

Proyecto COMUNICACIÓN DE DATOS

*Tema: ESOC - Malargüe
Año 2023*

Integrantes: Federico Davara
Agustín Benavidez

Objetivos

Nuestro objetivo en este proyecto consiste en poder proveer de un enlace a internet redundante de alta capacidad al predio donde se encuentra la Deep Space Antenna 3 o DSA-3, el cual se encuentra a 40 kilómetros al sur de la ciudad de Malargüe. Este complejo cuenta con 4 edificios circundantes a los que habrá que proveer de un enlace de internet redundante de alta capacidad en virtud a que los datos recolectados por la antena y su calibración principal, se realizan desde Alemania. Asimismo, el CONAE recibe en forma directa los datos de los satélites de la ESA en la Estación Terrena del Centro Espacial Teófilo Tabanera en la provincia de Córdoba y a su vez el CONICET tiene acceso a la información.

Fibra Óptica

La historia de la fibra óptica se remonta a la década de 1960, cuando Charles Kao, un físico británico de origen chino, realizó un avance fundamental. En 1966, Kao demostró que la pérdida de señal en las fibras ópticas de vidrio se debía principalmente a impurezas y no al vidrio en sí. Este descubrimiento allanó el camino para la fabricación de fibras ópticas de alta calidad y marcó el inicio de la revolución de la fibra óptica.

En la década de 1970, la empresa Corning Glass Works produjo la primera fibra óptica de vidrio de baja pérdida, lo que representó un hito importante en el desarrollo de la tecnología de fibra óptica. Esto impulsó la adopción de la fibra óptica en las redes de telecomunicaciones, ya que permitía transmitir datos a largas distancias con una pérdida de señal mínima.

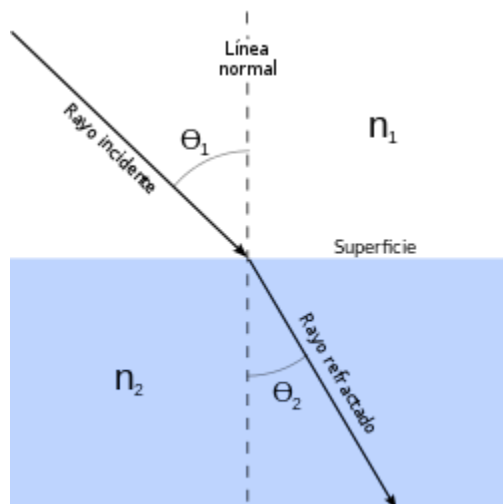
La década de 1980 vio la adopción masiva de la fibra óptica en las redes de telecomunicaciones, lo que revolucionó la industria. Las redes de fibra óptica permitieron velocidades de transmisión de datos mucho más altas que las redes de cobre tradicionales, y se convirtieron en la base de la revolución de las telecomunicaciones.

Desde la década de 1990 en adelante, la tecnología de fibra óptica ha continuado evolucionando. Se han desarrollado varias generaciones de fibras ópticas con capacidades de transmisión cada vez más altas. La fibra óptica se ha convertido en la columna vertebral de las redes de comunicación globales, incluyendo Internet de alta velocidad, transmisión de video y telefonía. Su capacidad para transmitir datos a velocidades extremadamente altas y con una mínima pérdida de señal la convierte en una tecnología fundamental en el mundo de las telecomunicaciones y las redes, impulsando la conectividad global.

Conceptos Fisicos

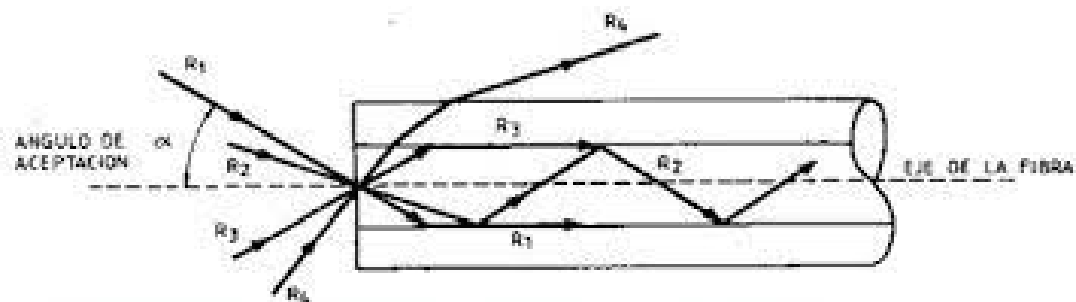
La velocidad de la luz varía al propagarse a través de diferentes medios. En el vacío, la luz se mueve a su máxima velocidad, pero al ingresar a un medio distinto, su velocidad disminuye, experimentando fenómenos de reflexión (donde la luz rebota en la transición entre medios, como ocurre en superficies reflectantes) y refracción (donde la luz no solo cambia su velocidad sino también su dirección de propagación). Para describir este cambio de velocidad en medios materiales, se utiliza el Índice de Refracción " n ", calculado dividiendo la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en ese medio específico. Los fenómenos de reflexión y refracción en la interfaz entre dos medios están directamente relacionados con sus respectivos Índices de Refracción, lo que determina la trayectoria y comportamiento de la luz al cambiar de medio.

Ley de Snell



La ley de Snell establece que el índice de refracción del primer medio, multiplicado por el seno del ángulo de incidencia de la luz en el segundo medio, es igual al índice del segundo medio multiplicado por el seno del ángulo con el que la luz se propaga en ese segundo medio. Esto significa que, en presencia de dos medios con índices de refracción N_1 y N_2 , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite, experimentará reflexión total en la interfaz entre los dos medios. Este fenómeno es fundamental para la guía controlada de la luz en aplicaciones de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica consisten en filamentos extremadamente delgados de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), con un grosor similar al de un cabello humano (entre 10 y 300 micrones). Estos filamentos transportan mensajes en forma de haces de luz que viajan de un extremo al otro de la fibra. El principio que subyace en la transmisión de luz a través de la fibra óptica es la reflexión interna total. La luz que se propaga a lo largo del núcleo de la fibra incide en su superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, lo que provoca que toda la luz se refleje internamente sin pérdidas. Así, la luz puede transmitirse a largas distancias, reflejándose repetidamente a lo largo del recorrido. Para evitar pérdidas causadas por la dispersión de luz debido a impurezas en la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está revestido con una capa de vidrio que tiene un índice de refracción significativamente más bajo. Las reflexiones ocurren en la interfaz entre la fibra de vidrio y su revestimiento, permitiendo una transmisión eficiente de la luz.



Sección lateral de una fibra óptica. Todos los rayos incidentes entre R_1 y R_3 (dentro del ángulo máximo de aceptación) se propagan por la fibra óptica.

La fibra óptica se compone de filamentos que constan de un núcleo central, ya sea de plástico o cristal (por lo general, óxido de silicio o germanio), con un alto índice de refracción, rodeado por una capa de material similar pero con un índice de refracción ligeramente inferior. Su funcionamiento se basa en la aplicación de las leyes de la óptica geométrica, especialmente la ley de la reflexión (con el principio de reflexión interna total) y la ley de Snell.

El funcionamiento de la fibra óptica radica en transmitir un haz de luz a través del núcleo de la fibra de tal manera que la luz no atraviese el núcleo, sino que se refleje y continúe propagándose. Esto se logra cuando el índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, y cuando el ángulo de incidencia supera el ángulo límite.

Ventajas de la Fibra Óptica:

- Permite grandes anchos de banda, y aún más con sistemas de multiplexación.
- Presenta una atenuación muy baja, lo que significa que las señales pueden viajar distancias largas sin degradación significativa.
- Es inmune al ruido electromagnético, lo que la hace adecuada en entornos con interferencia electromagnética.
- El costo de fabricación actual es relativamente bajo, lo que la hace asequible para su implementación.
- Es ligera y delgada, lo que facilita su instalación en espacios reducidos o en aplicaciones específicas.

Desventajas de la Fibra Óptica:

- La fibra óptica es frágil y puede dañarse fácilmente, lo que requiere precaución en su manejo e instalación.
- Los transmisores y receptores utilizados en sistemas de fibra óptica pueden ser costosos en comparación con algunas tecnologías de cobre.
- Realizar empalmes entre fibras puede ser complicado y costoso, requiriendo equipos y habilidades especializadas.
- La fibra óptica no puede transmitir electricidad, por lo que no se puede utilizar para alimentar repetidores u otros dispositivos electrónicos.
- En algunos casos, es necesario realizar conversiones eléctricas a ópticas y viceversa, lo que agrega complejidad a la red y puede tener costos asociados.

Tipos de Fibra Óptica

Fibra Óptica Multimodo:

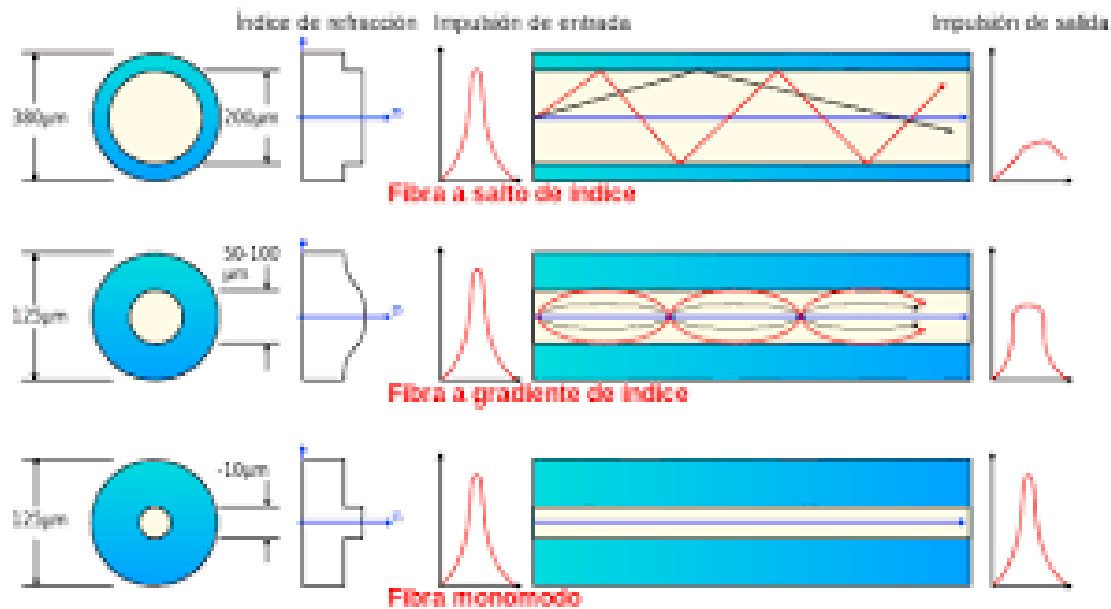
La fibra óptica multimodo es un tipo de fibra en la que varios modos de luz pueden propagarse simultáneamente a través del núcleo de la fibra. Los modos de luz son diferentes trayectorias de propagación que la luz puede seguir dentro de la fibra.

Características clave de la fibra multimodo:

- **Diámetro del Núcleo:** El núcleo de la fibra multimodo es más grande en comparación con la fibra monomodo, generalmente en el rango de 50 a 62.5 micrones.
- **Distancias más cortas:** Debido a la dispersión modal, la fibra multimodo es adecuada para distancias más cortas, típicamente en aplicaciones locales y de corta distancia, como redes de área local (LAN) y comunicaciones dentro de edificios.
- **Fuentes de Luz:** Se utiliza comúnmente fuentes de luz LED o láser VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) como emisores para la fibra multimodo debido a sus anchos de banda más amplios.

Fibra Óptica Monomodo:

- La fibra óptica monomodo, en contraste, permite la propagación de un solo modo de luz a través del núcleo de la fibra. Características clave de la fibra monomodo:
- **Diámetro del Núcleo:** El núcleo de la fibra monomodo es significativamente más delgado, generalmente alrededor de 9 micrones, lo que limita la propagación a un solo modo de luz.
- **Distancias más largas:** La fibra monomodo es adecuada para distancias más largas debido a la ausencia de dispersión modal. Se utiliza en aplicaciones de larga distancia, como redes de área extensa (WAN), enlaces interurbanos y transmisiones de datos a larga distancia.
- **Fuentes de Luz:** Se requieren fuentes de luz láser de alta coherencia, como los láseres de semiconductor, para la fibra monomodo debido a su capacidad de mantener la integridad de la señal a lo largo de largas distancias.



Multiplexacion

Introducción

Cuando se aborda la transmisión de datos a través de un medio de comunicación, ya sea un medio guiado o no, resulta esencial comprender el concepto de multiplexación para optimizar la utilización del medio. La multiplexación se refiere a la capacidad de transmitir múltiples señales a través de un único canal de transmisión, maximizando su rendimiento. Existen diversas técnicas de multiplexación que ofrecen considerables ventajas al emplear la fibra óptica como medio de comunicación para la transmisión de datos. La fibra óptica, con su capacidad para transportar múltiples canales de datos a alta velocidad y con una baja atenuación, se beneficia enormemente de las técnicas de multiplexación para satisfacer las crecientes demandas de comunicaciones de datos de alta velocidad.

Técnicas de multiplexación

- TDM (Time Division Multiplexing)

Es una técnica que asigna el ancho de banda total del medio de transmisión a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

- **Síncrona:** Las ranuras temporales se preasignan y fijan a las distintas fuentes. Las ranuras temporales asociadas a cada fuente se transmiten tanto si éstas tienen datos que enviar como si no.
 - **Estadística:** En un multiplexor síncrono es usual que se desaprovechen muchas de las ranuras temporales de una trama, por lo que en TDM estadística se hace una reserva bajo demanda de las ranuras temporales.
-
- **FDM (Frequency Division Multiplexing)**

Es una técnica mediante la cual el ancho de banda total disponible en un medio de comunicación se divide en una serie de subbandas de frecuencias ligeramente distintas, cada una de las cuales se utiliza para transportar una señal separada. Esto permite que un solo medio de transmisión, como el espectro de radio, un cable o fibra óptica, transporte múltiples señales independientes en el mismo vínculo.
 - **WDM (Wavelength Division Multiplexing)**

Caso especial de FDM aplicado a fibras ópticas, en cada longitud de onda o color se puede transportar un canal distinto.

DWDM: Se envían varias señales con diferentes longitudes de onda por la misma fibra, de modo que se aprovecha enormemente la fibra óptica.

Capa de Red

La capa de red, la tercera capa del modelo OSI (Open Systems Interconnection), se encarga de proporcionar enrutamiento y conmutación de datos a través de una red. Su principal función es determinar la mejor ruta para que los paquetes de datos alcancen su destino final, lo que implica la toma de decisiones sobre el camino que deben seguir. Para lograr esto, la capa de red utiliza direcciones IP para identificar dispositivos y redes, y realiza la fragmentación y reensamblaje de datos en paquetes cuando es necesario. Además, esta capa aborda temas como la fragmentación de paquetes, el enrutamiento de paquetes entre redes y la resolución de direcciones a nivel lógico.

Implementación del Proyecto

El objetivo es ser un proveedor de servicio de internet de alta capacidad con redundancia y seguridad para las instalaciones del Deep Space Antenna 3.

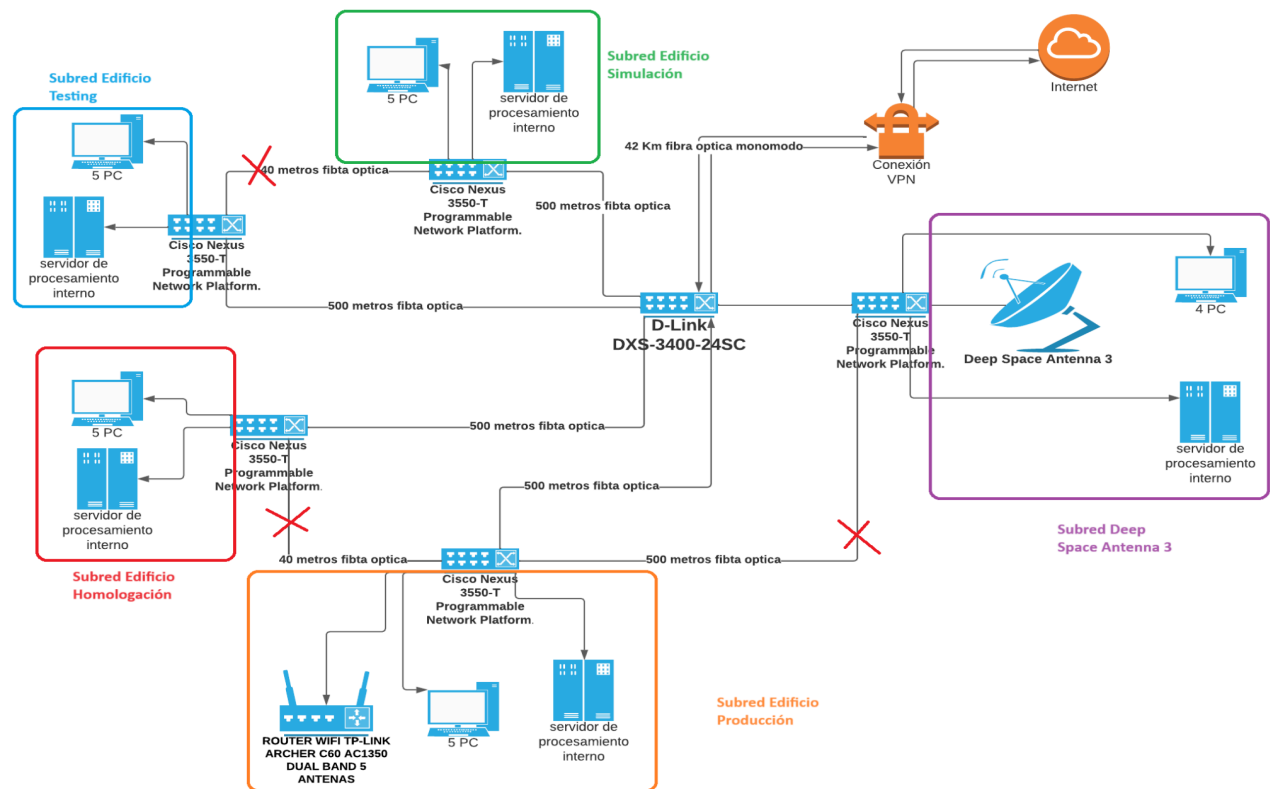
Para comenzar primero averiguamos las características de la zona y los proveedores cercanos para poder ver cómo proseguir. En la investigación descubrimos que las instalaciones se encuentran a 40 kilómetros de la ciudad de Malargüe y conseguimos dos proveedores de internet los cuales nos brindaran fibra óptica de alta velocidad y banda ancha pero tendremos que presupuestar mediante una obra civil el coste de llevar la fibra hasta el lugar.

Una vez pensado todo lo anterior decidimos utilizar fibra óptica monomodo por la distancia que se puede utilizar en conexiones a larga distancia, además de la alta velocidad que permite.

Una vez decidido eso comenzamos por las instalaciones interiores las cuales son 4 edificios(simulación, testing, homologación y producción), y la antenna donde cada uno será una subred conectada a un switch principal de capa 3 con capacidades de alto ancho de banda marca D-Link el cual estará configurado con una vpn que brindara seguridad de acceso y podrá gestionar los tiempos de acceso de cada entidad por horarios para que cada uno pueda entrar a esa hora y no esté utilizándolo otra entidad. A su vez cada elemento dentro de la subred ya sean computadoras o superservidores, estará conectado a su propio switch de capa 3 del tipo data center de la marca Cisco.

Además de que en el edificio principal y más grande que es el de producción añadimos un router interno para que puedan tener conexión wifi a cada uno de los 5 ingenieros que se encuentran dentro del complejo que se dedican al mantenimiento de todo el establecimiento.

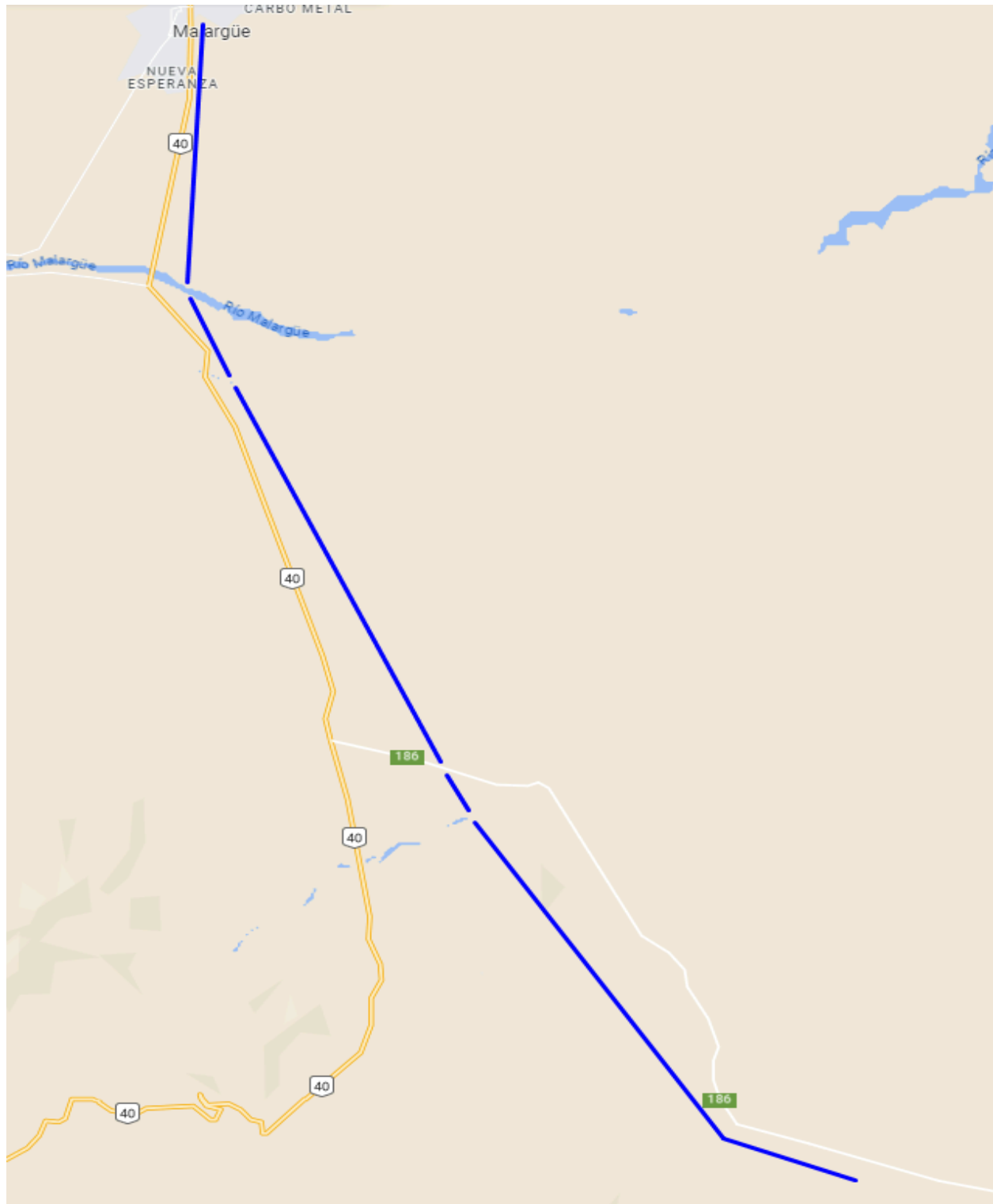
Todo esto está conectado entre sí mediante un método de encaminamiento centralizado (Protocolo de enrutamiento RIP), una topología del tipo estrella y con redundancia de datos brindada por un spanning tree protocol en el caso de que alguna de las conexiones se rompan.



Subneteo de las subredes internas ipv4:

Subred edificio	Network Address	Primera IP asignable	Ultima IP asignable	Dirección IP Broadcast
Edificio Simulación	192.168.1.0	192.168.1.1	192.168.1.14	192.168.1.15
Edificio Testing	192.168.1.16	192.168.1.17	192.168.1.30	192.168.1.31
Edificio Homologación	192.168.1.32	192.168.1.33	192.168.1.46	192.168.1.47
Edificio Producción	192.168.1.48	192.168.1.49	192.168.1.62	192.168.1.63
Deep Space Antena 3	192.168.1.64	192.168.1.65	192.168.1.78	192.168.1.79
IP Address	192.168.1.0			
Subnet Mask	255.255.255.240			
CIDR Notation	/28			

Area de Trabajo



La estación de seguimiento - Antena DS3 se encuentra aproximadamente a 42 km de la ciudad de Malargüe donde está ubicada la última boca de fibra. Para realizar la conexión se propone hacer un tendido desde dicho lugar hasta la antena. El cual debe cruzar 3 ríos para llegar a la misma, como se puede apreciar en el mapa.

Selección de Materiales

Cable Drop Fibra Optica 4 Pelos Con Portante Acero 1000m Glc



1. Tipo de Cable: Es un cable de fibra óptica.
2. Cantidad de Pelos: Tiene 4 pelos.
3. Portante de Acero: Cuenta con un portante de acero para mayor resistencia.
4. Longitud: Viene en una bobina de 1000 metros.
5. Resistencia: Este cable es resistente a las inclemencias del tiempo, gracias a su núcleo cubierto por un polímero que no es inflamable.
6. Estructura: Su estructura simple y ligera se compone de un cable óptico posicionado en el centro, junto con dos plásticos reforzados que protegen la fibra.
7. Cubierta: La cubierta del cable es LSZH (Cero emisiones de gases halógenos, retardantes a la llama y bajo humo) de color negro.
8. Aplicación: Es un componente importante para el correcto funcionamiento de los tendidos de fibra

Stp Utp Ftp Cat 6a Blindado Rollo Cable 305 Mts 10 Gigas



1. Tipo de Cable: Es un cable de par trenzado blindado con revestimiento de aluminio (S/FTP), categoría 6A.
2. Transmisión de Datos: Ha sido diseñado para la transmisión de datos a 10 Gigabits por segundo.
3. Operación Estable: Garantiza una operación estable en la frecuencia de 500MHz o superior.
4. Longitud: Viene en una bobina de 305 metros.
5. Pantalla de Aluminio: La característica principal de este cable es la pantalla de aluminio que lleva para protegerse de los ruidos e interferencias electromagnéticas.
6. Conectores: No incluye conectores.
7. Color: El cable es de color violeta.
8. Garantía del Vendedor: Ofrece una garantía de 12 meses

Fibra Óptica Drop Plana 2 Pelos C/ Tensor X40 Mts Sc/apc



1. Tipo de Fibra: Es una fibra óptica Drop plana monomodo.
2. Cantidad de Hilos: Tiene 2 hilos.
3. Tensor de Acero: Viene con un tensor de acero.
4. Norma: Cumple con la norma G657A.
5. Longitud: Viene en una longitud de 40 metros.
6. Presentación: Se presenta en 40 metros de fibra fraccionada.

Cierre De Empalme Fibra Óptica Botella 24 Hilos



1. Tamaño compacto: La caja de empalme es de tamaño compacto, lo que permite el montaje en pequeños pedestales.
2. Capacidad: Cuenta con 24 fibras.

3. Puertos de acceso: Tiene tres puertos de acceso de 18mm y un oval para sangría.
4. Organizador interno: Posee un amigable organizador interno para el manejo y acomodo de las fibras ópticas.
5. Resistencia: Está hecho de material de plástico rígido resistente a los rayos UV, humedad y golpes.
6. Instalación: Permite la instalación bajo tierra o sobre el tendido del cable aéreo.
7. Accesorios: Cuenta con una línea completa de accesorios para montaje

D-Link Systems DXS-3400-24SC - Conmutador apilable de 10 GbE de 24 puertos



1. Alto rendimiento: El DXS-3400-24SC es un conmutador de alto rendimiento que ofrece conmutación y enrutamiento a velocidad de cable de 10 Gigabit Ethernet, y una latencia ultra baja.
2. Conectividad Ethernet: Incluye veinte (20) puertos ópticos 10GbE (SFP+) y cuatro (4) puertos "Combo" 10GbE (RJ45/SFP+).
3. Apilamiento físico: Soporta apilamiento físico con hasta 4 dispositivos por pila.
4. Enrutamiento estático de Capa 2+ / RIPv1/v2/ng: Ofrece enrutamiento estático de Capa 2+ / RIPv1/v2/ng.
5. Enrutamiento dinámico de Capa 3 / OSPF opcional: Soporta enrutamiento dinámico de Capa 3 / OSPF opcional.
6. Características de Data Center Bridging (DCB): Incluye características de Data Center Bridging (DCB).
7. Fuentes de alimentación y módulo de ventilador intercambiables en caliente: Cuenta con fuentes de alimentación y módulo de ventilador intercambiables en caliente

Cisco Nexus 3550-T Programmable Network Platform.



1. Plataforma de aplicación de baja latencia: El Cisco Nexus 3550-T es una plataforma de aplicación de software de alta gama con un diseño de baja latencia único.
2. Conectividad Ethernet: Ofrece hasta 48 puertos de conectividad Ethernet en un formato de unidad de rack único.
3. Arquitectura de hardware: Está construido alrededor de un FPGA (Field Programmable Gate Array) dinámicamente reconfigurable y proporciona 48 puertos que son capaces de 25G junto con una CPU de gestión x86 (procesador Intel Atom con 8 núcleos de hasta 1.7 GHz)¹. Todos los 48 puertos están conectados directamente al FPGA Xilinx Virtex UltraScale Plus VU35P con una velocidad de grado “-3”. El FPGA tiene 8GB de memoria de alto ancho de banda (HBM) a bordo.
4. Facilidad de gestión: Cuenta con un puerto de consola, un puerto Micro USB, un puerto RJ45 de 1G y un puerto SFP+ de 10G, que pueden utilizarse como interfaces de gestión. Utiliza una interfaz de línea de comandos (CLI) diseñada para satisfacer las necesidades de las configuraciones de FPGA de baja latencia.
5. Programabilidad: Proporciona un potente marco de desarrollo para añadir inteligencia específica de la aplicación al módulo FPGA de Cisco Nexus 3550 utilizando el Kit de Desarrollo de Firmware (FDK) de Nexus de Cisco.

6. Estadísticas: Soporta estadísticas conscientes de paquetes. El firmware de Cisco Nexus 3550-T tiene la capacidad de monitorizar estadísticas vitales de paquetes, incluyendo el número de paquetes/bytes transmitidos/recibidos y errores de transmisión/recepción, y diagnósticos profundos, incluyendo niveles de luz, temperaturas de funcionamiento, capacidades de transceptor, y más

Klein Tools VDV826-764 Enchufe de datos modular para CAT6A y cable Ethernet CAT6 de mayor diámetro para interiores o exteriores, paquete de 200



1. Tipo de Conector Modular: Es un conector modular tipo RJ45 Macho.
2. Configuración de Puerta: Tiene una configuración de puerta de 1 x 1 (Puerto).
3. Categoría LAN: Es de categoría LAN Cat6a.
4. Montaje de Conector: El montaje del conector es con cable.
5. Orientación de Conexión: La orientación de la conexión es recta.
6. Blindaje: No está blindado.
7. Gama de Producto: Pertenece a la serie Pass-Thru.
8. Instalaciones rápidas y fiables: Permite instalaciones de conectores rápidas y fiables utilizando conectores de paso exclusivos de Klein.

- Cisco QSFP-40G-LR4, 40GBASE-LR4 QSFP40G transceiver for Single Mode Fiber, 4 CWDM lanes in 1310nm window Muxed inside module, Duplex LC connector, 10km, Multi-rate Support (40G Ethernet and OTU3)**



1. Tipo de Interfaz: Es un dispositivo de entrada/salida intercambiable en caliente que se conecta a un puerto Ethernet Cisco QSFP de 40 Gigabit.
2. Conector de Fibra Óptica: Utiliza un conector dúplex LC12.
3. Tasa de Transferencia: Tiene una tasa de transferencia de hasta 40,000 Mbit/s.
4. Longitud de Onda: Opera en 4 carriles CWDM en la ventana de 1310 nm dentro del módulo.
5. Distancia Máxima: Soporta longitudes de enlace de hasta 10 kilómetros sobre una fibra monomodo estándar G.6521.
6. Soporte Multi-tasa: Admite 40G Ethernet y OTU3.
7. Aplicación: Ofrece una variedad de opciones de conectividad de Ethernet de 40 Gigabit de alta densidad y bajo consumo para centros de datos, redes de computación de alto rendimiento, capas de distribución y núcleo empresarial, y aplicaciones de proveedores de servicios

Presupuesto Materiales

- **Cable Drop Fibra Optica 4 Pelos Con Portante Acero 1000m Glc**

\$155.000 * 46 unidades = usd\$20.360

- **Stp Utp Ftp Cat 6a Blindado Rollo Cable 305 Mts 10 Gigas**

\$300.000 = usd\$896

- **Fibra Óptica Drop Plana 2 Pelos C/ Tensor X40 Mts Sc/apc**

\$7500 *2 unidades = usd\$41

- **Cierre De Empalme Fibra Óptica Botella 24 Hilos**

\$36.000 * 46 unidades = usd\$4.720

- **D-Link Systems DXS-3400-24SC - Conmutador apilable de 10 GbE de 24 puertos**

usd\$4.876

- **Cisco Nexus 3550-T Programmable Network Platform.**

usd\$59.681 * 5 unidades = usd\$298.405

- **Klein Tools VDV826-764 Enchufe de datos modular para CAT6A y cable Ethernet CAT6 de mayor diámetro para interiores o exteriores, paquete de 200**

usd\$100

- **Cisco QSFP-40G-LR4, 40GBASE-LR4 QSFP40G transceiver for Single Mode Fiber, 4 CWDM lanes in 1310nm window Muxed inside module, Duplex LC connector, 10km, Multi-rate Support (40G Ethernet and OTU3)**

usd\$223.5 *5 unidades = usd\$1.118

Total de materiales: USD\$325.640

Obra civil (estimado): USD\$10.000.000

Proveedores de Servicio



(Grupo Datco)

Servicio de internet: 10 Gb/s simétricos de banda ancha.

Presupuesto: 9 millones al mes es decir 25713.41 dólares a precio oficial.



Servicio de internet: 1 Gb/s simétricos de banda ancha

Presupuesto: 900.000 al mes arsat es decir 2571.34 dólares a precio oficial

Conclusion

Concluimos que el proyecto es totalmente viable debido a que conseguimos proveedores y los equipos necesarios para realizarlo. Sabemos que el presupuesto tanto de los componentes como de la obra de ingeniería civil es alto, pero sabemos que contamos con el respaldo de varias instituciones que utilizan El Deep Space Antenna 3.

Además, concluimos que este proyecto requiere un gran análisis desde distintos puntos de vista para poder llevar a cabo esta tarea de gran magnitud e importancia. Por lo que nos brindó una gran cantidad de conocimientos sobre cómo se maneja el medio de las telecomunicaciones y redes. También nos permitió obtener muchas herramientas que podremos utilizar a futuro si decidimos trabajar en estas áreas.