de agua que evita su propagación, cableado en S-Z para optimizar la segregación de tubos en derivaciones de red y cubierta PKP.

#### Núcleo

- (1) Elemento Central de Refuerzo (E.C.R.) dieléctrico compuesto de fibra de vidrio, recubierto con polietileno en función del número de fibras del cable.
- (2) Tubos Activos Holgados de PBT y Tubos Pasivos de PE - cuando la geometría del núcleo lo requiera- cableados en S-Z en torno al E.C.R. en material bloqueante de agua para evitar su propagación

#### Cubierta PKP

- (3) (P) Primera cubierta de Polietileno lineal de baja densidad.
- (4) (K) Cabos de fibra de aramida de elevado módulo , como elemento de refuerzo resistente a tracción.
- (5) (P) Segunda cubierta de Polietileno lineal de baja densidad.

### Aplicaciones

Su campo de aplicación es la instalación tanto en líneas subterráneas en conducto de planta externa, como en líneas aéreas con vanos de instalación cortos como cable autoportante.



- 5) Segunda cubierta Polietileno (P)
- 4) Cabos de Aramida (K)
- 3) Primera Cubierta Polietileno (P)
- 2) Tubos Activos Holgados
- 1) Elemento central de refuerzo (E.C.R)

### Cables de fibra óptica monomodo PKP



## Cable de Fibra Óptica PKP

### Dimensiones, formación y pesos

F.O. Cable	Formación Núcleo Óptico		F.O. Tubo	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
	Tubos Activos	Tubos Pasivos			
4	2	4	2	14,3	155
6	3	3	2	14,3	155
8	4	2	2	14,3	155
12	6	0	2	14,3	155
16	4	2	4	14,3	155
24	6	0	4	14,3	155
32	4	2	8	14,3	155
48	6	0	8	14,3	155
64	8	0	8	15,2	175
96	12	0	8	18,4	255
128	4+12	2+0	8	19,2	265
144	6+12	0+0	8	19,2	265
256	4+12	2+0	16	20,7	310

### Código de colores de fibras y tubos

B:Blanco, R:Rojo, A:Azul, V:Verde, Am:Amarillo, Gr:Gris, Vi:Violeta, M:Marrón, Nj:Naranja, N:Negro, Rs:Rosa, At:Turquesa.  
Las fibras \* están marcadas con un anillo negro.  
Los tubos "N" son espaciadores pasivos (sin fibras ópticas)

Color	Número de Fibra Óptica															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	V	R	A	Am	Gr	Vi	M	Nj	B	N	Rs	At	B*	Am*	Nj*	R*

Num. Fibras	TUBO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	B	N	N	R	N	N						
6	B	N	R	N	A	N						
12, 24, 48	B	B	R	R	A	A						
8, 16, 32	B	R	N	A	V	N						
64	B	B	R	R	A	A	V	V				
96	B	B	B	R	R	R	A	A	A	V	V	V
128 , 256-1ª Capa	B	R	N	A	V	N						
128 , 256-2ª Capa	B	B	B	R	R	R	A	A	A	V	V	V
144-1ª Capa	B	B	R	R	A	A						
144-2ª Capa	B	B	B	R	R	R	A	A	A	V	V	V

### Cables de fibra óptica monomodo PKP