

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INFORME**

**“ ANÁLISIS Y DISEÑO DE ENLACE DE  
FIBRA ÓPTICA MONOMODO PARA  
DEPENDENCIAS DEL CAMPUS CIUDAD  
UNIVERSITARIA DE LA UNAM “**

**"TRABAJO PROFESIONAL"**

**Que para obtener el título de:**

**Ingeniero en Telecomunicaciones**

**Presenta:**

**ALAN GERHARD SOLANO URBAN**

**Asesor:**

**M.I. JUVENTINO CUELLAR GONZÁLEZ**

**AÑO: 2015**



# **AGRADECIMIENTOS**

## **A Dios.**

Por darme salud e inteligencia para cumplir esta etapa de mi vida, que es un sueño y tú lo sabes Diosito. Cuando pensaba que ya no podía, tú estabas ahí para orientarme y recordarme que no me preocuparé, porque estás conmigo. ¡Gracias Diosito!

## **A mi Mamá, Hortencia.**

Por darme el mejor ejemplo para salir adelante, frente a todas las adversidades. Cada meta es dedicada a ti, tú eres el motor de mi vida, y doy gracias a Dios por cuidarte y por ser la persona que eres. Esta alegría que tengo al cumplir este sueño, te pertenece. ¡Te quiero mucho mamá!

## **A mi hermana Jael y mi hermano**

### **Rafael.**

Por su apoyo y su cariño, yo sé que a veces los hago enojar, pero los quiero mucho y quiero que sonrían y que estén contentos de esta meta que cumplimos, porque somos una familia.



**A Noemi.**

Por darme la oportunidad de conocer  
a una persona especial y convertirse en  
una parte importante en mi vida, por  
tus palabras y el apoyo que me has dado,  
y sobre todo por tu amor. ¡Gracias!

**A mis amigos de la Facultad**

Gracias por las alegrías y situaciones  
que pasamos, los consejos que nos  
damos en lo profesional.  
¡Los aprecio mucho amigos!

**Al M.I. Juventino Cuellar**

Por darme el apoyo para  
realizar esta meta de mi vida.  
¡Gracias!

**A mis profesores, Facultad  
de Ingeniería y DGTIC.**

Por los conocimientos y experiencias  
que me transmitieron, para emplearlos en  
lo profesional de la mejor manera.  
¡Gracias!

# ÍNDICE GENERAL

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Agradecimientos .....</b>                                                   | <b>2</b>  |
| <b>Índice General .....</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>Índice de Figuras .....</b>                                                 | <b>6</b>  |
| <b>Capítulo 1. Introducción .....</b>                                          | <b>7</b>  |
| 1.1 Objetivo.....                                                              | 8         |
| 1.2 Definición de problema .....                                               | 8         |
| 1.3 Antecedentes.....                                                          | 9         |
| <b>Capítulo 2. Marco Teórico .....</b>                                         | <b>12</b> |
| 2.1 Avances de la Comunicación Tecnológica. ....                               | 13        |
| 2.1.1 Evolución de la Fibra Óptica.....                                        | 13        |
| 2.2 Características Generales de la Fibra Óptica. ....                         | 15        |
| 2.3 Tipos de Fibra Óptica por su Fabricación. ....                             | 18        |
| 2.4 Tipos de Fibra Óptica por su Propagación. ....                             | 18        |
| 2.5 Pérdidas y Dispersión en Fibra Óptica.....                                 | 20        |
| 2.6 Conectores de Fibra Óptica. ....                                           | 20        |
| 2.7 Empalmes de Fibra Óptica.....                                              | 21        |
| 2.8 Estándares para la instalación de Fibra Óptica. ....                       | 23        |
| <b>Capítulo 3. Metodología del Proyecto.....</b>                               | <b>25</b> |
| 3.1 Análisis. ....                                                             | 27        |
| 3.1.1 Identificación de Necesidades y Problemas de Infraestructura Óptica..... | 27        |
| 3.1.2 Recorrido para Identificar Trayectorias Óptimas.....                     | 27        |
| 3.2 Diseño y Planeación.....                                                   | 29        |
| 3.2.1 Estudio y Recopilación de Información .....                              | 29        |
| 3.2.2 Dimensionamiento de Enlaces y Elección de Fibra Óptica. ....             | 30        |
| 3.2.3 Propuesta de Diagramas Unifilares y Empalmes de Fibra Óptica. ....       | 32        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3 Autorización y Ejecución.....                      | 33        |
| 3.3.1 Documentación y Autorización del Proyecto.....   | 33        |
| 3.3.2. Implementación y Supervisión del Proyecto ..... | 34        |
| <b>Capítulo 4. Resultados y Aportaciones .....</b>     | <b>36</b> |
| 4.1. Análisis .....                                    | 37        |
| 4.2. Diseño y Planeación.....                          | 42        |
| 4.3. Autorización y Ejecución.....                     | 44        |
| <b>Capítulo 5. ....</b>                                | <b>49</b> |
| <b>Conclusiones.....</b>                               | <b>53</b> |
| <b>Referencias .....</b>                               | <b>55</b> |
| <b>Glosario.....</b>                                   | <b>56</b> |
| <b>Anexo A.....</b>                                    | <b>59</b> |
| <b>Anexo B .....</b>                                   | <b>72</b> |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ventanas de transmisión de las fibras ópticas.....                                     | 16 |
| Figura 2. Estructura de una Fibra óptica .....                                                   | 17 |
| Figura 3. Tipos de fibra monomodo y multimodo .....                                              | 19 |
| Figura 4. Dimensiones de fibra óptica monomodo y multimodo .....                                 | 19 |
| Figura 5. Empalme mecánico de fibra óptica.....                                                  | 22 |
| Figura 6. Empalme por fusión de fibra óptica .....                                               | 23 |
| Figura 7. Metodología del Proyecto.....                                                          | 26 |
| Figura 8. División por zona de Ciudad Universitaria.....                                         | 28 |
| Figura 9. Norma Internacional ITU-T G.652.D.....                                                 | 31 |
| Figura 10. Registro de Telecomunicaciones existente de la DGTIC.....                             | 38 |
| Figura 11. Registro de Telecomunicaciones con alto porcentaje de saturación .....                | 39 |
| Figura 12. Registro de Telecomunicaciones nuevo, guiado con rafia .....                          | 39 |
| Figura 13. Empalmadora por fusión de la empresa ganadora.....                                    | 40 |
| Figura 14. Cierre de empalme de fibra óptica monomodo utilizado en el proyecto.....              | 41 |
| Figura 15. Placa metálica para identificar los enlaces ópticos.....                              | 42 |
| Figura 16. Modelo de medición de atenuación para los enlaces ópticos.....                        | 46 |
| Figura 17. Representación gráfica de la prueba de atenuación del enlace óptico a 1310nm<br>..... | 47 |
| Figura 18. Representación gráfica de la prueba de atenuación del enlace óptico a 1550nm<br>..... | 48 |



# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN



## **1.1 OBJETIVO**

Realizar la planeación y diseño de un proyecto para la instalación de fibra óptica monomodo en distintas dependencias de Ciudad Universitaria.

El proyecto tiene como propósito ofrecer mayor conectividad de red en Ciudad Universitaria, así como actualizar la infraestructura de telecomunicaciones incorporando sistemas de comunicaciones ópticas. El diseño debe contar con un análisis detallado de trayectorias óptimas, diagramas unifilares y diagramas de empalmes para un mejor funcionamiento del enlace óptico.

## **1.2 DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Actualmente las universidades del mundo deben de contar con los últimos avances tecnológicos, para que tanto el alumno, como el personal docente dispongan de herramientas para el mejor desempeño de las actividades universitarias.

Los medios de transmisión comunes que se utilizan para la conexión a Internet son: la conexión a través de la fibra óptica y la conexión de forma inalámbrica. De estos dos tipos, la conexión por medio de la fibra óptica tiene las siguientes ventajas: se puede aprovechar mejor el ancho de banda, se tiene mayor tasa de transmisión de datos en grandes distancias, y se puede mejorar confidencialidad de información.

Es por ello que fue necesario un proyecto con la finalidad de actualizar al campus de Ciudad Universitaria de la UNAM en infraestructura óptica. Con el propósito de transformarla en una red capaz de satisfacer la demanda tecnológica que cada dependencia, facultad y comunidad en general, necesitan día con día.

Los encargados de llevar a cabo este proyecto fueron: El Programa de Red de Media Tensión y la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y



Comunicación, DGTIC; la cual monitorea y controla la RedUNAM, englobando telefonía, voz y datos en toda la UNAM.

Cabe mencionar que el proyecto se dividió en varias etapas, debido a las dimensiones del campus de Ciudad Universitaria, una de ellas fue la reestructuración de obra civil, otra fue la instalación de fibra óptica monomodo, seguida de la conexión de equipos de red. En estas últimas dos etapas, la participación de DGTIC fue diseñar y supervisar los enlaces de red de fibra óptica y su correcto funcionamiento.

Las acciones para mejorar el servicio de Internet en Ciudad Universitaria, muestran un paso importante para la UNAM, en busca de una mejora continua y una renovación tecnológica, acorde a los tiempos actuales. Es por ello que se solicitó el apoyo de la DGTIC, la cual es capaz de resolver proyectos de tecnologías emergentes, interesada en ampliar y mejorar los servicios que brinda a la sociedad, por medio de la aplicación y la integración de tecnologías. Todo esto a raíz de la convergencia tecnológica que se ha venido acrecentando en los últimos años.

### **1.3 ANTECEDENTES**

A medida de que los requerimientos para las redes de comunicación han ido aumentando, se han buscado medios de propagación físicos que logren mejorar las capacidades de transmisión de datos. Uno de los medios de transmisión que cumple con esta característica es la fibra óptica, la cual transmite información por medio de la luz, a diferencia de enviar información a través de cables fabricados con conductores metálicos. Actualmente los enlaces de datos de larga distancia se hacen por medio de fibra óptica, ejemplos de ellos son enlaces entre universidades, ciudades, países, entre otros.

Es importante mencionar, que las instalaciones de cableado con fibra óptica son más costosas que otros sistemas de comunicación (por ejemplo cable de cobre),



sin embargo, al momento de pensar en escalabilidad, la inversión es óptima, siempre y cuando la instalación cumpla con las normas y estándares correspondientes a fibra óptica (ANSI/TIA/EIA 568B).

En un proyecto en el cual se instalará fibra óptica en grandes extensiones de terreno, es necesario un análisis más completo por ejemplo, el tipo de fibra óptica, el número de empalmes por fusión, las derivaciones ópticas de los enlaces, las trayectorias óptimas del cableado, el cuarto de telecomunicaciones en donde se ubicará el distribuidor de fibra óptica, entre otras; con la intención de obtener un mejor desempeño de transmisión de datos.

En este caso, la UNAM tiene un gran compromiso en cuestión de conectividad, pues la alta demanda de alumnos que ingresan a nivel licenciatura en el campus de Ciudad Universitaria, exige mayor conectividad a Internet, es por ello que decidió invertir en la renovación de su RedUNAM. De tal forma que DGTIC y el programa de Media tensión se coordinaron para desarrollar este proyecto y con ello impulsar la transformación tecnológica de la máxima casa de estudios, UNAM.



## Capítulo 2



# MARCO TEÓRICO

## 2.1- AVANCES DE LA COMUNICACIÓN TECNOLÓGICA.

Los enlaces en telecomunicaciones, como los sistemas inalámbricos o de fibra óptica, complementan al cable de cobre, y ayudan a mejorar la movilidad, así como aumentar la tasa de transmisión, es por ello que no se puede decir que van a sustituir definitivamente al cableado convencional. La fibra óptica utiliza pulsos de luz para transmitir datos a través de hilos de vidrio, como resultado, se logra obtener alta tasa de transmisión a grandes distancias, ya que la luz tiene baja dispersión; evitando problemas de interferencia electromagnéticas debido a que el medio es un dieléctrico, a diferencia de los cables de cobre.

### 2.1.1- EVOLUCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.

Para llevar a cabo un sistema de comunicación de fibra óptica es necesario remontarnos a la historia, la naturaleza y las propiedades de la luz. La luz es una forma de energía electromagnética que puede usarse para transmitir información, alcanza su velocidad máxima en el vacío a 300 000 km/seg [1].

El físico irlandés John Tyndall en el año 1870, descubrió que la luz podía viajar dentro de un material y cuidar la curvatura de la línea de transmisión, gracias a la reflexión interna en las paredes del material. Lo realizó usando agua, como el medio en el que se propaga la luz [2].

En los años 50's del siglo XX, Narinder Singh Kapany, junto a Harold Hopkins, comenzaron a basarse en los estudios de John Tyndall, con el objetivo de crear una teoría con la cual poder desarrollar un material por el cual la luz viaje, y presentar



alguna curvatura, logrando que el haz de luz se adapte, gracias a las reflexiones sobre el material. Fue Kapany quien utilizó el término fibra óptica en 1956 [3].

En su tesis doctoral, Sir Charles Kuen Kao en 1956, predijo que la atenuación de una fibra óptica no debía ser superior a los 20 decibeles por kilómetro, si se quería que ésta fuese apta para usarse en transmisiones de datos. En el año 1970 equipo de Corning Glass, en Corning, New York, desarrollaron una fibra óptica con atenuaciones de 0.5 dB/km, sumado al trabajo de los Laboratorios Bell en el desarrollo de láseres que eran capaces de funcionar a temperatura ambiente, propició que el 22 de abril de 1977, General Telephone and Electronics mandará la primera transmisión telefónica a través de fibra óptica con una tasa de transmisión de 6 Mbits/seg [4].

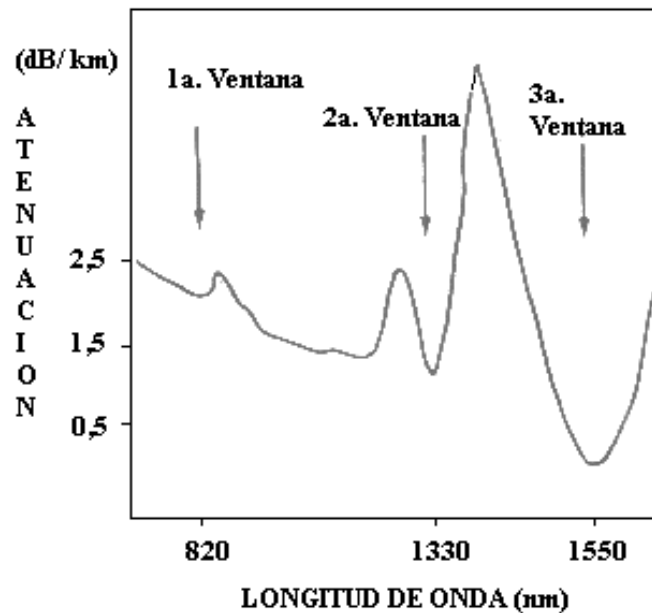
A finales de los años 70's y principios de los 80's el estudio de los cables ópticos y el desarrollo de las fuentes de luz, abrieron la puerta al desarrollo de sistemas de comunicación de fibras ópticas de alta calidad, capacidad y eficiencia. A tal grado, que a finales de la década de 1980 las pérdidas en las fibras ópticas se redujeron hasta 0.16dB/km, y en 1988, la compañía NEC Corporation estableció un récord de transmisión a gran distancia, al enviar 10 Gbits/seg a 80.1 km de fibra óptica. A mediados de la década de 1990, las redes ópticas para voz y datos eran lugar común en Estados Unidos y en gran parte del mundo [2].

## **2.2- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FIBRA ÓPTICA.**

La fibra óptica es un hilo fino de vidrio o de plástico, que permite transportar luz, generalmente en la banda infrarroja (longitudes de onda entre 750 nm y 1600 nm), por lo tanto no es visible para el ojo humano. Esta luz modulada (analógica o digital), permite transmitir señales de información entre dos puntos a tasas de

transmisión muy altas, con tasas de errores muy bajas; por ejemplo, en fibra óptica la tasa de error es de  $10^{-9}$ , frente a  $10^{-6}$  en cables metálicos [5].

La atenuación producida por una señal luminosa (en función de la longitud de onda) en el interior de una fibra óptica corresponde a la *Figura 1*. A esta relación se les llama ventanas de transmisión, la primera ventana corresponde a los 850 nm, en la segunda ventana de 1300 nm la atenuación era baja. Sin embargo la tercera ventana de 1550 nm la atenuación era más baja y el ancho de banda mayor [6].



*Figura 1. Ventanas de transmisión de las fibras ópticas<sup>1</sup>.*

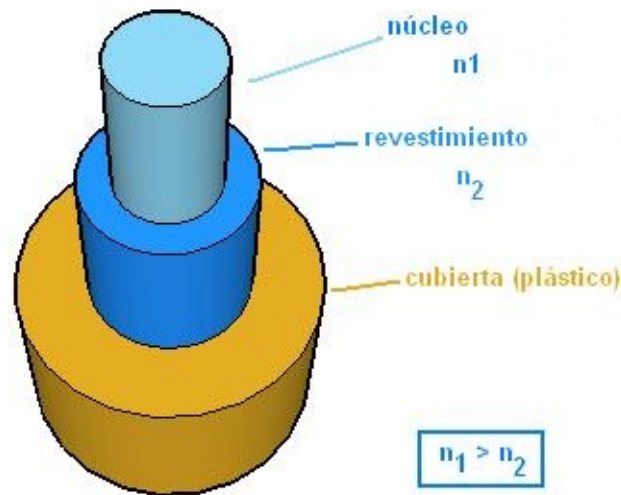
La fibra óptica es utilizada en los circuitos de transmisión, ejemplo de ellos, en redes de área metropolitana (MAN). Así como en las Redes de Área Local (LAN) y en Redes de Área Extendida (WAN). Este medio de transmisión, presenta ventajas importantes respecto a los pares trenzados de conductores de cobre o coaxiales [4], tales como:

<sup>1</sup> Página web: [http://www.oocities.org/uny\\_ve/cr01-1/RT/clase4.htm](http://www.oocities.org/uny_ve/cr01-1/RT/clase4.htm) (en línea)



1. Baja atenuación por kilometro, por lo tanto, se pueden alcanzar mayores distancias sin amplificar.
2. Total inmunidad a las interferencias electromagnéticas, causadas por relámpagos, motores eléctricos y otras fuentes de ruido eléctrico. Además no radian energía de RF, por lo tanto no pueden causar interferencia con otros sistemas de comunicación, por ejemplo antenas.
3. Potencias del orden de los Miliwatts (mW), así como las fuentes consumen menor energía.
4. Alta capacidad de transmisión, debido al mayor ancho de banda disponible.
5. Seguridad en cuanto a la posibilidad de que terceros no desaseados intercepten el cable.
6. Diámetros pequeños, flexibilidad y su poco peso, hacen que sean fáciles de instalar.
7. Resistentes al fuego y a la corrosión (dependiendo las características), soportando mejor los cambios atmosféricos.
8. El costo a largo plazo de un sistema de fibra óptica se proyecta que será menor a un sistema metálico.

La fibra óptica está constituida por dos capas, una central denominada núcleo (core) y una periférica llamada revestimiento (cladding). Cada una de estas capas está caracterizada por un índice de refracción distinto ( $n_1 > n_2$ ), *Figura 2*. Es decir, el índice de refracción del núcleo debe ser mayor que el del recubrimiento; y además, obtener una pérdida mínima a través de la cubierta [4].



*Figura 2. Estructura de una Fibra óptica <sup>2</sup>*

## 2.3- TIPOS DE FIBRA ÓPTICA POR SU FABRICACIÓN

Básicamente, las fibras ópticas se clasifican de dos formas: por el material con que se fabrican y por su modo de propagación.

Hay tres tipos de fibras ópticas, su material de fabricación son vidrio, plástico o una combinación de vidrio y plástico, estas son:

- 1.- En núcleo y el revestimiento de plástico.
- 2.- En núcleo y el revestimiento de vidrio.
- 3.- En núcleo de vidrio y el revestimiento de plástico.

Las fibras de plástico son más flexibles, menos costosas, fáciles de instalar y resistentes, si lo comparamos con el vidrio. Sin embargo, no propagan la luz tan eficientemente como el vidrio [7].

---

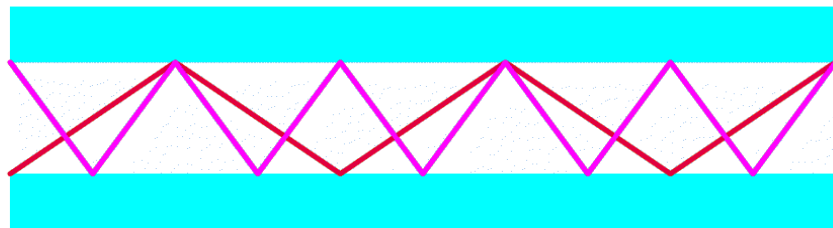
<sup>2</sup> Página web : [http://nemesi.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesi.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm) (en línea)



Es por ello que, las fibras de plástico se instalan en distancias cortas, a diferencia de las fabricadas por vidrio. La selección de una fibra, va a depender de los requerimientos de la aplicación.

## 2.4- TIPOS DE FIBRA ÓPTICA POR SU PROPAGACIÓN.

En la terminología de fibra óptica, la palabra modo simplemente significa trayectoria. Si la luz que viaja en una trayectoria, se llama monomodo o modo sencillo. Si hay más de una trayectoria, se llama multimodo [8], como se ilustra en la *Figura 3*.



**FIBRA  
MULTIMODO**



**FIBRA MONOMODO**

**Figura 3. Tipos de fibra monomodo y multimodo<sup>3</sup>**

El núcleo de la fibra monomodo tiene aproximadamente un diámetro de 9mm, y el recubrimiento de 125µm. Mientras que en la fibra multimodo, el diámetro del

<sup>3</sup> Página web: <http://www.soyteleco.net/articulos/tecnologia/item/513-fibra-optica-a-la-velocidad-de-la-luz> (en línea)

núcleo es de 50  $\mu\text{m}$  y 62.5 $\mu\text{m}$  y el recubrimiento 125 $\mu\text{m}$ , como se ilustra en la *Figura 4*.

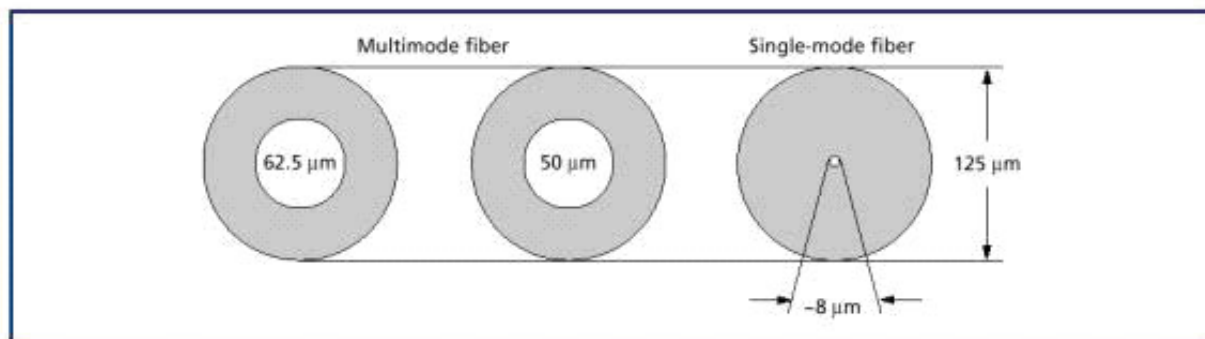


Figura 4. Dimensiones de fibra óptica monomodo y multimodo<sup>4</sup>

## 2.5- PÉRDIDAS Y DISPERSIÓN EN FIBRA ÓPTICA

En telecomunicaciones se utiliza el decibel como unidad de medida para la potencia de una señal, es decir, la pérdida o la ganancia de un dispositivo está dada en decibelios (dB). Con frecuencia se llama atenuación a la pérdida de potencia, y produce una pérdida de potencia de la onda luminosa al atravesar el cable [3].

La atenuación tiene varios efectos adversos al funcionamiento de la fibra óptica, es decir, afecta en la rapidez de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema. Estos efectos que produce la atenuación dependen, del grado de pureza del material, de los tramos de fibra óptica instalada, de los grados de curvatura y de las técnicas de empalme o uniones entre las distintas partes del circuito óptico.

Por otra parte, la dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido por las diferentes velocidades de transmisión, que llegan al receptor en distintos instantes de

<sup>4</sup> Página web: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Fibra\\_optica/tipos.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Fibra_optica/tipos.htm) (en línea)



tiempo. La dispersión se asocia con una limitación en el ancho de banda de la transmisión [9].

## **2.6- CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA.**

Los conectores se utilizan para conectar la fibra óptica a paneles o a dispositivos activos. De acuerdo al estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3, los conectores para fibras multimodo deben ser de color beige. Los conectores para fibras monomodo deben ser de color azul. Existen varios tipos de conectores, entre los más comunes se encuentran: ST (Straight Tip Bayonet Connector), SC (Subscriber Connector), FC (Fiber Connection), MPO (Multiple-Fiber Push-On/Pull-off) y LC (Lucent Conector) [2].

Se debe tener cuidado al manipular los conectores de fibra óptica. Los extremos del conector pueden rayarse fácilmente y causar más pérdidas en la transmisión. La suciedad o el polvo en el extremo del conector también son factores de cuidado. Cuando éstos no se utilizan, deben colocarse cubiertas protectoras en los extremos de los conectores, esto evitará que se acumule suciedad y los protegerá contra los rayones [10].

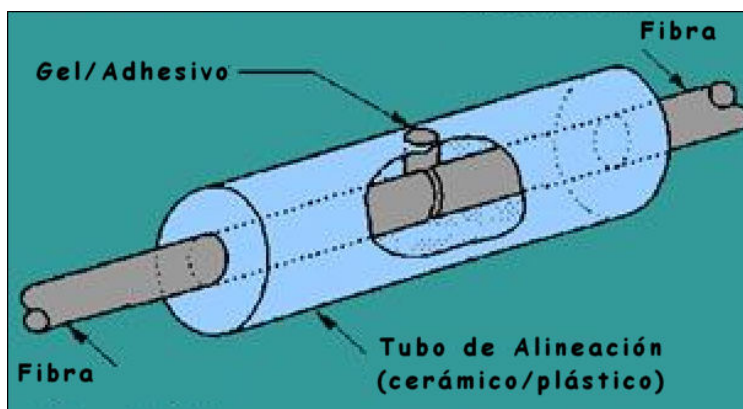
Las pérdidas que generan los conectores varían dependiendo el tipo, sin embargo no debe ser mayor a 0.75 dB. Existen cordones de interconexión que intercambian tipos de conectores (SC-LC, LC- FC, etc.).

## **2.7- EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA.**

El empalme de fibra óptica es la unión de dos piezas de cable de la misma. El estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3 admite dos métodos utilizados para empalmar el cable de fibra óptica: el método mecánico y el método de fusión. En cualquiera de los casos, cada empalme no debe obtener pérdidas mayores de 0.3 dB. La preparación es la misma independientemente del tipo de método utilizado [10].

El empalme de fibra óptica mecánico provee un medio económico a diferencia de la fusión, este mecanismo debe proporcionar baja pérdida de conexión entre las fibras y protección mecánica del empalme en sí. Este empalme consiste en alinear los hilos de fibra óptica y unirlos con el empalme óptico, debidamente cortados y limpios para permitir el paso de luz de una fibra a otra. Al cerrar el empalme, este desprende un adhesivo adaptador de índice, que fija los extremos de las fibras, *Figura 5*.

Su aplicación del empalme mecánico, es principalmente en las instalaciones donde el desmontaje es frecuente. Además puede ser aplicado para fibra óptica multimodo y monomodo.



**Figura 5. Empalme mecánico de fibra óptica <sup>5</sup>.**

El empalme por fusión, es la soldadura de las fibras ópticas entre sí. En este proceso se utilizan máquinas especiales para la inyección de calor y con ello quedar soldadas, *Figura 6*. Como consecuencia de calor generado por el proceso, la fibra puede ser muy frágil y propensa a quebrarse, es por ello que, después la fibra se protege por medio de un tubo termocontráctil o tubo termoretráctil, el cual mantiene estable la unión de los hilos de fibra óptica. [2].

---

<sup>5</sup> Página web: <http://www.gonzalonazareno.org/certired/p10f/p10f.html> (en línea)

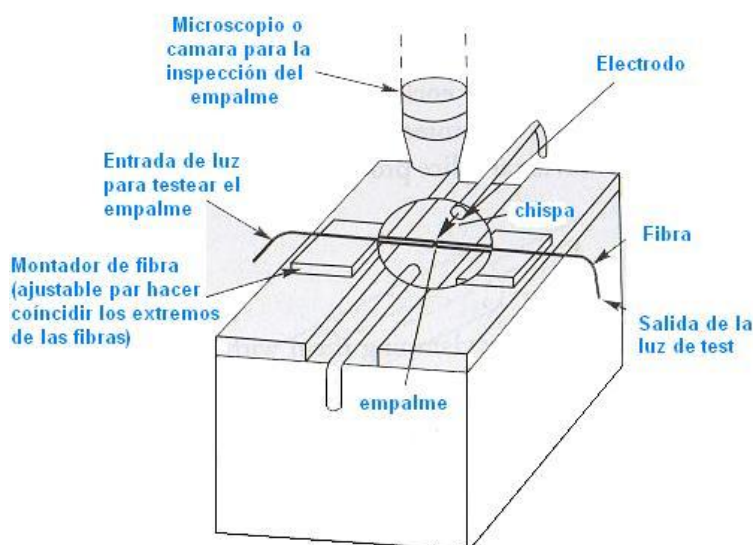


Figura 6. Empalme por fusión de fibra óptica<sup>6</sup>.

## 2.8- ESTÁNDARES PARA LA INSTALACIÓN DE FIBRA ÓPTICA.

La mayoría de los estándares de cableado estructurado incluyen mejoras en: prácticas de tendido, seguridad, conexión y prueba de circuitos del cableado en telecomunicaciones, entre otras. Al instalar una solución de cableado basada en estándares, los trabajadores tendrán que aplicarlas, de lo contrario se puede limitar severamente la capacidad del enlace y disminuir su rendimiento.

Las cuatro organizaciones principales que emiten estándares son:

- IEEE - Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- EIA - Asociación de Industrias Electrónicas
- TIA - Asociación de la Industria en Telecomunicaciones.
- ANSI - Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.

El estándar relacionado a la instalación de fibra óptica es ANSI/TIA/EIA-569-C, el cual hace referencia a espacios y canalizaciones para telecomunicaciones.

<sup>6</sup> Página web: [http://nemesi.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_3.htm](http://nemesi.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_3.htm) (en línea).



También el estándar ANSI/TIA/EIA-568-C.3, describe de los componentes del cableado de fibra óptica, incluyendo aspectos mecánicos, ópticos y requisitos de compatibilidad. Otro es ANSI/TIA/EIA 568-B.3, en el describe los empalmes de fibra óptica por fusión o mecánicos. A su vez el estándar ANSI/TIA/EIA 598-C describe el código de colores de la fibra óptica.



## Capítulo 3

# **METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

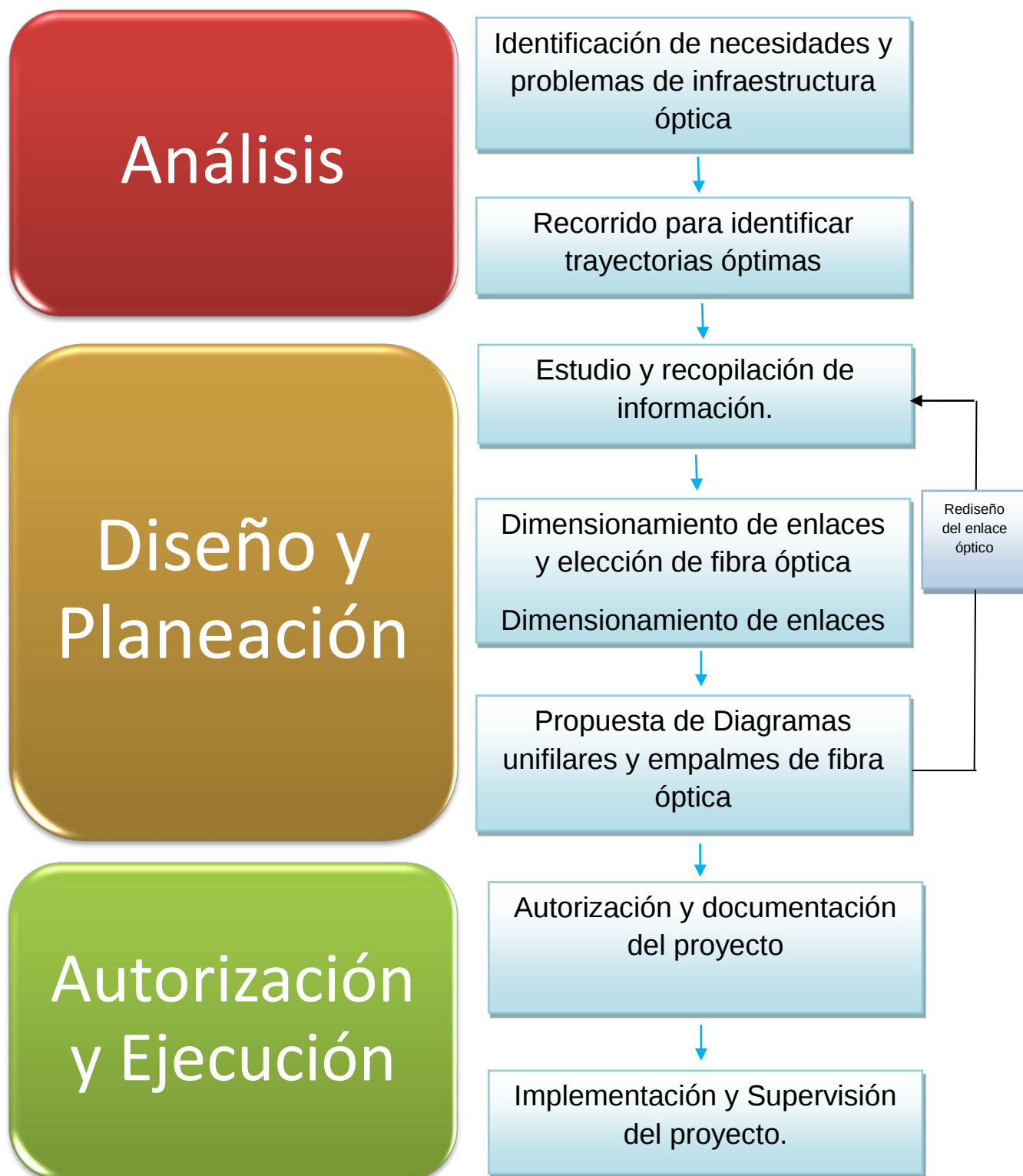


Figura 7. Metodología del Proyecto



### **3.1- ANÁLISIS**

#### **3.1.1- IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES Y PROBLEMAS DE INFRAESTRUCTURA ÓPTICA.**

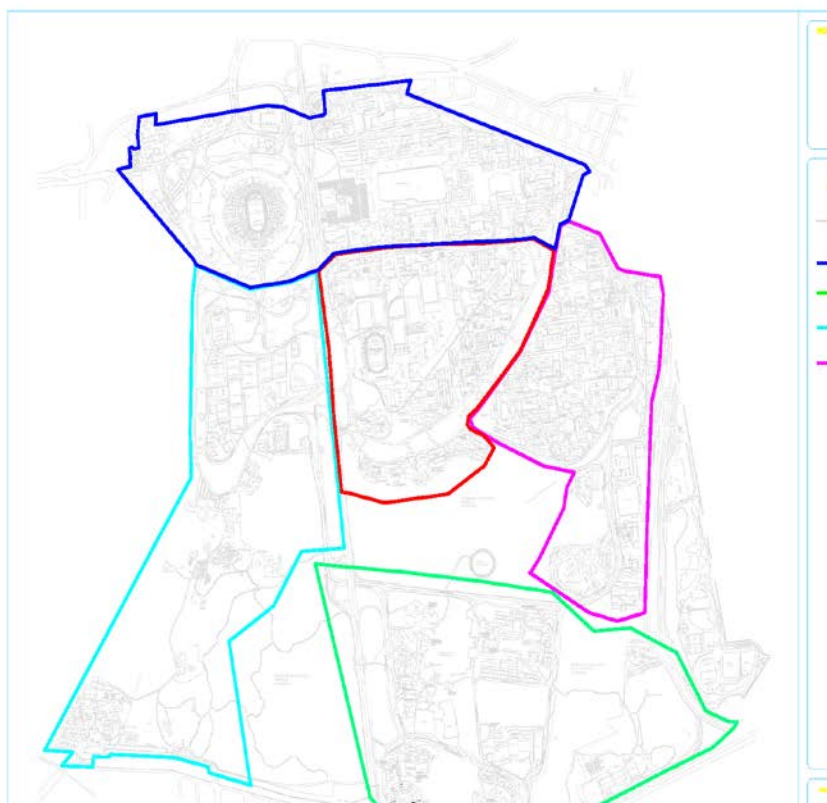
La necesidad de ofrecer mayor conectividad de red a los usuarios, en base a la actualización de infraestructura óptica en el Campus de Ciudad Universitaria de la UNAM, fue motivo para emprender un proyecto, con la finalidad de instalar fibra óptica monomodo en las dependencias e instituciones educativas que conforman Ciudad Universitaria.

La primera etapa que consiste este proyecto fue: identificar las necesidades y problemas del Campus en cuestión de infraestructura óptica. Por lo tanto, se tenía que conocer el estado actual y las capacidades de uso de los registros existentes de Telecomunicaciones del Campus, así como las características de los equipos activos de los usuarios finales, para determinar si soportarían el nuevo enlace óptico; este último análisis se encargó el departamento de redes de la DGTIC.

#### **3.1.2- RECORRIDO PARA IDENTIFICAR TRAYECTORIAS ÓPTIMAS.**

Siguiendo en apartado de análisis, se determinó hacer recorridos de campo a fin de identificar las trayectorias óptimas, para los enlaces ópticos de fibra óptica monomodo.

Con el fin de optimizar y mejorar el desempeño de los recorridos se decidió dividir el Campus de Ciudad Universitaria en 5 zonas: norte, sur, este, oeste y centro, *Figura 8*. Además se solicitó el apoyo de técnicos de la DGTIC, con la finalidad de abrir tapas de registros de Telecomunicaciones y asimismo contar con su experiencia en el conocimiento de trayectorias existentes.



**Figura 8. División por zona de Ciudad Universitaria.**

Es importante mencionar, que estos recorridos además de la utilidad antes mencionada, sirvieron para actualizar y tener un plano general de las ubicaciones y estado actual de los registros subterráneos de Telecomunicaciones correspondientes a la DGTIC, siendo de gran apoyo a proyectos que se están llevando a cabo de voz y datos; ya que la DGTIC hasta ese entonces, contaba con un plano general con información del 2007.

Por último, en los recorridos antes citados, se observaron detalles en los cuartos de equipos de la RedUnam, la gran mayoría correspondían al mal estado de la infraestructura, equipos de red discontinuados, cuartos de telecomunicaciones sin las medidas correspondientes de ventilación, entre otros.



## **3.2- DISEÑO Y PLANEACIÓN.**

### **3.2.1- ESTUDIO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.**

Después de la información obtenida en la etapa anterior, fue necesario comprender y resumir los datos para asentar un diseño del proyecto. El primer paso fue tener una lista oficial de las dependencias e instituciones educativas a las cuales se les iba a proporcionar el enlace óptico. Se le pidió la lista al departamento de Redes de la DGTIC, debido a que ellos conocían el modelo de los equipos de Red de las dependencias o instituciones educativas que soportarían el enlace de fibra óptica. Además, el mismo departamento definió que los enlaces ópticos serían de 8 hilos de fibra óptica, a una velocidad inicial de 1Gb/s de transmisión, con opción de crecimiento.

Posteriormente se imprimieron planos generales y por zonas del campus de Ciudad Universitaria, con la información actualizada de los registros de Telecomunicaciones, todo esto, con la finalidad de ubicar y marcar los edificios correspondientes a la lista antes citada, y así mismo, identificar las ubicaciones de los Nodos Principales de Telecomunicaciones de la DGTIC.

### **3.2.2- DIMENSIONAMIENTO DE ENLACES Y ELECCIÓN DE FIBRA ÓPTICA.**

Con lo anterior, era necesario dimensionar los enlaces de fibra óptica. El primer paso fue hacer un bosquejo de los enlaces ópticos con trayectorias de canalizaciones existentes, abarcando desde los nodos principales de la DGTIC hacia las dependencias e instituciones educativas.

Por falta de registros de telecomunicaciones, se determinó que eran necesarios hacer canalizaciones nuevas, debido a que la saturación de algunos registros



existentes era alta. El Programa de Media Tensión se encargó del proyecto de obra civil, el cual realizó trayectorias de Red de Media Tensión y paralelamente canalizaciones exclusivamente para fibra óptica.

Posteriormente, teniendo los dos planos con las canalizaciones existentes y nuevas, se volvió hacer un bosquejo de los enlaces ópticos, para determinar las distancias totales de los mismos, la ubicación y cantidad de cierres empalmes de fibra óptica, así como de etiquetas para el cableado y el número de hilos de las fibras ópticas monomodo, entre otros.

Conforme se manejaba esta información, se observó que era necesario conformar un plano general proveniente de los 2 planos antes mencionados, este se creó con el programa AUTOCAD 2012.

De igual forma se crearon planos para cada nodo principal de la DGTIC, en los cuales se detallaron aspectos importantes para la instalación, tales como la ubicación y el número de dependencias que comprende cada nodo de telecomunicaciones identificadas con una clave, así como la ubicación y numeración de los cierres de empalmes. También se plasma la ubicación y el tipo de registro si era nuevo o existente. Y por último, se indicó la cantidad de hilos y el número de enlaces de fibra óptica que se utilizaban en todas las trayectorias.

Con lo anterior, fue necesario definir el tipo de fibra óptica a emplear, que con base en las características del proyecto, se determinó la fibra de tipo monomodo OS2, debido a la capacidad de transmitir mayor ancho de banda, ideal para enlaces de transmisión a larga distancia, capaz de cumplir con la norma internacional ITU-T G.652.D (características de las fibras y cables ópticos monomodo), *Figura 9*.



| Fibre attributes                    |                                          |                                      |
|-------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| Attribute                           | Detail                                   | Value                                |
| Mode field diameter                 | Wavelength                               | 1310 nm                              |
|                                     | Range of nominal values                  | 8.6-9.5 $\mu\text{m}$                |
|                                     | Tolerance                                | $\pm 0.6 \mu\text{m}$                |
| Cladding diameter                   | Nominal                                  | 125.0 $\mu\text{m}$                  |
|                                     | Tolerance                                | $\pm 1 \mu\text{m}$                  |
| Core concentricity error            | Maximum                                  | 0.6 $\mu\text{m}$                    |
| Cladding noncircularity             | Maximum                                  | 1.0%                                 |
| Cable cut-off wavelength            | Maximum                                  | 1260 nm                              |
| Macrobend loss                      | Radius                                   | 30 mm                                |
|                                     | Number of turns                          | 100                                  |
|                                     | Maximum at 1625 nm                       | 0.1 dB                               |
| Proof stress                        | Minimum                                  | 0.69 GPa                             |
| Chromatic dispersion coefficient    | $\lambda_{0\text{min}}$                  | 1300 nm                              |
|                                     | $\lambda_{0\text{max}}$                  | 1324 nm                              |
|                                     | $S_{0\text{max}}$                        | 0.092 ps/nm <sup>2</sup> $\times$ km |
| Cable attributes                    |                                          |                                      |
| Attribute                           | Detail                                   | Value                                |
| Attenuation coefficient<br>(Note 1) | Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2) | 0.4 dB/km                            |
|                                     | Maximum at 1383 nm $\pm 3$ nm (Note 3)   | 0.4 dB/km                            |
|                                     | Maximum at 1550 nm                       | 0.3 dB/km                            |
| PMD coefficient<br>(Note 4)         | M                                        | 20 cables                            |
|                                     | Q                                        | 0.01%                                |
|                                     | Maximum PMD <sub>Q</sub>                 | 0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$          |

Figura 9. Norma Internacional ITU-T G.652.D.<sup>7</sup>

Es importante mencionar que el tipo de fibra óptica tenía que cumplir con características de uso rudo para exteriores y en construcción dieléctrica, debido a que los registros subterráneos nuevos de telecomunicaciones son paralelos a canalizaciones de media tensión, como anteriormente se citó.

### 3.2.3- PROPUESTA DE DIAGRAMAS UNIFILARES Y EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA.

Contando con las trayectorias de los enlaces ópticos, era necesario realizar el diseño de los diagramas unifilares y de empalmes de fibra óptica para todos los enlaces de fibra óptica.

<sup>7</sup> Página web: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es> (en línea).



La finalidad de los diagramas de unifilares, fue reflejar la distribución de las dependencias e instituciones educativas que conforman al nodo de Telecomunicaciones. En ellos se utilizaron figuras y colores para hacer más sencilla la representación de la información. Además se colocó el número de hilos de fibra óptica de reserva, ubicadas en los cierres de empalme para utilizarlas en posteriores proyectos.

Al momento del diseño, se decidió tomar en cuenta etapas de instalación del cableado óptico, debido a la cantidad de nodos principales de la DGTIC.

Por último, tomando en cuenta la acometida final de los enlaces ópticos y con base en las canalizaciones de algunos edificios, era necesario hacer el cambio de fibra óptica para exteriores por el tipo de interiores. En este caso se solicitó la fibra óptica con las mismas características que la primera, solamente que el forro sería el que cambiaría. De igual forma se reflejó en los diagramas unifilares con un color distinto.

Para los diagramas de empalmes de fibra óptica, se colocó la numeración de los hilos de fibra óptica que corresponden a los enlaces, los cuales deben de pasar por los cierres de empalmes, hasta llegar a su otro extremo, es decir, las dependencias educativas. Además se refleja la cantidad de hilos de fibra óptica de reserva con la que cuenta cada cierre de empalme. El diseño está identificado por las claves que se utilizaron en los planos y en los diagramas unifilares de fibra óptica.

Además se identificó los tipos de enlaces ópticos, en ellos se utilizaron nuevamente el uso de colores para la representación de la información, así como figuras para diferenciar cierres de empalmes, dependencias, nodos principales, entre otros.

En toda esta etapa fue común el hacer varios cambios, pues se evalúan posibilidades de reubicar, añadir o quitar dependencias en nodos para alcanzar el



mejor desempeño en distancias o números de empalmes, con la finalidad de no incrementar la atenuación de los enlaces ópticos.

### **3.3- AUTORIZACIÓN Y EJECUCIÓN.**

#### **3.3.1- DOCUMENTACIÓN Y AUTORIZACIÓN DEL PROYECTO.**

Con lo anterior, La documentación de la parte técnica estaba casi concluida, a falta del visto bueno por parte del Programa de Media Tensión. A partir de entonces, era necesario obtener la autorización del proyecto y empezar con el proceso de concurso, con la finalidad de seleccionar la empresa que realizaría los trabajos de instalación de la fibra óptica monomodo.

El programa de Media Tensión fue el encargado de realizar este proceso, así como la parte económica y legal. Mientras que la DGTIC se encargaría de realizar pruebas de atenuación a los enlaces de fibra óptica y dar el visto bueno de la instalación por parte de la empresa contratada.

#### **3.3.2- IMPLEMENTACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO.**

Después de finalizar el concurso y contar con la empresa ganadora, fue necesario hacer recorridos de campo para mostrarles los registros existentes de Telecomunicaciones, las trayectorias óptimas por donde pasaría la fibra óptica monomodo, así como la ubicación de los cuartos de telecomunicaciones de las dependencias e instituciones educativas para su conexión óptica.

El programa de Media Tensión contrató a una empresa para la supervisión diaria de la instalación de fibra óptica, con la finalidad que la DGTIC supervisará las acometidas finales, es decir, la llegada del cableado a los rack's o gabinetes según sea el caso, así como realizar las pruebas de atenuación de la fibra óptica y ser el intermediario con los representantes de computo de las dependencias donde llegaría el enlace óptico.



En este último, se le pidió a los coordinadores y jefes de computo su aprobación para determinar la ubicación del distribuidor de fibra óptica, para ello se elaboró un diseño del cómo sería la instalación, en el cual en la parte inferior se dejó un recuadro para su visto bueno y firma.

Con respecto a las pruebas de atenuación de fibra óptica, se realizaron pruebas de atenuación con un OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer, en español, Reflectómetro de Dominio de Tiempo Óptico*) para verificar los enlaces ópticos, o en su defecto revisar alguna trayectoria que causará posibles problemas.



# Capítulo 4

## **RESULTADOS Y APORTACIONES**



En términos generales, se cumplió ampliamente con el objetivo del proyecto, realizando la planeación y el diseño de los diagramas unifilares y diagramas de empalmes de fibra óptica monomodo. Dando como resultado la actualización de la infraestructura de telecomunicaciones, aportando una parte importante para que la conectividad de red aumentará a 1 Gbps en las dependencias que conforman el campus de Ciudad Universitaria de la UNAM.

A continuación describiré los resultados y aportaciones detalladas de las etapas del proyecto.

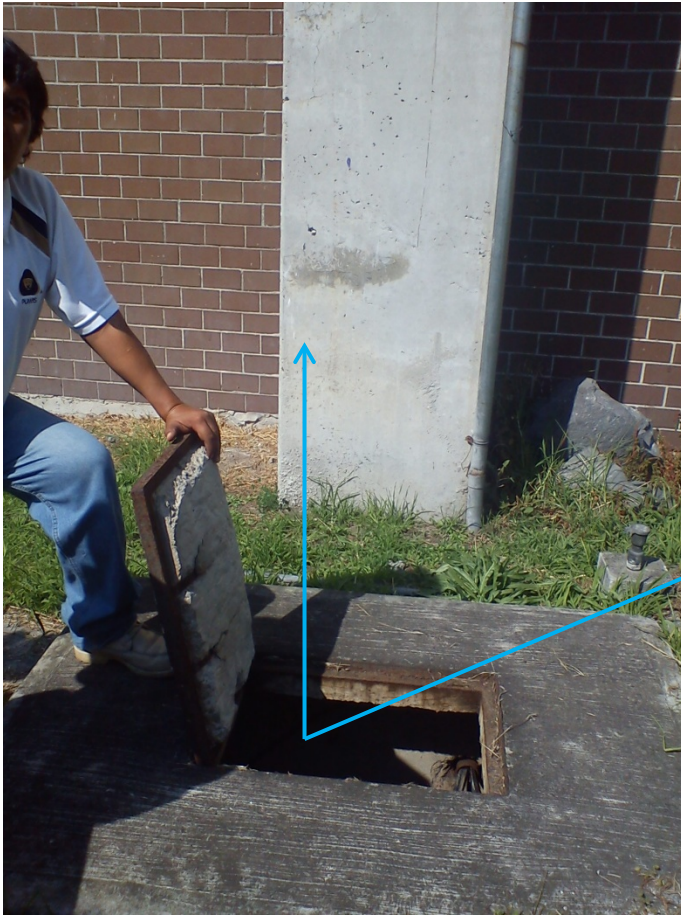
## 4.1 - ANÁLISIS.

En la etapa de análisis se mencionó el recorrido para identificar las canalizaciones existentes de Telecomunicaciones, así como evaluar las características siguientes:

- Estado actual de los enlaces de Telecomunicaciones (fibra óptica, cableado telefónico y cableado de cobre).
- Ubicación de cierres de empalmes de fibra óptica.
- Porcentaje de saturación de canalizaciones.
- Cantidad de vías en cada registro, así como su dirección.
- Ubicación exacta de los registros de telecomunicaciones.

En la *Figura 10* se muestran los detalles de los puntos mencionados.





**Figura 10. Registro de Telecomunicaciones existente de la DGTIC; 1) Vías o tubería, enlace con otros registros; 2) Cableado de Telecomunicaciones; 3) Poliducto; se utiliza en ocasiones para guiar al cableado.**

Para llevar un control de las fotografías de los registros, se activó la aplicación GPS (Global Positioning System) de la cámara, con la finalidad de obtener su ubicación georeferenciada.

Como se mencionó anteriormente, por la saturación de los registros existentes (*Figura 11*), el Programa de Media Tensión se encargó de realizar canalizaciones subterráneas nuevas, especialmente para telecomunicaciones, como se muestra en la *Figura 12*; estas se dejaron guiadas con rafia blanca para facilitar el tendido de fibra óptica monomodo.



Figura 11. Registro de Telecomunicaciones con alto porcentaje de saturación.



Figura 12. Registro de Telecomunicaciones nuevo, guiado con rafia.

Es importante mencionar que el porcentaje de saturación se determinó con base a la norma ANSI/TIA/EIA 569-A, la cual recomienda que el llenado de la tubería no debe rebasar el 40%. Y que el tamaño de la tubería no debe ser mayor a 4 pulgadas.

Una aportación y a la vez resultado de esta etapa fue la elaboración de un plano general actualizado de las canalizaciones en Telecomunicaciones de la DGTIC, lo que permitirá ahorrar presupuesto para obras futuras, debido a que no se tendrá la necesidad de hacer registros o trayectorias nuevas.

Ahora, con respecto al tipo de empalme entre las fibras ópticas, se decidió el de tipo fusión por sus características, entre ellas la menor atenuación que produce y fortaleza en la unión que produce este tipo de empalme. Para ello fue necesaria una empalmadora de fusión como se muestra en la *Figura 13*.



*Figura 13. Empalmadora por fusión de la empresa ganadora.*

Además, en este análisis se tomó en cuenta el número de cierres de empalme que se utilizarían en cada enlace, a fin de cubrir todas las dependencias que comprende el nodo de telecomunicaciones. Este parámetro fue importante para el diseño de los diagramas de empalme de fibra óptica, pues en ellos se indica el número de empalmes que corresponde a cada dependencia o entidad educativa.

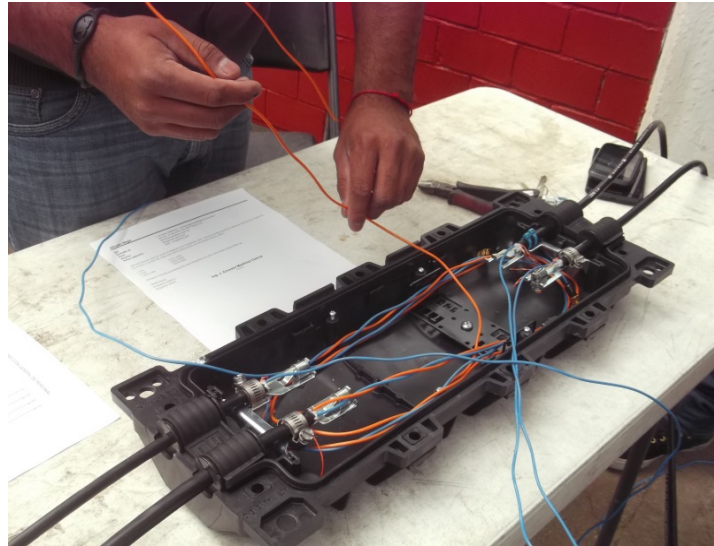


Figura 14. Cierre de empalme de fibra óptica monomodo utilizado en el proyecto.

En la Figura 14 se muestra el tipo de cierre de empalme de fibra óptica utilizado en el proyecto, estos debían de cumplir con la norma internacional TIA/EIA-758, la cual menciona, la intervención manual en caso de aumentar el número de empalmes de hilos de fibra óptica, la capacidad de ser resistente a la exposición de agua, humedad, productos químicos y al fuego. Además la capacidad de proteger en su totalidad a los empalmes de fibra óptica del medio ambiente y de ser resistente a los impactos, entre otras características.

Un aspecto importante a determinar, fue definir como se identificarían los enlaces, en caso de mantenimiento en los registros de telecomunicaciones, se decidió mediante una placa metálica, la cual deberá indicar el origen y destino del enlace óptico, así como el tipo de fibra óptica, cantidad de hilos y la distancia de la misma. Esta etiqueta deberá sujetarse al cable de fibra óptica mediante cinchos, estar ubicada dentro de los pozos y distribuidores de fibra óptica de toda la trayectoria en cada enlace punta a punta, como se observa en la Figura 15.

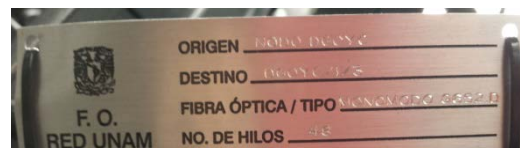




Figura 15. Placa metálica para identificar los enlaces ópticos.

## 4.2- DISEÑO Y PLANEACIÓN

Dentro del campus de Ciudad Universitaria se hizo la distribución del enlace óptico, quedando 12 nodos principales de los cuales derivan dependencias e instituciones educativas. A continuación especifico lo mencionado (por acuerdo de confidencialidad por parte de la DGTIC no se especifica la ubicación de cada nodo).

- El Nodo Principal 1 consta de 19 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código AN - XX.
- El Nodo Principal 2 consta de 10 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código TIC - XX.
- El Nodo Principal 3 consta de 19 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código ARQ - XX.



- El Nodo Principal 4 consta de 12 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código DGO - XX.
- El Nodo Principal 5 consta de 7 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código GEO - XX.
- El Nodo Principal 6 consta de 33 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código IM - XX.
- El Nodo Principal 7 consta de 12 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código JB - XX.
- El Nodo Principal 8 consta de 24 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código LAB - XX.
- El Nodo Principal 9 consta de 9 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código PER - XX.
- El Nodo Principal 10 consta de 17 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código REC - XX.
- El Nodo Principal 11 consta de 9 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código TJR - XX.
- El Nodo Principal 12 consta de 28 dependencias e instituciones educativas, las cuales se representan con el código ZC - XX.

Los resultados antes citados de los diagramas unifilares de fibra óptica se encuentran en el *ANEXO A*, mientras que los diagramas de empalmes de fibra óptica se citan en *ANEXO B*, al final del documento.

Por otra parte, con la intención que la nueva infraestructura óptica tuviera mayores beneficios para un futuro, se dejaron hilos de fibra óptica de reserva, los cuales



están reflejados en los diagramas unifilares y así mismo en los diagramas de empalme de fibra óptica. Actualmente se están utilizando algunos de estos hilos, para diferentes proyectos de telecomunicaciones dentro del campus de la UNAM.

### **4.3- AUTORIZACIÓN Y EJECUCIÓN.**

Como en el capítulo anterior se mencionó, se hizo nuevamente recorridos ahora con la empresa ganadora (por acuerdo de confidencialidad de la DGTIC, no se puede mencionar el nombre de la empresa), con la finalidad de mostrarle las trayectorias óptimas de los enlaces de fibra óptica. Además, se le explicó la documentación técnica con la que había concursado, con la intención que no hubiera inconvenientes en la instalación de la fibra óptica.

Posteriormente, la empresa ganadora instaló el cableado de fibra óptica conforme a los planos, diagramas unifilares y de empalme en las diferentes dependencias de Ciudad Universitaria.

Conforme la empresa ganadora terminaba de cablear los nodos de Telecomunicaciones, la DGTIC realizaba pruebas de atenuación de los enlaces ópticos, con la finalidad de supervisar si el resultado era correcto o tenían que hacerse correcciones; para ello fue necesario determinar la atenuación teórica de los enlaces ópticos, tomando en cuenta casos con mayores distancias para determinar los casos extremos de atenuación. En seguida, se muestra un ejemplo del cálculo:

- Conector LC = 0.05 dB
- Empalme por fusión = 0.05 dB
- Fibra Óptica monomodo = 0.22 dB/Km en 1550nm.  
0.34 dB/km en 1310nm.

(Los valores se obtuvieron de las fichas técnicas del proveedor)

Y tomando en cuenta un enlace del Nodo Principal 3, con distancia de 2356 metros y pasando por 3 cierres de empalme, tenemos:



✓ Longitud de onda de 1310nm.

$$0.5 \text{ dB} + (0.05[\text{dB}] * 3) + (0.34 [\text{dB/km}] * 2.356[\text{km}]) + 0.5 \text{ dB} = 1.95 \text{ dB}$$

✓ Longitud de onda de 1550nm.

$$0.5 \text{ dB} + (0.05[\text{dB}] * 3) + (0.22 [\text{dB/km}] * 2.356[\text{km}]) + 0.5 \text{ dB} = 1.66 \text{ dB}$$

Es importante mencionar que, para determinar la atenuación total teórica del enlace, se deben de sumar las atenuaciones de los conectores, empalmes por fusión y la generada por la distancia total de la fibra óptica.

Ahora, el material que se empleo en las pruebas de atenuaciones reales fueron:

- Un OTDR marca EXFO modelo AXS - 110; con zona muerta por evento de 0.8 metros, distancia ideal por la colocación de los cierres de empalmes. Además, su rango de atenuación es hasta 37 dB por evento.
- Jumper de fibra óptica monomodo SC - LC de 2 metros, marca COMMCOPE.

El modelo de medición para determinar la atenuación de los enlaces ópticos se muestra en la *Figura 16*.

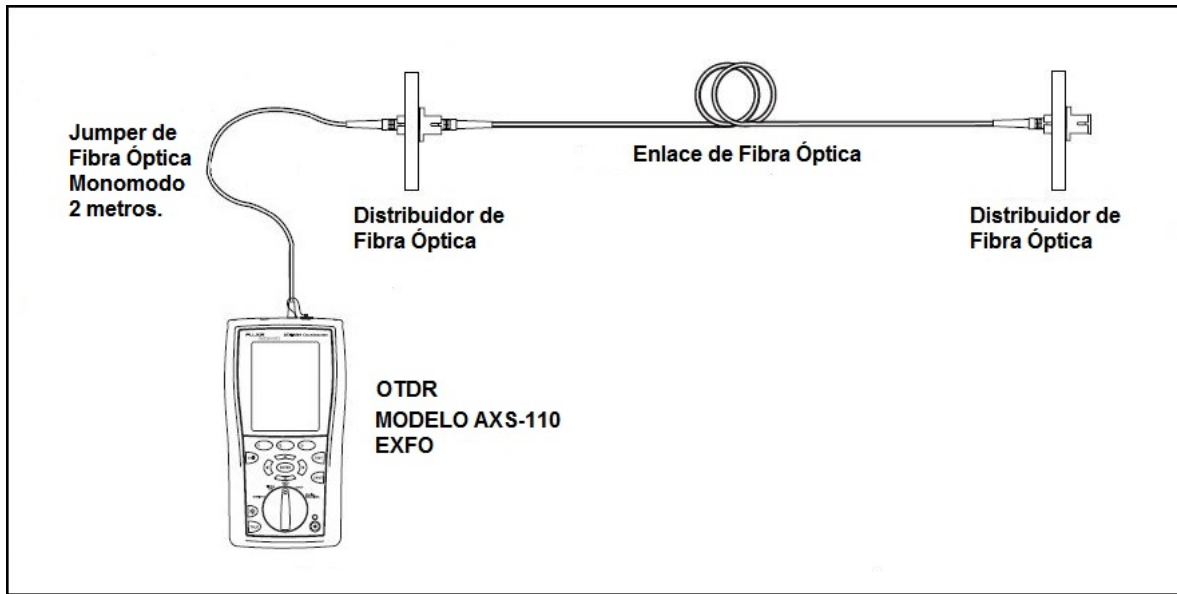


Figura 16. Modelo de medición de atenuación para los enlaces ópticos.

Para realizar las pruebas de atenuación de los enlaces ópticos, se configuró el OTDR dependiendo la distancia aproximada del enlace, el ancho del pulso y la duración de la prueba. De igual forma el tipo de fibra óptica y las longitudes de onda a las que se iban a medir.

Además, antes de iniciar las pruebas antes mencionadas, se rociaba el conector LC del distribuidor de fibra óptica con alcohol isopropílico con la intención de limpiarlos para evitar mayores pérdidas en los enlaces ópticos.

En la *Figura 17*, se muestra un ejemplo de la gráfica que arrojó el OTDR, en la medición de atenuación de un enlace óptico con longitud de onda de 1310nm.

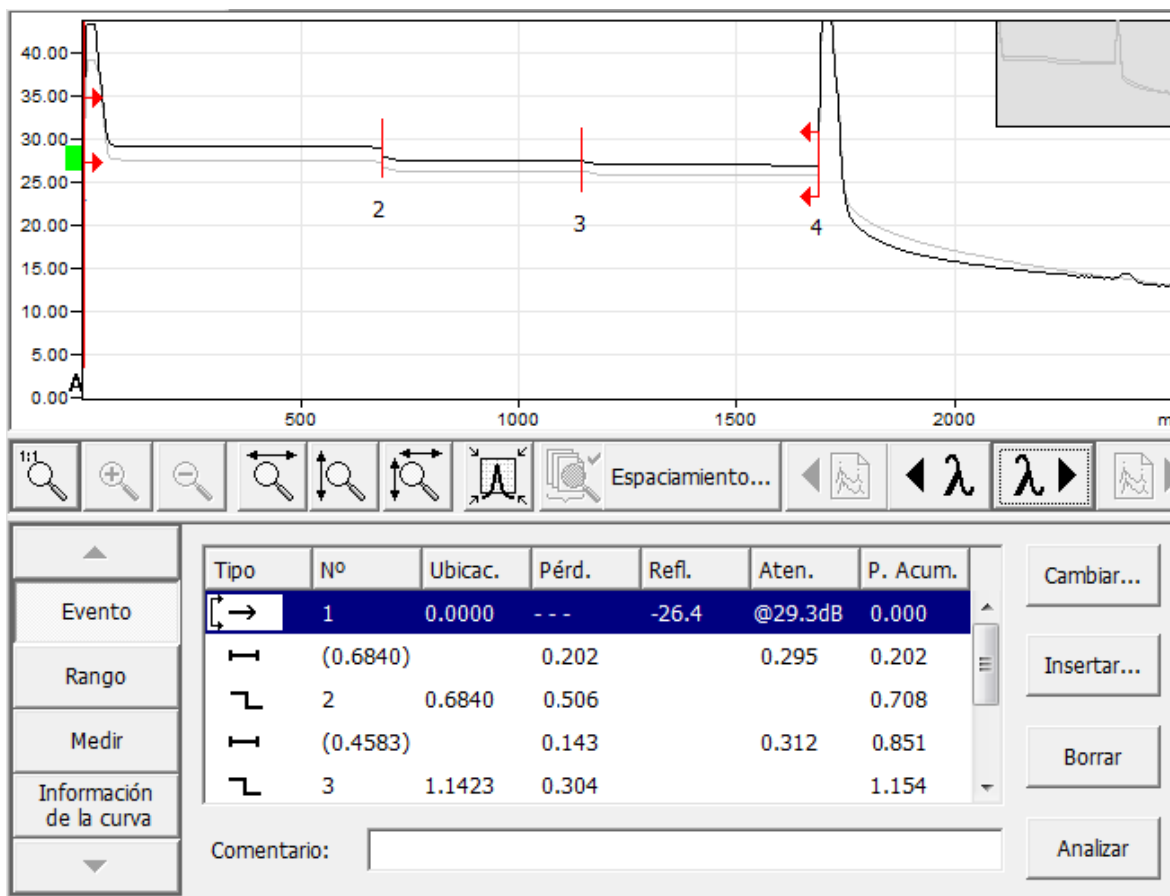


Figura 17. Representación gráfica de la prueba de atenuación del enlace óptico a 1310nm.

Como se puede observar de la figura anterior, el punto 1 es el inicio del enlace óptico, el cual muestra datos de reflectancia debido al conector inicial. Posteriormente en los puntos 2 y 3 los cuales se representan como escalones, indican los empalmes por fusión del enlace óptico. Además se aprecia las pérdidas que produce la fibra óptica con respecto a la distancia, la cual varía según la longitud de onda en la que se utilice, como se había mencionado anteriormente.

Ahora, en la *Figura 18* se muestra como las pérdidas del enlace son menores a la medición anterior, esto debido a que la atenuación en 1550 nm es menor en la fibra óptica con respecto a la distancia.

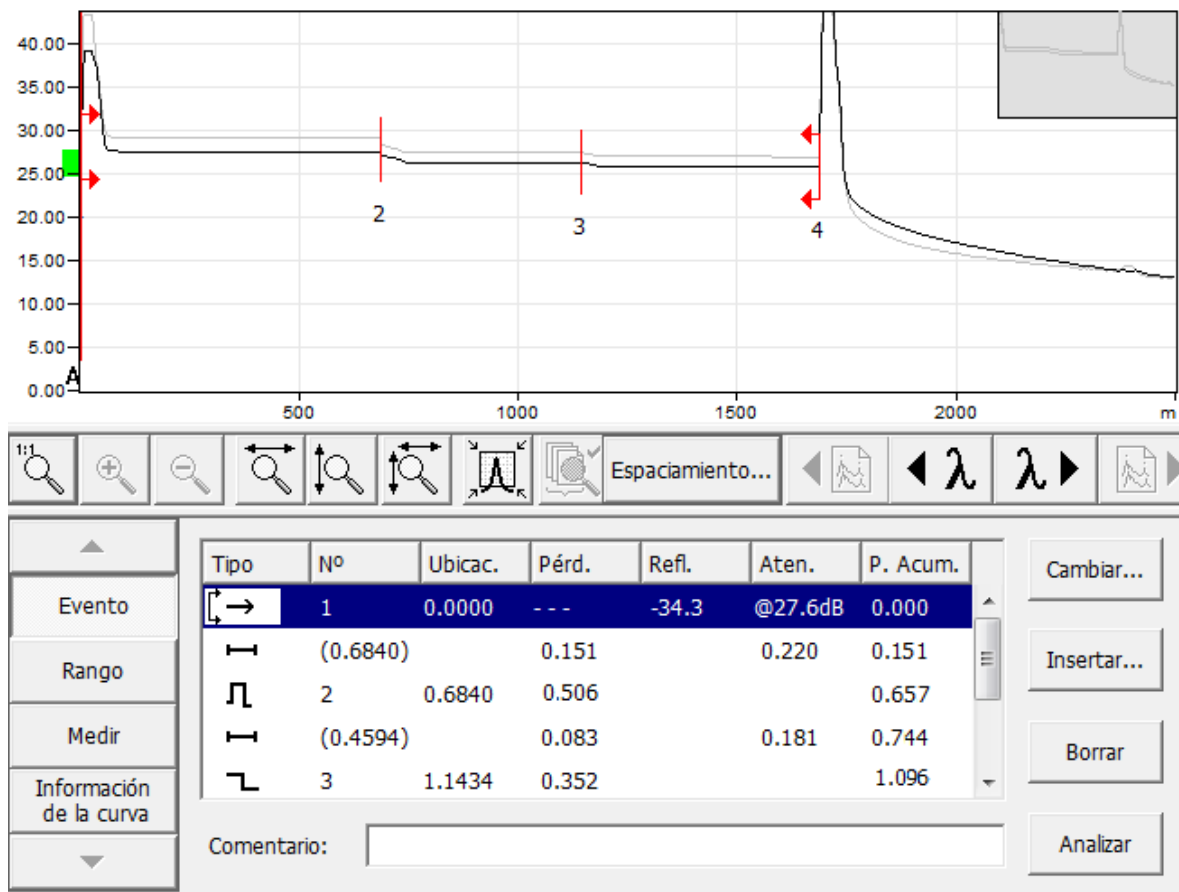


Figura 18. Representación gráfica de la prueba de atenuación del enlace óptico a 1550nm.

Por último, además de las pruebas de atenuación que se realizaron en el cuarto de telecomunicaciones. Se verificó la instalación de los equipos ópticos, con ello el etiquetado del cableado y distribuidores de fibra óptica. Estos datos se vaciaron en un formato de recepción; por cuestiones de confidencialidad, la DGTIC no autorizó hacer público un ejemplo de este mismo.



# Capítulo 5

## **PARTICIPACIÓN PROFESIONAL**



La Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC), contribuye al logro de los objetivos de la UNAM como punto de unión de la comunidad universitaria para aprovechar los beneficios que las tecnologías de la información y las comunicaciones pueden aportar a la docencia, la investigación, la difusión de la cultura y la administración universitaria.

Dentro de mis actividades principales en DGTIC, se encuentran el análisis de trayectorias de infraestructura de fibra óptica monomodo en cuarto de telecomunicaciones en las dependencias de la UNAM del campus de Ciudad Universitaria, así como el diseño de diagramas unifilares y diagramas de empalmes de fibra óptica. De igual forma la supervisión del óptimo funcionamiento de los proyectos relacionados con fibra óptica.

Con respecto al análisis de trayectorias en cuestión de infraestructura óptica, mi labor es hacer recorridos para conocer el estado actual de las fibras ópticas instaladas en canalizaciones de DGTIC, estos comprenden del nodo principal hasta llegar al cuarto de telecomunicaciones de cada dependencia. Así mismo conocer las derivaciones y las capacidades de uso, es decir el porcentaje de saturación de los registros de Telecomunicaciones.

Esta información se plasma en un plano general de Ciudad Universitaria el cual pertenece a DGTIC, cabe mencionar que este plano es de gran utilidad para atender reportes de Red que resuelve la Dirección, sin embargo no está actualizada desde el 2007. A partir de mi incorporación con la dependencia se fue actualizando por diferentes zonas de Ciudad Universitaria, la primera en actualizar fue Zona Cultural.

De igual forma estos resultados tienen un impacto importante para los enlaces de las dependencias de fibra óptica, pues se catalogan como una parte primordial para el crecimiento del proyecto.

En referencia al diseño y elaboración de diagramas unifilares de fibra óptica, se hace un análisis detallado relacionando el resultado de las trayectorias de fibra



óptica antes mencionadas y las características de la topología de red con que se lleva el proyecto. Asimismo, se determinó el número de empalmes de fibra óptica necesarios para evitar altas atenuaciones en los enlaces ópticos, que llegaran a ocasionar problemas en la RedUNAM.

Este último es mediante el cálculo de atenuación en las dos longitudes de onda de la fibra óptica monomodo. Tomando en cuenta los conectores en ambos extremos, la distancia total de fibra óptica y los empalmes por fusión empleados.

Ligado a esto se hace el diseño y elaboración de los diagramas de empalmes de fibra óptica monomodo, en los cuales se deben de analizar los hilos de fibra que van a ser empalmados para cada dependencia. Esta información se le da a la empresa ganadora encargada de la instalación de Fibra Óptica, para el correcto funcionamiento de los enlaces ópticos.

En cuestión a la supervisión del proyecto, mi labor es comprobar todos los enlaces ópticos mediante pruebas de atenuación de la fibra óptica. Además de revisar la instalación del cableado óptico, en los cuartos de telecomunicaciones de las dependencias conforme a las normas internacionales de cableado estructurado (ANSI/TIA/EIA), las cuales se establecieron en el proyecto.

Durante el proyecto, la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC), se ha encargado de mi capacitación como profesional, otorgándome un diplomado en "Tecnologías de la Información" y una certificación de "Cableado Estructurado de Telecomunicaciones", esta última con distribuidores de las marcas de equipos en telecomunicaciones que participaron en el proyecto. Mi ingreso a la DGTIC se produjo cuando desarrolle mis prácticas profesionales, apoyando a los proyectos que tenían presentes, para después ser contratado a partir de Octubre del 2013.

Mi participación en el proyecto fue un factor importante para mi desarrollo profesional, pues con el análisis y diseño que se logro para la nueva infraestructura de RedUNAM, la UNAM cuenta hoy con dependencias que cuentan



con una tasa de transmisión mínima de 1Gb/s, así como mayor ancho de banda, brindando mejores herramientas para que la comunidad en general pueda resolver actividades tecnológicas.

En lo particular, me siento agradecido y afortunado por haber tenido la oportunidad de colaborar en este proyecto, puesto que en él aplique parte del conocimiento adquirido en la última etapa de mi formación universitaria, logrando un impacto importante en cuestión tecnológica para las dependencias, facultades y por ende a la UNAM.





# CONCLUSIONES

El análisis y diseño de enlaces de fibra óptica monomodo para las dependencias que conforman el Campus de Ciudad Universitaria de la UNAM surgió ante la necesidad de satisfacer la demanda tecnológica que cada dependencia, facultad y comunidad en general necesita actualmente para realizar sus actividades universitarias.

Un enlace de infraestructura óptica debe garantizar sustancialmente la conectividad de los usuarios, es por ello que se necesita una planeación y análisis del proyecto. En este caso, por ser para un Campus se necesita determinar a cuántas y cuáles dependencias se les otorgará el servicio, la distancia y el tipo de fibra óptica que se va a necesitar, la cantidad de los empalmes por fusión, ubicación de cierres de empalme, así como los equipos ópticos necesarios para llevar a cabo el enlace, entre otros. Por tal motivo es necesario hacer recorridos de campo para conocer algunas de estas características, para que posteriormente el



diseño y la planeación que hablábamos, se vea reflejada en una instalación óptima.

Por lo tanto, los diagramas unifilares como los diagramas de empalme de fibra óptica monomodo, fueron herramientas necesarias para la instalación de infraestructura óptica en Ciudad Universitaria de la UNAM, ya que están basados y planeados a partir de un estudio detallado, logrando obtener un enlace óptico con el mejor desempeño, dando confianza que el servicio durará varios años, sin requerir mayor mantenimiento, características principales de la fibra óptica.

## REFERENCIAS

[1] Millan Esteller, Juan Manuel. *Configuración de infraestructuras de sistemas de telecomunicaciones*. 1a. ed. Madrid : Ediciones Paraninfo, 2014.

[2] BELDEN. *Manual de entrenamiento: Diseño y Conceptos*. Centro de entrenamiento BELDEN, 2006.

[3] Wayne Tomasi. *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, 4ta. ed. Naucalpan: Prentice Hall, 2003.

[4] Castro Lechtaler, Antonio. *Teleinformática para ingenieros en sistemas de información*, Vol. 2. 2da. ed. Barcelona: Reverte. 1999.

[5] Uyless D. Black. *Redes de transmisión de datos y proceso distribuido*. 1a. ed. Madrid: Díaz de Santos. 1987.

[6] Instituto Tecnológico de la Laguna, "Fibras Ópticas", Marzo 2013. [Online] Disponible en: <http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/OPTOPDF7archivos/UNIDAD7TEMA1.PDF>

[7] Pearson R., Eric. *Instalaciones Exitosas de Fibra Óptica*. 1a ed. EUA: Pearson, 2013.

[8] Palais C., Joseph. *Fiber Optic Communications*. 5a ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005.



[9] Iglesias Mouteira, David. *Instalación de Líneas y Equipos de Comunicación Guía de Técnicas y Procedimientos para la Verificación y Puesta a Punto*. 1a ed. España: Ideaspropias, 2005.

[10] Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación. "Manual de Cableado Estructurado". [Online] Disponible en: <http://dgtic.tabasco.gob.mx/sites/all/files/vol/dgtic.tabasco.gob.mx/fi/Cableado%20Estructurado.pdf>

## GLOSARIO

**ANSI:** American National Standards Institute (Instituto Estadounidense de Normas Nacionales). Supervisa la creación, la circulación y el uso de normas y lineamientos que afectan de manera directa los negocios en diversos sectores.

**Ancho de banda:** Medida de capacidad de transporte de información de un canal de comunicación. Se mide en hertz (Hz); un mayor número de ancho de banda significa mayor capacidad de datos.

**Atenuación:** Pérdida de energía que sufre el pulso de luz al viajar de un extremo al otro de la fibra. Es el factor fundamental que limita el rendimiento de los sistemas de comunicación por fibra.

**Binary Digit (Bit):** Unidad mínima de información, que puede tener dos valores (cero o uno).

**Campus:** Espacio o terreno comprendido entre los límites de la universidad.

**Cable de fibra óptica:** Cable que se compone de una o más fibras ópticas.

**Cuarto de Telecomunicaciones:** Área utilizada para el uso exclusivo de equipo asociado con el sistema de cableado de telecomunicaciones.

**Decibel (dB):** Función de una relación de dos niveles de potencia, se usa generalmente para expresar la relación de la potencia de salida a la potencia de entrada como la ganancia en un amplificador o la pérdida de una línea de transmisión.

**Dispersión:** Es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la



señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo.

**DGTIC:** Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación.

**Escalabilidad:** Es la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad del servicio.

**Empalme:** Unión de dos conectores o fibras, propuesta para ser permanente.

**Fibra (óptica):** Cualquier filamento hecho de materiales dieléctricos que guíen luz (por ejemplo, silicio de vidrio o plástico).

**Giga bits por segundo (Gbps):** Unidad de transferencia de datos que equivale a 1000 megabits por segundo.

**índice de refracción:** Medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo.

**Jumper:** Cable de dos hilos de fibra óptica unidas con conectores ópticos en ambos extremos.

**Ley de Snell:** Constituye el fundamento del comportamiento de todas las ondas en una superficie de separación de dos medios.

**Longitud de onda:** Periodo en el espacio de una onda plana o sea la distancia o espacio recorrido por una oscilación completa.

**Mega bits por segundo (Mbps):** Unidad de transferencia de datos que equivale a un millón de bits por segundo.

**Modulación:** Conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda.

**Nanómetro (nm):** Una mil millonésima parte de un metro. El nanómetro es una unidad conveniente para describir la longitud de onda de la luz.

**Nodo:** Punto de conexión a un servicio de voz o datos.

**OTDR.** Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo. Se utiliza para obtener la representación visual de la atenuación del enlace de fibra óptica a lo largo de toda su longitud.



**Pérdida por absorción.** Se produce porque la luz es absorbida por el vidrio, gracias a las propiedades químicas o impurezas naturales en el vidrio, transformándose en calor.

**Rack:** Estructura Metálica Autosoportada, utilizada para montar equipo activo y paneles de parcheo. Usualmente de aluminio (o acero) de 48 cm de ancho por 2.10 mts de alto.

**Red de área local (LAN):** Red de distancia corta (normalmente dentro de un edificio o campus) empleada para enlazar computadoras y dispositivos periféricos (como impresoras) bajo alguna forma de control estándar.

**Red de área extensa (WAN):** Red de área amplia, es un tipo de red capaz de cubrir distancias desde 100 hasta 1000km, ideal para dar servicio de red a un país o continente.

**Red de Área Metropolitana (MAN):** Red de alta velocidad que puede dar cobertura en un área geográfica extensa, representa una evolución del concepto de red de área local.

**RedUNAM:** Red de datos de la UNAM.

**Reflexión:** Fenómeno que se da cuando un rayo de luz choca contra una superficie lisa o pulida. Es el retorno del rayo por el choque con la superficie.

**Refracción:** Cambio de dirección que experimenta la luz y en general cualquier onda cuando pasa de un medio a otro.

**TIA:** Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones). Organización comercial de fabricantes que establece normas para su uso por parte de las compañías.

**Zona Muerta:** Esta es la longitud de fibra más corta que puede detectar un OTDR. Distancia en la que es imposible conocer las características de la fibra pues el OTDR recibe una saturación debida a un evento altamente reflexivo anterior (conector).

## ANEXO A

DIAGRAMAS UNIFILARES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO.

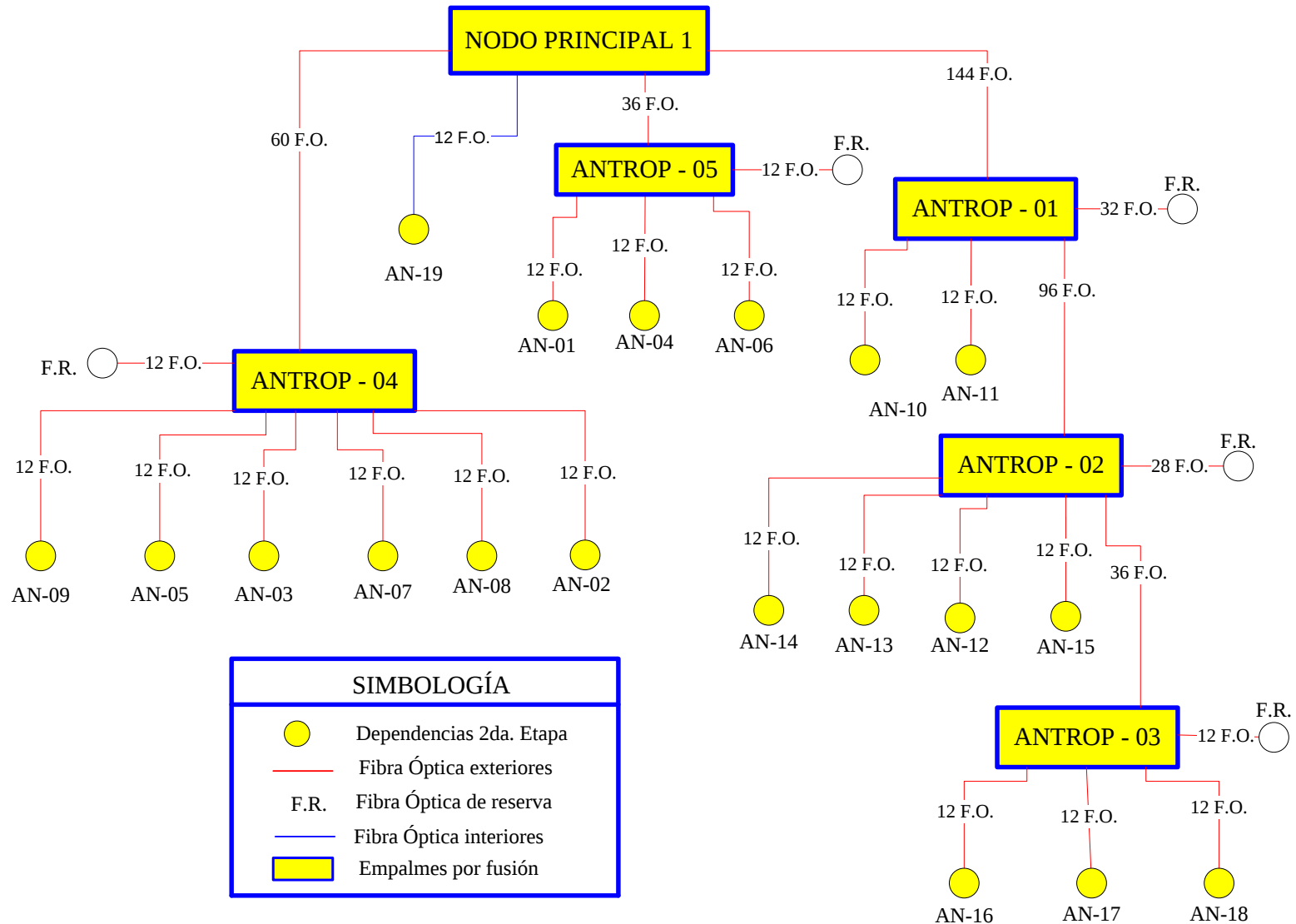
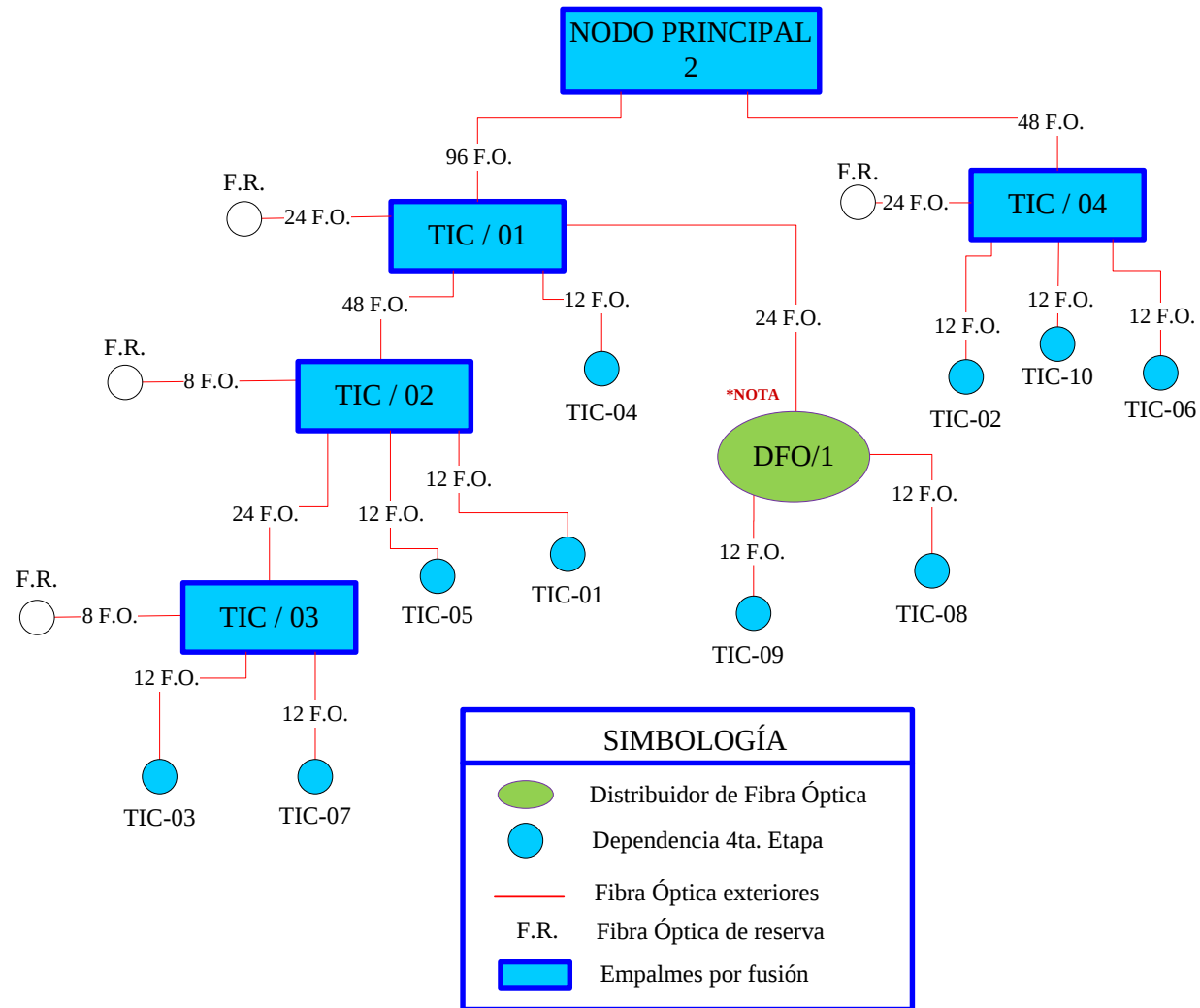


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 1.



\* NOTA: El DFO/1 es un distribuidor para fibra óptica

Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 2.

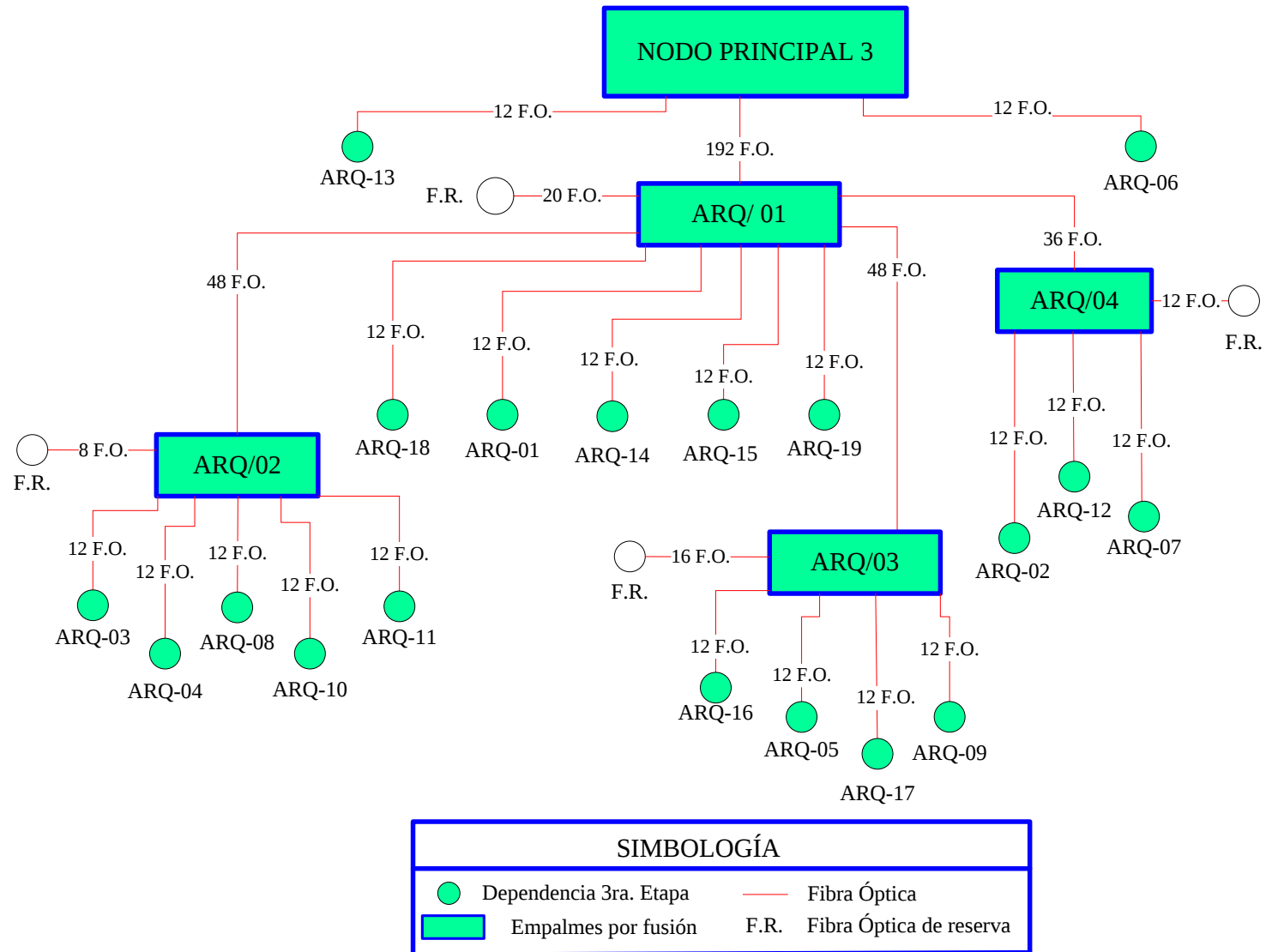


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 3.

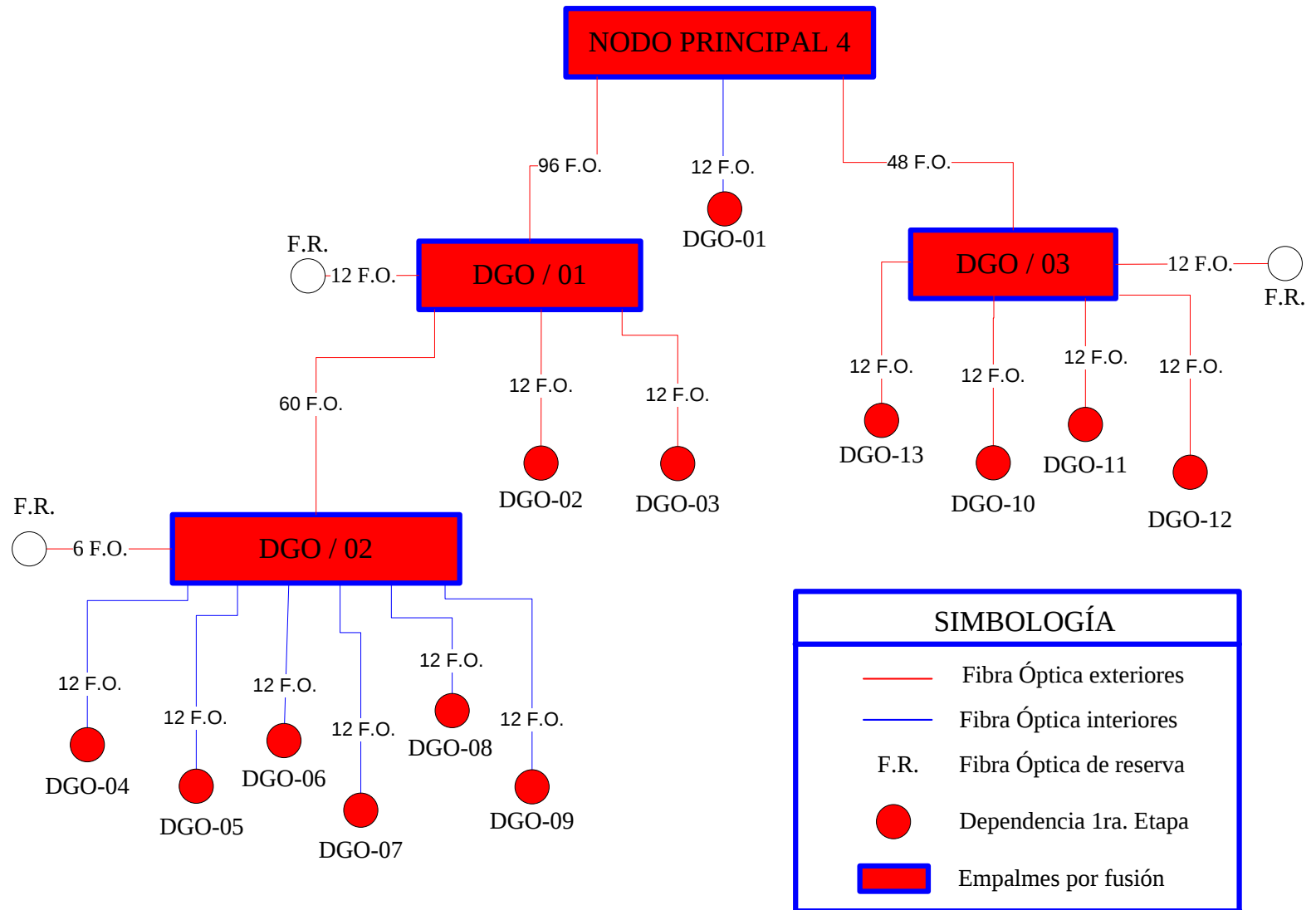
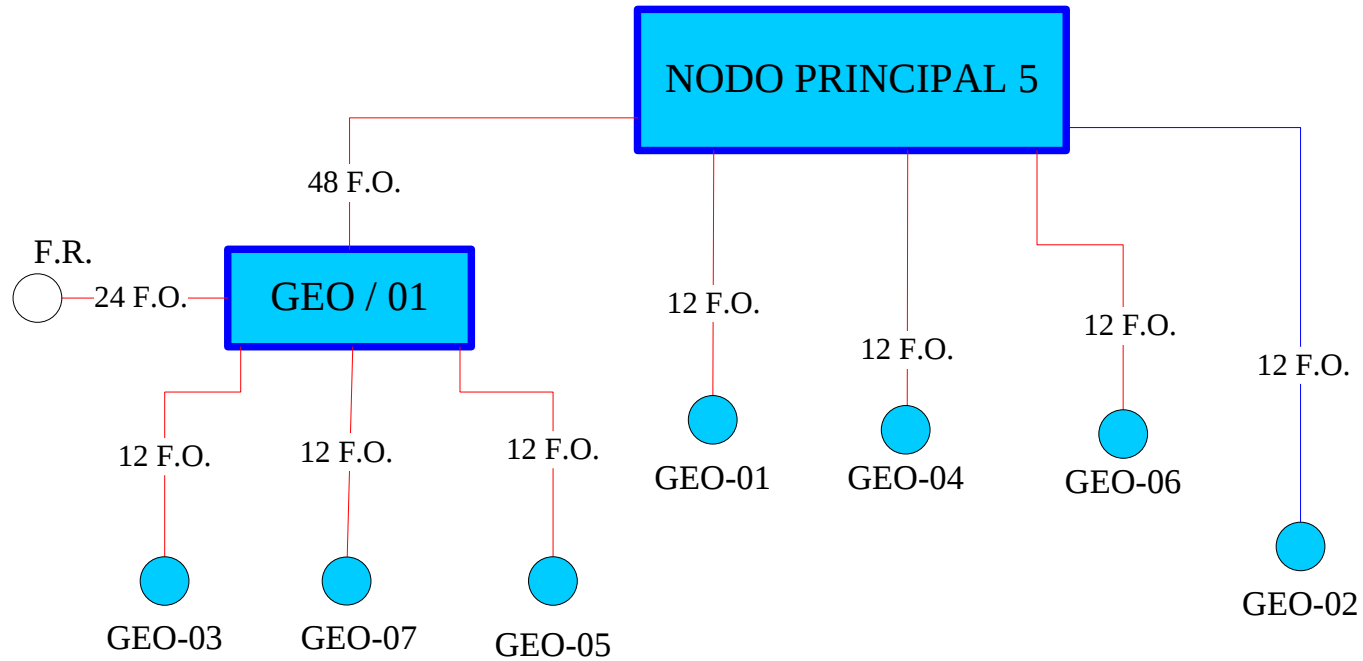


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 4.



| SIMBOLOGÍA |                         |
|------------|-------------------------|
| F.R.       | Fibra Óptica de reserva |
| —          | Fibra Óptica exteriores |
| —          | Fibra Óptica interiores |
| ●          | Dependencia 4ta. Etapa  |
| ■          | Empalmes por fusión     |

Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 5.

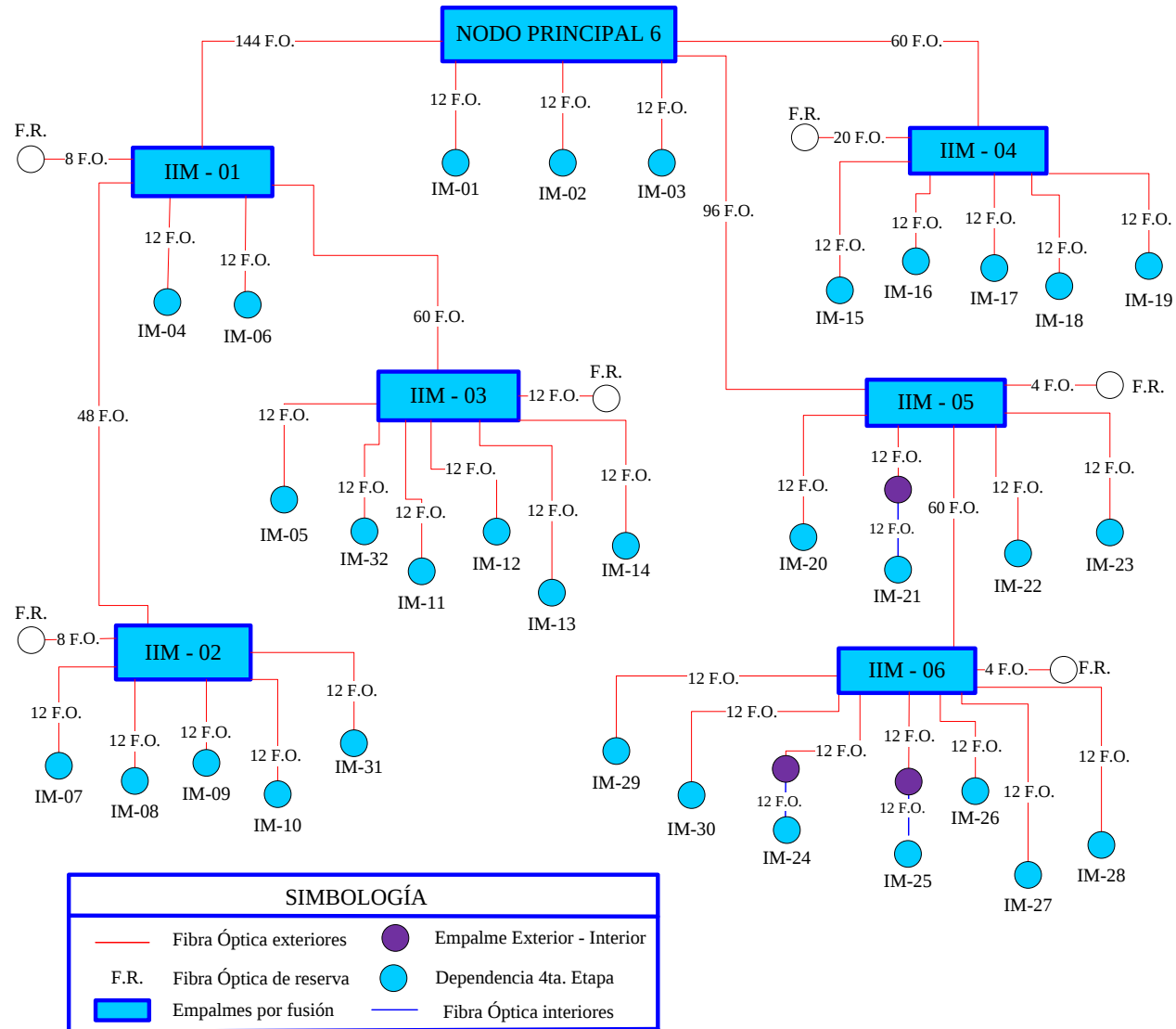


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 6.

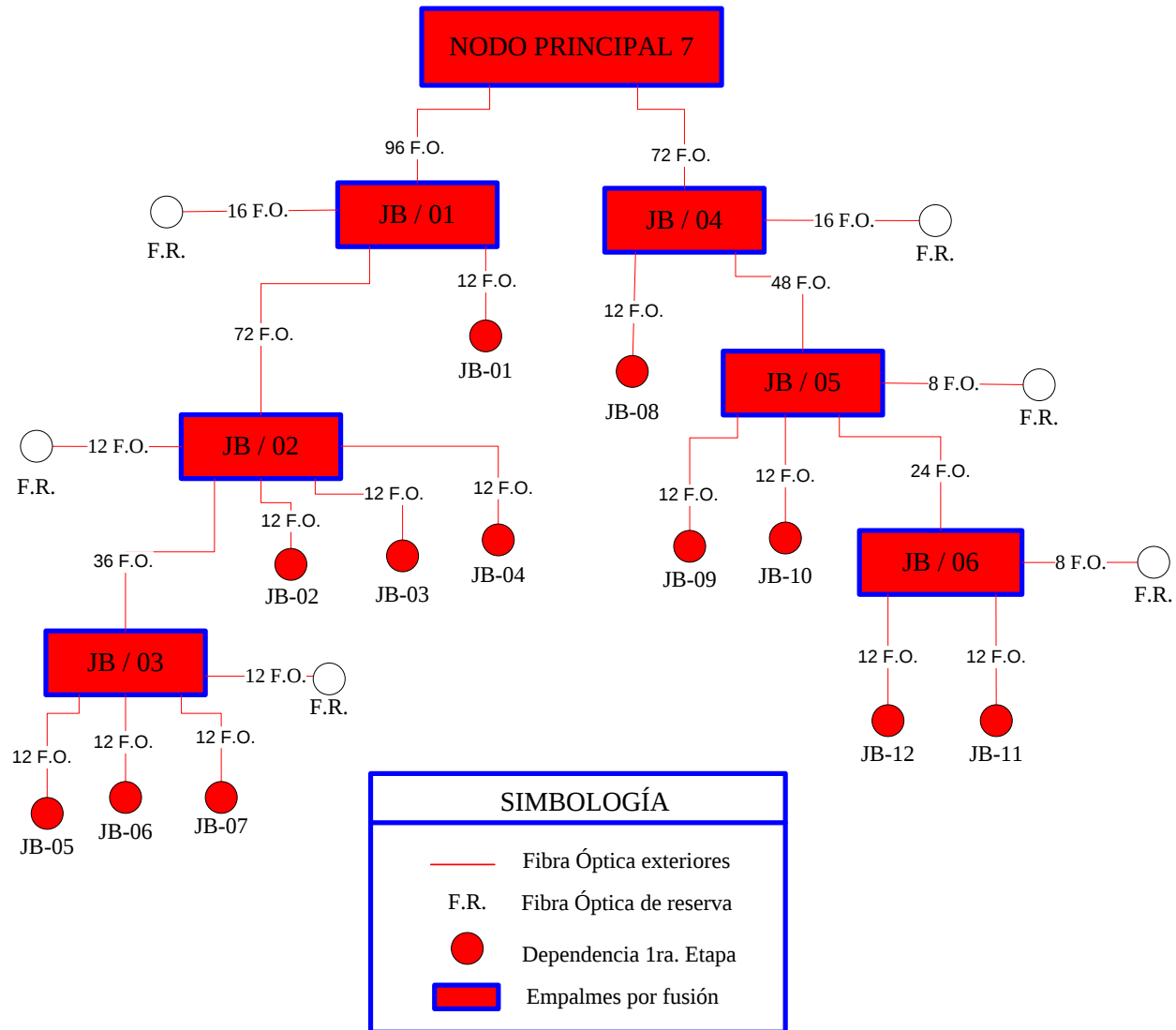
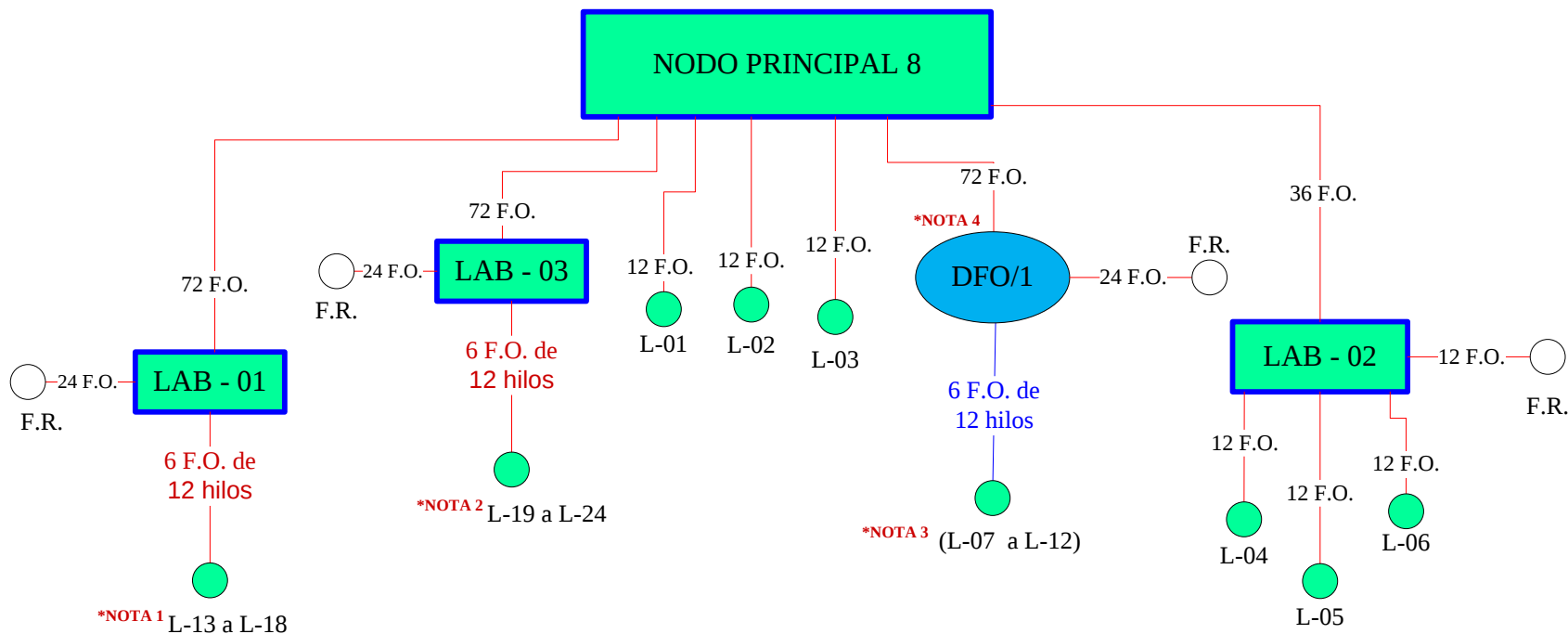


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 7.



\* **NOTA 1** .- El empalme distribuye a 6 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

\* **NOTA 2**.- El empalme distribuye a 6 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

\* **NOTA 3**: El DFO distribuye a 6 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

\* **NOTA 4**: El DFO/1 es un distribuidor para fibra óptica

| SIMBOLOGÍA                           |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| <span style="color: red;">—</span>   | Fibra Óptica exteriores      |
| <span style="color: blue;">—</span>  | Fibra Óptica interiores      |
| F.R.                                 | Fibra Óptica de reserva      |
| <span style="color: green;">●</span> | Dependencia 3ra. Etapa       |
| <span style="color: blue;">●</span>  | Distribuidor de Fibra Óptica |
| <span style="color: green;">■</span> | Empalmes por fusión          |

Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 8.

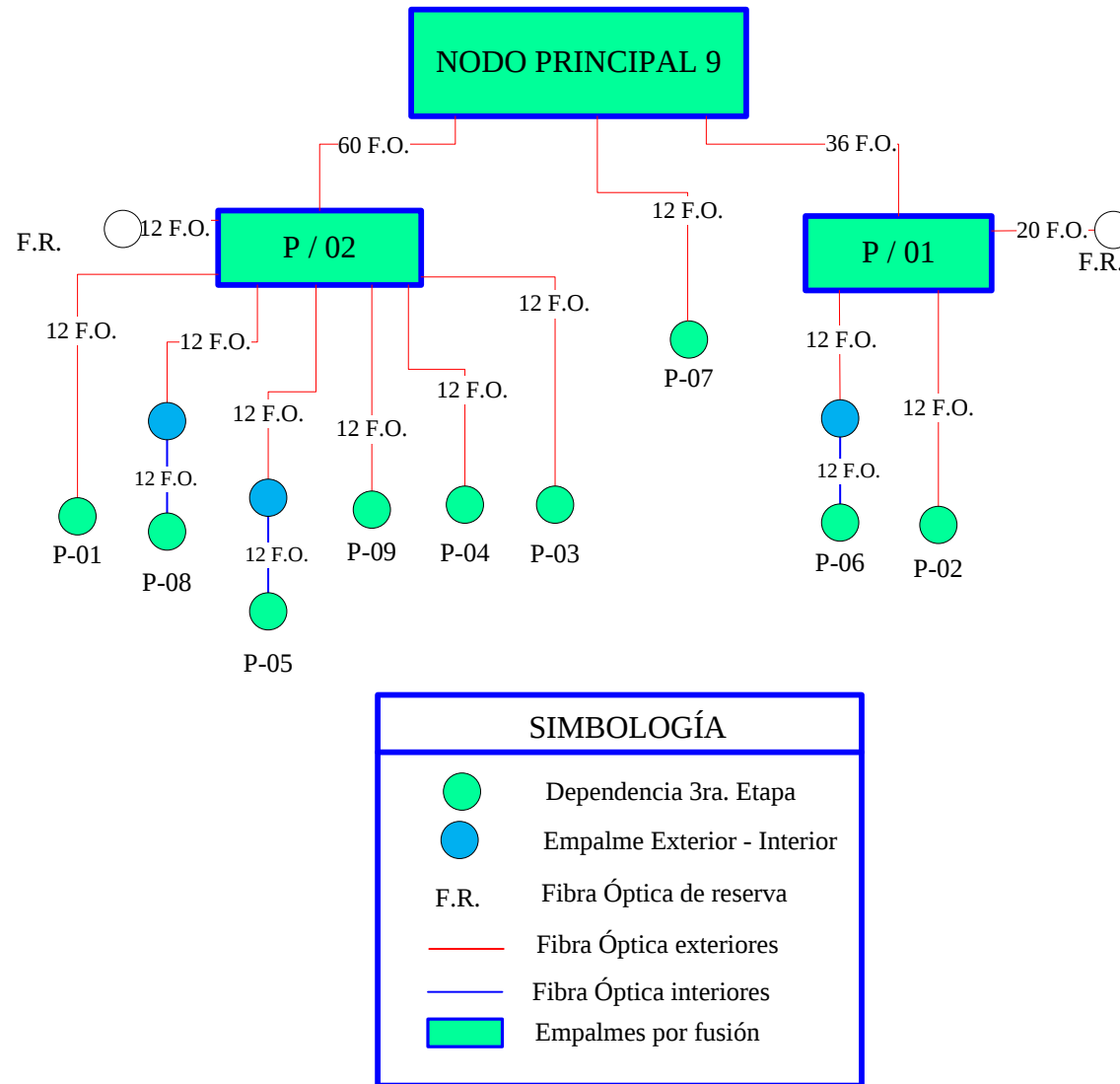


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 9.

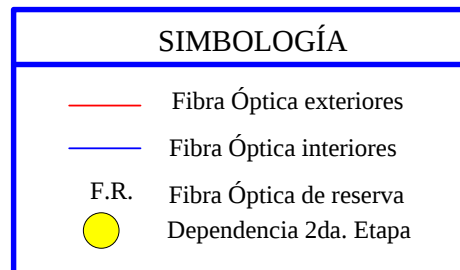
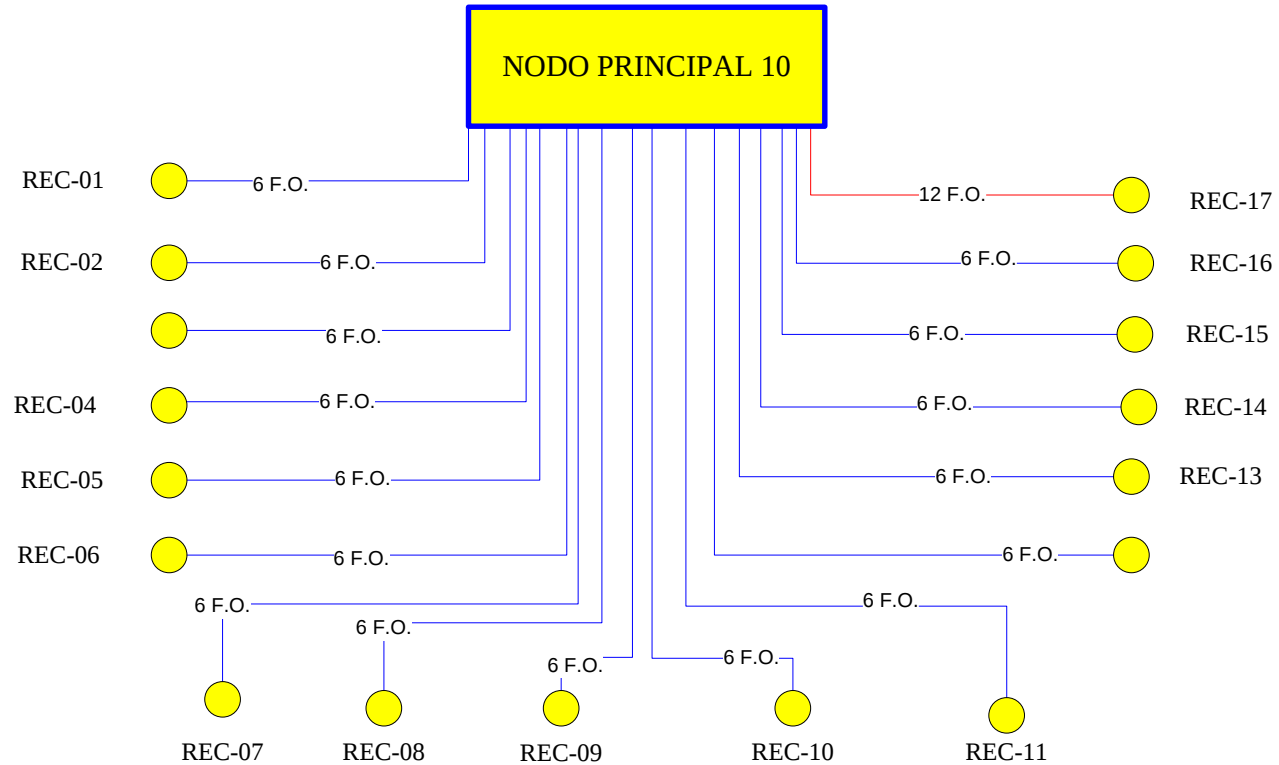
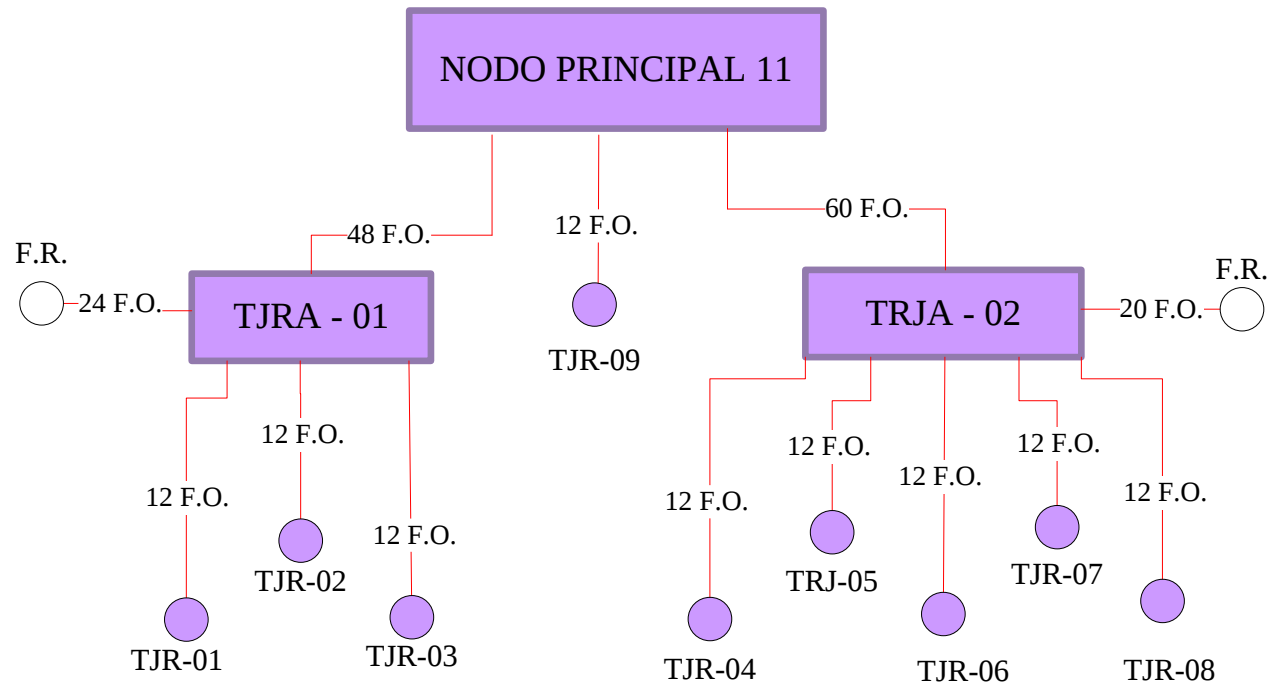
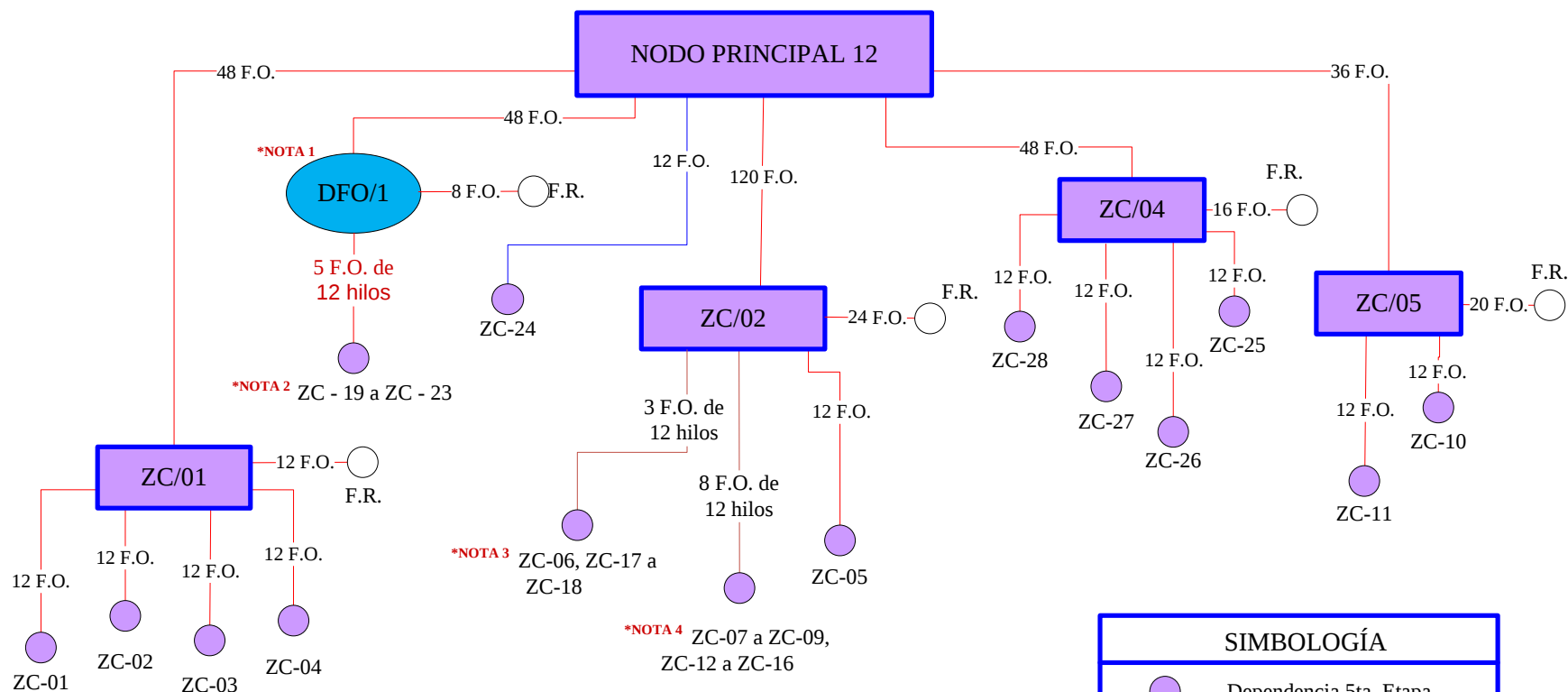


Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 10.



| SIMBOLOGÍA |                         |  |                         |
|------------|-------------------------|--|-------------------------|
| F.R.       | Fibra Óptica de reserva |  | Fibra Óptica exteriores |
|            | Dependencia 5ta. Etapa  |  | Fibra Óptica interiores |
|            | Empalmes por fusión     |  |                         |

Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 11.



\* NOTA 1: El DFO/1 es un distribuidor para fibra óptica monomodo.

\* NOTA 2 :- El DFO/1 distribuye a 5 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

\* NOTA 3.- El empalme distribuye a 3 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

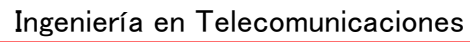
\* NOTA 4.- El empalme distribuye a 8 dependencias, cada una contará con un enlace de fibra óptica de 12 hilos, pero solo se rematarán 8 hilos.

| SIMBOLOGÍA |                              |
|------------|------------------------------|
|            | Dependencia 5ta. Etapa       |
| F.R.       | Fibra Óptica de reserva      |
|            | Fibra Óptica exteriores      |
|            | Distribuidor de Fibra Óptica |
|            | Fibra Óptica interiores      |
|            | Empalmes por fusión          |

Diagrama Unifilar correspondiente al Nodo Principal 12.

## 11.- ANEXO B

DIAGRAMAS DE EMPALME DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO.



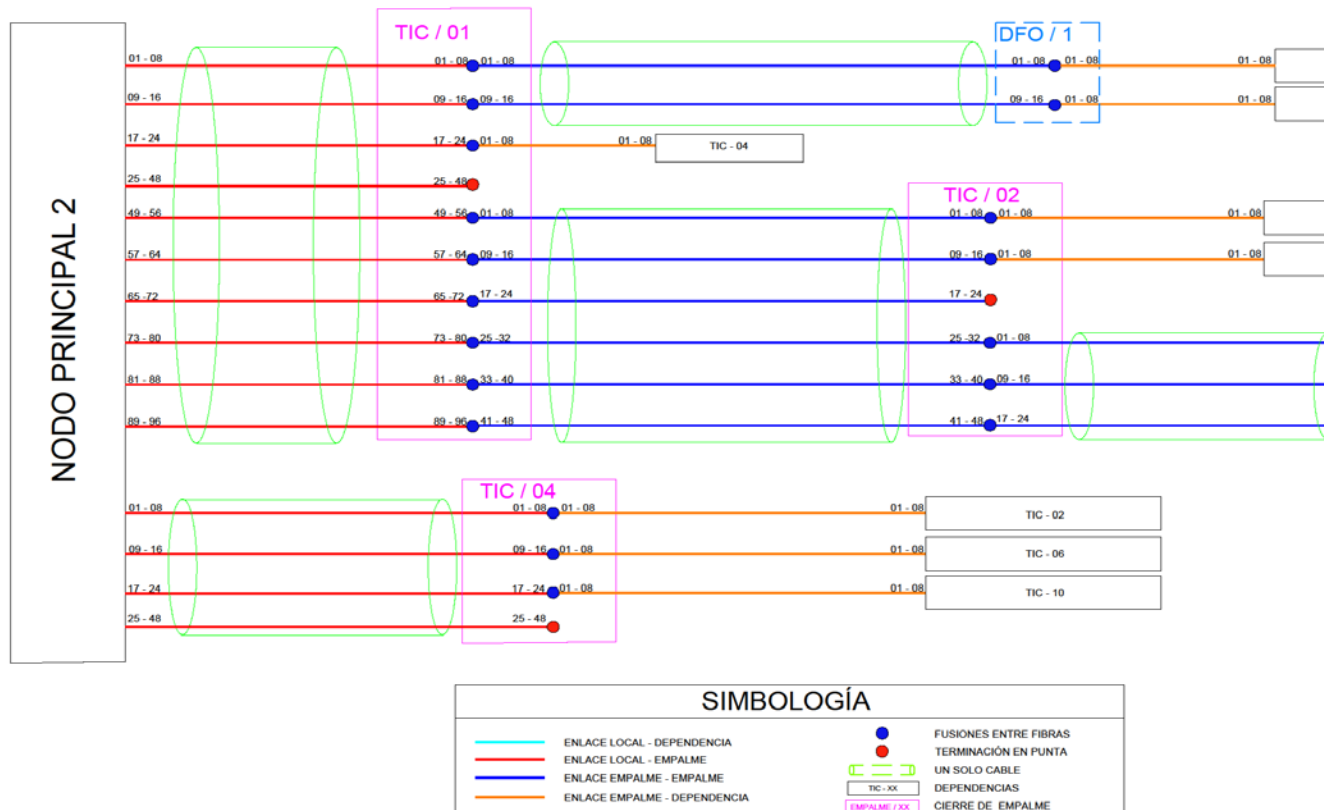


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 2.

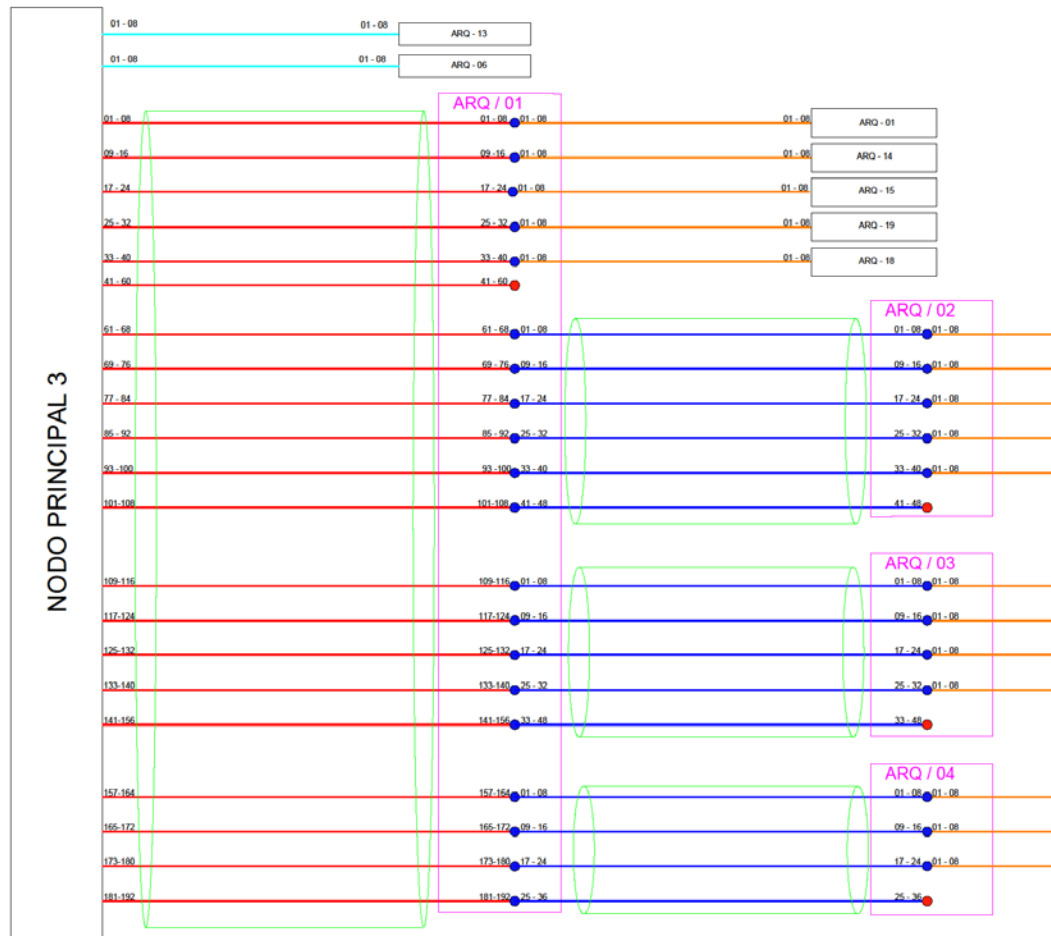


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 3.

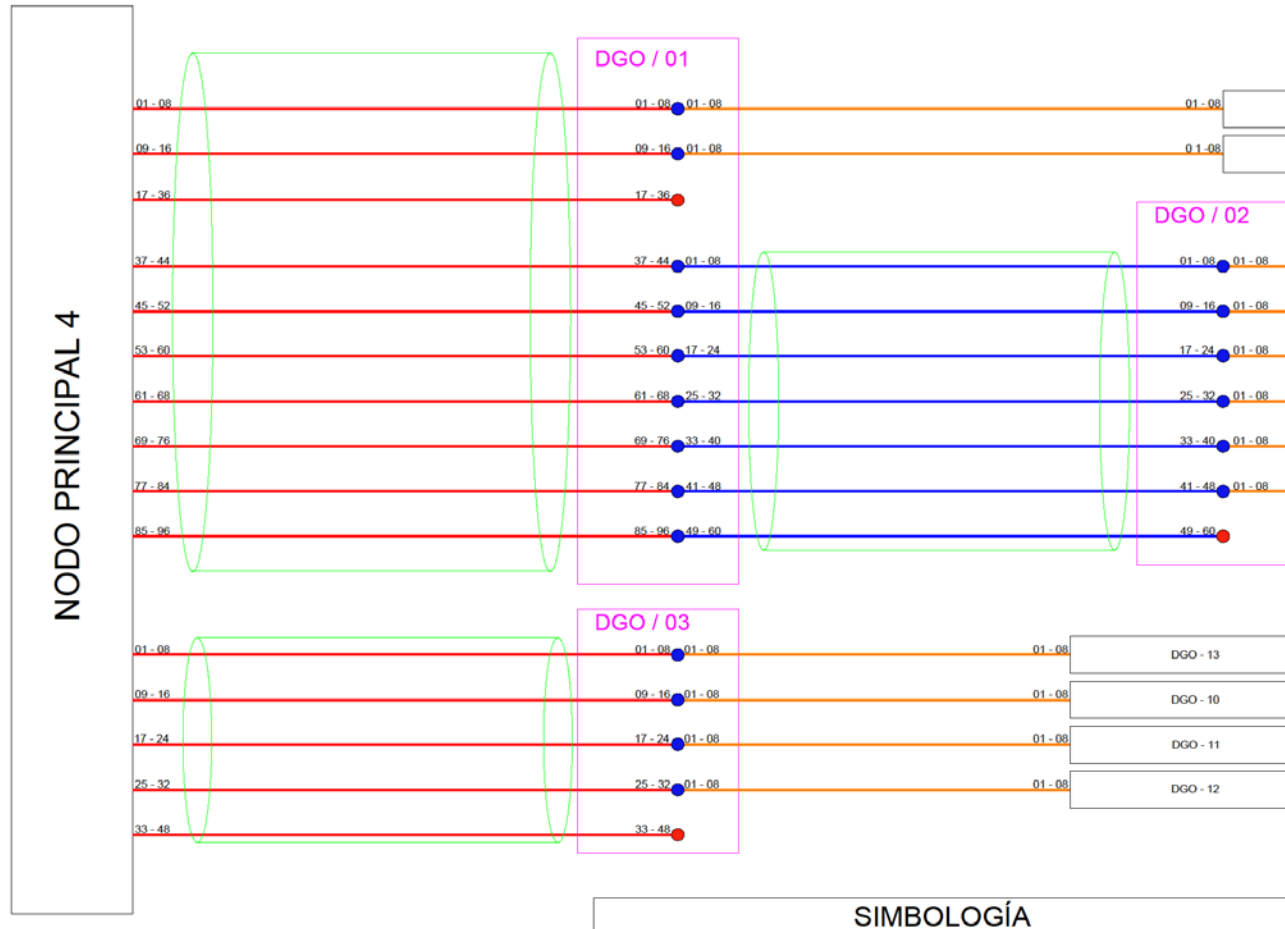


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 4.

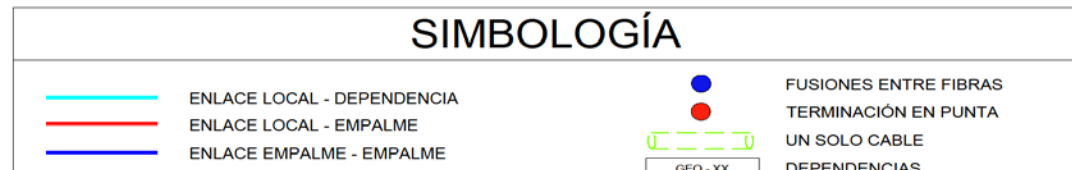
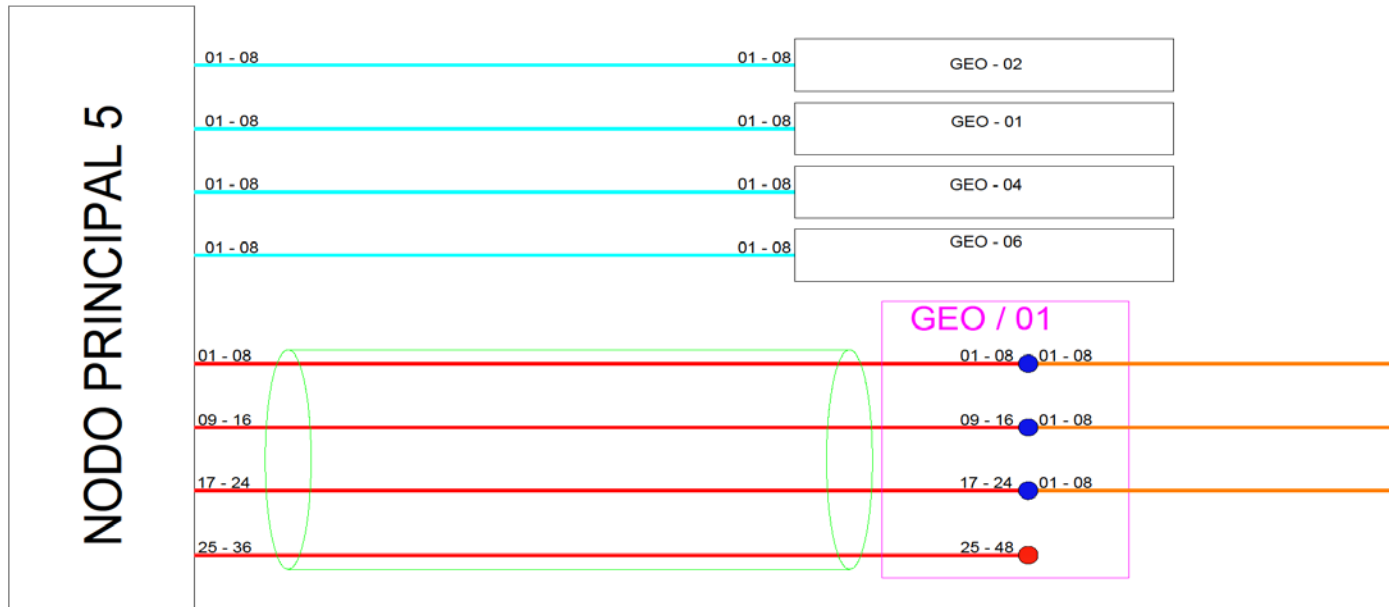


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 5.



Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 6.

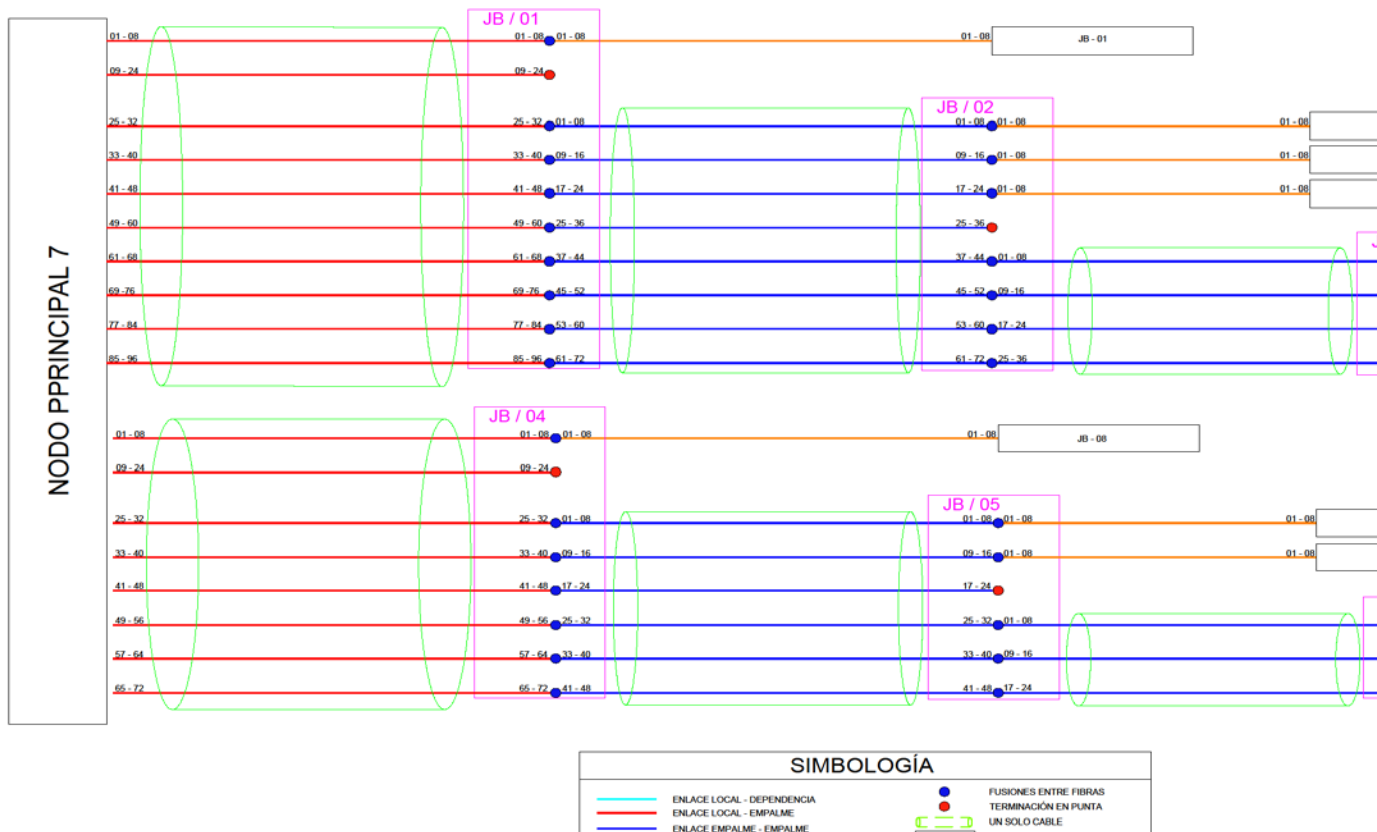


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 7.

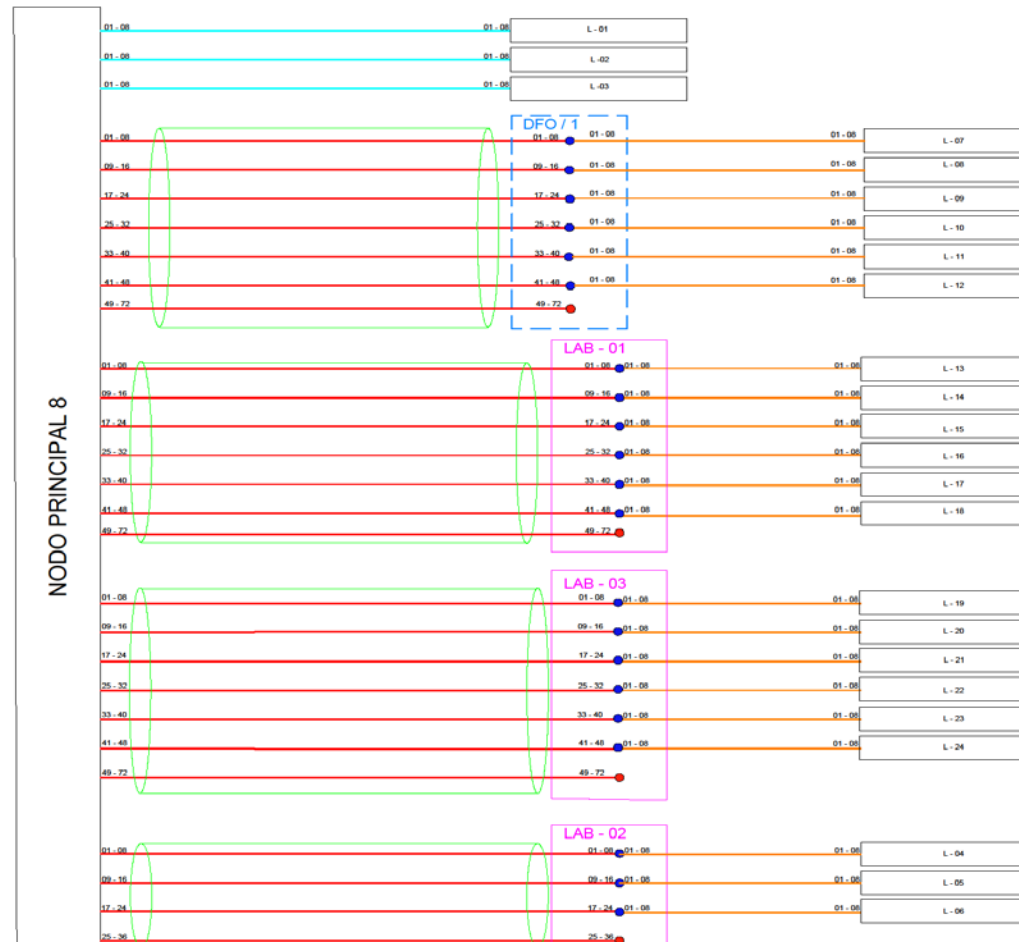


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 8.

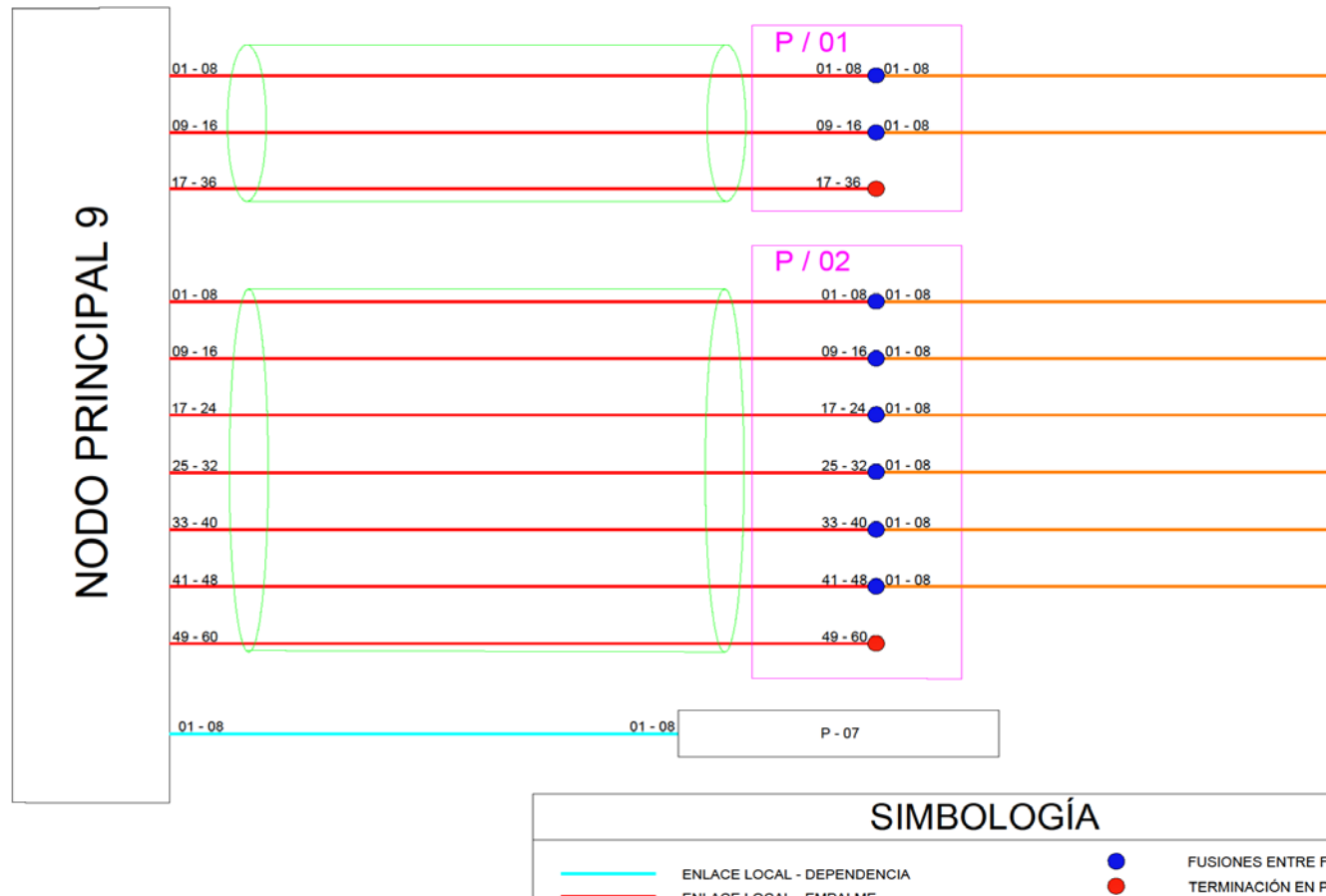


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 9.

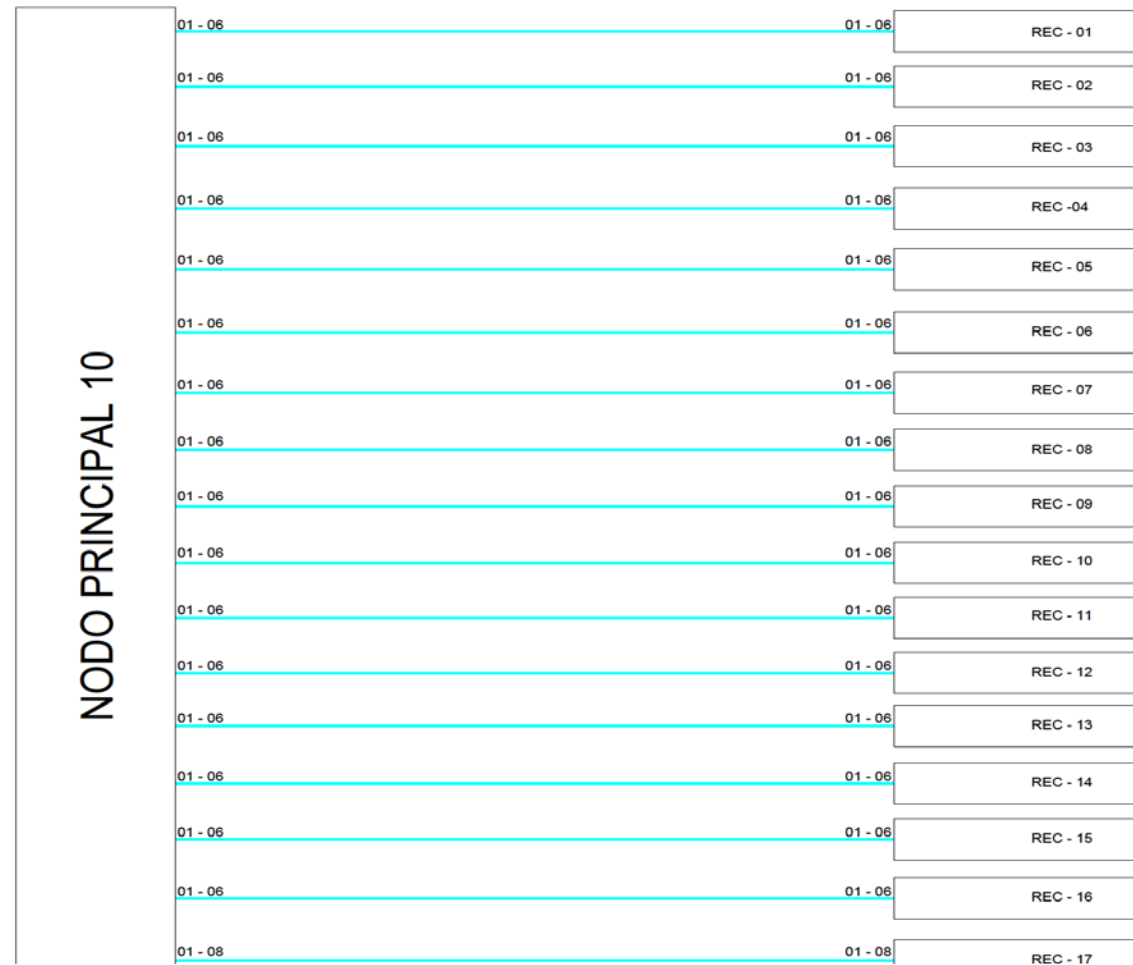


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 10.

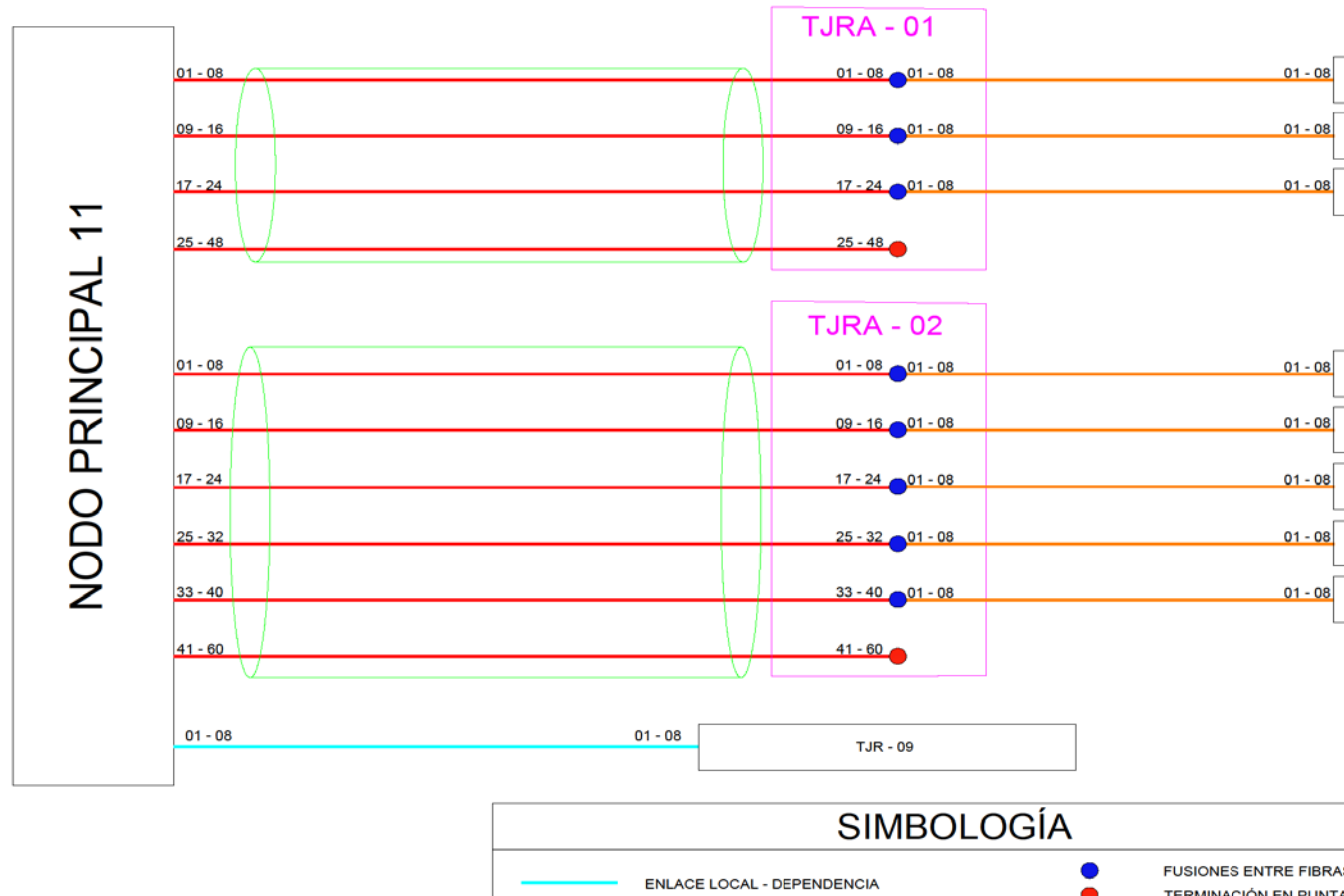


Diagrama de Empalmes correspondiente al Nodo Principal 11.

