

# Interconexión del CPD de Vetusta con los polígonos industriales de la región de Utopía

*Red de conexión de 1 Gbps (ampliable) para la entrega de servicios desde un Centro de Proceso de Datos a los nodos centrales de cuatro polígonos industriales, con capacidad de adaptación ante problemas de red física y reducido esfuerzo presupuestario.*

EDUARDO ADRIÁN DE VAL  
Proyecto Fin de Carrera

<b>Descripción del Proyecto</b> .....	<b>5</b>
Introducción .....	5
Objetivo.....	6
Supuestos .....	7
<i>Servicios ofertados. Definición y oferta de ancho de banda</i> .....	7
<i>Características de los polígonos industriales</i> .....	8
<i>Ancho de banda por polígono</i> .....	9
<i>Red física. Canalizaciones</i> .....	10
Requisitos .....	10
<i>Ancho de banda</i> .....	10
<i>Escalabilidad</i> .....	10
<i>Protección</i> .....	11
<i>Interfaces de cliente</i> .....	11
Restricciones .....	11
<i>Económicas</i> .....	11
<i>Trayectos</i> .....	11
Punto de partida.....	12
<i>Servicios de CPD</i> .....	12
<i>Conexión dentro de los polígonos</i> .....	12
<i>Oferta de red existente</i> .....	12
<b>Topología de red física</b> .....	<b>14</b>
Posibilidades.....	14
<i>Topología en estrella</i> .....	14
<i>Topología en bus</i> .....	15
<i>Topología en malla</i> .....	15
<i>Topología en anillo</i> .....	16
Topología seleccionada.....	16
<i>Comparativa de topologías</i> .....	16
<i>Decisión</i> .....	17
<b>Medio físico</b> .....	<b>18</b>
Posibilidades.....	18
Comparativa de fibras.....	21
Medio elegido .....	23
<b>Sistema de transmisión</b> .....	<b>24</b>
Posibilidades.....	24
Comparativa WDM .....	26
<i>CWDM</i> .....	26
<i>DWDM</i> .....	26
<i>Comparativa de uso de frecuencias</i> .....	27
Sistema elegido.....	27
<b>Equipamiento de Telecomunicaciones</b> .....	<b>29</b>
Factores de ponderación del equipamiento .....	29
<i>Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra</i> .....	29
<i>Número de longitudes de onda (lambdas)</i> .....	29
<i>Interfaces de cliente</i> .....	29
<i>Alcance máximo de los interfaces de línea</i> .....	30
<i>Protección ante cortes</i> .....	30
<i>Facilidades de gestión</i> .....	31
<i>Escalabilidad</i> .....	31
<i>Soporte local</i> .....	31
Equipos en estudio.....	31

<i>Elementos fundamentales de los equipos</i> .....	31
<i>ALCATEL Serie 1830 PSS (Photonic Service Switch) Series</i> .....	34
<i>TRANSMODE TM Series</i> .....	36
<i>HUAWEI Serie Optix OSN 1800</i> .....	38
<i>TELDAT CMUX4+</i> .....	40
Equipo seleccionado.....	42
<i>Resumen comparativo</i> .....	42
<i>Decisión sobre equipamiento</i> .....	42
<i>Elementos de la configuración</i> .....	43
<i>Tabla de configuración</i> .....	44
<b>Solución definitiva</b> .....	<b>45</b>
Topología de red lógica.....	45
Esquema de la solución propuesta.....	46
Mapa de lambdas.....	47
Seguridad lógica.....	47
<b>Viabilidad económica</b> .....	<b>48</b>
Costes.....	48
<i>Primera atención de nodos (sólo Ethernet)</i> .....	48
<i>Atención mixta de nodos (Ethernet/CWDM)</i> .....	49
<i>Situación final (sólo CWDM)</i> .....	50
Previsión de ingresos (costes imputables).....	52
<i>Un nodo atendido</i> .....	52
<i>Tres nodos atendidos</i> .....	52
<i>Cuatro nodos atendidos</i> .....	53
<i>Situación final</i> .....	54
Planificación por fases de la instalación.....	54
<i>Situación inicial</i> .....	54
<i>Primer enlace CWDM</i> .....	55
<i>Situación final</i> .....	55
Esquema del proyecto completo.....	56
Escandallo básico.....	57
<b>Certificación de instalación</b> .....	<b>58</b>
Plan de pruebas.....	58
<i>Pruebas de funcionamiento</i> .....	58
<i>Pruebas de respuesta a cortes</i> .....	59
Plan de contingencias.....	59
<i>Equipamiento de reserva</i> .....	59
<i>SLA's de soporte</i> .....	59
<b>Evolución de la red</b> .....	<b>60</b>
Puntualizaciones.....	60
CWDM 10 Gbps.....	60
DWDM.....	60
Ethernet Ring Protection Switching.....	61
<b>Bibliografía e información</b> .....	<b>62</b>
WDM.....	62
Fibra óptica.....	62
OADM y MUX/DEMUX.....	62
<b>Anexos</b> .....	<b>63</b>
Equipamiento Transmode.....	63
<i>Chasis TM-102</i> .....	63

<i>Muxponder TPDDGBE</i> .....	64
<i>MUX/DEMUX</i> .....	65
<i>OADM monofibra</i> .....	66
<i>Muxponder 9x10 GbE</i> .....	67
Equipamiento de fibra.....	68
<i>MUX/DEMUX 8 lambdas</i> .....	68
<i>SFP CWDM</i> .....	69
<i>SFP Interfaz de cliente</i> .....	70
<i>SFP Interfaz de cliente</i> .....	71
<i>Enlace bidireccional en monofibra</i> .....	72
<i>Gráfico 1. Esquema geográfico básico</i> .....	6
<i>Gráfico 2. Topología en estrella</i> .....	14
<i>Gráfico 3. Topología en bus</i> .....	15
<i>Gráfico 4. Topología en malla</i> .....	15
<i>Gráfico 5. Topología en anillo</i> .....	16
<i>Gráfico 6. Atenuación estándar fibra óptica G652 monomodo</i> .....	21
<i>Gráfico 7. Límites de PMD /velocidad*distancia</i> .....	22
<i>Gráfico 8. Esquema de uso de WDM</i> .....	24
<i>Gráfico 9. Bandas usadas en CWDM y DWDM</i> .....	27
<i>Gráfico 10. Esquema de un OADM de un canal CWDM (duplex)</i> .....	32
<i>Gráfico 11. Esquema de un MUX / DEMUX CWDM</i> .....	33
<i>Gráfico 12. Esquema básico final de red</i> .....	46
<i>Gráfico 13. Esquema de instalación inicial</i> .....	55
<i>Gráfico 14. Esquema de instalación en fase intermedia</i> .....	55
<i>Gráfico 15. Esquema ERPS</i> .....	61
<i>Tabla 1. Ancho de banda previsto en ATLÁNTIDA</i> .....	9
<i>Tabla 2. Ancho de banda previsto en ELDORADO</i> .....	9
<i>Tabla 3. Ancho de banda previsto en TAMOÉ</i> .....	9
<i>Tabla 4. Ancho de banda previsto en SHANGRI-LA</i> .....	9
<i>Tabla 5. Costes de fibra oscura y canalización</i> .....	13
<i>Tabla 6. Comparativa de topologías</i> .....	17
<i>Tabla 7. Interfaces GBIC de Cisco</i> .....	18
<i>Tabla 8. Interfaces de fibra óptica de Cisco</i> .....	19
<i>Tabla 9. Interfaces CWDM de Cisco</i> .....	20
<i>Tabla 10. Comparativa de fibras G652D vs. G655</i> .....	23
<i>Tabla 11. Coste de red física (par de fibras)</i> .....	25
<i>Tabla 12. Elección de sistema de transmisión</i> .....	27
<i>Tabla 13. Atenuación prevista por enlace</i> .....	30
<i>Tabla 14. Comparativa de equipamiento de red</i> .....	42
<i>Tabla 15. Configuración básica del equipamiento</i> .....	44
<i>Tabla 16. Un nodo atendido (sólo Ethernet)</i> .....	48
<i>Tabla 17. Tres nodos atendidos (sólo Ethernet)</i> .....	49
<i>Tabla 18. Solución mixta. 2 nodos Ethernet / 1 nodo CWDM</i> .....	49
<i>Tabla 19. Solución mixta. 3 nodos CWDM / 1 nodo Ethernet</i> .....	50
<i>Tabla 20. Solución enteramente CWDM</i> .....	50
<i>Tabla 21. Situación final del proyecto</i> .....	51
<i>Tabla 22. Ingresos por servicio (costes imputables) 1 nodo Ethernet</i> .....	52
<i>Tabla 23. Ingresos por servicio (costes imputables) 3 nodos Ethernet</i> .....	52
<i>Tabla 24. Ingresos por servicio (costes imputables) 4 nodos atendidos</i> .....	53
<i>Tabla 25. Ingresos por servicio (costes imputables) Situación final</i> .....	54

# Descripción del Proyecto

---

## Introducción

El actual CPD de Vetusta comenzó entregando el servicio de conexión a internet en 1995, cuando los módems de 19.200 bps estaban al alcance sólo de privilegiados. Desde entonces ha ido ampliando su oferta de servicios conforme aumentaba la potencia de los equipos, la velocidad de las líneas y las necesidades de los clientes.

Hace cinco años, aprovechando la nueva regulación que le permitía el alquiler de la infraestructura de canalizaciones del operador dominante, comenzó la instalación de su propia red de fibra óptica en el subsuelo de la capital de Utopía, ampliando de esta manera la velocidad de comunicación con sus clientes y permitiendo nuevos servicios sobre esta infraestructura.

Los elevados costes del cable y su instalación y muy especialmente de la obra civil necesaria para dicha instalación en donde el alquiler de ésta no era posible, han restringido a la capital el alcance de la red propia del CPD.

Recientemente el Cabildo de Vetusta ha instalado una red de fibra óptica aprovechando la red viaria de la que es responsable, ampliando así la oferta de fibra oscura (alquiler de fibra sin equipamiento electrónico) lo que permite al CPD alcanzar nuevas localizaciones.

Los más de 25 kilómetros de fibra instalados bajo el suelo de Vetusta por la empresa que explota el CPD le ha permitido llegar a un acuerdo con el Cabildo, de manera que a cambio de facilitar a éste la interconexión de sus clientes capitalinos con su red, el CPD dispone de un par de fibras con el que interconectar los municipios a lo largo del trayecto de esta fibra recientemente instalada. Si se precisara del uso de más fibras, éstas serían alquiladas al precio de referencia que el Cabildo ha dispuesto.

En esta nueva situación se plantea el estudio de una red que permita conectar los polígonos industriales de Vetusta con el CPD, para así entregar sus servicios a las empresas distantes de la capital y que hasta el momento no podían acceder sino utilizando mecanismos indirectos de conexión.

Este estudio es el que da lugar al proyecto que se presenta en este documento.

**NOTA:** Este estudio corresponde a un proyecto real de una operadora de nicho en Canarias, en el que los nombres han sido modificados por cuestiones de confidencialidad. El proyecto real se halla exactamente en esta fase de estudio de alternativas.

## Objetivo

El presente proyecto pretende identificar y presupuestar la mejor solución para interconectar el Centro de Proceso de Datos (en adelante CPD) de Vetusta, capital de Utopía, con los cuatro polígonos industriales de la región (Atlántida, Eldorado, Tamoé y Shangri-la), para entregar los servicios que desde el CPD se ofrecen a las empresas y oficinas instaladas en éstos.

Estos servicios son:

- Hosting
- Housing
- Servicios en Cloud
- Correo corporativo
- Almacenamiento remoto
- Telefonía IP
- Acceso a internet gestionado
- Backup automático
- Interconexión de oficinas

Se muestra a continuación un esquema básico de la situación geográfica del CPD de Vetusta y los polígonos que se propone conectar con éste.

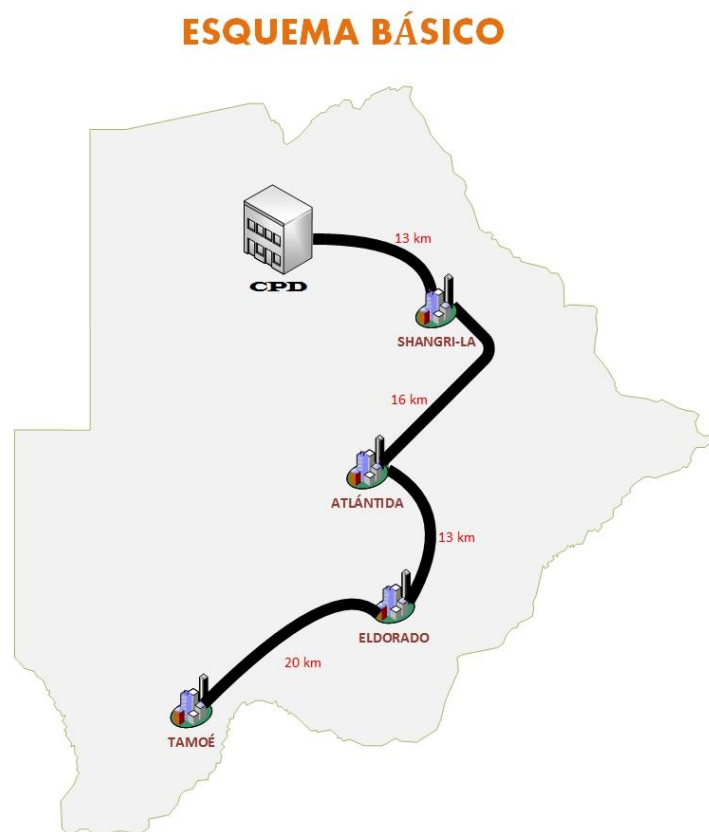


Gráfico 1. Esquema geográfico básico

## Supuestos

### Servicios ofertados. Definición y oferta de ancho de banda

Definimos brevemente los servicios ofertados, y sus necesidades previstas de conexión:

**Housing/Hosting:** Alojamiento de la/s web/s corporativas en el CPD de Vetusta, siendo los equipos propiedad de la empresa o del CPD respectivamente.

Las necesidades de ancho de banda dependen del volumen de información que transita entre dichas webs y las oficinas de la empresa en el polígono comercial. Esta información puede corresponder a actualizaciones de las páginas web o de archivos que suministran datos a éstas.

Se ofertan 100 Mbps a las tres tipologías de empresa (grande, PYME y oficina)

**Servicios en Cloud:** La web corporativa se localiza en el exterior de Utopía, pero se utiliza el CPD como mecanismo gestionado de conexión a internet para fines de actualización y almacenamiento intermedio entre las oficinas y la web.

La necesidad de ancho de banda será similar a la de los servicios de hosting y housing, salvo que la oferta de conexión sólo hace referencia al tramo controlado por el CPD.

El servicio incluye un ancho de banda de 100 Mbps, con la salvedad indicada previamente.

**Correo corporativo:** Utilización de los servidores de correo entrante y saliente sitios en el CPD para el soporte de los buzones y las cuentas de correo corporativas que se precisen, junto con la gestión del dominio si fuera necesario.

Se incluye una garantía de 50 y 25 Mbps a gran empresa y PYME.

**Almacenamiento remoto:** Permite contar con recursos de almacenamiento de archivos en los servidores del CPD, accesibles en tiempo real desde los sistemas operativos de los equipos de la empresa, del mismo modo que los archivos locales.

Se ofertan 100, 50 y 25 Mbps para el acceso a dichos recursos, según el tipo de empresa.

**Telefonía IP:** Permite el uso de los servidores de telefonía Asterisk sitios en el CPD, para su utilización como centralita virtual.

Siendo éste un servicio de tiempo real, aunque con un escaso uso de ancho de banda, se ofertan 30, 10 y 5 Mbps, según tipología de empresa.

**Acceso a internet gestionado:** Permite el acceso a internet de los equipos de la empresa, al que se añaden determinados servicios de securización, filtrado y análisis de tráfico.

Incluye una garantía de 200, 100 y 50 Mbps según tipo de empresa. Esta oferta, como en el caso del housing, sólo se refiere al tramo controlado por el CPD.

**Backup automático:** Se ofrece la posibilidad de mantener una copia de seguridad de la información corporativa en los servidores del CPD, de forma automática y desatendida.

Por ser éste un servicio que opera en modo *batch* por la noche, sólo precisa que las capacidades de red y servidores sean suficientes para transportar y almacenar toda la información necesaria. Por ello no contempla ninguna oferta específica de ancho de banda.

**Interconexión de sedes:** Requiere que todas las localizaciones del cliente tengan conexión con el CPD. La interconexión entre éstas se realizará mediante la implementación de una subred IP privada con las direcciones propias del CPD y salida a Internet desde el propio CPD (ya constituido como Sistema Autónomo) Este servicio tendrá un mínimo garantizado de 100 Mbps entre sedes, pudiendo optarse a mayores anchos de banda, hasta 1 Gbps, con diferenciación entre ancho de banda garantizado y máximo.

## Características de los polígonos industriales

### SHANGRI-LA

Es el más cercano a la capital, y en general lo ocupan 25 PYMES y 45 oficinas que no requieren presencia comercial y que se benefician de unos costes de alquiler más baratos que en Vetusta.

### ATLANTIDA

Es el más extenso de Utopía. Lo ocupan 2 grandes empresas con importantes necesidades logísticas, 45 PYMES que requieren igualmente de almacenes de mercancía y 60 oficinas, muchas de ellas relacionadas con aspectos comerciales del puerto cercano al polígono.

### ELDORADO

Más pequeño que ATLANTIDA, y con menores costes de alquiler e instalación. En él se ha establecido una importante empresa de la distribución, así como 32 PYMES y 42 oficinas

### TAMOÉ

Situado cerca de la zona turística del sur de Utopía cuenta con 22 PYMES, muchas de ellas dedicadas a la distribución en dicho sector, y 51 oficinas dedicadas en su mayor parte a las actividades turísticas de la zona en la que se sitúa el polígono.



## Ancho de banda por polígono

En base a las ofertas de velocidad indicadas en el punto anterior y a unas previsiones de ventas a largo plazo, se muestra a continuación una tabla de previsión de ancho de banda para los cuatro polígonos.

La instalación del equipamiento se realizará conforme avancen las ventas en cada polígono, por lo que la posible ampliación de ATLANTIDA por encima del Gbps inicial se efectuará cuando las ventas la justifiquen.

ATLÁNTIDA	ANCHO DE BANDA OFERTADO			OBJETIVO DE VENTAS (%)			CONCURRENCIA %multiplex	ANCHO DE BANDA CONTEMPLADO			
	Gran Empresa	PYME	Oficina	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina		AB GE	AB PYME	AB OFICINA	AB TOTAL
Hosting											
Housing	100	100	100	50	25	10	10	10	113	60	183
Servicios en Cloud											
Correo corporativo	50	25	0	50	50	50	10	5	56	0	61
Almacenamiento remoto	100	50	25	50	50	75	15	15	169	169	353
Telefonía IP	30	10	5	50	40	25	50	15	90	38	143
Acceso a internet gestionado	200	100	50	50	50	50	15	30	338	225	593
Backup automático	--	--	--	50	50	75	--	--	--	--	--
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>60</b>								<b>1.331</b>

Tabla 1. Ancho de banda previsto en ATLÁNTIDA

ELDORADO	ANCHO DE BANDA OFERTADO			OBJETIVO DE VENTAS (%)			CONCURRENCIA %multiplex	ANCHO DE BANDA CONTEMPLADO			
	Gran Empresa	PYME	Oficina	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina		AB GE	AB PYME	AB OFICINA	AB TOTAL
Hosting											
Housing	100	100	100	50	25	10	10	5	80	42	127
Servicios en Cloud											
Correo corporativo	50	25	0	50	50	50	10	3	40	0	43
Almacenamiento remoto	100	50	25	50	50	75	15	8	120	118	246
Telefonía IP	30	10	5	50	40	25	50	8	64	26	98
Acceso a internet gestionado	200	100	50	50	50	50	15	15	240	158	413
Backup automático	--	--	--	50	50	75	--	--	--	--	--
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>42</b>								<b>925</b>

Tabla 2. Ancho de banda previsto en ELDORADO

TAMOÉ	ANCHO DE BANDA OFERTADO			OBJETIVO DE VENTAS (%)			CONCURRENCIA %multiplex	ANCHO DE BANDA CONTEMPLADO			
	Gran Empresa	PYME	Oficina	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina		AB GE	AB PYME	AB OFICINA	AB TOTAL
Hosting											
Housing	100	100	100	50	25	10	10	0	55	51	106
Servicios en Cloud											
Correo corporativo	50	25	0	50	50	50	10	0	28	0	28
Almacenamiento remoto	100	50	25	50	50	75	15	0	83	143	226
Telefonía IP	30	10	5	50	40	25	50	0	44	32	76
Acceso a internet gestionado	200	100	50	50	50	50	15	0	165	191	356
Backup automático	--	--	--	50	50	75	--	--	--	--	--
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>51</b>								<b>792</b>

Tabla 3. Ancho de banda previsto en TAMOÉ

SHANGRI-LA	ANCHO DE BANDA OFERTADO			OBJETIVO DE VENTAS (%)			CONCURRENCIA %multiplex	ANCHO DE BANDA CONTEMPLADO			
	Gran Empresa	PYME	Oficina	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina		AB GE	AB PYME	AB OFICINA	AB TOTAL
Hosting											
Housing	100	100	100	50	25	10	10	0	63	45	108
Servicios en Cloud											
Correo corporativo	50	25	0	50	50	50	10	0	31	0	31
Almacenamiento remoto	100	50	25	50	50	75	15	0	94	127	220
Telefonía IP	30	10	5	50	40	25	50	0	50	28	78
Acceso a internet gestionado	200	100	50	50	50	50	15	0	188	169	356
Backup automático	--	--	--	50	50	75	--	--	--	--	--
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>45</b>								<b>793</b>

Tabla 4. Ancho de banda previsto en SHANGRI-LA

**Objetivo de ventas:** En porcentaje sobre el total de empresas según su tipología. Este porcentaje es el objetivo a largo plazo, por lo que la instalación inicial no contempla necesariamente este valor, considerado como máximo.

**Concurrencia:** En porcentaje, el teórico uso simultáneo del canal por cada tipo de servicio.

**Ancho de banda:** Medido en Mbps.

Estos cálculos muestran la necesidad de contar con 1 Gbps de conexión con cada polígono, y la de escalar el proyecto para entregar un mayor ancho de banda si crecen las necesidades.

No se incluyen en el cálculo anterior el servicio de *backup* automático, ya que este servicio trabaja en modo *batch*, y su limitación viene dada por el volumen de información que debe respaldarse, más que por el ancho de banda que se ocupa durante el proceso de respaldo.

Igualmente se halla fuera de la tabla anterior el servicio de Interconexión de sedes, dada la variedad de posibilidades. Cada solicitud de interconexión será tratada como un proyecto específico, y su puesta en servicio podrá conllevar en determinados casos la ampliación de la infraestructura instalada.

## Red física. Canalizaciones

El estudio económico del proyecto determinará las ventajas e inconvenientes de implementar una red propia o alquilar la red de comunicaciones que los operadores regionales y el Cabildo ofertan en el territorio. En cualquier caso, los trayectos en los que se basarán las distancias entre puntos significativos de esta red vendrán determinados por la red viaria, única opción viable desde el punto de vista administrativo, dada la exigencia de permisos específicos para ocupar cualquier otro tipo de terreno con estos fines.

## Requisitos

### Ancho de banda

Siguiendo los supuestos del apartado anterior se precisa para la correcta entrega de los servicios ofertados desde el CPD un mínimo de 1 Gigabit/segundo. ATLANTIDA puede exigir un mayor ancho de banda si se alcanzan las ventas deseadas, por la instalación inicial debe poder crecer de forma rápida y barata al menos hasta alcanzar los 2 Gbps en este polígono.

El servicio de Interconexión de sedes, dadas sus especiales características y necesidades, puede conllevar igualmente la necesidad de ampliar el ancho de banda instalado.

### Escalabilidad

La solución planteada deberá ser capaz de crecer en capacidad si aumentan las necesidades del servicio, sin que dicho crecimiento se fundamente en la sustitución de equipamiento de telecomunicaciones. Esta escalabilidad será un factor fundamental de decisión sobre el equipamiento elegido.

## Protección

Entendemos como tal la capacidad de adaptación del sistema ante problemas en la red física, de manera que se garantice la recuperación de sus capacidades en el mínimo tiempo posible.

Se intentará que la recuperación ante incidentes se realice de forma automática. Esta capacidad y el tiempo de recuperación formarán parte de los factores de decisión sobre el equipamiento.

## Interfaces de cliente

Los clientes de cada polígono industrial se conectarán al nodo de comunicaciones de éste usando la red interior gestionada por el órgano gestor del polígono.

Cada nodo entregará interfaces de fibra y/o cobre en función de la red instalada en cada polígono y las preferencias del cliente.

Dadas las especificidades de cada cliente final (interfaz, distancia, etc.) los costes de interconexión desde éste al nodo formarán parte de la oferta de servicios del CPD particularizada por cliente y se hallan fuera del alcance de este proyecto.

## Restricciones

### Económicas

La inversión y costes de mantenimiento de la solución planteada deberá financiarse con la venta de los servicios del CPD, por lo que dicha solución deberá ser la más razonable desde el punto de vista económico, teniendo en cuenta sus capacidades iniciales y futuras (escalabilidad), la rapidez en el soporte local y en la entrega de suministros, su capacidad de integración con otros elementos de la red de comunicaciones del CPD y sus facilidades de gestión.

### Trayectos

Por obligación legal, sólo podrán utilizarse para la implantación de redes de comunicaciones los recursos de canalización y terrenos anexos a la red viaria de Vetusta.

Esta restricción impide en la práctica la posibilidad de establecer rutas alternativas de respaldo, lo que repercute negativamente en la seguridad de la solución.

## Punto de partida

### Servicios de CPD

El CPD de Vetusta ya suministra los servicios ofertados a los clientes de la propia localidad, usando para ello su propia red de fibra óptica, instalada mediante alquiler de la infraestructura de la operadora dominante.

La inversión y los costes originados por la ampliación de equipamiento, infraestructura y personal en el propio CPD se encuentran incluidos en los precios de cada servicio, por lo que no son objeto del presente proyecto.

### Conexión dentro de los polígonos

Cada polígono industrial cuenta con su propio organismo de gestión, responsable entre otras de la gestión de las canalizaciones interiores y el cableado que éstas incluyen.

Los clientes se conectarán al nodo de comunicaciones mediante los cableados existentes, o los que decidan instalar por sus propios medios. Cada oferta comercial integrará los costes de conexión dentro del polígono, y dada la variedad de posibilidades (paquetes de servicios, paquetes promocionales, acuerdos con las entidades gestoras de los polígonos, distintos interfaces y velocidades, etc.) se hallan fuera del alcance de este proyecto.

El estudio económico contemplará una imputación teórica de costes de red a los servicios contratados, si bien el precio final de estos servicios será objeto de negociación con los clientes. No existe por tanto una tarifa fija por servicio, ya que el precio final deberá incluir los costes totales de conexión del cliente.

### Oferta de red existente

El Cabildo de Utopía, máximo órgano de gobierno de la región, ha instalado una red de fibra óptica para potenciar el desarrollo de la actividad industrial y la economía regional. Esta red se entrega en régimen de alquiler por portadora, siendo el par de fibras la unidad mínima de alquiler.

Simultáneamente a esta red, el Cabildo ha instalado una canalización específicamente destinada a cables de comunicaciones, cuyos conductos son igualmente objeto de contratación en alquiler.

En la siguiente tabla se indican los precios de alquiler de la red y las canalizaciones del Cabildo de Utopía.

	<b>CUOTA MENSUAL mes/metro lineal</b>
<b>CONDUCTO COMPLETO</b>	
Subconducto $\varnothing$ 40mm	0,02 €
Conducto $\varnothing$ 63mm	0,06 €
<b>FIBRA OSCURA</b>	
Par fibra G652D	0,18 €
<b>SECCIÓN OCUPADA</b>	
En conducto $\varnothing$ 110mm	0,008 €/cm <sup>2</sup>
En conducto $\varnothing$ 63mm	0,018 €/cm <sup>2</sup>

**Tabla 5. Costes de fibra oscura y canalización**

Debe tenerse en cuenta que el CPD cuenta con un acuerdo por el que el Cabildo cede el uso de un par de fibras a cambio de otros servicios de interconexión en Vetusta. El coste del resto de fibras que puedan necesitarse está contemplado en la tabla anterior, a la que deberán añadirse los costes del cable y su instalación si se decide utilizar red propia.

# Topología de red física

## Posibilidades

Estudiaremos en este apartado las posibles configuraciones de red física, comparando la seguridad teórica que ofrecen y los costes esperados en kilómetros de fibra.

### Topología en estrella

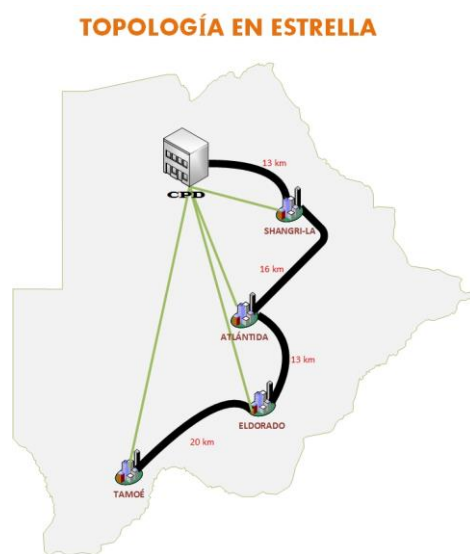


Gráfico 2. Topología en estrella

El CPD no contempla inicialmente dar servicio de conexión directa entre localizaciones de los clientes en distintos polígonos industriales. Por ello la topología en estrella, con centro en el CPD parece adecuada desde el punto de vista de arquitectura de red.

La topología planteada debe discurrir por las canalizaciones indicadas en el apartado de restricciones, por lo que las distancias de la fibra dedicada a cada polígono será la suma de los trayectos viarios necesarios para alcanzarlo.

Desde el punto de vista de la seguridad, esta topología no impide el corte de servicios con un polígono si falla la conexión, salvo que incorpore un segundo circuito físico de *backup* con cada nodo, lo que encarece la solución.

## Topología en bus

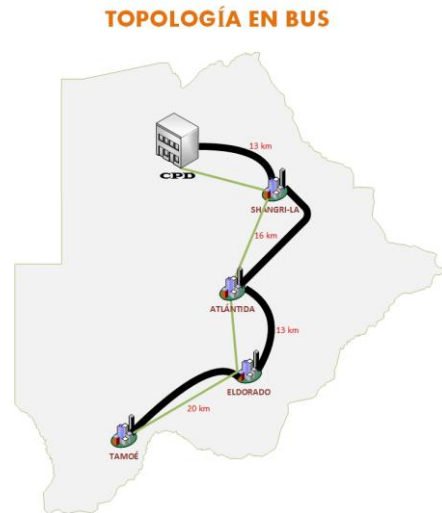


Gráfico 3. Topología en bus

Con esta topología de red un fallo en la red de fibra interrumpe los servicios de los polígonos situados más allá del corte de red, por lo que incumple los requisitos del proyecto.

## Topología en malla

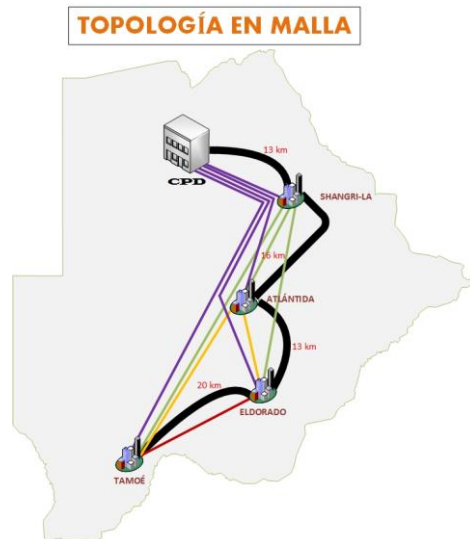


Gráfico 4. Topología en malla

Esta topología consigue la mayor seguridad de las planteadas ante problemas de red ya que los servicios pueden reencaminarse hacia cualquier otro nodo en caso de incidencia en la red física. Se obtiene una gran protección incluso ante varios cortes simultáneos en la red de transporte.

El elevado número de trayectos hace de ésta la solución de red física más cara.

## Topología en anillo

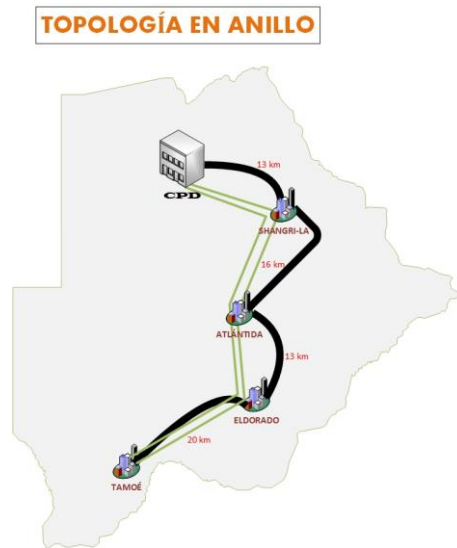


Gráfico 5. Topología en anillo

Se garantiza una razonable protección, mediante el reencaminamiento de tráfico hacia el nodo adyacente en caso de problemas en la red física, y con menor inversión en red que en la topología mallada.

Una avería grave de la canalización interrumpirá el servicio desde el punto de corte, dadas las restricciones de trayectos contempladas en un apartado anterior.

## Topología seleccionada

### Comparativa de topologías

#### Estrella:

- Cualquier corte de red provoca la caída del servicio al polígono conectado.
- La distancia total de red es la suma de las distancias de cada polígono al CPD de Vetusta, siguiendo el trazado de la red viaria.

#### Bus:

- Un corte en el bus provoca que los nodos situados desde dicho corte hasta el extremo queden desconectados.
- La distancia total de red corresponde a la del nodo más lejano del CPD, en nuestro caso TAMOÉ

#### Malla:

- Es la topología más segura, ya que el servicio puede ser recuperado ante un corte en cualquier punto de la red, reencaminándolo hacia otro de los nodos. Puesto que compartimos canalización, una avería grave en ésta impediría este reencaminamiento.



- El total de la red resulta de la suma de todos los trayectos posibles, lo que hace de ésta la topología más cara.

#### Anillo:

- Un corte en uno de los trayectos no implica el corte del servicio, ya que éste puede ser restablecido por el otro. El hecho de que ambos trayectos compartan canalización hace que un problema que afecte a la totalidad de ésta provoque una respuesta similar a la topología en bus.
- La distancia será la resultante de duplicar la correspondiente al nodo más lejano.

Se muestra a continuación una comparativa de las topologías según los factores anteriores.

TOPOLOGÍA	DISTANCIA TOTAL (km)	SEGURIDAD (ante un punto único de corte en la red)
<b>Estrella</b>	146	1 polígono desconectado
<b>Bus</b>	62	Sin servicio desde el punto de corte hasta TAMOÉ
<b>Malla</b>	306	No hay corte de servicio, salvo avería grave en la canalización.
<b>Anillo</b>	124	Como en la topología en bus si el corte afecta a los dos enlaces (avería grave en canalización)

**Tabla 6. Comparativa de topologías**

## Decisión

Observamos en la tabla anterior que la topología en anillo ofrece una suficiente seguridad ante problemas en la red física con un coste muy inferior al de la topología mallada.

Las topologías en estrella o en bus no cumplen con la premisa fundamental de entregar una razonable protección ante cortes de red, por lo que quedan descartadas.

Ante la diferencia de la distancia total de red y su repercusión sobre el presupuesto final, y la imposibilidad de hacer frente a cortes severos en la única canalización disponible, la topología física **en anillo\*** proporciona una suficiente protección y un coste mucho menos elevado.

**\*NOTA:** las posibilidades de trabajo sobre una única fibra que los equipos posteriormente estudiados ofrecen, nos llevarán a una topología lógica de doble bus. Aun así, desde el punto de vista físico sigue siendo una red prácticamente en anillo.

# Medio físico

## Posibilidades

Partiendo de la topología seleccionada observamos que la mayor distancia que debe recorrer el troncal entre nodos es de 62 kilómetros.

Para acercarnos a la decisión estudiamos esta comparativa de los interfaces GBIC de Cisco, cuyos datos extrapolaremos al resto de fabricantes.

GBIC	Longitud de onda (nm)	Cobre/fibra	Tamaño del núcleo <sup>1</sup> (micras)	Ancho banda modal (MHz/km)	Distancia del cable <sup>2</sup>
<b>WS-G5483</b> para 1000Base-T - (cobre)		UTP categoría 5 UTP categoría 5e UTP categoría 6			100 m
<b>WS-G5484</b> 1000BASE-SX <sup>3</sup>	850	MMF	62,5 62,5 50,0	160 200 500	220 m 275 m 550 m
<b>WS-G5486</b> 1000BASE-LX/LH	1310	MMF SMF	62,5 50,0 8,3/9/10	500 500 -	550 m 550 m 10 km
<b>WS-G5487 1000BASE-ZX<sup>5</sup></b>	<b>1550</b>	<b>MMF</b> <b>SMF</b>	<b>8.3/9/10</b> <b>8.3/9/10</b>		<b>70 km</b> <b>100 km</b>

Tabla 7. Interfaces GBIC de Cisco

**SMF**. Single Mode Fibre: Fibra Monomodo

**MMF**. Multimode Fibre: Fibra Multimodo

**UTP**. Unshielded Twisted Pair: Par trenzado (cobre)

**GBIC**. Gigabit Interface Converter: Tipo de módulo conectable a la electrónica de red

**MMF**. MultiMode Fibre: Fibra multimodo

**SMF**. Single Mode Fibre: Fibra monomodo

Con los datos de la tabla anterior observamos que para alcanzar las distancias de nuestra red necesitaremos usar fibra óptica.

**NOTA 1:** Es importante reseñar que el uso de interfaces de Cisco en las tablas de interfaces viene dado por ser este fabricante un referente en equipamiento electrónico, y sólo como ejemplo para facilitar la toma de decisiones previas. La selección final del equipamiento deberá utilizar los valores reales de los interfaces que suministre.

Indicamos a continuación los interfaces de Cisco que trabajan sobre fibra óptica, entregando conexiones Ethernet (además del GBIC indicado en la tabla anterior)

SFP de Gigabit Ethernet de Cisco	Número de pieza	Descripción
SFP de 1000BASE-SX	GLC-SX-MM <sup>1</sup> SFP-GE-S <sup>2</sup>	Funciona en enlaces de fibra de modo múltiple de 50 µm hasta 550 m y en enlaces de fibra de modo múltiple FDDI de 62,5 µm hasta 220 m.
SFP de 1000BASE-LX/LH	GLC-LH-SM <sup>1</sup> SFP-GE-L <sup>1</sup>	Funciona en tramos de enlace de fibra óptica de modo simple estándar de hasta 10 km o hasta 550 m en fibras de modo múltiple.
<b>SFP de 1000BASE-ZX</b>	<b>GLC-ZX-SM<sup>1</sup></b> <b>SFP-GE-Z<sup>2</sup></b>	<b>Funciona en tramos de enlace de fibra óptica de modo simple estándar de hasta 70 km en la banda de los 1550 nm</b>
SFP 1000BASE-BX10-D y 1000BASE-BX10-U	GLC-BX-D <sup>2</sup> GLC-BX-U <sup>2</sup>	Funciona en un único tramo de fibra de modo único estándar. Un dispositivo 1000BASE-BX10-D siempre está conectado a otro dispositivo 1000BASE-BX10-U mediante un único tramo de fibra de modo simple estándar y tiene un rango de transmisión operativa de hasta 10 km.
SFP de 1000BASE-T	GLC-T SFP-GE-T <sup>3</sup>	Módulo transceptor SFP 1000BASE-T para cable de cobre de categoría 5.

**Tabla 8. Interfaces de fibra óptica de Cisco**

**SFP.** Small Form-Fact Pluggable: Tipo de módulo conectable a la electrónica de red y que entrega la interfaz de línea

**NOTA 2:** Las distancias máximas sugeridas en los interfaces indicados en las tablas anteriores hacen referencia a una transmisión de datos con un ratio de error (BERT) inferior a  $10^{-12}$ , esto es un bit erróneo por cada billón transmitido. Como se indica en la nota 1, la decisión final sobre el equipamiento tendrá en cuenta los valores reales de los interfaces propuestos.

Y aquí se muestran los interfaces SFP sobre fibra que utilizan CWDM para entregar el servicio.

Número de pieza	Descripción	Código de color
CWDM-SFP-1470	SFP de CWDM de 1470 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Gris
CWDM-SFP-1490	SFP de CWDM de 1490 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Violeta
CWDM-SFP-1510	SFP de CWDM de 1510 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Azul
CWDM-SFP-1530	SFP de CWDM de 1530 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Verde
CWDM-SFP-1550	SFP de CWDM de 1550 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Amarillo
CWDM-SFP-1570	SFP de CWDM de 1570 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Naranja
CWDM-SFP-1590	SFP de CWDM de 1590 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Rojo
CWDM-SFP-1610	SFP de CWDM de 1610 nm de Cisco; Gigabit Ethernet y Fibre Channel de 1 y 2 Gb	Marrón

**Tabla 9. Interfaces CWDM de Cisco**

De los datos anteriores deducimos que la fibra óptica monomodo (SM o modo simple estándar) es la única que permite alcanzar las distancias que precisamos.

Las fibras que utilicemos deberán estar optimizadas para su trabajo con señales ópticas de 1550 nm de longitud de onda si usamos tramas Ethernet y en la banda desde los 1470 nm a los 1610 nm si queremos utilizar CWDM como mecanismo de transmisión.

## Comparativa de fibras

ITU-T define en su serie de documentos desde G651 A G657 las especificaciones de determinados tipos de fibra óptica.

**G.651.1** Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125  $\mu\text{m}$  para la red de acceso óptico

**G.652** Características de las fibras y cables ópticos monomodo

**G.653** Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada

**G.654** Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado

**G.655** Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula

**G.656** Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha

**G.657** Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso

Las características de cada fibra determinarán su capacidad para hacer frente a los diferentes factores que limitan su capacidad de transmisión, que son principalmente:

**Atenuación:** Expresada en dB/km representa la pérdida de potencia de señal al atravesar el medio de guiado, debido esencialmente a las impurezas que se encuentran en el silicio del núcleo. Es especialmente significativa la atenuación provocada en 1390 nm a causa de la resonancia de los iones OH generados en la fabricación de la fibra, conocida como "Pico de agua".

A continuación se muestra un gráfico con las atenuaciones estándar en cada longitud de onda.

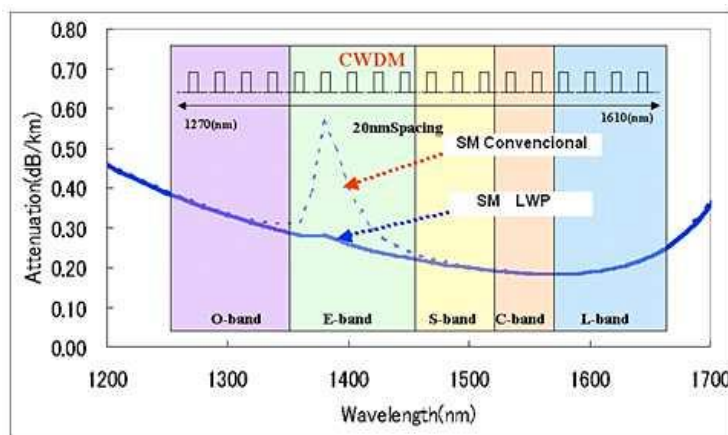


Gráfico 6. Atenuación estándar fibra óptica G652 monomodo

Dispersión cromática (CD): Expresada en ps / (nm\*km) hace referencia al diferente retraso en la transmisión del pulso de luz dependiendo de la longitud de onda de éste. Este retraso provoca un ensanchamiento del pulso que puede dificultar su interpretación en el destino, incrementando el ratio de errores (BERT)

Polarización del modo de dispersión (PMD): Provocado por la diferencia de las constantes de propagación en los ejes ortogonales de la fibra, provoca un efecto similar al de la dispersión cromática. Deriva sobre todo de las imperfecciones en la fabricación de la fibra y de la pérdida de uniformidad en la geometría de la fibra a causa de una defectuosa instalación y/o las tensiones a las que se ve sometido el cable.

El valor se define de forma estadística y no para cada fibra y suele venir acompañado de la probabilidad (Q) y del número de cables que componen el estudio (M)

Se muestra a continuación un gráfico indicativo de los límites recomendados de la PMD en función del ancho de banda requerido.

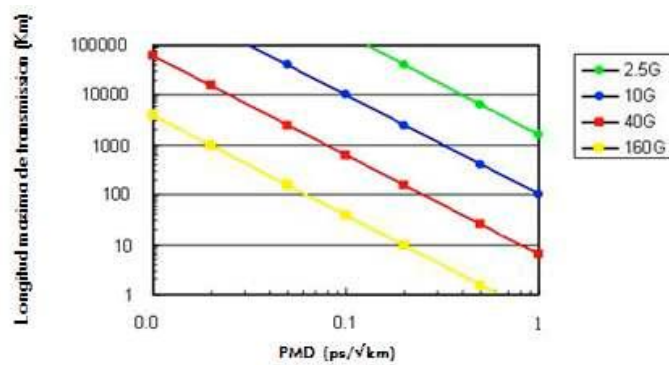


Gráfico 7. Límites de PMD / velocidad\*distancia

Los efectos perniciosos de estos factores son mayores cuanto mayor es la distancia a cubrir y la velocidad de transmisión requerida.

En nuestro caso, en el que la mayor distancia a cubrir no llega a los 100 kilómetros, observamos que es factible entregar señales de hasta 10 Gbps sin que la PMD resulte un problema.

En las siguientes tablas se comparan los datos de las fibras monomodo tipo G652D y G655, por ser las más utilizadas en el mercado.

Características de la fibra G655D		
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Rango	8 - 11 $\mu$ m
	Tolerancia	$\pm$ 0,6 $\mu$ m
Coeficiente de dispersión cromática de 1530 - 1565 nm	Dmin( $\lambda$ ):1460-1550 nm	7.00/90 ( $\lambda$ -1460)-4.2
	Dmin( $\lambda$ ):1550-1625 nm	2.97/75 ( $\lambda$ -1550) +2.80
	Dmax( $\lambda$ ):1460-1550 nm	2.91/90 ( $\lambda$ -1460) +3.29
	Dmax( $\lambda$ ):1550-1625 nm	5.06/75 ( $\lambda$ -1550) +6.20
Coeficiente de atenuación	Max a 1550 nm	0,35 dB/Km
	Max a 1625 nm	0,4 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	Max PMDq	0,20 ps/ $\sqrt$ km

Características de la fibra G652D		
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango	8,6 - 9,5 $\mu$ m
	Tolerancia	$\pm$ 0,6 $\mu$ m
Pendiente de dispersión cromática de 1300 - 1324 nm	S0max	0,092 ps/nm <sup>2</sup> .km
Coeficiente de atenuación Máximo	1310 a 1625 nm	0,40 dB/Km
	1383 $\pm$ 3 nm	*
	1550 nm	0,30 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	Max PMDq	0,20 ps/ $\sqrt$ km
*Atenuación detectada debe ser menor o igual al valor especificado para el intervalo 1310 nm a 1625 nm después del proceso de envejecimiento con hidrógeno conforme a CEI 60793-2-50 en relación con la categoría de la fibra		

Tabla 10. Comparativa de fibras G652D vs. G655

## Medio elegido

De la información del apartado anterior podemos deducir que la fibra de tipo G655 es la más adecuada para altas velocidades y grandes distancias, al tener una mejor respuesta ante la PMD que la fibra G652D.

La fibra G652D permite trabajar a velocidades de 2,5 Gbps en tramos de unos 80 km, tal como indica la documentación de Corning, uno de los principales fabricantes de cables de fibra del mundo.

*" It addresses the transmission potential of full spectrum, optical transmission by eliminating high attenuation in and around the water-peak region (1360 nm – 1460 nm). ... SMF-28e fiber has unsurpassed specifications to enable optical transmission throughout the entire single-mode operating window and is optimized for 16+ channel coarse wavelength division multiplexing (CWDM) networks. ... SMF-28e fiber is suitable for various applications with link lengths less than 80 km and data rates around 2.5 Gbps"*

*"Dirigida a la transmisión óptica en el espectro completo, mediante la eliminación de la alta atenuación en y alrededor de la región de pico de agua. (1360 nm - 1460 nm) ... fibra SMF-28e tiene especificaciones sin igual para permitir la transmisión óptica en toda la ventana de operación monomodo y está optimizado para 16+ canales de multiplexación por división de longitud de onda en CWDM. ... fibra SMF-28e es adecuada para diversas aplicaciones con enlaces de menos de 80 km de longitud y tasas de datos alrededor de 2,5 Gbps "*

La diferencia de precio entre ambos tipos de fibra no es significativa (G652D:\$0,17/m, G655: \$0,17/m según la página de Corning), por lo que la decisión se basará en la posibilidad de instalar cableado específico, en cuyo caso se instalaría G655 para prever futuras ampliaciones; o alquilar el cableado G652D que el Cabildo pone a nuestra disposición.

# Sistema de transmisión

## Posibilidades

A la vista de los interfaces de fibra indicados en el punto anterior tenemos dos posibles estructuras de red.

### Mediante interfaces Ethernet de fibra óptica

Definido en las normas de la serie IEEE 802.3, Ethernet es la base de la casi totalidad de las redes locales actuales, por lo que su integración con el equipamiento del CPD debe resultar sencilla.

Los troncales entre los equipos de electrónica de red de los nodos se constituirán mediante la integración de interfaces Gigabit, y la multiplexación de servicios se efectuará mediante configuración de calidades de servicio y tráfico en dichos equipos, presumiblemente a nivel de capa IP.

Si se desea mantener un mínimo de 1 Gbps por nodo y la estructura en anillo, debemos disponer de cuatro enlaces de 1 Gbps en cada tramo, para mantener la garantía de servicio ante eventuales caídas de un troncal completo, que nos permita reenviar el tráfico hacia el otro equipo adyacente. Esta solución supone ocho interfaces de fibra por cada nodo.

### Mediante interfaces WDM

Si utilizamos multiplexación por división de longitudes de onda, podemos dedicar un único enlace de fibra por tramo para hacer llegar los tráficos de todos los polígonos, ya que cada enlace entre el nodo y el CPD utiliza una longitud de onda específica, que comparte el medio físico con el resto.

Se muestra a continuación un gráfico que facilita la comprensión del mecanismo.

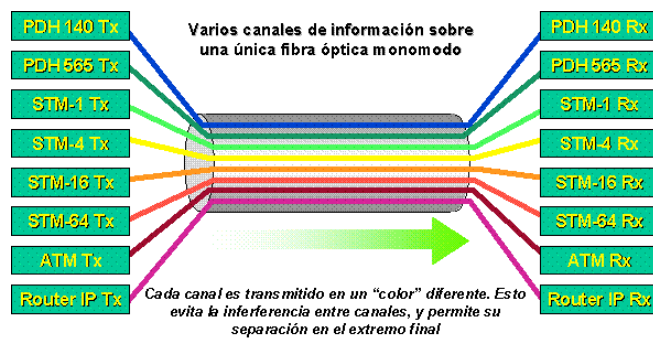


Gráfico 8. Esquema de uso de WDM



## Costes de la red física

WDM es capaz de simultanear varios enlaces de datos sobre una única fibra. Estudiaremos los costes de la red física para decidir si esta ventaja es suficiente para tomar una decisión.

### Alquiler de fibra oscura

Los precios son los planteados por el Cabildo para el alquiler de un par de fibra G652D a lo largo de la red viaria que da sustento a esta infraestructura. La unidad mínima de alquiler es el par de fibras

### Alquiler de canalización

Los precios son los propuestos por el Cabildo para el alquiler de su infraestructura de canalizaciones, que diferencia el uso de subconductos completos de 40 mm de la ocupación de conductos, con cables previamente instalados o no, en función de la sección del cable que se pretende instalar. En el caso que nos ocupa suponemos un cable de 32 fibras ópticas con un diámetro de 12,3 mm (sección: 1,18 cm<sup>2</sup>)

### Instalación de red propia

El estudio parte de un precio de 1,9 €/m de cable PKP\* de 32 fibras G652D, y un coste de instalación de dicho cable de 6 €/m en canalizaciones sin problemas, como deben ser las alquiladas por el Cabildo, de reciente instalación.

Para mensualar los costes de instalación de red propia, se supone una amortización de la inversión en 60 meses.

\*Cable PKP: cable con doble cubierta dieléctrica de protección, con recubrimiento de aramida entre ambas para dotarlo de resistencia a la tracción.

	Precios	Unidades	Coste mensual Alquiler (a partir de 2º par de fibras)	Coste mensual Cable propio
<b>Inversión cable propio (mensualizada)</b>				
Cable 32 FO G652D	1,9	€/m		1963,33
Instalación cable	6	€/m		6200,00
<b>Alquiler canalizaciones (mensual)</b>				
Sección ocupada (110 mm)	0,008	€/cm2*mes		590,24
Sección ocupada (63 mm)	0,018	€/cm2*mes		1328,04
Conducto completo (subconducto 40 mm)	0,02	€/m*mes		1240
Conducto completo (subconducto 63 mm)	0,06	€/m*mes		3720
<b>Coste cable propio (mensual)</b>				
Total Cable propio (sección ocupada 63 mm)				<b>9.491,37 €</b>
Total Cable propio (sección ocupada 110 mm)				<b>8.753,57 €</b>
Total Cable propio (subconducto 40 mm)				<b>9.403,33 €</b>
Total Cable propio (subconducto 63 mm)				<b>11.883,33 €</b>
<b>Coste alquiler par de fibras</b>				
Alquiler fibra oscura	0,18	€/m*mes	<b>11.160,00 €</b>	
Diámetro cable PKP 32 FO	12,3	mm		
Sección cable PKP 32 FO	1,19	cm2		
Distancia red troncal	62	km		

Tabla 11. Coste de red física (par de fibras)

Teniendo en cuenta los costes evaluados en la tabla 11 la opción WDM resulta la más económica. Cualquier otra opción exige el alquiler de fibras o la instalación de cable propio, con el consiguiente encarecimiento del proyecto.

## Comparativa WDM

Distinguimos dos familias básicas de sistemas WDM:

### CWDM

Son las siglas de Coarse Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación "Gruesa" (ordinaria) por División de Longitud de Onda)

Estandarizada por la ITU-T en su recomendación G694.2 en 2002 define hasta 18 posibles longitudes de onda, en la banda de los 1.270 nm a los 1.610 nm, separadas 2500 GHz (20 nm) Esta separación permite el uso de láseres con mayor ancho de banda espectral y no estabilizados, usualmente de tipo DBF, ya que acepta leves variaciones en la longitud de onda central generada.

No permite el uso de amplificadores ópticos basados en fibra dopada con erbio (EDFA) por lo que alcanza distancias menores que otras tecnologías que sí lo permiten.

El máximo ancho de banda teórico por longitud de onda es de 2,5 Gbps, aunque existe equipamiento en el mercado que consigue anchos de banda de 10 Gbps sobre una sola lambda CWDM.

### DWDM

Son las siglas de Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda)

Aunque existen diferentes versiones, la ITU-T definió en 202 en su recomendación G694.1 en 2002 la parrilla de frecuencias, referenciadas sobre la frecuencia central de 193.10 THz (1,552.52 nm) con una separación de 0,8 nm entre cada una de ellas.

Lo reducido de la diferencia entre bandas exige el uso de láseres de alta precisión, cuya estabilidad depende entre otras cosas de mantener una temperatura constante por lo que deben añadirse mecanismos de enfriamiento. Igualmente los filtros paso banda que seleccionan cada longitud de onda deben ser extremadamente precisos.

El uso de la banda de los 1.550 nm permite la amplificación mediante fibra dopada con erbio (EDFA) lo que aumenta la distancia máxima de los enlaces DWDM, aunque este aumento requiere incorporar a los equipos, además de los propios amplificadores, elementos de corrección de la dispersión cromática, cuyos efectos son más perceptibles al aumentar la longitud del enlace y la velocidad de transmisión.

Actualmente es habitual que los equipos entreguen 10 Gbps por cada longitud de onda, aunque ya los hay que permiten 40 Gbps.

### Comparativa de uso de frecuencias

Observamos en el gráfico 9 el distinto espaciado entre frecuencias de una y otra versión de WDM.

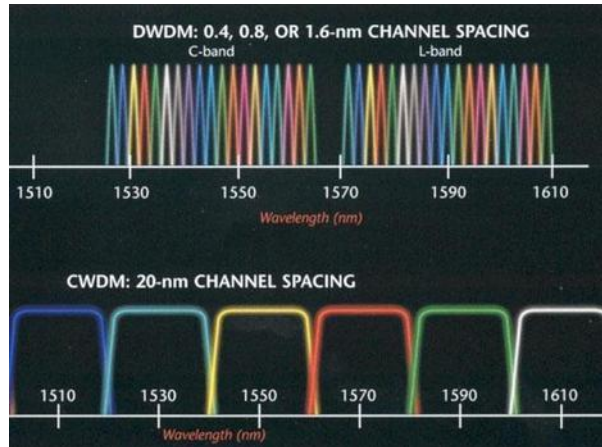


Gráfico 9. Bandas usadas en CWDM y DWDM

El menor espaciado entre frecuencias de DWDM exige mayor precisión en todos los elementos ópticos: láseres de emisión, filtros y elementos ópticos pasivos y receptores de señal.

A cambio de estas exigencias ofrecen la posibilidad de ampliar la señal óptica, y por tanto aumentan el alcance de ésta antes de requerir su regeneración.

### Sistema elegido

Basaremos la decisión en la capacidad de cada sistema de superar las distancias máximas de nuestra red y de entregar el ancho de banda requerido manteniendo las restricciones presupuestarias del proyecto, especialmente las relacionadas con la red física.

	Ethernet	CWDM	DWDM
<b>Distancia máxima de enlace (teórica)</b>	80 km	80 km	> 1.000 km
<b>Velocidad por longitud de onda o enlace</b>	1 Gbps	2,5 Gbps	10(40) Gbps
<b>Flexibilidad de configuración</b>	Baja	Media	Alta
<b>Total de interfaces de red</b>	40	10	10
<b>Distancia total de enlaces de fibra</b>	248 km	62 km	62 km
<b>Coste de equipamiento de red</b>	Bajo	Asumible	Elevado

Tabla 12. Elección de sistema de transmisión

Observamos que el uso de enlaces Ethernet implica disponer de cuatro enlaces entre los nodos adyacentes, con el consiguiente coste de red física.

Las opciones WDM suponen un importante ahorro de recursos puesto que permiten multiplexar señales distintas por una misma fibra.

**CWDM** a 2,5 Gbps garantiza a priori bastante ancho de banda para nuestras necesidades, y el alcance de sus interfaces es suficiente para las distancias que se plantean en el proyecto, por lo que será la opción estudiada.

# Equipamiento de Telecomunicaciones

---

## Factores de ponderación del equipamiento

Para decidir el equipamiento óptimo para cubrir nuestras necesidades, estudiaremos los siguientes factores (además del coste), tomando en cuenta los equipos básicos de cada serie:

### Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra

Siguiendo el resultado del apartado anterior, y con el fin de mantener unos costes reducidos en la fase inicial de implantación y posteriores, la capacidad de transmitir y recibir sobre la misma fibra reduce las necesidades de red física, y es la única opción de ofrecer resistencia a cortes de red con el un único par de fibras.

Peso en la ponderación: Pasa / No pasa

### Número de longitudes de onda (lambdas)

La recomendación G694.2 de ITU-T define el uso de hasta 18 longitudes de onda en CWDM, si bien la práctica aconseja utilizar las 8 comprendidas entre los 1470 nm y los 1610 nm, cuya atenuación ronda los 0,2 dB/km, como se muestra en el gráfico 6 de este documento.

La posibilidad de trabajar con 16 lambdas, aunque requerirá de un estudio específico de alcance en cada nodo, nos permitirá una mayor escalabilidad sin necesidad de ampliaciones de la red física.

Peso en la ponderación: 10

### Interfaces de cliente

Valoraremos en este apartado la incorporación de interfaces Ethernet e interfaces Fibre Channel para posibles interconexiones directas entre equipos de almacenamiento, la existencia de otros tipos de interfaz, así como la cantidad máxima de interfaces Ethernet que podemos incorporar en los cinco equipos.

Peso en la ponderación:

- Interfaces Ethernet / Fibre Channel: Pasa / No pasa
- Variedad interfaces: 2
- Capacidad total: 5

## Alcance máximo de los interfaces de línea

TAMOÉ se encuentra a 62 kilómetros del CPD, por lo que esa será la distancia máxima a cubrir, salvo que dediquemos recursos a la regeneración de señales en nodos intermedios.

Este parámetro se medirá en función del margen de atenuación permitida por los equipos y la pérdida máxima admitida en cada interfaz.

En la tabla siguiente indicamos la pérdida máxima admisible desde el CPD hasta cada polígono comercial, en base a las atenuaciones provocadas por el propio cable (media: 0,25 dB/km\*), las fusiones intermedias (media: 0,1 dB/fusión), los latiguillos de conexión (0,6 dB por latiguillo) y las que introducen los filtros pasivos de longitudes de onda.

\* Se utilizan los datos del gráfico 6, y no los valores máximos de atenuación de la fibra. En cualquier caso, los SFP que se usarán dependerán de las medidas reales de la fibra previas a la instalación.

Peso en la ponderación: 4

	SHANGRI-LA	ATLANTIDA	ELDORADO	TAMOÉ				
Kilómetros desde CPD	13	3,25	29	7,25	42	10,5	62	15,5
Fusiones entre CPD y el nodo	10	1	25	2,5	35	3,5	50	5
Pérdida por inserción-extracción/en paso	1/0,8	2	2,8	2,8	3,6	3,6	4,4	4,4
Pérdida por conector	0,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
<b>Pérdida máxima aceptada por el interfaz (dB)</b>		<b>8,65</b>	<b>14,95</b>	<b>20,00</b>	<b>20,00</b>	<b>20,00</b>	<b>27,30</b>	<b>27,30</b>
Atenuación (db/km)	0,25							
Pérdida por fusión (dB)	0,1							

Tabla 13. Atenuación prevista por enlace

## Protección ante cortes

Este factor ponderará la variedad de estrategias ante cortes de la red física, tanto en la estructura anillada que se plantea inicialmente, como en futuras topología hacia los que pudiera avanzar el proyecto.

Se valorarán esencialmente si dicha recuperación se efectúa de forma automática y la rapidez con la que se efectúa.

Peso en la ponderación:

- Restablecimiento automático: 4
- Tiempo de recuperación: 4

## Facilidades de gestión

Resulta fundamental poder acceder desde el propio CPD al equipamiento de comunicaciones, tanto para mantener una monitorización de los equipos y su tráfico, como para reconfigurar las opciones que dichos equipos entreguen.

Peso en la ponderación: 4

## Escalabilidad

Evaluaremos las posibilidades de crecimiento del proyecto inicial hasta alcanzar los límites antes de tener que cambiar de tecnología.  
Evaluaremos este crecimiento en función de los interfaces Ethernet y Fibre Channel entregables en cada nodo

Peso en la ponderación: 6

## Soporte local

En función de la base instalada en Utopía y su entorno, y de la experiencia con el fabricante, se tendrá en cuenta la capacidad de éste último para acometer el mantenimiento de segundo nivel de sus equipos, asumiendo que el CPD cuenta con personal para resolver en primera instancia cualquier eventualidad no compleja.

Peso en la ponderación: 5

## Equipos en estudio

### Elementos fundamentales de los equipos

Indicamos a continuación los elementos fundamentales que constituyen cada uno de los equipos, para facilitar la comprensión del análisis y entender la justificación de las decisiones.

#### Chasis

Constituye el soporte físico en el que se insertan las tarjetas que darán servicio a la red propuesta.

Incluye en todos los casos expuestos el armazón que se insertará en armarios de dimensiones estándar, el *backpanel* que interconectará las tarjetas electrónicas que componen el equipo, la unidad controladora de la gestión y conmutación interna del equipo, doble fuente de alimentación de corriente alterna (todos ellos pueden igualmente alimentarse en corriente continua de -48V) y doble unidad de ventilación.

Se indica en cada caso la ocupación de espacio medida en unidades de altura (U) dentro de un armario de 19". Una U corresponde a 3 agujeros de atornillado en el chasis vertical de los armarios, que suman 1,75 pulgadas de alto.

**Muxponder / Transponder**

Reciben este nombre las tarjetas encargadas de insertar las señales de entrada a los equipos (interfaces de cliente) en las señales de salida (interfaces de línea), incorporando si es preciso la información de control necesaria para su correcta transmisión.

Si las señales de entrada son multiplexadas sobre la señal de línea se denominan *muxponder*, mientras que si su misión es solamente la de adaptar la señal de cliente a la de línea se denominan *transponder*.

**SFP / XFP**

Son los módulos que, conectados a los interfaces de cliente o de línea, convierten las señales eléctricas de las tarjetas en señales de línea. Son los responsables de la transmisión y recepción de las señales de línea.

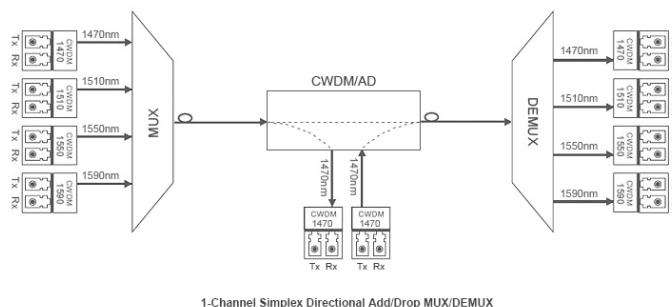
**OADM**

Es la unidad que se ocupa de insertar y extraer las señales de línea en el medio físico, permitiendo el paso por éste del resto de lambdas. En el caso de WDM su nomenclatura técnica es OADM (*Optical Add Drop Multiplexer*)

Existen varios tipos de OADM en función de sus capacidades para variar por configuración (o automáticamente) las longitudes de onda de los emisores o la interconexión de lambdas entre las diferentes fibras. En nuestro caso usaremos OADM de configuración fija (FOADM) que carecen de dichas capacidades.

Los FOADM son elementos ópticos pasivos, por lo que la máxima distancia alcanzable por los equipos dependerá exclusivamente del rendimiento de los SFP/XFP.

Se muestra a continuación un esquema explicativo de un OADM que extrae/inserta una lambda CWDM hacia ambos extremos, en los que se encuentran dos MUX/DEMUX de cuatro longitudes de onda.



**Gráfico 10. Esquema de un OADM de un canal CWDM (duplex)**



En nuestro caso utilizaremos un OADM capaz de insertar/extraer las longitudes de onda que precisamos sobre/de una única fibra (como el presentado en el gráfico), del que usaremos sólo el sentido nodo ---> CPD

## MUX / DEMUX

Multiplexa / demultiplexa las diferentes longitudes de onda sobre una o dos fibras ópticas. A diferencia de los OADM, los MUX/DEMUX sólo pueden utilizarse en los extremos del enlace óptico, ya que no permiten la inserción /extracción de lambdas de un enlace en paso.

Se muestra a continuación un gráfico explicativo de su funcionalidad

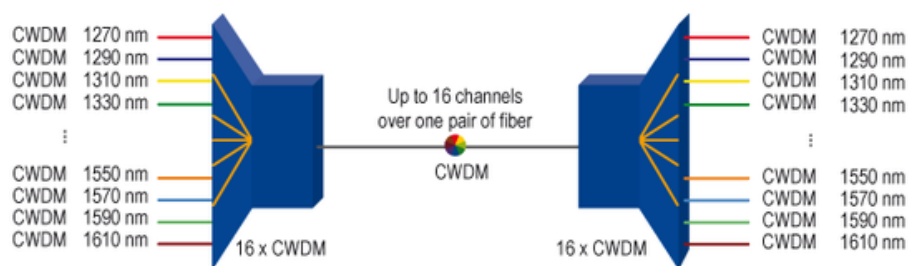


Gráfico 11. Esquema de un MUX / DEMUX CWDM

## ALCATEL Serie 1830 PSS (Photonic Service Switch) Series

Fabricante francés, proveedor habitual de operadoras de comunicaciones de todo el mundo, cuenta con un excelente soporte y una amplia gama de equipamiento que cubre las necesidades actuales y futuras del proyecto.

Su modelo **1830 PSS-1 MD4H** incorpora interfaces Gigabit Ethernet mediante SFP y ocupa una sola U, por lo que será el que utilizaremos en los nodos de los polígonos.



Ilustración 1. Alcatel 1830 PSS-1 MD4H

El modelo **1830 PSS-4**, de diseño modular y que ocupa 3U será el que entregará servicios desde el CPD.



Ilustración 2. Alcatel 1830 PSS-4

### Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra

Admite la transmisión bidireccional sobre monofibra desde su unidad de filtros.

### Número de longitudes de onda (lambdas)

Soporta un máximo de 8 lambdas

### Alcance máximo de los interfaces de línea

Admite configuraciones en monofibra con vanos de hasta 28 dB de atenuación.

### Interfaces de cliente

Entrega hasta ocho interfaces de cliente, que permiten tráfico Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Fibre Channel, SONET, JDS, SDI y DVB.

El equipo de los nodos entrega 8 interfaces de cliente y cuatro interfaces de línea, mientras que el del CPD puede entregar hasta 16 interfaces de cliente y 8 interfaces de línea

### **Protección ante cortes**

La protección E-SNCP es un mecanismo de protección del lado de línea que protege frente a pérdidas de señal de línea debidas a fallo del SFP, corte de fibra o malfuncionamiento de un nodo intermedio.

### **Facilidades de gestión**

Potente herramienta de gestión centralizada dentro de banda, con análisis y monitorización de señales en cada tramo y posibilidad de configuración remota de equipos.

### **Escalabilidad**

Los nodos estudiados no permiten su reconfiguración física. El crecimiento en los nodos de los polígonos requerirá la sustitución completa del equipo.

El nodo del CPD permita la instalación de más tarjetas, tanto *muxponder* como filtros ópticos.

### **Soporte local**

Alcatel da servicio a las principales operadoras del mercado, incluida la operadora de Utopía, por lo que dicho soporte está garantizado.

## TRANSMODE TM Series

Fabricante sueco, con varias implantaciones de redes WDM en Utopía, tiene en su catálogo de productos equipos susceptibles de constituir una red que cumpla las especificaciones del proyecto.

El chasis modular **TM-102**, que ocupa 1 U será la base inicial instalada en los nodos de los polígonos industriales. Incorpora interfaces Gigabit mediante SFP.



Ilustración 3. Transmode TM-101

Para la entrega de servicios desde el CPD utilizaremos el chasis **TM-103**, más versátil y que ocupa 3 U



Ilustración 4. Transmode TM-103

### Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra

Admite la transmisión bidireccional sobre monofibra desde su unidad de filtros.

### Número de longitudes de onda (lambdas)

Soporta hasta 16 longitudes de onda

### Alcance máximo de los interfaces de línea

Admite configuraciones en monofibra con vanos de hasta 30 dB de atenuación.

## Interfaces de cliente

Dependiendo del *muxponder* instalado, los equipos de Transmode entregan interfaces Fast Ethernet, GbE, Fibre Channel, SONET, JDS

El equipo de los nodos entrega 4 interfaces GbE de cliente y dos interfaces de línea duplicados con posibilidad de protección 1+1 mediante la instalación de SFP.

En el CPD podemos instalar hasta tres *muxponder* como los de los nodos de los polígonos.

## Protección ante cortes

La protección 1+1 es un mecanismo de protección que permite conmutar entre el enlace habitual de trabajo y un segundo enlace de protección en menos de 50 ms en caso de caída de línea.

## Facilidades de gestión

Transmode proporciona su potente herramienta propietaria Enlighten, que permite la planificación, el diseño y la gestión centralizada de todo el equipamiento mediante la implementación de módulos software específicos. En nuestro caso sólo contemplamos el uso de TNM (Transmode Network Manager)

## Escalabilidad

Ambos tipos de nodo son modulares, si bien el TM-101 sólo permite la instalación de un *muxponder* y una tarjeta de filtros.

## Soporte local

Pese a ser un fabricante relativamente poco conocido, cuenta con dos instalaciones en Utopía para dos importantes clientes públicos dedicados a la investigación. Esta planta instalada nos permite confiar en un buen soporte del producto.

## HUAWEI Serie Optix OSN 1800

El fabricante chino se ha convertido en un proveedor fundamental de las operadoras europeas, compitiendo en calidad y precio con los suministradores establecidos en la Unión Europea.

Los equipos **OSN 1800 I** son los previstos para su instalación en los polígonos industriales, mientras que el **OSN 1800 II** entregará los servicios desde el CPD. Ocupan 1 U y 2 U respectivamente.



Ilustración 5. Huawei OSN 1880 I / 1800 II

### Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra

Permite la transmisión bidireccional sobre monofibra desde su unidad de filtros.

### Número de longitudes de onda (lambdas)

Soporta hasta 8 longitudes de onda

### Alcance máximo de los interfaces de línea

Admite configuraciones en monofibra con vanos de hasta 36 dB de atenuación.

### Interfaces de cliente

Depende del *muxponder* instalado, los equipos de Huawei entregan interfaces Fast Ethernet, GbE, Fibre Channel, SONET, JDS, EPON, DVB, SDI, CPRI

El equipo estudiado entrega 4 interfaces GbE cliente y dos interfaces de línea, todos ellos con posibilidad de protección 1+1 o E-SNCP. Esta configuración puede ser ampliada mediante la instalación de un segundo *muxponder*.

En el CPD pueden montarse cuatro *muxponder* como los de los nodos.

### Protección ante cortes

Puede utilizar protección 1+1 o E-SNCP para conmutar el enlace de trabajo por el de protección en menos de 50 ms.

### Facilidades de gestión

HUAWEI proporciona una herramienta propietaria de gestión denominada iManager U2000, que permite la monitorización y la gestión centralizada de todo el equipamiento. Enlaza igualmente con otros sistemas de soporte mediante SNMP, CORBA, XML Y FTP

### Escalabilidad

Ambos tipos de nodo son modulares, por lo que permiten añadir más tarjetas en función de nuestras necesidades.

### Soporte local

El soporte dado por Huawei al operador dominante en Utopía no ha sido tan satisfactoria como la entregada por Alcatel, y no cuenta con instalaciones específicas de cliente.

## TELDAT CMUX4+

Esta empresa española lleva desde 1985 diseñando y fabricando excelente equipamiento de comunicaciones. Su relación con Telefónica y su expansión internacional hacen de TELDAT una excelente opción a estudiar, pese a seguir siendo desconocida por el gran público.

El equipo base con el que estudiaremos el proyecto es el **CMUX4+**, equipo interconectable para conseguir mayores capacidades y del que incorporaremos uno por cada nodo en los polígonos industriales y dos en el CPD. Entrega interfaces Ethernet directamente en fibra.



Ilustración 6. Teldat CMUX4+

### Posibilidad de transmisión bidireccional en monofibra

Permite la transmisión bidireccional sobre monofibra desde su unidad de filtros.

### Número de longitudes de onda (lambdas)

Soporta hasta 16 longitudes de onda mediante la interconexión de equipos

### Alcance máximo de los interfaces de línea

Admite configuraciones en monofibra con vanos de hasta 34 dB de atenuación.

### Interfaces de cliente

Los equipos de Teldat entregan interfaces Fast Ethernet, GbE, Fibre Channel, SONET, JDS e Infiniband

El equipo previsto en los nodos entrega 4 interfaces GbE cliente y cuatro interfaces de línea, todos ellos con posibilidad de protección 1+1. Esta configuración puede ser ampliada mediante la interconexión de más equipos similares.

En el CPD se prevé la instalación de dos CMUX4+ interconectados.



### Protección ante cortes

Puede utilizar protección 1+1 o 1:1 para conmutar el enlace de trabajo por el de protección en menos de 50 ms, o utilizar el enlace de protección para tráfico menos prioritario y conmutar manualmente en caso de fallo, respectivamente.

### Facilidades de gestión

Permite la gestión tanto dentro de banda como fuera de banda mediante un canal de servicio. Se integra mediante SNMP en plataformas estándar de gestión como Tívoli, Spectrum, Castlerock, etc.

El presupuesto inicial incluye la licencia de Castlerock como herramienta de gestión.

### Escalabilidad

La falta de modularidad de los equipos se solventa mediante su capacidad de interconexión, lo que le dota de flexibilidad a costa de ampliar el equipamiento original.

### Soporte local

Teldat es igualmente suministrador de la operadora dominante de Utopía, lo que garantiza un buen soporte local, si bien la operadora se provee de equipos CWDM de otros fabricantes.

## Equipo seleccionado

### Resumen comparativo

Se muestra a continuación una tabla comparativa de los equipos seleccionados, en función de los factores de decisión previamente establecidos.

En esta tabla el factor de ponderación actúa como elemento máximo de puntuación, y las puntuaciones inferiores a éste se establecen de forma subjetiva en función de la importancia que las posibles carencias tengan sobre el objetivo final del proyecto.

Se incluyen en la tabla algunos elementos específicos de cada solución que pueden ser importantes en la toma de decisión.

Se marcan en color verde aquellos factores que resaltan positivamente en la comparación del mismo factor de decisión, y en rojo aquellas que lo hacen de forma negativa.

FACTORES DE DECISIÓN	PUNTAJACIÓN MÁXIMA	ALCATEL 1830P55		TRANSMODE TM SERIES		HUAWEI OSN1800		TELDAT	
		PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN	PUNTAJACIÓN
<b>Monofibra</b>	Pasa / No pasa	SI		SI		SI		SI	
<b>Número de lambdas</b>	10	8	4	16	10	8	4	16	10
<b>Distancia máxima (máxima atenuación en dB)</b>	4	35	4	33	4	36	4	34	4
<b>Interfaces de cliente</b>									
Ethernet y Fiber Channel	Pasa / No pasa	SI		SI		SI		SI	
Variedad (tipos de interfaz)	2	6	1	6	1	6	1	8	2
Capacidad máx Ethernet polígono	6	8	6	4	5	8	6	4	5
Capacidad máx Ethernet CPD	6	16	6	12	4	16	6	16 (sumando equipos)	4
<b>Protección ante cortes</b>									
Restablecimiento automático (si/no)	10	SI	10	SI	10	SI	10	SI	10
Tiempo de recuperación	8	<50 ms	7	<20 ms	8	<50 ms	7	<50 ms	7
<b>Facilidades de gestión</b>									
Capacidad	4	Muy alta	4	Muy alta	4	Muy alta	4	Alta	3
Precio		15.000		2.600		15.000		2.700	
<b>Escalabilidad</b>	6	Muy alta	6	Media	4	Alta	5	Media (sumando equipos)	3
<b>Soporte local</b>	5	Muy bueno	5	Bueno	4	Regular	3	Bueno	4
<b>Precio</b>	Equipamiento e Instalación	45.000		20.500		50.000		46.500	
<b>Especificidades</b>									
						Gestión integrable en otros OSS		Soporta interfaces Infiniband	
		Precios a partir del preciarío de Telefónica		Ex Works en Alemania. Sin instalación				No soporta agregación de tráficos sobre una lambda	
<b>COSTE TOTAL / PUNTAJACION</b>		60.000 €	53	23.100 €	54	65.000 €	50	49.200 €	52

Tabla 14. Comparativa de equipamiento de red

### Decisión sobre equipamiento

A la vista de los resultados de la tabla anterior, y puesto que las diferencias en precio y prestaciones no resultan globalmente significativas, han pesado en la decisión tres elementos fundamentales, todos ellos motivados por la posibilidad de dar servicio a nuevas necesidades sin modificar la tecnología de transmisión, sobre el mismo par de fibras inicial y garantizando un buen soporte técnico:

- Número de lambdas
- Escalabilidad
- Soporte local

Observando los datos de la tabla anterior y las características fundamentales de cada modelo seleccionamos la solución basada en equipamiento **Transmode**, por las siguientes razones:

- Permite el uso de 16 longitudes de onda
- Permite multiplexar servicios dentro una misma longitud de onda, optimizando el uso de la red de fibra.
- Admite módulos SFP de otros fabricantes (lo que permitirá reutilizar los usados en soluciones intermedias)
- Si bien su escalabilidad es menor que otras soluciones, ésta se consigue mediante el cambio de chasis, sin modificar el sistema de transmisión.
- Cuenta con un excelente software de gestión.
- El soporte local es bueno, ya que existen implantaciones de estos equipos en Utopía.
- El coste es el menor de los ofertados\*

\* No incluye transporte ni instalación

## Elementos de la configuración

Antes de indicar la configuración definida para los equipos de Transmode, tanto en los nodos como en el CPD resumiremos a continuación las características fundamentales de cada elemento propuesto en dicha configuración.

Existe información más detallada en las hojas técnicas adjuntas.

### Chasis TM-102/II

Bastidor de 1 U con doble alimentación y ventilación redundante. Tiene capacidad para albergar 1 tarjeta de tráfico CWDM o DWDM de ranura completa y una unidad de filtros, activa o pasiva, de media ranura.

### Chasis TM-301

Bastidor de 3 U, con alimentación y ventilación redundante, que admite varias configuraciones de sus cinco ranuras, de la que una debe ser ocupada por la unidad de control.

Admite hasta tres tarjetas activas (*muxponders*) por chasis.

### Muxponder TPDDGBE

Tarjeta que permite multiplexar cuatro tramas Gigabit Ethernet sobre dos longitudes de onda CWDM de 2,5 Gbps de ancho de banda.

Los interfaces de línea (CWDM) son dobles y admiten redundancia 1+1 (un interfaz de trabajo y otro de protección).

## AD1/AD4-1F/xxxxx

Unidades de OADM que permiten la inserción/extracción de longitudes de onda CWDM hacia/desde una sola fibra óptica. También se les denomina como "filtros".

## SFP

Módulos conectables a las tarjetas que definen el interfaz físico con la red. Diferenciamos los interfaces de cliente (1310-1550 nm) de los de línea (CWDM con lambdas específicas y alcance máximo por nodo)

## Tabla de configuración

Se muestra a continuación una tabla con los elementos básicos de la red CWDM (sin conmutadores de nivel 2, SFPs y latiguillos)) para dar servicio a los cuatro nodos CWDM usando 8 lambdas.

En la configuración se supone el uso de dos chasis TM102 en el CPD, en lugar de un TM 301, por razones de costes, ya que deberá mantenerse un stock de mantenimiento.

ELEMENTO	NOMBRE	CÓDIGO	CPD	NODO 1	NODO 2	NODO 3	NODO 4
Chasis	TM-102/II DC, 19"/ETSI/23"	TM102/II-DC	2	1	1	1	1
Muxponder	Double DGBE xWDM, Basic Unit	TPDDGBE	2	1	1	1	1
OADM	1ch/2-fiber DWDM Add-Drop, 100GHz	AD1-2F/xxxxx		2	2	2	2
OADM	4ch/2-fiber DWDM Add-Drop, 100GHz	AD4-2F/xxxxx	2				
SFP cliente	SFP, 1310nm, SM,1000-2125Mb/s, 10km	TRX100041	8	2	2	2	2
SFP enlace	CWDM SFP MultiRate, 20dB/40km xxxx	TRX100014/bb	6	2	2	2	
SFP enlace	CWDM SFP MultiRate 28dB/80km xxxx	TRX100015/bb	2				2

Tabla 15. Configuración básica del equipamiento

\* Cada nodo requiere un OADM para el enlace de trabajo y otro para el de respaldo. Puesto que el chasis TM-102 sólo tiene capacidad para una tarjeta pasiva, el segundo OADM de los nodos será un componente externo, presumiblemente del fabricante Solid Optics.

# Solución definitiva

---

## Topología de red lógica

El equipamiento de red seleccionado nos permite disponer de cuatro enlaces Gigabit Ethernet en cada polígono industrial, utilizando para ello las 16 lambdas que nos permite la solución de Transmode.

Podemos utilizar directamente estos interfaces para entregar servicio a la electrónica de los clientes del polígono, o bien usarlos como troncales de conmutadores de nivel 2 desde los que entregar los interfaces hacia los equipos de cliente, y así aumentar la dispersión de los servicios en los polígonos.

Para acometer esta segunda opción incorporaremos en cada nodo uno o varios conmutadores de nivel 2\* desde los que extender los enlaces hacia cliente. Cada conmutador entrega 12 interfaces mediante SFP, que nos permitirá decidir el interfaz físico en función de cada necesidad. En los clientes se conectará la electrónica IP sobre la que se configurarán las redes propias de cada cliente.

Estudiando las atenuaciones máximas que permiten los interfaces de línea, sabiendo que los FOADM son pasivos y no permiten por tanto la regeneración de señal y partiendo de los datos de la tabla 13 de atenuaciones máximas por enlace, deducimos que no es posible construir una red lógica en anillo, ya que las distancias desde SHANGRI-LA y ATLÁNTIDA hasta el CPD por el trayecto más largo del anillo superan las atenuaciones máximas soportadas.

Por ello, y a partir de las posibilidades del equipo seleccionado, la red se constituirá mediante una topología física y lógica de doble bus monofibra, en la que una de las fibras será la de trabajo y la otra la de protección, permitiendo el reencaminamiento automático del tráfico desde una fibra a otra en caso de corte del enlace principal.

Inicialmente cada equipo CWDM situado en los nodos de los polígonos suministrará 2 enlaces GbE hacia un conmutador Cisco, ocupando para ello en el enlace de línea dos longitudes de onda (una en cada sentido de la transmisión) por una misma fibra compartida con el resto de nodos.

Esta configuración ocupará las ocho principales longitudes de onda de la banda ancha de CWDM (1470 nm -1610 nm), que son las que menor atenuación presentan por distancia.

El enlace de respaldo exige el uso de un segundo OADM, para el que no existe capacidad en los chasis TM102, por lo que se utilizará un OADM externo con la misma funcionalidad que el incluido en el chasis.

Si fuera necesario ampliar el número de enlaces Gigabit de uno de los nodos sería necesario el uso de nuevas lambdas, para lo cual habría que utilizar nuevos SFP y

ampliar los filtros, para así permitir el uso de la banda baja de CWDM (1270 nm – 1450 nm).

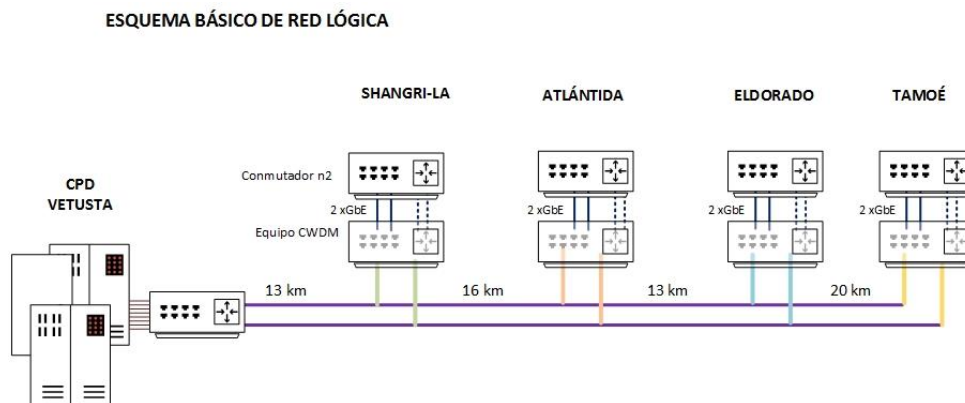
Dado que estas frecuencias presentan una mayor atenuación por distancia que las otras ocho, esta solución requeriría una redistribución de las lambdas si quisiéramos ampliar el servicio en TAMOÉ.

\* El proyecto supone inicialmente la instalación de equipos Cisco 3850-12S, que incluyen un módulo de enlaces con posibilidad de 4 enlaces GbE.

Si el emplazamiento del nodo permite la instalación de convertidores de medios, puede ser más interesante la instalación de equipos Cisco 3850-24T/48T que suministran 24/48 interfaces 10/100/1000 en cobre, además del troncal con cuatro SFP.

## Esquema de la solución propuesta

La estructura lógica de red, en su configuración final, se muestra en el siguiente gráfico (no incluye los filtros de lambdas)



**Gráfico 12. Esquema básico final de red**

Los equipos CWDM pueden no ser necesarios en situaciones intermedias de red, antes de abordar la solución definitiva, por lo que aparecen con menor definición en el gráfico.

Observamos que cada nodo cuenta con una conexión doble al par de fibras disponible, de la que utilizará una de ellas como enlace de trabajo y el otro como enlace de protección.

Dos enlaces GbE unirán un conmutador de nivel 2 en cada nodo con los conmutadores del CPD para suministrar los servicios hacia los clientes de los polígonos industriales. Puede duplicarse el número de enlaces GbE sobre el mismo *muxponder* utilizando nuevas lambdas, para lo que habrán de sustituirse las unidades de filtros.

## Mapa de lambdas

El equipo Transmode permite el uso de monofibra mediante la utilización de pares de lambdas para cada enlace.

En función de las diferentes atenuaciones (ver gráfico 6), y como medida de seguridad, usaremos las longitudes de onda centrales de la banda alta de CWDM para los nodos más alejados, de la siguiente manera:

- SHANGRI-LA: 1470/1490 nm
- ATLANTIDA: 1590/1610 nm
- ELDORADO: 1510/1530 nm
- TAMOÉ: 1550/1570 nm

## Seguridad lógica

Desde el CPD hasta la propia electrónica del cliente estamos definiendo enlaces Ethernet, transportados transparentemente en los equipos CWDM.

Se configurará una VLAN específica para cliente final, sobre la que se montará igualmente una subred IP del tamaño que éste precise.

Esta configuración, unida al equipamiento específico del CPD (que incluye cortafuegos y detectores de intrusiones) y las capacidades de los enrutadores instalados en cada cliente garantizan la seguridad de la información transmitida e imposibilita en la práctica el acceso entre clientes de distintas VLANs.

# Viabilidad económica

Estudiaremos a continuación la viabilidad económica del proyecto y una propuesta de instalación por fases que permita amortizar el equipamiento y la instalación conforme crecen las ventas de los servicios.

Los datos mensualizados suponen una amortización de los equipos en 48 meses.

## Costes

Indicamos a continuación los costes del proyecto, suponiendo varias configuraciones intermedias.

### Primera atención de nodos (sólo Ethernet)

En un primer momento entregaremos el servicio directamente desde el conmutador Cisco, mediante un troncal de dos interfaces GbE monofibra, para garantizar al menos 1 GbE en caso de caída de un enlace.

El uso de una sola fibra para la transmisión y recepción mediante SFP estándar aprovecha la capacidad de los SFP CWDM de recibir cualquier longitud de onda, independientemente de la que usa en transmisión, lo que implicará el uso de OADM dobles (que inserten/extraigan las dos longitudes de onda que vamos a utilizar en el enlace)

En los anexos a este documento se explica más detalladamente este mecanismo.

	Inversión	Cantidad	Coste mensualizado
<b>CWDM (nodos)</b>	5.890	0	0,00
<b>Cisco Catalyst 12 SFP</b>	2.730	1	56,88
<b>OADMs 2ch</b>	350	2	14,58
<b>CWDM CPD</b>	9.820	0	0,00
<b>MUX/DEMUX CPD</b>	600	2	25,00
<b>SFPs enlace externos*</b>	120	4	10,00
<b>Coste total mensual</b>			<b>106,46 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>12</b>	

Tabla 16. Un nodo atendido (sólo Ethernet)

\* Al no existir nodo CWDM, se desglosa el coste de los SFP de enlace.



Se indican a continuación los costes de incorporar dos nuevos nodos al proyecto, sin necesidad de añadir equipamiento específico CWDM

	Inversión	Cantidad	Coste mensualizado
<b>CWDM (nodos)</b>	5.890	0	0,00
<b>Cisco Catalyst 12 SFP</b>	2.730	3	170,63
<b>OADM 2ch</b>	350	6	43,75
<b>CWDM CPD</b>	9.820	0	0,00
<b>MUX/DEMUX CPD</b>	600	2	25,00
<b>SFPs enlace externos*</b>	120	12	30,00
<b>Coste total mensual</b>			<b>269,38 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>36</b>	

Tabla 17. Tres nodos atendidos (sólo Ethernet)

\* Como en el caso anterior

### Atención mixta de nodos (Ethernet/CWDM)

Conforme crezcan las ventas de los servicios, será preciso ampliar la dispersión de la red en algún nodo, o deberá entregarse algún bloque de servicios (*bundle*) que requiera mayor ancho de banda.

El software de gestión de Transmode (Enlighten) permite detectar longitudes de onda externas a su red, a las que da un tratamiento especial (*alien waves*), por lo que esta solución mixta puede ser monitorizada desde el propio sistema de gestión, si bien las lambdas "ajenas" no pueden ser gestionadas desde Enlighten.

Las unidades de filtros pueden reencaminar las longitudes de onda ajenas hacia otros equipos, lo que dota de flexibilidad a la solución, especialmente en situaciones intermedias, en las que convivirán conmutadores de nivel 2 con equipos CWDM.

Se muestran a continuación dos posibles configuraciones:

- El primer nodo atendido mediante equipamiento CWDM, y dos nodos mediante Ethernet directamente desde los conmutadores Cisco.

	Inversión	Cantidad	Coste mensualizado
<b>CWDM (nodos)</b>	5.890	1	122,71
<b>Cisco Catalyst 12 SFP</b>	2.730	3	170,63
<b>OADM 2ch</b>	350	6	43,75
<b>CWDM CPD</b>	9.820	1	204,58
<b>MUX/DEMUX CPD</b>	600	2	25,00
<b>SFPs enlace externos*</b>	120	8	20,00
<b>Coste total mensual</b>			<b>586,67 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>36</b>	

Tabla 18. Solución mixta. 2 nodos Ethernet / 1 nodo CWDM

\* Como en el caso anterior

- Dos nodos atendidos con CWDM y otros dos sólo con conmutadores.

	Inversión	Cantidad	Coste mensualizado
CWDM (nodos)	5.890	2	245,42
Cisco Catalyst 12 SFP	2.730	4	227,50
OADMs 2ch	350	8	58,33
CWDM CPD	9.820	1	204,58
MUX/DEMUX CPD	600	2	25,00
SFPs enlace externos*	120	8	20,00
<b>Coste total mensual</b>			<b>780,83 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>36</b>	

Tabla 19. Solución mixta. 2 nodos CWDM / 2 nodos Ethernet

\* Como en el caso anterior

### Situación final (sólo CWDM)

Cuando las ventas lo permitan y la homogeneidad de la red lo aconseje se llegará a la instalación de la red basada completamente en equipamiento CWDM.

Con sólo un conmutador por nodo tendremos estos costes

	Inversión	Cantidad	Coste mensualizado
CWDM (nodos)	5.890	4	490,83
Cisco Catalyst 12 SFP	2.730	4	227,50
OADMs 2ch	350	8	58,33
CWDM CPD	9.820	1	204,58
MUX/DEMUX CPD	600	2	25,00
<b>Coste total mensual</b>			<b>1.006,25 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>48</b>	

Tabla 20. Solución enteramente CWDM

Cerca del objetivo de ventas planteado para el proyecto, los costes de nuestra red serán:

	<b>Inversión</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste mensualizado</b>
<b>CWDM (nodos)</b>	5.890	4	490,83
<b>Cisco Catalyst 12 SFP</b>	2.730	12	682,50
<b>OADMs 2ch</b>	350	8	58,33
<b>CWDM CPD</b>	9.820	1	204,58
<b>MUX/DEMUX CPD</b>	600	2	25,00
<b><u>Coste total mensual</u></b>			<b>1.461,25 €</b>
<b>Máximo número clientes</b>		<b>144</b>	

Tabla 21. Situación final del proyecto

## Previsión de ingresos (costes imputables)

Para analizar la viabilidad económica del proyecto se muestran a continuación los ingresos previstos en función de los clientes atendidos, asumiendo que se computan sólo los costes imputados a la red por cada servicio, no el precio del servicio.

### Un nodo atendido

Se alcanzan 12 clientes desde un único polígono. Asumimos para ello que los clientes contratarán paquetes de tres servicios. ELDORADO es un ejemplo.

ELDORADO	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	2	3	8	6	2	0	12	6
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Telefonía IP	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Backup automático	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>42</b>							<b>0 €</b>	<b>72 €</b>	<b>63 €</b>
												<b>135 €</b>

Tabla 22. Ingresos por servicio (costes imputables) 1 nodo

### Tres nodos atendidos

Llegamos a 36 clientes en tres polígonos industriales, con la misma premisa de contratación de servicios que en el apartado anterior.

ATLANTIDA	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	3	4	8	6	2	0	18	8
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Telefonía IP	0	8	8	0	3	4	5	3	2	0	9	8
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Backup automático	0	8	8	0	3	4	5	3	2	0	9	8
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>60</b>							<b>0 €</b>	<b>108 €</b>	<b>84 €</b>
												<b>192 €</b>

ELDORADO	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	2	3	8	6	2	0	12	6
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Telefonía IP	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Backup automático	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>42</b>							<b>0 €</b>	<b>72 €</b>	<b>63 €</b>
												<b>135 €</b>

TAMOÉ	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	1	4	8	6	2	0	6	8
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Telefonía IP	0	8	8	0	1	4	5	3	2	0	3	8
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Backup automático	0	8	8	0	1	4	5	3	2	0	3	8
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>51</b>							<b>0 €</b>	<b>36 €</b>	<b>84 €</b>
												<b>120 €</b>

COSTES IMPUTADOS €/mes

447 €

Tabla 23. Ingresos por servicio (costes imputables) 3 nodos

## Cuatro nodos atendidos

Llegamos a 48 clientes repartidos entre los cuatro polígonos industriales, con la misma premisa de contratación de servicios que en los apartados anteriores.

Se supone una contratación mínima de servicios por nodo, que obliga a instalar equipamiento en el polígono, pero dista de la situación definitiva

ATLANTIDA	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	3	4	8	6	2	0	18	8
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Telefonía IP	0	8	8	0	3	4	5	3	2	0	9	8
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	3	4	10	8	5	0	24	20
Backup automático	0	8	8	0	3	4	5	3	2	0	9	8
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>60</b>							<b>0 €</b>	<b>108 €</b>	<b>84 €</b>
												<b>192 €</b>

ELDORADO	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	2	3	8	6	2	0	12	6
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Telefonía IP	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Backup automático	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>42</b>							<b>0 €</b>	<b>72 €</b>	<b>63 €</b>
												<b>135 €</b>

TAMOE	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	1	4	8	6	2	0	6	8
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Telefonía IP	0	8	8	0	1	4	5	3	2	0	3	8
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	1	4	10	8	5	0	8	20
Backup automático	0	8	8	0	1	4	5	3	2	0	3	8
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>51</b>							<b>0 €</b>	<b>36 €</b>	<b>84 €</b>
												<b>120 €</b>

SHANGRI-LA	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	0	8	8	0	2	3	8	6	2	0	12	6
Almacenamiento remoto	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Telefonía IP	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
Acceso a internet gestionado	0	8	8	0	2	3	10	8	5	0	16	15
Backup automático	0	8	8	0	2	3	5	3	2	0	6	6
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>45</b>							<b>0 €</b>	<b>72 €</b>	<b>63 €</b>
												<b>135 €</b>

COSTES IMPUTADOS €/mes

582 €

**Tabla 24. Ingresos por servicio (costes imputables) 4 nodos atendidos**

## Situación final

Llegamos a 144 clientes repartidos entre los cuatro polígonos industriales, con la misma premisa de contratación de servicios que en los apartados anteriores.

ATLANTIDA	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	50	25	10	1	11	6	10	8	5	10	88	30
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	50	50	50	1	22	30	8	6	2	8	132	60
Almacenamiento remoto	50	50	25	1	22	15	10	8	5	10	176	75
Telefonía IP	50	50	25	1	22	15	5	3	2	5	66	30
Acceso a internet gestionado	50	50	50	1	22	30	10	8	5	10	176	150
Backup automático	50	50	75	1	22	45	5	3	2	5	66	90
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>60</b>							<b>48 €</b>	<b>704 €</b>	<b>435 €</b>

ELDORADO	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	50	25	10	0	8	4	10	8	5	0	64	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	50	50	50	0	16	21	8	6	2	0	96	42
Almacenamiento remoto	50	50	25	0	16	10	10	8	5	0	128	50
Telefonía IP	50	50	25	0	16	10	5	3	2	0	48	20
Acceso a internet gestionado	50	50	50	0	16	21	10	8	5	0	128	105
Backup automático	50	50	75	0	16	31	5	3	2	0	48	62
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>42</b>							<b>0 €</b>	<b>512 €</b>	<b>299 €</b>

TAMOÉ	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	50	25	10	0	5	5	10	8	5	0	40	25
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	50	50	50	0	11	25	8	6	2	0	66	50
Almacenamiento remoto	50	50	25	0	11	12	10	8	5	0	88	60
Telefonía IP	50	50	25	0	11	12	5	3	2	0	33	24
Acceso a internet gestionado	50	50	50	0	11	25	10	8	5	0	88	125
Backup automático	50	50	75	0	11	38	5	3	2	0	33	76
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>51</b>							<b>0 €</b>	<b>348 €</b>	<b>360 €</b>

SHANGRI-LA	OBJETIVO DE VENTAS (%)			VENTAS ESPERADAS POR SERVICIO			COSTE IMPUTABLE SERVICIO (€/mes)			INGRESOS SERVICIO		
	%venta GE	% venta PYME	% VentaOficina	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas	GE	PYME	Oficinas
Hosting												
Hosting	50	25	10	0	6	4	10	8	5	0	48	20
Servicios en Cloud												
Correo corporativo	50	50	50	0	12	22	8	6	2	0	72	44
Almacenamiento remoto	50	50	25	0	12	11	10	8	5	0	96	55
Telefonía IP	50	50	25	0	12	11	5	3	2	0	36	22
Acceso a internet gestionado	50	50	50	0	12	22	10	8	5	0	96	110
Backup automático	50	50	75	0	12	33	5	3	2	0	36	66
<b>Empresas/oficinas</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>45</b>							<b>0 €</b>	<b>384 €</b>	<b>317 €</b>

COSTES IMPUTADOS €/mes

3.407 €

Tabla 25. Ingresos por servicio (costes imputables) Situación final

## Planificación por fases de la instalación

Se indican a continuación las distintas fases de la instalación de la solución para garantizar su viabilidad económica y acompañar la inversión necesaria a los ingresos generados

### Situación inicial

- Se venden servicios en uno o dos nodos de la red.
- Se inicia la construcción de la red de transporte basada únicamente en conmutadores de nivel 2 con enlaces CWDM (Cisco 3850).
- Se implementa un troncal Ethernet con dos enlaces GbE, uno por cada fibra disponible, lo que le dota de protección ante cortes de una fibra.

- Los SFP no son específicos en recepción, lo que permite "cruzar" lambdas en los MUX/DEMUX para el uso de SFP bifibra, de mayor alcance que los SFP BIDI (monofibra). Si el crecimiento de la red obligara a la utilización de estos SFP, su uso quedaría restringido a los dos primeros polígonos, ya que su alcance máximo es el de un enlace de 17 dB de pérdida.

Encontraremos información al respecto en la web de Solid Optics: <http://www.solid-optics.com/content/category/cwdm-dwdm-id4>, y en los anexos a este documento.

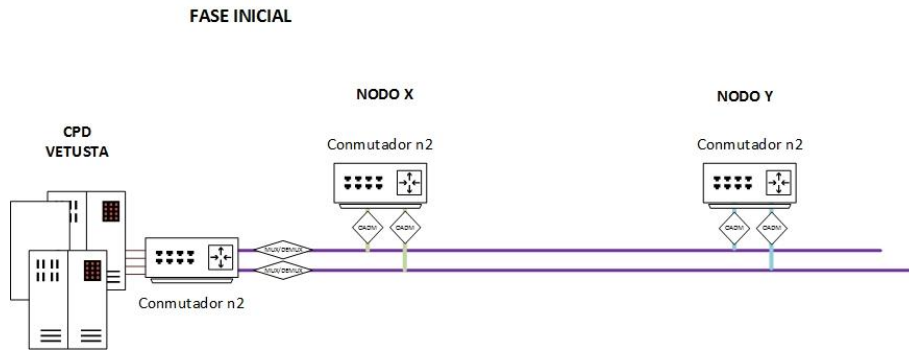


Gráfico 13. Esquema de instalación inicial

## Primer enlace CWDM

- Se precisa mayor ancho de banda en un nodo.
- Se incluye un equipo CWDM que permite entregar 2 GbE por una misma lambda (2 por ser monofibra), manteniendo la protección ante cortes de una sola fibra, sin reducir el ancho de banda.
- Se mantiene el troncal de 2 enlaces GbE, con el nuevo equipo instalado.
- El equipamiento CWDM incluye el OADM. El gráfico sólo muestra los OADM externos.

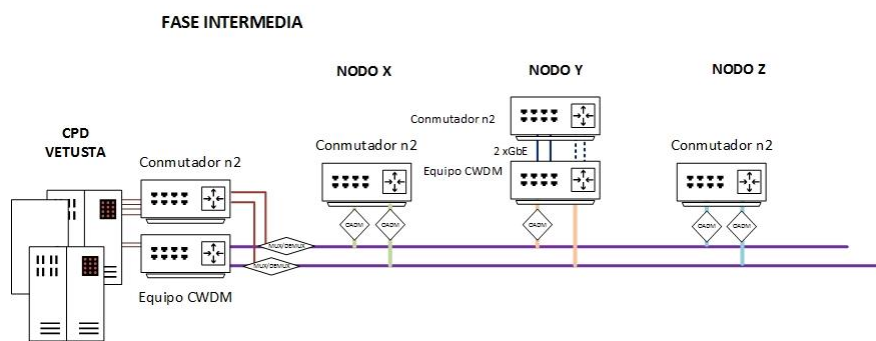


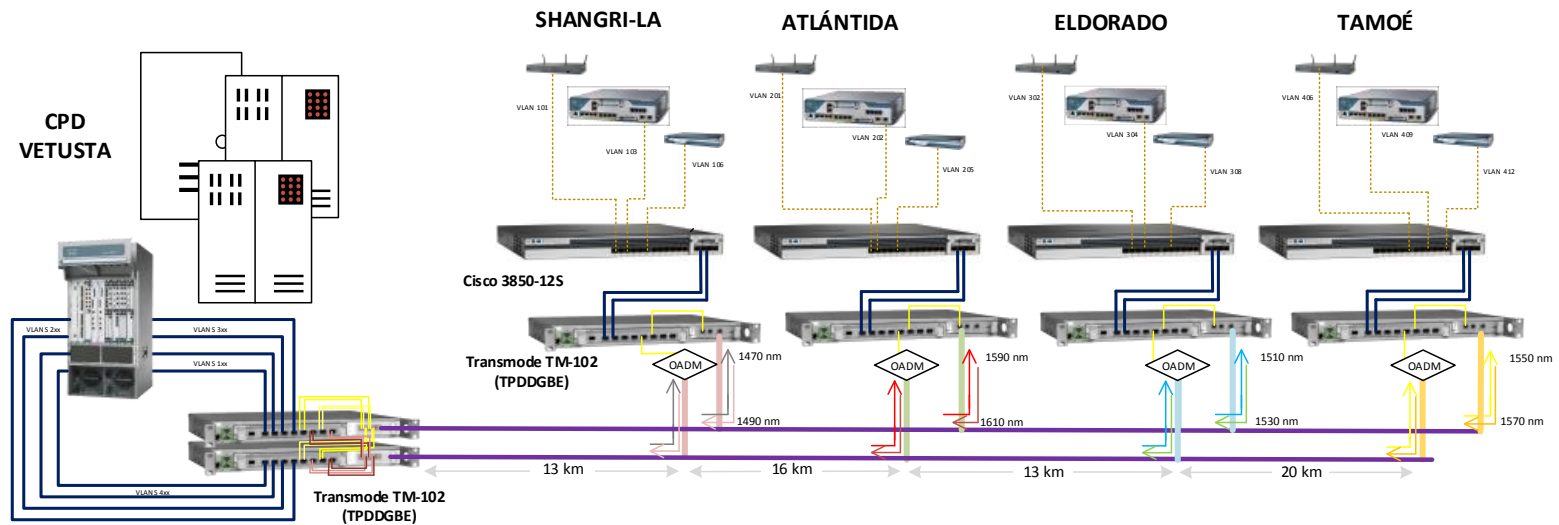
Gráfico 14. Esquema de instalación en fase intermedia

## Situación final

La situación final requiere de la instalación de equipamiento CWDM en todos los nodos y corresponde con el gráfico 12, del que se muestra el esquema completo.

## Esquema del proyecto completo

### ESQUEMA COMPLETO DEL PROYECTO FINAL



- Las líneas finas amarillas y violetas representan enlaces mediante latiguillos de interconexión entre interfaces de un mismo equipo.
- Las líneas azules más gruesas representan enlaces mediante latiguillos monomodo LC/PC entre interfaces SFP de equipos diferentes.
- El gráfico del OADM en el equipo Transmode de los nodos no corresponde con el presupuestado



## Escandallo básico

A continuación se muestran en una tabla los costes previstos del proyecto completo.

Los datos de la tabla se basan en los presupuestos enviados por el fabricante, a los que se ha añadido un coste teórico de transporte, importación y apoyo a la instalación (que se realizará por el personal de soporte del CPD).

Se contempla mantener un repuesto local de cada elemento significativo del proyecto y se asume que el mantenimiento de primer nivel será entregado por el personal de soporte del CPD.

No se contempla la presumible ampliación de electrónica de conmutación en el CPD.

		CPD	NODO 1	NODO 2	NODO 3	NODO 4	REPUESTO	cantidad	COSTE UNITARIO	TOTAL
Chasis	TM-102/II DC, 19"/ETSI/23"	2	1	1	1	1	1	7	1.350 €	9.450 €
Muxponder	Double DGBE xWDM, Basic Unit	2	1	1	1	1	1	7	1.850 €	12.950 €
OADM	2ch/1-fiber CWDM Add-Drop, 100GHz		2	2	2	2	4	12	350 €	4.200 €
MUX/DEMUX	8ch/1-fiber CWDM Mux/Demux, 100 Ghz	2					1	3	600 €	1.800 €
SFP enlace	CWDM SFP MultiRate, 20dB/40km xxxx	4	2	2			2	10	80 €	800 €
SFP enlace	CWDM SFP MultiRate 28dB/80km xxxx	4			2	2	2	10	120 €	1.200 €
SFP cliente	SFP, 1310nm, SM,1000-2125Mb/s, 10km	8	36	36	36	36	1	153	40 €	6.120 €
Latiguillos	Patchcord MU-LC 0,5M	16	4	4	4	4	4	36	15 €	540 €
Conmutador	Cisco 3850-12S		3	3	3	3	1	13	2.250 €	29.250 €

**TOTAL 66.310 €**

**Tabla 26. Costes totales del proyecto**

# Certificación de instalación

---

## Plan de pruebas

En este apartado se indican las pruebas de instalación que determinarán el cumplimiento de las funcionalidades esperadas del proyecto.

### Pruebas de funcionamiento

#### Conexión Ethernet

- Se conectará como equipo de pruebas un elemento activo de red (por ejemplo, un enrutador) a cada nodo de la infraestructura de red instalada.
- Desde un equipo de monitorización Ethernet de la red del CPD se establecerán conexiones con los equipos distantes: electrónica de red y equipo de pruebas.
- Se confirmará que la monitorización entrega información relevante de los equipos remotos.

#### Conexión de gestión

- Se instalará el software de gestión en un equipo de la red del CPD
- Se obtendrán los datos suficientes de monitorización y gestión de los equipos de red.
- Se probarán las funcionalidades de gestión prometidas por el fabricante.

#### Conexión equipos IP

- Se conectará un equipo con funcionalidades IP a un enlace de cliente.
- Se configurará dicho equipo como si fuera el equipo terminal de cliente.
- Se deberá tener acceso a dicho equipo con posibilidad de monitorización y gestión.

#### Velocidad de transmisión

- Se conectará un equipo con funcionalidades IP a un enlace de cliente.
- Se evaluará el tiempo de transferencia de un archivo de gran tamaño (no inferior a 5 GBytes) para confirmar el ancho de banda entregado.

#### Prueba de servicios

- Se conectará un equipo con funcionalidades IP a un enlace de cliente.
- Se conectará un ordenador al equipo IP
- Se accederá desde éste a los servicios entregados desde el CPD.

## Pruebas de respuesta a cortes

Se pretende determinar en este apartado la capacidad del sistema para asumir cortes en la red física, con un mínimo tiempo de corte de servicio.

### Corte / recuperación de enlace de trabajo

- Durante una prueba similar a la de transferencia de información, se cortará intencionadamente la fibra de trabajo sobre la que se entrega el servicio.
- Se estudiará la capacidad del sistema de recuperar el servicio y el tiempo requerido para ello.

### Corte / recuperación de enlace de protección

- Recuperado el servicio sobre la fibra de soporte, y garantizada la fiabilidad de la fibra habitual de trabajo, se restaurará la situación inicial de red.
- Se estudiará la capacidad del sistema de recuperar el servicio y el tiempo requerido para ello.

## Plan de contingencias

Se definen en este apartado las necesidades de soporte que garanticen una razonable fiabilidad del servicio.

### Equipamiento de reserva

Se mantendrá un stock en el CPD que permita la sustitución de cualquier elemento del proyecto:

- 1 SFP de cada tipo utilizado
- 1 chasis TM 102
- 1 tarjeta *muxponder* TPDDGBE
- 1 conmutador Cisco
- 1 OADM de cada tipo utilizado
- 1 MUX/DEMUX
- 4 latiguillos

### SLA's de soporte

El Cabildo entrega un servicio de soporte sobre su red 24x7, con un tiempo de respuesta inferior a 2 horas, y compromiso de restauración inferior a 4 horas.

Estos compromisos son los que aplicará el CPD en los SLA pactados con sus clientes.

# Evolución de la red

---

## Puntualizaciones

Las posibles evoluciones de la red se basan en soluciones actualmente viables, no en proyecciones tecnológicas.

El coste de estas soluciones ha descartado su uso en esta primera fase de implantación, pero pueden formar parte de una solución futura mediante su incorporación progresiva, sin tener que desechar necesariamente toda la inversión previa.

## CWDM 10 Gbps

Existen en el mercado interfaces CWDM capaces de entregar 10 Gbps por una sólo lambda CWDM.

En caso necesario, se podrán sustituir los interfaces actualmente utilizados por interfaces SFP+ con estas capacidades, sin necesidad de modificar el mapa de lambdas actual.

En los equipos Transmode se sustituirán los actuales *muxponders* por tarjetas 9xGbE/10G que permiten la multiplexación de 9 enlaces Gigabit Ethernet por un sólo canal CWDM de 10 Gbps.

## DWDM

La extensión de los avances tecnológicos suele conllevar el abaratamiento de sus costes, y la tecnología de multiplexación de longitudes de onda no es una excepción.

Actualmente podemos encontrar SFP DWDM capaces de transmitir y recibir con la precisión suficiente para alcanzar distancias del orden de los 100 kilómetros utilizando hasta ocho longitudes de onda diferentes en el marco de una lambda CWDM.

Esta capacidad nos permite la ampliación de la red propuesta sin necesidad de modificar enteramente su estructura, ampliando tan sólo las unidades de filtros para disponer de más lambdas sobre las que transportar los servicios.

## Ethernet Ring Protection Switching

Basada en la recomendación de ITU-T G8032, Transmode (y otros fabricantes) incorpora equipamiento específico para dotar de protección a redes Ethernet con topología de anillo.

Sustituye al protocolo STP (Spanning Tree Protocol) que impide la formación de bucles de enrutamiento y que requiere segundos para el intercambio de información relevante de red por su diseño basado en redes malladas, por mecanismos optimizados para redes en anillo.

Fabricantes como ADVA incorporan en su catálogo equipos específicos para esta labor (SFP1500), y Transmode incluye entre su lista de *muxponder* la tarjeta EMXP IIe con esta funcionalidad.

El constante incremento de la eficiencia de los SFP, capaces actualmente de incorporar tráfico de 10 Gbps sobre distancias cercanas a los 80 kilómetros, junto a la creciente capacidad de conmutación de la electrónica hacen de esta solución una de las más viables en el corto plazo.

Esta solución permitiría gestionar centralizadamente un anillo de 10 Gbps entre los cuatro nodos de los polígonos, decidiendo mediante la configuración de determinados parámetros (CIR, EIR...) el ancho de banda que se entrega en cada uno de ellos.

Si bien este diseño de red entrega un menor ancho de banda total que los dos anteriores, su flexibilidad hace de él una posible solución a determinadas situaciones de red

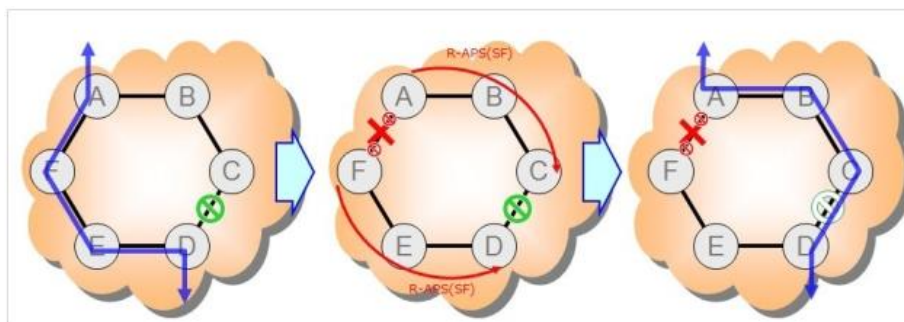


Gráfico 15. Esquema ERPS

En el esquema anterior observamos una situación habitual de tráfico en un anillo Ethernet, en el que está bloqueado un segmento del anillo para evitar bucles de enrutamiento.

Un corte en uno de los segmentos activos provoca la transmisión de tramas específicas de control del anillo, que provocan el desbloqueo del segmento previamente bloqueado y el reenrutamiento de tráfico que permite salvar el problema en un tiempo habitualmente inferior a 50 ms.

# Bibliografía e información

---

## WDM

**CWDM.** Wikipedia.

<http://es.wikipedia.org/wiki/CWDM>

**WDM the Transmode way**

<http://www.transmode.com/en/technologies/wdm-the-transmode-way/wdm-the-transmode-way-html/intro>

**García Morales, Camilo** (2012, 31 de octubre). "DWDM Y CWDM"

<http://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>

**Tecnologías CWDM-DWDM** (2011, 7 de setiembre)

<http://optica.conocimientos.com.ve/2011/09/tecnologias-dwdm-cwdm.html>

## Fibra óptica

**Fibra para redes de nueva generación.** Telnet-ri

<http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>

**Díaz de la Iglesia, Raimundo (1985).** "Comunicaciones por fibra óptica" Editorial Marcombo

**Fiber Basics.** Corning

<http://www.corning.com/opticalfiber/fiberbasics/index.aspx?linkidentifier=id&itemid=38609>

## OADM y MUX/DEMUX

**CWDM/DWDM Video Tutorials.** Solid Optics

<http://www.solid-optics.com/content/category/cwdm-dwdm-id4>

**CWDM BIDI Setup.** Solid Optics

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_SBZi-boSxg](https://www.youtube.com/watch?v=_SBZi-boSxg)

# Anexos

## Equipamiento Transmode

Se muestra a continuación información facilitada por el fabricante sobre los equipos propuestos en este proyecto, o de similares características.

### Chasis TM-102



DS\_TM\_102\_Chassis\_B.pdf



Data sheet

TM-Series

### TM-102 chassis

Compact network element platform for different access applications

#### Key benefits:

- Compact and flexible making it ideal for access applications and Triple-Play networks
- 1U height requiring small footprint
- Multiple and redundant fan units as well as dual primary power inlets enabling maximum availability and carrier class performance
- Low Power Design for low power consumption

The TM-Series system platform contains a wide range of active and passive plug-in units optimized for cost-effective Layer 1 and Layer 2 transport. These plug-in units can be mounted in any of the three enclosures TM-3000, TM-301 and TM-101/102. The selection of enclosure is based upon number of required board slots and expected space for upgrades.

A TM-102 chassis can be equipped with either DWDM, CWDM or hybrid C/DWDM plug-in units in either single-fiber or fiber-pair configurations.

#### A compact and flexible system platform

The TM-102 chassis has one full-sized slot for one traffic unit (Transponder or Muxponder). Consequently, a Control Unit (CU) is not required to provide an aggregated management view as would be required in a TM-3000/TM-301 network element (NE).

Instead, the unit processor on the traffic unit contains the node manager (ENM) which is accessed the same way as for a NE with CU, i.e. via CLI commands or via an internet browser providing a graphical user interface (GUI).

Remote login to other NE's is made via embedded management channels that are provided by the traffic units or via a local DCN connection.

Thanks to its compact size the TM-102 is ideal for the small collector nodes often used in Triple-Play networks. See a number of example configurations later in this datasheet.

#### Carrier Class

The TM-102 chassis has multiple and redundant fan units as well as primary power modules. All connections are made on the front of the chassis, so no rear access is required.

A passive version of the TM-102 is also provided, where both the full-sized and half-sized slots are for passive units.

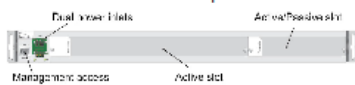


Fig. 1 TM-102 chassis



#### Using TM-102 in different network scenarios proving its wide area of use

The following example configurations shows a number of typical scenarios where the TM-102 is the ideal chassis choice. These multiple scenarios again show the flexibility of the TM-102 chassis and its wide range of uses.

##### Example 1: TM-102 with a 4x Multi-Service NE

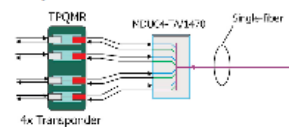


Fig. 2 TM-102 with a 4x Multi-Service NE

The TPQMR (a Quad Multi-Service Layer 1 Transponder) has four Independent Transponder Functions supporting any traffic format between 100Mb/s and 2.7Gb/s. CWDM SFP's are mounted on the line ports and connected to a 4ch MDU unit providing a single-fiber configuration that is housed in the half-sized slot. Single-fiber configurations are particularly beneficial in access networks as the fiber infrastructure is better utilized. Each single-fiber within a fiber-pair can be used independently and larger networks can be realized since the optical losses from optical filters are distributed between each single-fiber.

##### Example 2: TM-102 with a 2x 10Gb/s NE

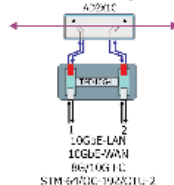


Fig. 3 TM-102 with a 2x 10Gb/s NE

## Muxponder TPDDGBE



DS\_TM\_TPDDGBE\_B.pdf



Data sheet

TM-Series

### Gigabit Ethernet Muxponder

*Effective Layer 1 aggregation of Ethernet traffic*

**Key benefits:**

- Cost-efficient aggregation of Ethernet traffic on to a 2.5Gb/s line signal
- Protected configurations enabled by dual line ports
- Remote management and signaling through In-band management
- Technology agnostic. Pluggable transceivers enable usage in CWDM as well as DWDM networks
- Low Power Design for low Total Cost of Ownership

The Double-Dual GbE Muxponder (TPDDGBE) is a powerful part of Transmode's TM-Series platform, enabling cost-efficient transport of Ethernet traffic. The TPDDGBE is based on Transmode's Intelligent WDM (IWDM) concept where the same hardware unit can be configured for different functional behavior and thus reduces the Total Cost of Ownership (TCO) for an operator.

**Optimized for Ethernet backhaul applications**

The TPDDGBE is a generic traffic unit that is ideal in access and metro networks for backhaul of Ethernet traffic. It is especially suitable in ADSL/DSLAM and Triple-Play backhaul networks. The TPDDGBE has two individual 2x Ethernet aggregation functions on the same board. Each of the two functions perform TDM multiplexing of two Gigabit Ethernet (electrical or optical) or Fast Ethernet (electrical) signals onto one wavelength channel having a line rate of 2,488Gb/s.

All client interfaces use pluggable transceivers (SFPs) enabling each client connection to be adapted to type of interface (SM, MM, electrical etc) and distance to the client equipment. Each of the aggregation functions has two SFP-based line ports giving the ability to provide sub 50ms 1+1 line protection simply by inserting a second SFP and configuring the unit via the graphical user interface.

The usage of pluggable transceivers provides valuable flexibility since the TPDDGBE can be used in both CWDM and DWDM networks only by selecting the appropriate type of SFPs.

**Simplified management via IWDM**

Transmode's IWDM concept wraps the client signals of the TPDDGBE into a digital frame. This digital frame has overhead bytes that carry the management channels, and it also provides quality control of the transmission via performance data. The embedded management channel simplifies the management of a Transmode network since management access is provided wherever there is a traffic connection.



**Reconfigurable hardware**

For situations where the line signal must be regenerated to bridge longer distances, the same hardware unit can be initiated into a 4x Regenerator function.

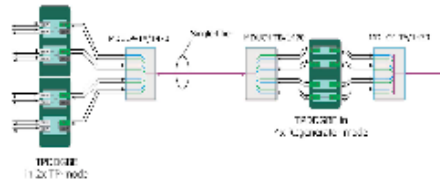


Fig 1: Cascaded network: example using TPDDGBE

The regenerator function enables remote management access to the regenerator site via the embedded management channels.

**Tailored Network Element options**

The TPDDGBE can be mounted in any of the TM-Series chassis options;

- As a self-managed Network Element in a 1U TM-101/102 chassis
- As one of many traffic units in a TM-3000 (10U) or TM-301 (3U) chassis

This enables a tailored setup depending on current and future capacity needs of the site.

In the TM-101/102 option, the TPDDGBE initiates the complete Embedded Node Management (ENM) on the on-board micro processor. This enables local management simply by connecting any PC or work station and launching a standard internet browser.



MUX/DEMUX



DS\_MDU4-2F-CWD  
M.pdf



MECHANICAL LAYOUT

5 Mechanical Layout

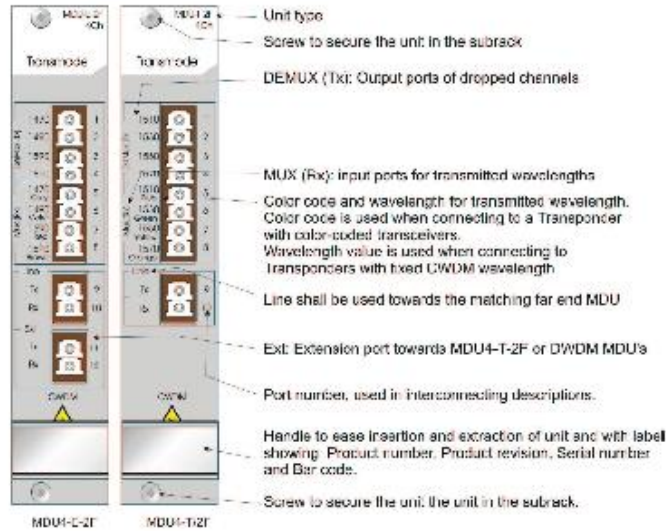


Fig. 5 MDU4-E-2F and MDU4-T-2F

All optical connectors are of MU-type.

The wavelength spacing is according to the ITU-T CWDM grid.

OADM monofibra

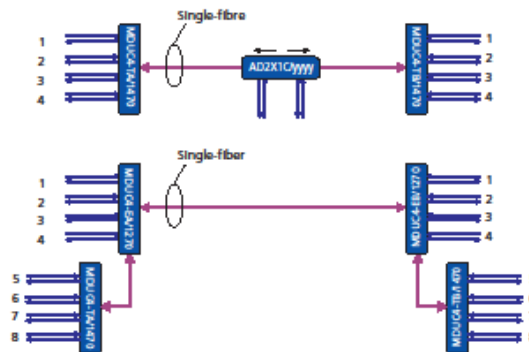


CB Networks - Tel: 33 (0)1 72 74 16 05 - E-Mail: sales@cbnetworks.fr

**Data Sheet**

TM-Series  
TM-3000/-301/-101/-102

## CWDM Single-fiber Networking

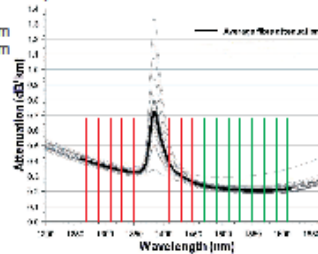


The Transmode single-fiber configuration provides a higher degree of networking flexibility since each single-fiber within the fiber-pair can be used independently. This configuration is particularly effective when building bus and ring networks since the optical filters can be placed on either of the single-fibers to provide best transmission performance and/or to enable hitless future upgrades. One of the single-fibers can be used for 10G connections using DWDM channels. The figure above shows an example where one single-fiber is used for a 4ch bus network, and the second single-fiber is used for an 8ch point-to-point connection.

A bi-directional connection on a single-fiber is created using two separate wavelengths, one for up-link and one for down-link. The following wavelength pairs are used to create a bi-directional connection;

Upper wavelength band: 1470/1490, 1510/1530, 1550/1570, 1590/1610nm  
 Lower wavelength band: 1270/1290, 1310/1330, 1350/1410, 1430/1450nm

The lower wavelength band does not use wavelengths 1370 and 1390nm. This is done to avoid the "water-peak" of standard G.652 fibres and thus open for using all 16 channels also on longer links. The intrinsic higher fiber attenuation in the lower wavelength band will however still limit the bridgeable distance and must be taken into account when designing the network.



### Plug-in units

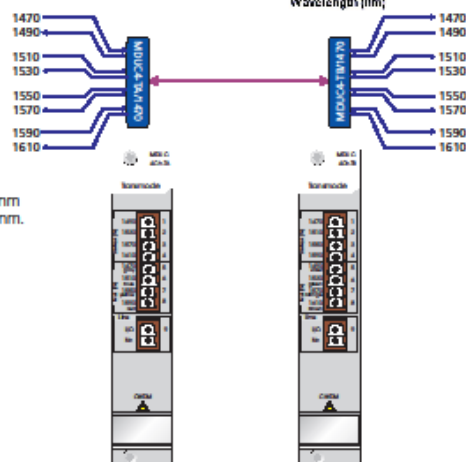
The upper wavelength band operates where the fiber attenuation is lowest and is thus the option for bus/ring networks where the optical losses from intermediate add/drop filters need to be taken into account. Optical Add/Drop filters are thus provided in the upper wavelength band only.

The figure shows the two MDU's that operate in the upper wavelength band. Note the direction of the wavelengths:

MDUC4-TA/1470 Transmits 1470, 1510, 1550, 1590nm  
 MDUC4-TB/1470 Transmits 1490, 1530, 1570, 1610nm.

Note that the product codes are identical, apart from the "TA" and "TB" index. These indexes indicates the direction of the wavelengths. A "TA"-unit shall always be connected to a "TB"-unit.

Both MDU units are half-sized units and can be mounted in passive slots in the TM-3000, TM-301 or TM-101-102 chassis.



The single-fiber CWDM filter units can be mounted stand-alone in the TM-101-102 chassis or in the larger TM-301 or TM-3000 chassis where it can be combined with other CWDM or DWDM Traffic Units. See separate Data Sheets for more information about these products



## Muxponder 9x10 GbE



DS\_TM\_9xGbE\_10G\_MXP\_B.pdf



Data sheet

TM-Series

### 9xGbE/10G Muxponder

Effective aggregation of Gigabit Ethernet signals

**Key benefits:**

- Compact and cost-effective TDM aggregation of up to 9 GbE signals to a 10Gb/s line signal
- Transparent transport
- Technology agnostic. Pluggable transceivers enable usage in CWDM as well as DWDM networks.
- Tunable optics for full flexibility and cost efficient spare management
- High flexibility and Layer-2 awareness via Transmode's iWDM™ (Intelligent WDM) concept
- Low Power Design for low Total Cost of Ownership

The 9xGbE/10Gb Muxponder (GBE9-MXP10G) is a powerful part of Transmode's TM-Series platform enabling optimized and cost efficient transport networks based on CWDM/DWDM technology.

The high density capabilities in combination with pluggable optics gives the lowest Total Cost of Ownership (TCO). In particular when using XFP's with tunable lasers.

**Optimized for Ethernet backhaul applications**

The typical application of this GbE Muxponder is for IP-DSLAM Backhauling, IPTV distribution or Business Ethernet Backhaul networks.

The GbE Muxponder is a single-slot device for the aggregation of up to 9 GbE signals onto a 10G line signal.

All client interfaces use pluggable transceivers (SFPs) enabling each client connection to be adapted to type of interface (SM, MM, electrical) and distance to the client equipment. The line interface is equipped with a 10Gb/s capable pluggable transceiver (XFP). The usage of pluggable transceivers provides a high level of flexibility since the Muxponder can be used in both CWDM and DWDM networks by selecting appropriate type of XFPs.

The support for DWDM XFP's with tunable lasers further enhances the flexibility and cost efficiency and also enables the unit to be used in 80ch applications.

**Simplified management via iWDM**

The 9xGbE/10Gb Muxponder is based on Transmode's "Intelligent WDM" (iWDM) concept where the client signals are wrapped into a digital frame having overhead bytes that are used to carry the management channels as well as providing quality control of the transmission via performance data. The embedded management channel simplifies the management of a Transmode network since management access is provided wherever there is a traffic connection.



**iWDM Layer-2 awareness**

Even though the 9xGbE/10Gb Muxponder is a Layer-1 device it has inbuilt Layer-2 functions, such as the ability to measure to what extent each GbE-pipe is utilized. This information gives the operator the ability to detect low utilization and insert Layer-2 concentration to better utilize each GbE-pipe and thus avoid adding unnecessary wavelengths in the transport network.

**Metro networking**

The line signal from the 9xGbE/10Gb Muxponder is designed for metro applications where Forward Error Correction is not required. If needed, the line signal can be connected to the TPD10GBE-BU Transponder to provide addition of Forward Error Correction and the ability to establish connections with 1+1 line protection. As an alternative, another 9x GbE Muxponder within the TM-Series portfolio could also be used, which has FEC coding and 1+1 line protection (GBE9/MXP10GFEC). See separate Data Sheet

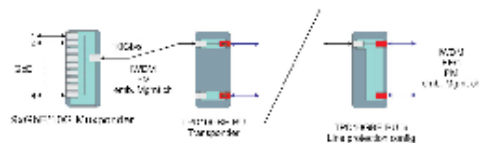


Fig 1: Example configurations with TPD10GBE-BU

**Management connectivity**

An embedded management channel connection can be established between the 9xGbE/10Gb Muxponder and the TPD10GBE Transponder. Remote management access towards a 9xGbE/10Gb Muxponder can therefore be provided if the unit is placed at another site. There is thus no need to provide access to the customer DCN network if the GbE Muxponder is placed at a customer site.

## Equipamiento de fibra

Se muestra a continuación información sobre los equipos específicos de fibra óptica: MUX/DEMUX, OADM, SFPs y sus posibilidades de conexionado.

### MUX/DEMUX 8 lambdas



Solid Optics SO-C  
WDM-MUX+UPG+M



## SO-CWDM-MUX+UPG+MON

MUX/DEMUX, 19" chassis, 8 or 18 channels

### General Description

Multiplexer products combine multiple data signals into one signal for transport over one fiber. Demultiplexers separate the signal at the other end. Wavelength division multiplexing (WDM) greatly increases capacity of systems. To manage bandwidth and expand capacity of existing fiber optic backbones, Wavelength Division Multiplexing (WDM) works by simultaneously combining and transmitting multiple signals at different wavelengths through the same fiber.

A key advantage of WDM is its protocol and bit-rate independency. WDM-based networks can transmit data in IP, ATM, SONET/SDH, and Ethernet. It can handle bitrates between 100 Mbps and 40 Gbps. Therefore, WDM-based networks can carry different types of traffic at different speeds. It creates a less costly method for quick response to customers' bandwidth demands and protocol changes.

This MUX/DEMUX are deployed in "Coarse wavelength division multiplexing". (CWDM) The device is passive when it comes to electricity and measures as 1RU 19" device. The device comes with LC connectors. The Solid Optics MUX devices are available with 8 and 18 channels. Both versions have a monitor port. The monitor port allows you to measure your input/output when data communication is active.

The 8 channel version also comes with an upgrade port. The upgrade port is an addition of wavelength 1260-1458nm. This allows you to add another ten channels in a later stadium without having the need to replace anything.

Custom versions are available upon request.

### Product features

- Available in 8 and 18 Channel versions from 1270 to 1610 with 20nm steps
- Low attenuation
- Comes with LC/UPC connectors
- Passive; no electricity needed
- Operating Temperature -40 °C to 75 °C
- Comes standard with Monitor port (1% tap)
- Clear Tx and Rx prints for easy patching
- 8 port mux comes with UPG port (1260-1458nm)

## SFP CWDM



Solid\_Optics\_SFP10  
G-CWDM-ER+-SO.p

### SFP10G-CWDM-ER+-SO

CWDM SFP+, 10Gbps, 1270nm to 1610nm (20nm Steps), 15dB, with DOM

#### General Description

The SFP10G-CWDM-ER+-SO optical transceiver is designed for Storage, IP network and LAN. The SFP is a hot pluggable module in the Z-direction that is mainly used in typical router/switch line card applications. In addition, they comply with the SFP Multi Sourcing Agreement (MSA). This transceiver uses a temperature Stabilized CWDM laser transmitter to achieve 40km over standard single mode fiber as 10GBASE-ER of the IEEE 802.3ae.

#### Product Features

- Operating data rate up to 10.3Gbps
- 18-Wavelength CWDM DFB LD transmitter from 1270nm to 1610nm, with steps of 20nm
- 15dB power budget guaranteed
- Single 3.3V power supply and TTL logic interface
- Duplex LC connector interface
- Hot pluggable
- Operating case temperature standard: 0°C to +70°C
- Compliant with MSA SFP specification
- Digital diagnostic monitor interface (also called DOM or DDM)
- Compliant to SFP+ Electrical MSA SFF-8431

## SFP Interfaz de cliente



Solid\_Optics\_GLC-L  
H-SM-SO.pdf



### General Description

The GLC-LH-SM-SO 1G SFP optical transceivers are designed for Storage, IP network and LAN. It is a fully integrated 1 Gbps optical transceiver module. This module is designed for Single mode fiber and operates at a nominal wavelength of 1310nm. The transmitter section uses a multiple quantum well laser. The receiver section uses an integrated InGaAs detector preamplifier (IDP) mounted in an optical header with a limiting post-amplifier IC.

### Product Features

- Operating data rate up to 1.25Gbps
- 1310nm transmitter
- 10km on SMF
- Single 3.3V power supply and TTL logic interface
- Duplex LC connector interface
- Hot pluggable
- Operating case temperature standard: 0°C to +70°C
- Compliant with MSA SFP specification
- Compatible with SFF-8472



## SFP Interfaz de cliente



Solid\_Optics\_SO-C  
WDM-OADM.pdf



### General Description

An optical add-drop multiplexer (OADM) is a device used in wavelength-division multiplexing systems for multiplexing and routing different channels of light into or out of a single mode fiber (SMF). "Add" and "drop" here refer to the capability of the device to add one or more new wavelength channels to an existing multi-wavelength WDM signal, and/or to drop (remove) one or more channels, passing those signals to another network path. An OADM may be considered to be a specific type of optical cross-connect. The Solid Optics OADM comes as a 1RU 19" device with Rackmounts, the connectors are LC.

### Product Features

- Available as 1 or 2 Channel version from 1270 to 1610 with 20nm steps
- Has an East and West channel
- Custom versions are available on request
- Average loss in/out 1.1dB
- Comes with LC/UPC connectors
- Passive, no electricity needed
- Operating Temperature -40 to 75 °C
- Custom versions on request

## Enlace bidireccional en monofibra

Tutorial:

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_SBZi-boSxg](https://www.youtube.com/watch?v=_SBZi-boSxg)

