

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA RED ÓPTICA
DE UNA HFC**

CAMILO ALBERTO SALAS MARTÍNEZ

ALVERNY GARNICA GARCIA

**UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2015**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA RED ÓPTICA DE UNA
HFC**

**Monografía como requisito para optar el título de Especialistas en Gerencia
de Mantenimiento**

CAMILO ALBERTO SALAS MARTÍNEZ

ALVERNY GARNICA GARCIA

Asesor:

**Ingeniero NELSON DARÍO ROJAS GONZÁLEZ
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2015**

Nota de aceptación:

Firma de presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 25 de abril del 2015

DEDICATORIAS

Este trabajo lo dedico a mi madre Dalila Ivonne Martinez quien con su amor infinito e incondicional, forjo en mí el compromiso y la fuerza para enfrentar cada nuevo reto en la vida.

Camilo Alberto Salas Martinez

Este trabajo está dedicado a toda mi familia, por su apoyo incondicional durante las diferentes etapas de mi vida; muy especialmente a mis hijos Joan Alexander Garnica Mamanche y Diego Alejandro Mamanche por ser ellos motor que impulsa mi vida.

Alverny Garnica García

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Diana Margarita Gutierrez quien me acompaño y animo en los momentos más difíciles, su amor fue la principal motivación para culminar esta etapa de mi vida.

Camilo Alberto Salas Martinez

Agradezco a todos aquellos que de una u otra forma me han apoyado durante el desarrollo de mis estudios, a los docentes, compañeros y amigos que con su aporte me ayudan a formarme personal y profesionalmente día tras día.

Alverny Garnica García

INTRODUCCIÓN

Actualmente la infraestructura de telecomunicaciones del país que provee los servicios de internet, televisión y telefonía residencial está concentrada en redes HFC, las cuales se gestionan por dos medios de transmisión: la fibra óptica y el cable coaxial, siendo la fibra óptica la encargada de conectar los equipos de distribución de la red con las cabeceras que generan los servicios en los diferentes puntos del país; por consiguiente esta parte de la red es la más significativa para la calidad y disponibilidad de los servicios, dado que en ella se transportan los servicios hasta el punto de distribución local que se realiza por medio de cable coaxial. La red de fibra óptica está compuesta en términos generales de dos fibras ópticas, una para los servicios de bajada (de la cabecera a los usuarios finales), la otra fibra para los servicios de subida (de los usuarios finales a la cabecera); cada fibra óptica para servicios consta de un transmisor en la cabecera, el cual convierte la señal electromagnética que contiene los servicios a la señal de luz que viajara a través de la fibra óptica para ser recibida en su otro extremo por un nodo óptico, el cual recibirá la señal de luz y la convertirá a la señal electromagnética que se distribuirá por la red coaxial hacia los usuarios finales. Cada fibra óptica puede llegar a tener una extensión de hasta 25 kilómetros, y usualmente esta sobre la infraestructura eléctrica, sobre los postes de baja tensión o cámaras subterráneas, su extensión total está compuesta por diversos tramos de fibra que se unen por medio de cajas de empalme en las cuales se fusionan los hilos de los diferentes cables de fibra óptica. La presente monografía para obtener el título de especialista en gerencia de mantenimiento, diseñará un plan de mantenimiento para la red de fibra óptica de una red HFC, con el fin de maximizar la disponibilidad y calidad de los servicios prestados en ella.

GLOSARIO

Cabecera: Parte de la distribución de Red HFC encargada de recibir y reunir toda la información de vídeo y audio que se pretende difundir; como modularla, multiplexarla, propagarla a los usuarios, monitorizar la red para supervisar su correcto funcionamiento, realizar la tarificación y control de los servicios prestados a los usuarios.

Confiabilidad : Probabilidad de que un equipo desarrolle una función específica, bajo unas condiciones específicas durante un tiempo determinado [17].

Disponibilidad : Producto obtenido cuando un equipo es Confiable y Mantenable [17].

Equipos de distribución : *La distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente . La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo [12].*

Fibra Óptica: es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos, consistente en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales

plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede provenir de un láser o un diodo LED [12].

Nodo Óptico : También conocido como “nodo óptico”, su función es convertir la señal óptica proveniente de la cabecera o HUB y transformarla nuevamente en señal RF para realizar la distribución dentro del Nodo, a través del cable coaxial [15].

Mantenibilidad : Probabilidad de que un equipo sea reestablecido a una condición específica dentro de un periodo de tiempo dado, usando recursos determinados. [17]

Receptor : Es quien recibe el mensaje y convierte la señal analógica de nuevo en señales digitales [16].

Señal electromagnética : Se conoce la difusión de la radiación de este tipo por medio del aire. Estas ondas no requieren de un soporte material para su expansión, lo que implica que pueden desplazarse en el vacío [14].

Trasmisor : Es el encargado de generar una onda llamada onda portadora, que transportar la información hasta el receptor [13].

RESUMEN

Las redes de telecomunicaciones son estructuras complejas de transmisión de información que incorporan para su correcta operación equipos electrónicos en constante cambio y evolución, diferentes medios de transmisión y diferentes protocolos de comunicación; adicionalmente gran parte de su infraestructura se encuentra físicamente en lugares en los que no se tiene el control y resguardo de la compañía prestadora del servicio de telecomunicaciones, generalmente se encuentra expuesta a la intemperie en zonas rurales y ciudades donde las condiciones de operación pueden llegar a ser extremas, esto implica un gran esfuerzo y estrategia en mantenimiento para garantizar la correcta operación y calidad de los servicios prestados a través de la red. Dado el gran tamaño, número de componentes, y diferentes áreas de conocimiento que implica la operación de una red de telecomunicaciones, las labores de mantenimiento deben estar segmentadas y claramente delimitadas. Con el presente proyecto se busca diseñar un plan de mantenimiento para la red óptica de una red HFC de servicios residenciales, con el cual se incremente la disponibilidad de los servicios prestados enfocado el trabajo en un histórico de fallas de 8 meses de una red en barranquilla, se diseñara el plan de mantenimiento y se propondrán los indicadores de control.

ABSTRACT

Telecommunications networks are complex structures that incorporate information transmission for proper operation electronics in constant change and evolution, different means of transmission and different communication protocols; additionally much of its infrastructure is physically located in places where there is no control and safeguard the company providing telecommunications service generally is exposed to weathering in rural areas and cities where operating conditions may become be extreme, this implies a great effort and maintenance strategy to ensure proper operation and quality of services provided over the network. Given the large number of components, and different areas of knowledge that involves the operation of a telecommunications network maintenance work must be segmented and clearly delimited. With this project seeks to design a maintenance plan for the optical network of HFC residential service network, with which the availability and quality of services transported at a reasonable cost guarantee, this cost should not exceed 5%, of the revenues generated by the HFC network. To achieve this goal, we will design a typical optical network in a city and analyze its different components, mode of operation, quality parameters, points of failure, vulnerabilities and find a method (or combination of methods) keeping the which are adapted to the needs of the network, determining the necessary technical resources, and maintenance activities to be performed to ensure higher availability than 95%.

CONTENIDO

1.	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
2.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2.4	SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	16
3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1	OBJETIVO GENERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
4.1.	JUSTIFICACIÓN	19
4.2.	DELIMITACIÓN	21
4.2.1.	Términos Legales.....	21
4.2.2.	Tiempo.	21
4.2.3.	Espacial.	21
4.2.4.	Poblacional.	21
5.	MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	22
5.1.	MARCO TEÓRICO.....	22
5.1.1.	ARQUITECTURA DE UNA RED HFC	22
5.1.2.	COMPONENTES DE UNA RED HFC	23
5.1.3.	DISTORSIONES EN REDES HFC.....	26
5.1.4.	MANTENIMIENTO DE REDES HFC	32
5.1.5.	MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y SUS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE APOYO	35
5.1.6.	CABLES Y COMPONENTES PARA COMUNICACIONES	39
5.2.	ESTADO DEL ARTE	48

5.2.1.	ESTADO DEL ARTE LOCAL	48
5.2.2.	ESTADO DEL ARTE NACIONAL.....	50
5.2.3.	ESTADO DEL ARTE INTERNACIONAL.....	55
6.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	60
7.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	61
7.1.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	61
7.2.	ANÁLISIS DE DATOS.....	61
7.3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	69
7.3.1.	Puntos Vulnerables de la red.....	69
7.3.2.	Rupturas de fibra óptica.....	70
7.3.3.	Problemas de Atenuación Fibra Óptica	74
7.3.4.	Problemas de conectividad Fibra óptica	76
7.3.5.	Parámetros Técnicos red Fibra óptica HFC.....	78
7.3.6.	Especificaciones técnicas para el tendido de fibra Óptica	79
7.3.6.1.	Herrajes para fibra óptica	80
7.3.6.2.	Tendido de cable aéreo	84
7.3.6.3.	Especificaciones para tendido de cable subterráneo.....	86
7.3.7.	Especificaciones para la manipulación de fibra Óptica	90
7.3.7.1.	Conectividad en nodo Óptico y cabecera	90
7.3.7.2.	Conectividad en cajas de empalme	92
7.3.7.3.	Especificaciones para empalmes de fibra óptica.....	93
7.3.8.	PLAN DE MANTENIMIENTO	96
8.	FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	112
8.1.	FUENTES PRIMARIAS.....	112
8.2.	FUENTES SECUNDARIOS.....	112
9.	RECURSOS	113
9.1.	RECURSOS FINANCIEROS.....	117
10.	TALENTO HUMANO	120
11.	CONCLUSIONES	121
12.	RECOMENDACIONES	122
13.	BIBLIOGRAFIA.....	123
14.	CIBERGRAFIA.....	125

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1 DIFERENTES TIPOS DE FIBRA MS	40
TABLA 2 TIPO DE FIBRA EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DEL CANAL ETHERNET	41
TABLA 3 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LAS CUBIERTAS DE LOS CABLES	44
TABLA 4 TIPO DE INVESTIGACIÓN (INDUSTRIALES, 2002).....	60
TABLA 5 INVENTARIO GENERAL FIBRA ÓPTICA HFC BARRANQUILLA	62
TABLA 6 RESUMEN CABLE DE FIBRA ÓPTICA HFC BARRANQUILLA	62
TABLA 7 CAMPO DE HISTÓRICO DE FALLAS.....	63
TABLA 8 TIPIFICACIÓN DE FALLAS.....	64
TABLA 9 TIEMPO DE SOLUCIÓN DE FALLAS.....	65
TABLA 10 TIEMPO PROMEDIO DE SOLUCIÓN DE FALLAS	66
TABLA 11 DETALLE DE CAUSAS DE FALLA.....	68
TABLA 12 FALLA RUPTURA DE FIBRA ÓPTICA.....	70
TABLA 13. RUPTURAS DE FIBRA ÓPTICA	72
TABLA 14 FALLA PROBLEMAS DE ATENUACIÓN DE FIBRA ÓPTICA	74
TABLA 15. CAUSAS DE ATENUACIÓN FIBRA ÓPTICA	75
TABLA 16 FALLA PROBLEMA DE CONECTIVIDAD DE FIBRA ÓPTICA	76
TABLA 17 PROBLEMAS DE CONECTIVIDAD FIBRA ÓPTICA.....	77
TABLA 18 CAUSAS DE FALLA MÁS REPRESENTATIVAS	79
TABLA 19 ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	97
TABLA 20 TIEMPOS DE EJECUCIÓN ACTIVIDADES PREVENTIVO.....	106
TABLA 21 CAPACIDAD PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	107
TABLA 22 RECURSOS TÉCNICOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO	108
TABLA 23 TALENTO HUMANO Y RECURSO TÉCNICO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	108
TABLA 24 TALENTO HUMANO Y RECURSO TÉCNICO MANTENIMIENTO CORRECTIVO	110
TABLA 25 RECURSOS DE TALENTO HUMANO	113
TABLA 26 RECURSOS FÍSICOS.....	113
TABLA 27 TOTAL RECURSOS DIRECTOS	114
TABLA 28 COSTOS POR CONTRATACIÓN.....	114
TABLA 29 TOTAL RECURSOS POR CONTRATACIÓN	114
TABLA 30 COSTO PROMEDIO POR SERVICIO.....	115
TABLA 31COSTO TOTAL POR AFECTACIÓN DE SERVICIOS.....	116
TABLA 32 COSTOS ASOCIADOS A LLAMADAS DE SERVICIO	117
TABLA 33 COSTOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE AFECTACIÓN DE SERVICIOS	117
TABLA 34 AHORRO DERIVADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.	118

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1 ARQUITECTURA DE UNA RED HFC [2]	23
FIGURA 2 COMPONENTES DE LA RED HFC (D. ALFONSO)	26
FIGURA 3 ECUACIÓN RELACIÓN SEÑAL A RUIDO	27
FIGURA 4 RELACIÓN SEÑAL RUIDO	28
FIGURA 5 ECUACIÓN MER	28
FIGURA 6 CNR [9]	29
FIGURA 7 DISTORSIÓN ARMÓNICA [11]	30
FIGURA 8 DISTORSIÓN POR INTERMODULACIÓN [10]	30
FIGURA 9 RUIDO ATMOSFÉRICO [2]	32
FIGURA 10 DESCRIPCIÓN DE UN CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA FIBRA	42
FIGURA 11 CABLE DE FIGURA ÓPTICA DE ESTRUCTURA HOLGADA (DPESP DE OPTRAL)	43
FIGURA 12 DENOMINACIÓN DE UN CABLE ÓPTICO SEGÚN DIN-VDE 0888	46
FIGURA 13 CABLE DPESP-1 DE OPTRAL	47
FIGURA 14 CABLE CDI DE OPTRAL (DIN J-K (ZN) H12G...)	48
FIGURA 15 TORTA DE FALLAS RED FIBRA ÓPTICA BARRANQUILLA	69
FIGURA 16 CABLE DE FIBRA ÓPTICA AÉREO	80
FIGURA 17 HERRAJE DE SUSPENSIÓN	81
FIGURA 18 HERRAJE TROMPOPLATINO	82
FIGURA 19 HERRAJE COLLARÍN	82
FIGURA 20 TENSIÓN MANUAL DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA	88
FIGURA 21 CONECTOR DE FIBRA ÓPTICA SC APC	91
FIGURA 22 SMART CLEANER	92
FIGURA 23 PROCEDIMIENTO DE FUSIÓN DE FIBRA ÓPTICA	94
FIGURA 24 CORTES TRANSVERSALES DE LA FIBRA ÓPTICA PARA EMPALMAR	95
FIGURA 25 FORMATO DE REGISTRO P1	98
FIGURA 26 FORMATO DE REGISTRO P2	99
FIGURA 27 FORMATO DE REGISTRO P3	100
FIGURA 28 FORMATO DE REGISTRO P4	101
FIGURA 29 FORMATO DE REGISTRO P5	102
FIGURA 30 FORMATO DE REGISTRO P6	103
FIGURA 31 ESQUEMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	104
FIGURA 32 HISTÓRICO DE FALLAS POR MES	109
FIGURA 33 MODELO IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	111

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA RED ÓPTICA DE UNA RED HFC.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La fibra óptica de las redes HFC constituye una de las partes más críticas para garantizar la disponibilidad de los servicios de la red, dado su gran ancho de banda y el número de hilos de fibra que contiene un cable de fibra óptica, a lo largo de su extensión se transportan miles de servicios, los cuales están expuestos a diversos riesgos por encontrarse a la intemperie en zonas urbanas, y por la manipulación a la que debe someterse por el continuo crecimiento de usuarios en la red que exige derivar nuevos servicios de esta. Todas estas variables deben ser controladas de manera eficaz con el fin de maximizar la disponibilidad de los servicios, para lo cual es necesaria la implementación de un plan de mantenimiento adecuado para esta, del cual no se tiene documentación a la fecha.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué plan de mantenimiento es adecuado para una red de fibra óptica de una red HFC y que indicadores se deben gestionar para optimizar las tareas de mantenimiento?

2.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son las partes más vulnerables de una red de fibra óptica HFC incidentes en afectación de servicios?

- ¿Cuáles son los parámetros técnicos que se deben considerar en cada una de las partes de una red de fibra óptica HFC, para su correcta operación?
- ¿Qué recursos se deben destinar para implementar un plan de mantenimiento para una red de fibra óptica HFC?
- ¿Qué indicadores se deben implementar en una red de fibra óptica HFC y como se deben enfocar las tareas de mantenimiento enfocado en estos?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento para una red de fibra óptica de una red HFC de una empresa del sector de servicios de telecomunicaciones residenciales.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar puntos vulnerables y tipos de vulnerabilidad de la red de fibra óptica HFC
- Identificar los parámetros técnicos que se deben considerar en cada uno de los componentes de una red de fibra óptica HFC.
- Determinar los recursos necesarios para implementar el plan de mantenimiento de fibra óptica HFC.

4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en Colombia los servicios residenciales de internet, televisión y telefonía están soportados por redes HFC que se han venido construyendo en los últimos 7 años en las diferentes ciudades del país por cada una de las empresas prestadoras de servicio, gracias a que este tipo de redes permite soportar sobre la misma infraestructura los servicios de televisión, internet banda ancha, telefonía y la posibilidad a toda una gama de nuevos servicios gracias el crecimiento exponencial de información que es capaz de transmitir con los desarrollos tecnológicos que se vienen dando para este tipo de redes.

Las redes HFC son una tecnología relativamente nueva, resultado de la evolución de las redes de televisión por cable; actualmente combinan diferentes tecnologías, medios de trasmisión y estándares de comunicación que permiten distribuir toda la gama de servicios de telecomunicaciones en amplias zonas urbanas. Siendo una tecnología de telecomunicaciones relativamente nueva no cuenta con documentación referente a planes de mantenimiento, cada empresa de telecomunicaciones adopta el tipo de mantenimiento que considera pertinente de acuerdo a su experiencia, conocimientos de la red y especificaciones de los proveedores para cada una de las partes que lo componen, lo que hace que las compañías en muchos casos malgasten los recursos destinados para mantenimiento, además de comprometer la disponibilidad de los servicios ofrecidos. Dada la extensión y cantidad de componentes que integran una red HFC, y las diversas áreas de conocimiento que implican, este proyecto se enfocará en la red de fibra óptica que compone una red HFC, dado que es la parte de la red que interconecta la cabecera con los diferentes puntos de la ciudad donde se distribuye la señal a los usuarios, dependiendo de esta, la disponibilidad y calidad de todos los servicios entregados a los usuarios finales.

En el proyecto se tomarán los conocimientos y técnicas estudiadas para mantenimiento, se moldearán y adaptarán a una red de fibra óptica con el objetivo de subir su disponibilidad y hacer de esta una red de alta mantenibilidad.

El resultado exitoso del proyecto implicará un diseño de mantenimiento que de ser implementado generará un ahorro sustancial en implementación de recursos de mantenimiento y subir la disponibilidad de los servicios distribuidos por la red.

En términos legales el proyecto tendrá que revisar y analizar la actual normatividad de la CRC (Comisión de regulación de Comunicaciones) para la intervención y cortes de servicio, dado que el plan de mantenimiento tendrá que intervenir la red en la que se distribuye servicios activos de televisión internet y telefonía, lo que implicará alinear el plan de mantenimiento con la regulación actual para su correcta ejecución.

El proyecto no tiene implicaciones políticas regionales o nacionales, las implicaciones políticas estarán a nivel de la compañía que lo implemente en donde se tendrá que renovar las políticas de mantenimiento.

El plan de mantenimiento que se busca generar no tiene repercusiones en el medio ambiente dado que es un proceso correctivo sobre una red de comunicaciones que no implica el uso de materiales que generen residuos o alteración del medio en el que se encuentran el cual es puramente urbano.

Las redes de telecomunicaciones son una necesidad directamente relacionada con el desarrollo intelectual de un país en vista de la gran cantidad de información gratuita que se encuentra en internet, con el servicio masificado de internet, una mejora en la calidad y disponibilidad del servicio mediante un plan de mantenimiento mejorara el acceso continuo y de buena calidad para acceder a

todos los contenidos que ofrece internet, contribuyendo así indirectamente con el desarrollo del país.

4.2. DELIMITACIÓN

4.2.1. Términos Legales.

Normatividad de la CRC (Comisión de regulación de Comunicaciones) para la intervención y cortes de servicio.

4.2.2. Tiempo.

El proyecto se desarrollará en un tiempo no mayor a catorce semanas.

4.2.3. Espacial.

Aplica al mantenimiento de una red de fibra óptica de una Red HFC.

4.2.4. Poblacional.

Receptor óptico en SOS y recepción óptico en nodos ópticos de la red HFC.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. MARCO TEÓRICO

En los años 80 empezaron a funcionar las redes CATV con la arquitectura que le denominaron HFC, por la inserción de la fibra óptica para mejorar las redes que sólo funcionaban con cable coaxial. Con esta nueva arquitectura se buscaba resolver los problemas de gestión y mantenimiento que generaban dichas redes.

Para el diseño de esta red, se consideran dos niveles jerárquicos: el principal conformado por el tendido de fibra que distribuye la señal desde el centro emisor (cabecera o head end) hasta cada zona de la ciudad.

En las diferentes zonas de la ciudad se encuentran nodos, los que se encargan de convertir la señal óptica en eléctrica para su distribución final en cable coaxial a los usuarios. Se considera que cada zona abarca de 500 a 2000 usuarios.

La gran ventaja de este tipo de redes, fue la facilidad de la utilización de la red para el tráfico ascendente (upstream), con esto se permiten las labores de monitoreo y servicios tales como el de internet y Voip

La señal de televisión utiliza el rango de frecuencias altas entre 50-500 MHz para el sentido descendente de las señales analógicas de TV, así como las frecuencias entre 500-750/860 MHz para los servicios de televisión digital, internet y VoIP. Para el sentido ascendente se utilizan frecuencias entre 5 y 42 MHz, principalmente para el retorno de los datos provenientes de los clientes. (Vinicio, 2010)

5.1.1. ARQUITECTURA DE UNA RED HFC

Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad para transportar servicios bidireccionales como son la telefonía y los datos. Los

servicios bidireccionales requieren que la red posea canal de retorno habilitado y diseño adecuado del área de servicio de cada nodo.

La estructura básica de una red CATV coaxial tradicional varia circunstancialmente; como se observa en la figura 1, la red HFC se descompone básicamente de una cabecera, la cual ha evolucionado hacia un centro de control y emisión, la red troncal de fibra óptica que distribuye las señales hacia los nodos primarios, la red secundaria que une estos con los nodos finales que reparten la señal a los usuarios mediante la red de distribución coaxial.

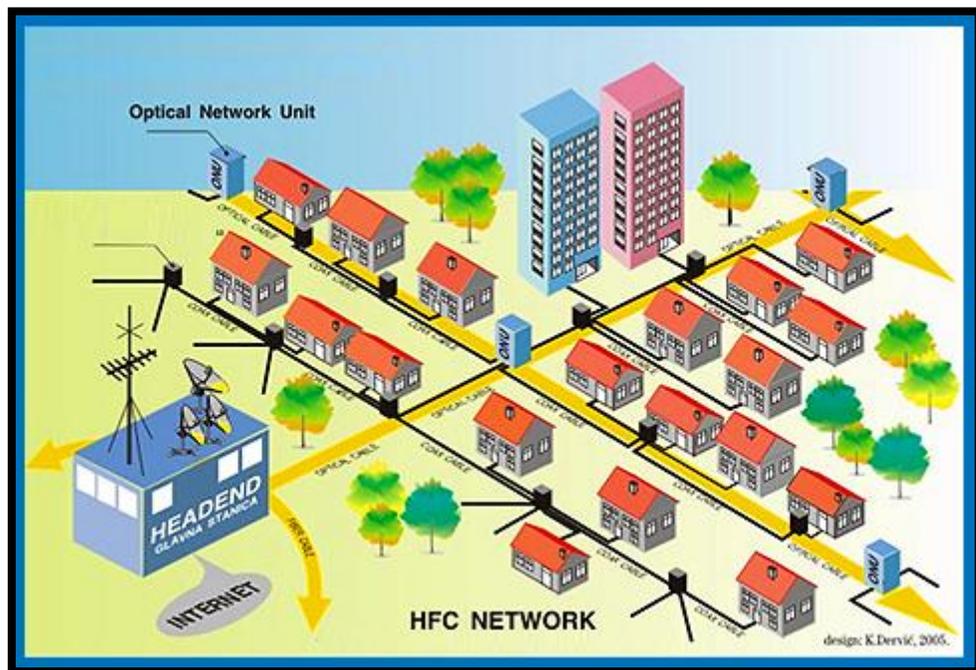


Figura 1 Arquitectura de una Red HFC [2]

5.1.2. COMPONENTES DE UNA RED HFC

Una red HFC está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución y el último tramo de acometida al hogar del abonado con su equipo terminal como se muestra en la figura 1, la cabecera es la

encargada de recibir y reunir toda la información de vídeo y audio que se pretende difundir; como modularla, multiplexarla, propagarla a los usuarios, monitorizar la red para supervisar su correcto funcionamiento, realizar la tarificación y control de los servicios prestados a los usuarios.

Mediante el monitoreo, el requerimiento indispensable de las redes actuales de cable, se analiza la fiabilidad de la red debido a la complejidad de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los servicios que transportan. Una cabecera de red puede atender millones de hogares; posteriormente tenemos la red troncal, después de que la información es manejada por la cabecera, se entrega a la red troncal donde se utiliza netamente fibra óptica, la mayor ventaja que tiene esta fibra es de eliminar la larga serie de amplificadores de banda ancha que insertan mucho ruido a la red y aumentan los fallos potenciales en el sistema de cable; cabe recalcar que los únicos amplificadores que permanecerán entre la cabecera y el usuario son los que se encuentran en la red de distribución. (D. P. Abellán, 2007).

La topología de la red troncal, suele estructurarse en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios como se muestra en la figura 2; debido a niveles de seguridad. Los nodos primarios alimentan a otros nodos llamados secundarios mediante enlaces punto a punto o bien mediante anillos.

Los nodos de red o nodos primarios incluyen generalmente amplificadores y divisores ópticos, un nodo de red puede atender hasta unos 80.000 hogares.

Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH o SDH (Jerarquía Digital Plesiócrona y Síncrona, respectivamente), que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) (W. D. Multiplexing, 2007).

Por último tenemos la red de distribución y red de acometida, en la red de distribución, en los nodos secundarios se realiza la transición de las señales ópticas a señales eléctricas y viceversa (TRO, Terminal de Red Óptica); desde este punto se distribuyen a los hogares de los usuarios a través de una estructura

tipo bus de coaxial, cada nodo tiene capacidad para alimentar unos 500 hogares, considerando un tamaño habitual en las redes HFC. Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente, la red de acometida o conexión con el usuario es el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión del usuario.

Los usuarios se enlazan al terminal de red óptica a través de una red de tipo coaxial. Como se mencionó con anterioridad, un terminal de red óptica puede atender a unos 600 usuarios, aunque normalmente se establece un número de 300 con el objetivo de facilitar la implementación del canal ascendente. (D. Alfonso)

Los usuarios se conectan a la red HFC mediante el Punto de Terminación de Red (PTR, Set Top Box, Cable Modem, Adaptador de Terminal multimedia) que se instala en su domicilio que constituye el límite entre la infraestructura del operador de red y la red misma del usuario. (Vinicio, 2010)

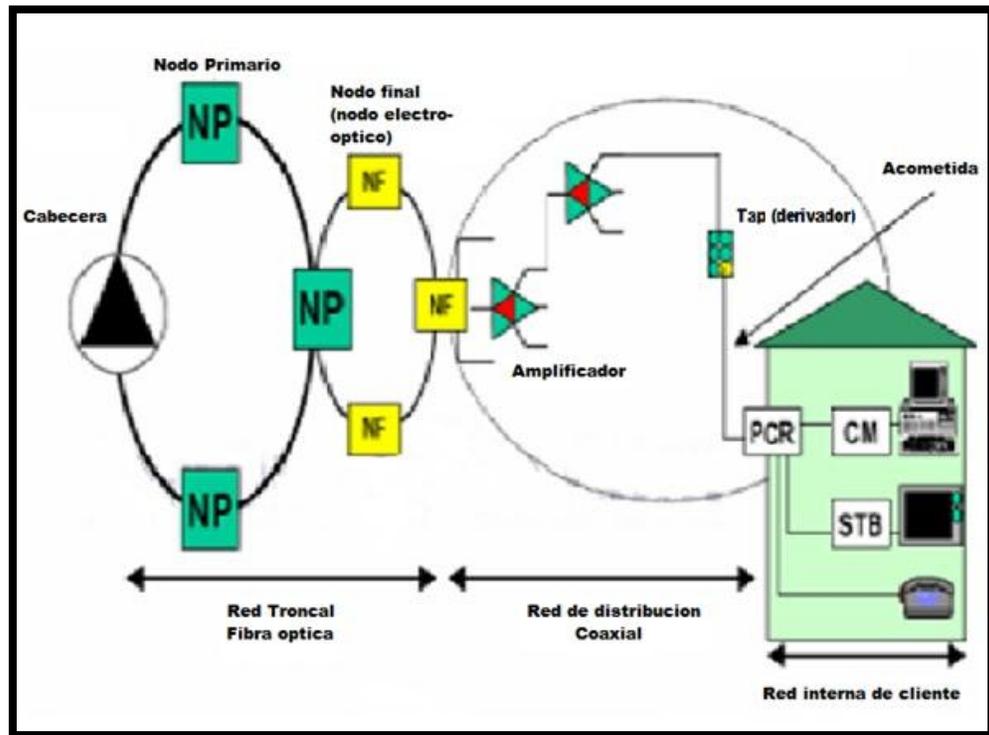


Figura 2 Componentes de la Red HFC (D. Alfonso)

Es importante resaltar que toda la red HFC debe contener diversos sistemas de gestión que le permitan monitorear calidad de la señal y disponibilidad de la señal para cada uno de los servicios que en ella se transportan, para lo cual actualmente todos los proveedores de equipos y componentes de redes HFC también suministran diferentes herramientas de gestión en tiempo real y estadísticas.

5.1.3. DISTORSIONES EN REDES HFC

Las redes HFC al combinar dos tecnologías de comunicaciones e incluyen en ella varios componentes activos y pasivos de red que lo que la hace sensible a diferentes tipos de distorsiones; se denomina “distorsión” a una alteración o ruido no deseado en la señal que se envía, alteraciones en amplitud, frecuencia o fase,

debido a que no existen dispositivos ideales, dentro de las distorsiones más significativas encontramos (Zúñiga, 2010):

Relación Señal a Ruido

A la hora de analizar señales, que son afectadas por el ruido, es útil definir una medida del ruido que sea relativa a la propia señal; se define la relación señal a ruido de la siguiente manera:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{P_s}{P_n}$$

Figura 3 Ecuación Relación Señal a Ruido [9]

Donde “Ps” es la potencia de la señal y “Pn” es la potencia del ruido. Al aumentar la potencia de la señal “S” se reduce el efecto del ruido de canal, de modo que la información se recibe con mayor exactitud (Zúñiga, 2010):

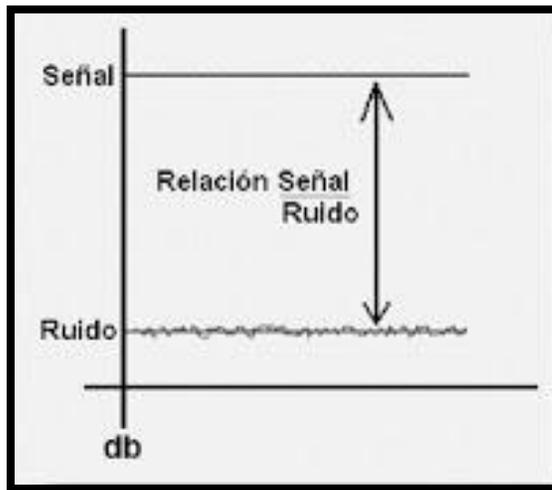


Figura 4 Relación Señal Ruido [9]

MER

El “MER” o tasa de error de modulación es una medida de la relación señal a ruido en una señal modulada digitalmente. Al igual que la “SNR” esta es usualmente expresada en dB. El MER es la representación numérica del vector de error, que es la diferencia entre la señal patrón que debería recibirse y la señal con errores que realmente se recibe (Zúñiga, 2010).

El MER se define como:

$$MER = \frac{\text{Potencia de la seña de error (dB)}}{\text{Potencia de la Señal recibida (dB)}}$$

Figura 5 Ecuación MER [9]

CNR

El “CNR” es un parámetro utilizado en la medición de la relación de la potencia de la portadora y el ruido blanco en un ancho de banda específico. Comúnmente esta relación se da en dB. Usualmente se confunden los términos SNR y CNR, pero es necesario tomar en cuenta que son diferentes, dado que el CNR es una relación de la señal a ruido pero en una señal modulada, como se observa en la figura 4 (García., 2005).

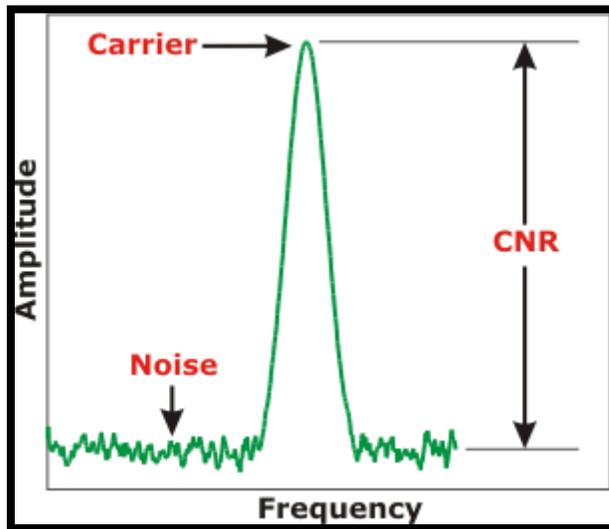


Figura 6 CNR [9]

Distorsiones Aleatorias.

Las distorsiones de tipo aleatorio poseen valores de amplitud y frecuencia impredecibles en cualquier instante. Éstos pueden definirse mediante valores promedio. Este tipo de distorsión no se puede predecir ni evitar; entre sus características están la corta duración y un mayor daño a la información. En muchos de los casos la mejor solución es el envío de la información. Algunas señales no deseadas que dependen de la presencia de la señal deseada se suelen incluir dentro de las distorsiones aleatorias. Entre ellas están la distorsión

armónica y la distorsión por intermodulación, que desaparecen al quitar la señal, como se observa en la figura 7 y 8.

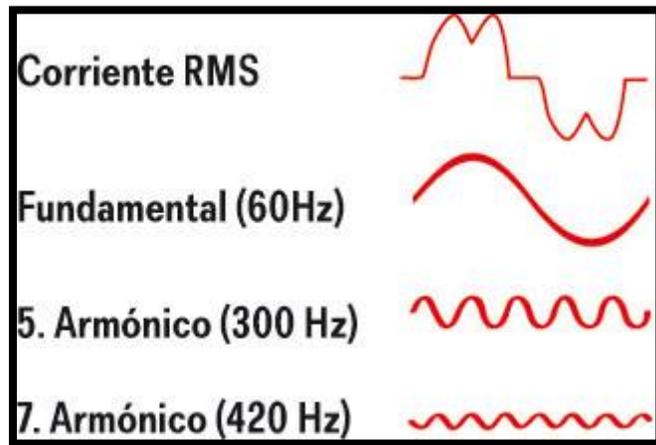


Figura 7 distorsión Armónica [11]

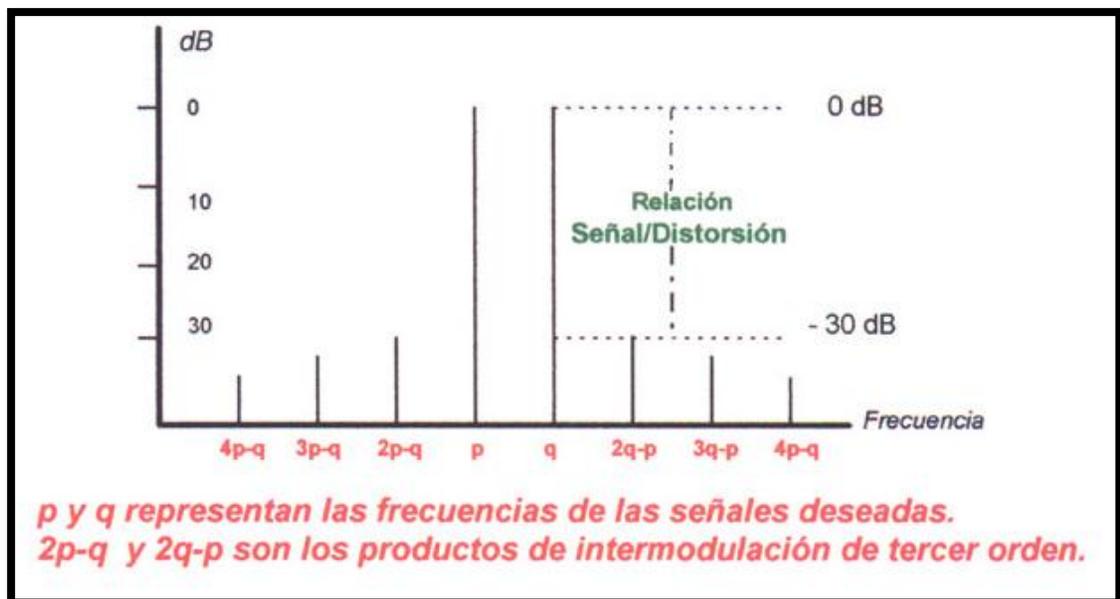


Figura 8 Distorsión por Intermodulación [10]

Ruido Atmosférico

Se conoce como ruido atmosférico a las perturbaciones eléctricas que ocurren naturalmente dentro de la atmósfera de la tierra; también es comúnmente llamado electricidad estática.

El ruido atmosférico es la suma de la energía eléctrica de todas las fuentes locales, externas y distantes, por lo que se propaga por medio de la atmósfera de la tierra de la misma manera que lo hacen las ondas de radio. Es importante notar que la magnitud de este ruido depende de las condiciones del tiempo y es relativamente insignificante comparado con las otras fuentes de ruido (ver figura 9).

La mayor fuente de la electricidad estática son los fenómenos eléctricos naturales, tales como rayos o relámpagos. Esta electricidad viene frecuentemente en la forma de impulsos que poseen un amplio rango de frecuencia. En frecuencias superiores a 30 MHz el ruido atmosférico es casi imperceptible.

La mejor manera de eliminar este tipo de ruido es proteger todo conductor que ingresa a las instalaciones por los distintos medios. Esto se logra instalando dispositivos de protección adecuados en cada cable, eliminando así el problema en la fuente antes de causar daño al equipamiento (A. Guadarrama).

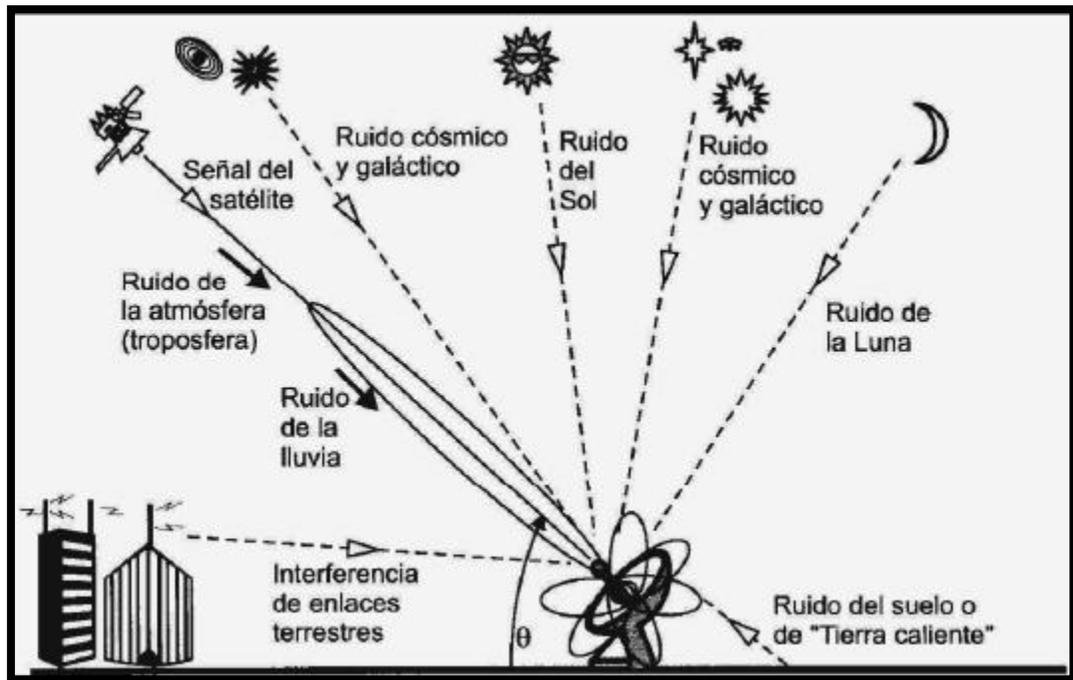


Figura 9 Ruido Atmosférico [2]

5.1.4. MANTENIMIENTO DE REDES HFC

En la actualidad para realizar efectivamente el mantenimiento preventivo y correctivo de una red HFC es necesario contar con diferentes tipos de gestión remota para las diferentes variables que pueden afectar la señal y por ende los servicios.

Se puede encontrar sistemas de monitoreo basados en tráfico en donde los datos relevantes sobre los servicios se obtienen mediante el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol) que transmite la información entre la entidad gestora y los agentes que se ejecutan en los dispositivos de red, este sistema brinda gráficos sobre los servicios más importantes, los que facilitan el análisis y,

además, una base de datos que almacena eventos y estados con el historial de uso y fallos. (P. Herrera, 2001).

Dependiendo de la tecnología utilizada por cada operador de Red, existe una gran variedad de sistemas de monitoreo que pueden ser implementados en la red para verificar su operación. Ejemplos de estos sistemas son:

- Rosa EM de Scientific Atlanta [3]
- TNCS de Scientific Atlanta [4]
- HFC Manager de Motorola
- VisionWorks de Arris [5]

Sin embargo, en los últimos años se ha venido presentando un aumento considerable en la cantidad de usuarios de internet de banda ancha en el país, debido a varios factores como la disminución de tarifas y el aumento en la cantidad de empresas prestadoras del servicio.

Dicho aumento en la demanda se puede considerar como una ventaja desde el punto de vista técnico para las empresas de cable ya que se puede establecer un sistema de monitoreo basado en los cable módems instalados en los usuarios que pertenecen a la red (. E. Una, 2007).

Efectuar un buen estudio en lo referente al mantenimiento de redes con fibra implica conocer la normatividad que al respecto está vigente, para luego establecer procedimientos que se ajusten a estas. El sector de normalización de la UIT establece en las series L y M, toda la normatividad pertinente a la instalación, protección de los cables y mantenimiento de redes. Estas normas recomiendan principalmente que se deban realizar actividades de mantenimiento de tipo preventivo y posterior a la avería. Para determinar la calidad de los empalmes las normas de la UIT-T G-671, TIA/EIA-568-A, ISO/IEC 11801 establecen que el valor de atenuación para empalmes

En cables de fibra óptica debe estar en el rango de 0.01 dB – 0.08 dB (C. T. M. Nestor Suarez, 2006).

La presencia de sistemas de supervisión de fibra instalada, usualmente diseñados a partir de un seguimiento reflectométrico sobre fibra residual u operativa, suelen contener actuaciones (rutinas de seguimiento periódico, continuo, etc.) con vistas al mantenimiento preventivo. Si no ha habido un fallo evidente (corte de cable por excavadoras, catástrofe localizada, etc.), lo usual es que una manipulación indebida durante alguna fase previa, por la presencia de esfuerzos residuales permanentes (curvaturas indebidas, faltas de anclaje de cable, etc.) o por incorrecta elección de técnica de conexionado, algunas de las fibras operativas se rompan, interrumpan el servicio, es vital tener claras las actividades asociadas al mantenimiento reparador y a la recuperación de la línea física en cualquiera de los casos citados y con la mayor rapidez y eficacia posible. Como único aspecto logístico de interés que influye en dicha rapidez y en su eficacia, es el de la elección de la solución técnica más idónea para realizar la reparación, bien desde una técnica de recuperación permanente o si se realiza mediante una técnica de uso temporal, dejando para más adelante la definitiva. Los casos extremos en presencia de una rotura puntual, una vez localizada mediante la configuración adecuada del OTDR, se procede a su reparación permanente o temporal, de acuerdo con la mejor alternativa de trabajo que ofrezca la ausencia/presencia de riesgos sobre otras fibras en servicio. En el caso de tratarse de un tramo, el cliente, de acuerdo con sus condicionantes técnicos (margen de atenuación disponible del sistema involucrado) y extra técnicos (rapidez en la recuperación del servicio), deberá elegir entre la reposición inmediata y de carácter temporal, por empalme (mecánico o de fusión) con un segundo cable, o la recuperación permanente de la línea eliminando el tramo afectado y remplazándolo, mediante empalme de fusión, por una longitud adecuada de cable compatible.[8]

5.1.5. MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y SUS PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE APOYO (Crespo2, 2013)

En el artículo publicado en el año 2013 (Ingeniare. Rev. chil. ing. vol.21 no.1 Arica abr. 2013, Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, 2013, pp. 125-138) se presenta un modelo para la gestión integral del mantenimiento, teniendo en consideración la característica de mejora continua en el tiempo. A modo de introducción y contextualización, se explica la importancia que tiene la alineación de objetivos a todo nivel organizacional para lograr la integración y correcta gestión de la unidad de mantenimiento.

El modelo a presentar se compone de siete principales etapas, las cuales deben desarrollarse progresivamente según el escenario actual de la organización, haciendo énfasis en la gestión y optimización sostenida en el tiempo de procesos asociados a la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Adicionalmente, el modelo presentado complementa herramientas de apoyo para el desarrollo e implementación de las etapas, y características operacionales reales, las cuales podrían afectar el desempeño de la unidad de mantenimiento.

Descripción De Las Etapas Del Modelo De Gestión De Mantenimiento Propuesto

Etapa 1: Análisis de la situación actual. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento:

En primer lugar, y como paso previo a cualquier actividad, es necesario realizar una evaluación de la situación inicial o existente en Integración de herramientas y habilitantes al sistema informático (ERP, Softwares de MTTO, Software de gestión

de MTTO) relación a la gestión del mantenimiento. Este análisis debe realizarse en el caso de que la organización o planta ya disponga de un método más o menos definido de gestión, o más aún, en caso de que no exista algún método o procedimiento destinado a esta labor. Esta evaluación o diagnóstico de la situación actual debe considerar todos aquellos aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos de los cuales se disponga información; por ejemplo, aspectos tales como la planificación, programación y ejecución de las tareas de mantenimiento, histórico de fallas, indicadores de tiempo medio entre fallas (MTTF) y tiempo medio de reparación (MTTR), recursos financieros asignados al mantenimiento, impacto económico o en producción (consecuencia de falla del equipo) por parada no programada de la planta (sistema) o subsistema, entre otros (J. De Andres, 2008) (L. Barberá, 2010).

Etapa 2: Jerarquización de equipos:

Una vez que se han definido los objetivos, las responsabilidades y se ha diseñado una estrategia de mantenimiento, resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a su criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema (objetivos del negocio); para esto se jerarquizan los equipos como críticos, semicríticos y no críticos).

Etapa 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto:

Realizada la jerarquización de los activos físicos de la planta en función de su criticidad (equipos críticos, semicríticos y no críticos), el siguiente paso debe ser la realización de una inspección técnica-visual a detalle de todos los equipos clasificados como críticos para la planta. Los equipos semicríticos serán

inspeccionados someramente, con un menor nivel de detalle mientras que a los activos no críticos no será estrictamente necesario asignarles recursos de inspección dado que su impacto en el sistema, en caso de falla, no es significativo y, por tanto, a los equipos no críticos se les permitirá operar hasta que tenga lugar la falla.

Etapa 4: Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios:

El diseño de los planes de mantenimiento preventivo se puede dividir en dos partes fundamentales, la primera es “la información”, la cual recopila los datos de los equipos a analizar, se determinan las distintas funciones del equipo analizado en su contexto operacional. Posteriormente, se determinan para cada función las posibles fallas. A continuación se identifican los modos de falla, es decir, el evento que precede a la falla. Por último, y solo si fuera necesario, se analizarían las causas raíces de las fallas que así lo requieran. Con todos estos datos, se realiza una evaluación de las consecuencias de cada falla en cada una de las escalas (Operacional, Seguridad, Medio ambiente y Costo). La segunda es “La decisión”, donde se establecen tareas de prevenciones (técnicamente factibles y económicamente rentables) de las consecuencias de los modos de falla. Se determinan para cada modo de falla o causa raíz la tarea de mantenimiento a realizar, la frecuencia con que se va a llevar a cabo, el responsable de ejecutarla, así como el nuevo riesgo resultante de aplicar el plan de mantenimiento

Etapa 5: Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos:

En esta etapa se debe realizar una programación detallada de todas las actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades de

producción en la escala temporal y el coste de oportunidad para el negocio durante la ejecución de las tareas. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el impacto en la producción. La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto (< 1 año), medio (1-5 años) y largo plazo (> 5 años).

Etapa 6: Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento:

La ejecución de las actividades de mantenimiento (una vez diseñadas, planificadas y programadas tal y como se ha descrito en apartados anteriores) debe ser evaluada y las desviaciones controladas para perseguir continuamente los objetivos de negocio y los valores estipulados para los KPIs de mantenimiento seleccionados por la organización. El control de la ejecución permite realimentar y optimizar el diseño de los planes de mantenimiento mejorando de este modo su eficacia y eficiencia

Etapa 7: Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos:

La gran cantidad de variables que se deben manejar a la hora de estimar los costos reales de un activo a lo largo de su vida útil, generan un escenario de alta incertidumbre (Ong., 2002). A menudo el costo total del sistema de producción no es visible, en particular aquellos costos asociados con: la operación, el mantenimiento, las pruebas de instalación, la formación del personal, entre otros. El costo del ciclo de vida se determina identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), calculando el costo de estas funciones y aplicando los costos apropiados durante toda la extensión del ciclo de vida (Ahmed., 1995).

En Resumen el modelo propuesto considera, además de las restricciones reales, la aplicación de las nuevas tecnologías TIC en todas las etapas dentro de un ciclo de mejora continua. Con la aplicación de nuevas tecnologías de mantenimiento, el concepto "e-maintenance" emerge como componente del concepto "e-manufacturing" (Lee., 2003) (A. Tsang, 1999) el cual promueve el beneficio de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para crear entornos corporativos y distribuidos multiusuario. "E-Maintenance" puede ser definido como un soporte de mantenimiento que incluye recursos, servicios y/o gestión, factores necesarios para desarrollar la correcta ejecución de un proceso proactivo de toma de decisiones en el área de mantenimiento.

Este soporte no sólo incluye tecnologías como Internet, sino también actividades "e-maintenance" (operaciones y procesos) como es el caso del "e-monitoring", "e-diagnosis", "e-prognosis, entre otras.

Otro aspecto importante en el modelo propuesto es el entrenamiento técnico e implicación del personal a todos los niveles dentro de la organización. La participación activa y comprometida de todo el personal involucrado en el área del mantenimiento será un factor crítico para el éxito y mejora continua. La información capturada de las diferentes unidades del proceso debe estar completa y debe permitir su interpretación y análisis.

5.1.6. CABLES Y COMPONENTES PARA COMUNICACIONES [7]

EL NÚCLEO ÓPTICO: TIPOS DE FIBRAS

Básicamente, las fibras ópticas presentes a la fecha en nuestro mercado se dividen en dos grandes grupos, generalmente seleccionadas en función de la aplicación a desarrollar:

Fibra óptica Monomodo:

Para necesidades de larga distancia o gran ancho de banda, queda plenamente definida, por ejemplo:

Tipo de fibra	Aplicación tipo
SM G652 B; SMG652D	Redes de datos (OS1), seguridad, Telecom
SM G 655	Telecom muy larga distancia
SM G657 A & B	Telecom. (FTTx); CPDs

Tabla 1 Diferentes Tipos de Fibra MS (Cordoba, 2003)

Los cables suministrados en formatos estándar por los diferentes fabricantes suelen estar contruidos con fibras del tipo incluido en la primera fila de la tabla 1, por lo que cualquier otro tipo deberá ser indicado expresamente.

Fibra óptica Multimodo:

Utilizada habitualmente en redes locales (LAN), de vigilancia o seguridad. Su definición consta de tres partes:

- MM (Siglas correspondientes a la denominación MultiMode).
- Relación núcleo/revestimiento (Normalmente 50/125 ó 62,5/125).
- Tipo de fibra: OM1, OM2 u OM3 según la tabla siguiente:

Canal de fibra	100BaseT	1000 Base Sx	1000 Base Lx	10G Base SR/SW
OF300	OM1	OM2	OM1/OM2	OM3
OF 500	OM1	OM2	OM1/OM2	SM
Of 2000	OM1	SM	SM	SM

Tabla 2 Tipo de fibra en Función de la Longitud del Canal Ethernet. (Cordoba, 2003)

Las redes de seguridad (control industrial y vídeo banda base) utilizan fibras MM (tipos OM1 u OM2 indistintamente), de 62,5/125 o 50/125 en función de los requerimientos de distancia.

EL NÚCLEO ÓPTICO: TIPOS DE CONSTRUCCIÓN

Para poder dotar a las fibras ópticas de las mínimas protecciones (contra la humedad, resistencia a la tracción, etc.) necesarias para constituir la base de un cable, se emplean dos sistemas:

- **Construcción ajustada.** (figura 10) Consiste en dotar a cada fibra individualmente de una protección plástica extrusionada directamente sobre ella, hasta alcanzar un diámetro de 900 μm . Se sitúan hilaturas de Aramida o fibra de vidrio rodeando las fibras para conseguir la resistencia a la tracción necesaria. Con esta base se construye el cable. Su principal ventaja es una óptima protección antihumedad y unas considerables flexibilidad y resistencia mecánica. Su principal inconveniente es la dificultad para elaborar cables de más de 24 fibras.

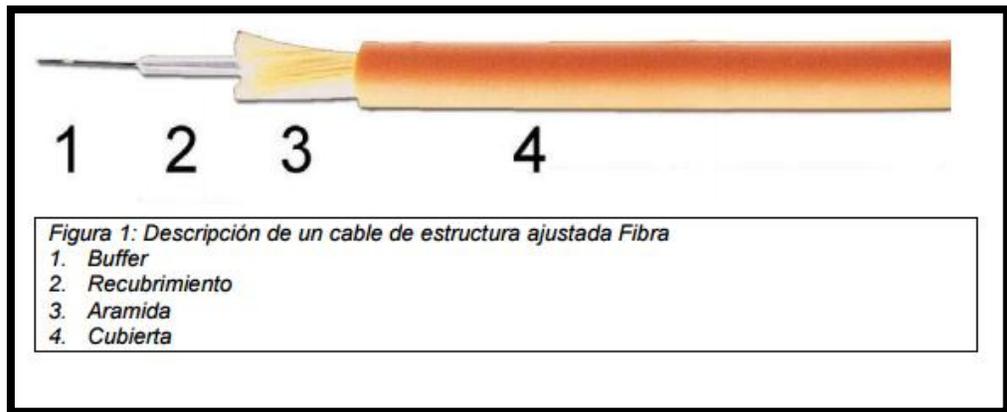


Figura 10 Descripción de un Cable de Estructura Ajustada Fibra [18]

- **Construcción Holgada:** (figura 11) Las fibras individuales, conservando su diámetro exterior de 250 μm , son alojadas, en número de hasta 24, en el interior de tubos plásticos conteniendo gel hidrófugo que actúa como protector antihumedad. Los cables tipo-R cuentan con gel entre los diferentes tubos como protección suplementaria. Este método permite la fabricación, utilizando estos tubos como elemento de base, de cables con gran número de fibras (mono tubo hasta 24 fibras y multitubo en adelante hasta 256 fibras ópticas) y diámetros exteriores relativamente reducidos. El núcleo óptico así constituido se complementa con un elemento para dotarlo de resistencia a la tracción (varilla flexible metálica o dieléctrica como elemento central; o hilaturas de Aramida o fibra de vidrio situadas periféricamente.) Como inconvenientes cabe señalar la posibilidad de desprotección frente a la humedad en tramos verticales, consecuencia de la fluidez del gel, o la relativa fragilidad frente a la rotura de las fibras individuales.



Figura 11 Cable de Figura Óptica de Estructura Holgada (DPESP de OPTRAL) [18]

LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN: LAS CUBIERTAS

Son aquellas partes del cable, que, en contacto con su entorno, conforman una barrera frente a posibles agresiones de agentes externos. Construidas generalmente con diferentes materiales plásticos, cuyas características se resumen en la tabla 3, toman la forma de cubierta única en los cables llamados “de interior” y de cubiertas interior (próxima al núcleo óptico) y exterior (en contacto con el medio) separadas por una armadura. Esta doble cubierta tiene como misión el mantener la protección del núcleo en el caso de la destrucción de la primera; como puede suceder en el caso de ataque de roedores o punzonado accidental.

Descripción	PE	LSZH	PUR	PA	NBR	ETFE
Material tipo	Poliétileno de línea media/baja densidad	Polioléfina LSZH	Poliuretano	Poliamida	Caucho Nitrílico	Teflón ETFE
Gama temperaturas	+80/-60	+80/-25	+75/-40	-40/+115	+75/-40	-200/+150
Resistencia intemperie	Buena	Aceptable	Aceptable	Buena	Excelente	Buena
Resistencia aceites	Regular	Deficiente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia ácidos	Buena	Regular	Mala	Deficiente	Buena	Excelente
Resistencia hidrocarburos	Mala	Regular	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Resistencia agua	Excelente	Regular	Aceptable	Aceptable	Buena	Excelente
Resistencia mecánica	Buena	Aceptable	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Resistencia al fuego	Humos Nocivos No propaga la llama	No propaga el incendio. Baja emisión humos	Humos nocivos	Humos nocivos	Humos nocivos	Humos nocivos Raia
Aplicación tipo	Cables de exterior aéreos o en conducto	Cables de interior campus y	Cables de exterior o directamente	Cables en conductos saturados	Cables de campus en entornos	Cables de campus en entornos

Tabla 3 Resumen de las Características Básicas de los Materiales Empleados en Las Cubiertas de Los Cables (Cordoba, 2003)

LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN: LAS ARMADURAS.

Su misión, dentro del cable, consiste en proporcionar una protección suplementaria frente a determinadas agresiones, como pueden ser el aplastamiento, los ataques de los roedores, el fuego, etc.

Consisten generalmente en elementos (varillas, hilaturas, trenzas ó láminas) de acero, o fibra de vidrio situadas entre las dos cubiertas (si existen) o bajo la cubierta exterior en los cables de esta estructura.

Las armaduras metálicas, quizás más eficaces como protección contra los roedores, presentan el inconveniente de suprimir una de las ventajas buscadas en un enlace de fibra óptica, su característica de enlace dieléctrico.

Las armaduras dieléctricas suelen ser de varios tipos:

- Varillas de fibra de vidrio: muy sólidas, proporcionan una alta rigidez al cable
- Hilaturas de fibra de vidrio: mantienen la flexibilidad, presentan un efecto disuasorio frente a los roedores, pero su eficacia disminuye en las curvas del tendido, por desplazamiento.
- Trenza de fibra de vidrio: Añade a las ventajas anteriores (dielectricidad y efecto disuasorio) una protección permanente, y en algunos cables (como el tipo CDAD de OPTRAL) constituye una barrera frente al fuego.

Una vez tomadas en cuenta las consideraciones anteriores, queda un importante punto por analizar:

¿Cómo se trasladan todas estas características a la denominación de los cables de fibra óptica, para una fácil y rápida identificación?

LA IDENTIFICACIÓN DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA:

DESIGNACIÓN CABLES CONFORME DIN-VDE 0888

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1)	<i>J = Interior (Indoor)</i> <i>A = Exterior (Exterior)</i>										
2)	<i>V = Semi-Tight Buffer</i> <i>K = Tight Buffer</i> <i>W = Loose (1 fibre)</i> <i>D = Loose (Multi-Fibre)</i>										
3)	<i>S = Elemento Central Metálico</i>										
4)	<i>Q = Núcleo óptico bloqueante al agua con materiales hinchables</i> <i>F = Núcleo óptico relleno de gel</i>										
5)	<i>(ZN) = Elementos de Tracción No Metálicos</i> <i>(ZNB) = Elementos de Tracción No Metálicos resistente a roedores</i>										
6)	<i>Y = Cubierta PVC</i> <i>H = Cubierta 0H</i> <i>2Y = Cubierta PE</i>										
7)	<i>(SR) = Armadura Acero Corrugado</i>										
8)	<i>Y = Cubierta PVC</i> <i>H = Cubierta 0H</i> <i>2Y = Cubierta PE</i>										
9)	<i>Numero Fibras. Tubos x Fibras</i>										
10)	<i>Tipo Fibra. E = Monomodo / G = Multimodo</i>										
11)	<i>Núcleo / Revestimiento</i>										
12)	<i>Parámetros Fibras. Atenuación y Ancho de Banda</i>										

Figura 12 Denominación de un Cable Óptico Según DIN-VDE 0888 (Cordoba, 2003)

La figura 12 describe la composición del cable óptico de fuera a dentro, permitiendo su fácil identificación. Así un cable tipo J-K(ZN)H12G50/125OM3 se correspondería con:

- J: Cable de interior
- K- Estructura ajustada
- ZN: Elementos de tracción no metálicos
- H: Cubierta LSZH (Cero halógenos)
- 12: 12 fibras
- G: Multimodo
- 50/125 OM3

Otra forma de denominar los cables de estructura holgada, utilizada por la mayoría de los agentes presentes en el mercado, suele ser su descripción, de fuera a dentro, utilizando símbolos del tipo de:

- P: Polietileno
- T: Material termoplástico LSZH
- D: FV : Fibra de vidrio
- S: Acero
- E: Estanco
- -R: Relleno
- -1 : Mono tubo

Así, un cable tipo PESP-R 8 x SM sería un cable estanco con doble relleno, estructura holgada, con doble cubierta de PE y armadura de acero, de 8 fibras ópticas SM



Figura 13 Cable DPESP-1 de OPTRAL [18]

Los cables de estructura ajustada, utilizados generalmente en aplicaciones LAN y de seguridad, suelen utilizar denominaciones relacionadas con su aplicación genérica. Así, es habitual que encontremos en estos casos identificativos como los CDI (Cable de distribución de interior) o CDAD (Cable de Distribución Armado Dieléctrico). Es imprescindible, contrastar su construcción con los requisitos necesarios (figura N. 14).

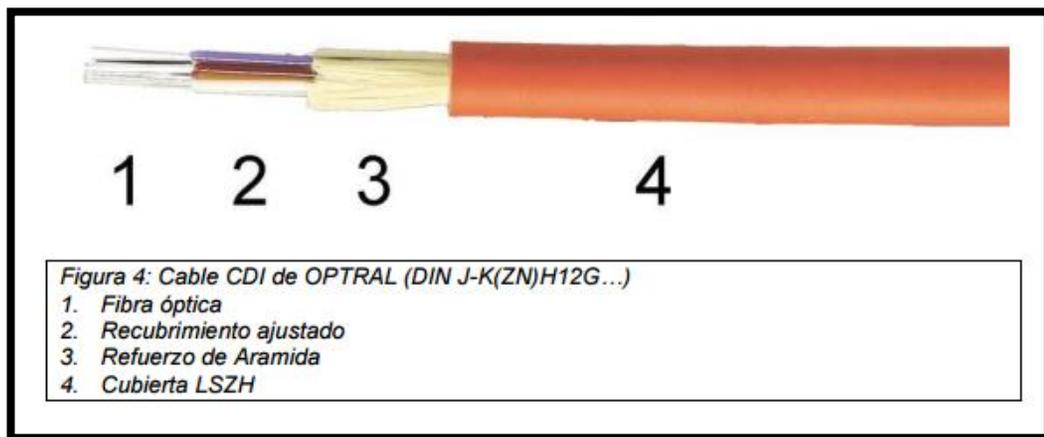


Figura 14 Cable CDI de OPTRAL (DIN J-K (ZN) H12G...) [18]

5.2. ESTADO DEL ARTE

5.2.1. ESTADO DEL ARTE LOCAL

(Vargas, 2013) Vargas, Jacqueline y González, Christian Cock, en el año 2013, con su monografía “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS LIVIANOS DE CONSTRUCCIÓNEN LA EMPRESA VIBROEQUIPOS JR” realizan la descripción, desarrollo y planteamiento de la problemática objetivo de la investigación que se presenta actualmente en la empresa Vibroequipos JR, de igualmente se identifica la solución más adecuada según los estudios y

prácticas abordadas a lo largo de la investigación para corregir dicha problemática. Con la construcción de este proyecto es indispensable evaluar la situación actual de la empresa, con el objetivo de identificar y determinar las causas que generan la problemática y de esta forma hallar la forma más adecuada para abordarla y culminar con su solución; de tal forma que se propenda por la optimización en el uso de los equipos ofrecidos por la empresa.

(Bohorquez Alfonso, 2009) Bohórquez Alfonso, Víctor Hugo, en el año 2009, en su monografía “PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGIA MESH APLICADAS A LAS REDES LAN”, dan a conocer el funcionamiento de las telecomunicaciones, desde sus inicios, empezando por los medios en que estos se transmiten, sus características, su evolución, el área de cobertura que han venido abarcando a través de su crecimiento. Las telecomunicaciones han tenido un importante desarrollo en el mundo, y es por eso que su utilización es obligada en todos los momentos y la necesidad de tener más servicios integrados son uno de tantos propósitos que se pretenden desarrollar, integrando diferentes tecnologías. Es así como en esta monografía expone el desarrollo, evolución, ventajas y desventajas para crear una red enmallada o red Mesh con la cual se solucionan problemas de interferencias del espectro electromagnético, ancho de banda más amplio para navegar, videos en tiempo real, mayor seguridad para todos los organismos que emplean comunicaciones como policía, bomberos, centros de salud entre otros.

(Leandro Zapata, 2010) Leandro Zapata, Marisol y Bustos Bolaños, Robert Fernando, en el año 2010, en su Monografía “DISEÑO DE TECNICAS PARA EL MANEJO Y MANTENIMIENTO DE ENLACES CON FIBRA OPTICA”, realizan una investigación de los daños más frecuentes y comunes en las instalaciones de fibras ópticas, surgiendo allí la necesidad de tener técnicas adecuadas de mantenimiento y personal humano con las competencias y conocimientos necesarios; con lo anterior, se logra minimizar las fallas en fibra óptica y la ejecución de su mantenimiento preventivo es más efectivo.

(Cañon Cañon, 2010) Cañón Cañón, Ángel Alberto y Cárdenas Caro, Diego Andrés, en el año 2010, en su monografía “PROTOTIPO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SERVICIO TECNICO PARA LA EMPRESA DE SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN TELECOMUNICACIONES INSTELINKS”, realizan un levantamiento de información observando de manera sistemática las operaciones que se realizan en la empresa Instelinks Ltda (Pyme), la cual desarrolla su actividad económica en el área de las telecomunicaciones y que prestan el servicio de estudios de factibilidad, montaje y mantenimiento de infraestructura en telecomunicaciones; es así como se plantea un prototipo de gestión para la prestación de dichos servicios.

(Cipagauta, 2010) Cipagauta, Luis Antonio y Prada, Juan Gabriel, en el año 2010, en su proyecto de investigación “ESTUDIO SOBRE UNA RED VIRTUAL IMPLEMENTADA SOBRE FIBRA ÓPTICA”, dan a conocer soluciones eficientes en el transporte de información de grandes prestaciones como lo es la información multimedia, usando tiempos cortos para su recepción y transmisión desde equipos remotos sin perder calidad, lo que lleva a mostrar el uso eficiente de la red virtual, la cual es administrada por medio de configuraciones que se crean mediante la asignación de puertos de un switch o conmutador para tener acceso a las diferentes fuentes de información.

5.2.2. ESTADO DEL ARTE NACIONAL

(C. T. M. Nestor Suarez, 2006) Néstor Suarez, Ronald Castellanos, Reinaldo Vargas², Cesar Torres M, en el 2006, en su artículo “CALIBRACIÓN, AJUSTE Y OPTIMIZACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN ENLACES CON FIBRAS ÓPTICAS” describen procedimientos que permiten optimizar el desempeño de los instrumentos empleados en los procesos de detección y corrección de fallas en enlaces de fibras óptica, particularmente especifican detalladamente cada uno de los pasos que se deben seguir para

configurar los equipos OTDR Wavetek MTS 5200 y FUSION SPLICER X76 con el fin de que los procesos de mantenimiento correctivo en las redes de fibra se efectúen con alta precisión, rapidez y confiabilidad. Dentro del artículo se resalta la importancia del adecuado uso y calibración de los equipos mencionados para obtener resultados satisfactorios ante mantenimientos por corte de fibra óptica, el artículo es un gran apoyo para el desarrollo planteado en nuestro proyecto dado que parte de la optimización del procedimiento de mantenimiento para link óptico está en la optimización del uso de los equipos en campo.

Con la aplicación del procedimiento de ajuste de parámetros para la empalmadora por fusión X76 descrito en esta monografía se obtuvieron un conjunto de valores óptimos que proporcionan un excelente desempeño del equipo en lo referente a atenuación en los empalmes, dicho procedimiento se puede emplear tanto con diferentes tipos de fibra óptica como en distintas condiciones externas (altura, presión atmosférica) y su efectividad depende del cuidado y preparación de la fibra. Con el procedimiento de ajuste aplicado en el OTDR Wavetek MTS 5200 se obtuvo un ancho pulso óptimo por que permitió visualizar la mayor cantidad de eventos cubriendo la distancia total del enlace de fibra Valledupar - Bosconia. Los procedimientos de medición, empalme y preparación de las fibras ópticas desarrollados son aplicables con cualquier empalmadora u OTDR, esto debido a que dichos equipos independientemente de la marca o modelo basan su funcionamiento en los mismos principios (fusión por arco eléctrico y medición por retro-dispersión)

(Pepinosa, 2012) Pepinosa, Diego Rueda, Campo Wilmar, Narváez Iván Taimal José, L Arciniegas, en el 2012, en su artículo “EVALUACIÓN DE LA QOS EN REDES HFC PARA LA DISTRIBUCIÓN DE APLICACIONES DE TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA (TDI) EVALUATION OF QOS IN HFC NETWORKS TO DISTRIBUTION OF INTERACTIVE DIGITAL TELEVISION (ITV) APPLICATIONS” presenta un análisis y evaluación de los parámetros de

desempeño de la red Híbrida de Fibra y Coaxial (HFC, Hybrid Fiber Coaxial), cuando aplicaciones de T-Learning comparten los recursos de red con otros servicios tales como HTTP, FTP y VoIP. Para ello, se propone un modelo de simulación en el que se analiza el throughput, la pérdida de paquetes, el retardo y el jitter en la red HFC ante diferentes configuraciones de los parámetros que ofrece el protocolo de especificación de la interfaz de servicios de datos sobre cable (DOCSIS, Data Over Cable Service Interface Specification) para brindar mejor Calidad de Servicio, dado que en nuestro proyecto se busca mejorar la calidad de los servicios que se transportan sobre la red corrigiendo la potencia óptica a través del mantenimiento del link óptico en parámetros de potencia adecuado, lo se puede contrastar en cuanto a los parámetros de calidad que evaluaremos para las correcciones de link óptico.

(Esteban, 2006) Esteban, Álvaro Blanco, en el año 2006, en su monografía "MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN DE UNA RED DE TELCOMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA" propone una alternativa de mantenimiento para los equipos de transmisión de una red de telecomunicaciones por fibra óptica. Los principales aspectos tratados están relacionados con los siguientes puntos: En primer lugar se hace una descripción general de una red de telecomunicaciones por fibra óptica, para establecer la diferencia entre la infraestructura interna y la infraestructura externa. El segundo aspecto está relacionado con los esquemas de mantenimiento aplicados en las empresas operadoras de telecomunicaciones en el país. En este punto el objetivo es evaluar la situación actual en el tema del mantenimiento aplicado a las redes de telecomunicaciones por fibra óptica. El tercer punto contiene el modelo de mantenimiento preventivo propuesto, allí se identifican los requerimientos iniciales para la implementación del modelo, se definen las rutinas de verificación que debe hacerse en forma programada, y se establecen los pasos a seguir para la ejecución del modelo. El cuarto punto indica cómo debe hacerse la

implementación en una empresa operadora de servicios de telecomunicaciones, especificando cuales son los recursos necesarios. El resultado final de trabajo demuestra que el mantenimiento reactivo y el mantenimiento correctivo programado, no son el esquema más apropiado porque traen como consecuencia para la empresa pérdidas económicas, mientras que el modelo de mantenimiento preventivo aplicado ofrece mejores beneficios para la empresa que lo aplique.

(Cabezas, 2014) Cabezas, Andrés Felipe y Pinto García, Ricardo Alfonso, en el año 2014, en su monografía "SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS", expresa claramente que un sistema óptico de comunicaciones es en esencia un sistema electrónico de comunicaciones que usa la luz como portadora de información. Sin embargo es impráctico y difícil propagar ondas luminosas por la atmósfera terrestre. En consecuencia, los sistemas de comunicaciones por fibra óptica usan fibras de vidrio o plástico para guiar las ondas luminosas, tal y como se transmiten ondas electromagnéticas en una guía de onda. Entonces la optoelectrónica es la rama de la electrónica que estudia la transmisión de la luz a través de fibras de muy alta pureza y que suelen ser fabricadas de vidrio o de plástico. La capacidad de transmisión de información de un sistema electrónico de comunicaciones, es directamente proporcional a su ancho de banda. Para fines de comparación, se acostumbra expresar el ancho de banda de un sistema analógico como un porcentaje de su frecuencia portadora. A esto se llama relación de utilización del ancho de banda. Por ejemplo un sistema de comunicaciones en VHF (Very High Frequency) que trabaja a una frecuencia portadora de 100 MHz con un ancho de banda de 10 MHz, tiene una relación de utilización del ancho de banda de 10%. Un sistema de microondas que funciona con frecuencias portadoras más altas, es obvio que el ancho de banda será mayor y por ende la capacidad de conducción de la información. Las frecuencias luminosas que se usan en sistemas de telecomunicaciones con fibra óptica están entre 1×10^{14} y

4x10¹⁴ Hz (100.000 a 400.000 GHz). Por tanto la relación de utilización del ancho de banda de 10% estaría en una banda entre 10.000 GHz y 40.000 GHz.

(Cadavid Monsalve, 2004) Cadavid Monsalve, Diana Maria y Rodriguez Pulecio, Laura Sofia, en el año 2004, en su trabajo de grado "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE TRANSMISIÓN DE VOZ POR FIBRA ÓPTICA USANDO WDM", buscan proponer una solución que supla la demanda de las necesidades de los usuarios que requieren servicios de transmisión de datos con alta velocidad y anchos de banda y además garantice condiciones favorables en cuanto a distancia de los enlaces, atenuación de la señal, pérdidas de retorno, rendimiento y potencia, entre otros. Para superar algunas limitaciones se propone un sistema de comunicación por fibra óptica usando WDM (multiplexación en longitud de onda). Hacer uso de la fibra es una forma habitual de maximizar la transferencia de información en un enlace de comunicaciones en general, y WDM en particular, consiste en multiplexar varias señales sobre un único medio de transmisión aprovechando de esta forma su ancho de banda total. Los sistemas de comunicación óptica multiplexados en longitud de onda están atrayendo una atención creciente debido a su aplicación como sistema multi-acceso de gran ancho de banda. La multiplexación en longitud de onda permite que varias señales sean transmitidas simultáneamente por una sola fibra óptica modulando señales discretas en diferentes bandas de frecuencia, es decir, se divide el espectro de transmisión óptico de una fibra óptica en varias longitudes de onda, cada una transportando un torrente de datos de forma independiente (un canal). De esta manera el espectro óptico de transmisión es dividido en varias bandas de longitud de onda, donde cada λ transporta un canal de comunicación distinto. Su trabajo presenta un sistema de transmisión punto a punto y con una aplicación dedicada a la transmisión de voz, para esto se propone el diseño de un sistema que consta de varias etapas.

5.2.3. ESTADO DEL ARTE INTERNACIONAL

(P. Herrera, 2001) Herrera Patricia, Vargas Laura, Micolini Orlando Realizaron el artículo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ANTICIPACIÓN DE FALLAS BASADO EN MEDICIONES EN TIEMPO REAL PARA UN ISP DE BANDA ANCHA EN REDES HFC” presenta el diseño y la implementación de un sistema de medición y alarmas en tiempo real cuya finalidad es optimizar el rendimiento de operación de servicios de una red ISP (Internet Service Provider) del tipo HFC (Hybrid Fiber Cupper), mediante el uso de mediciones y análisis de tráfico. Los datos relevantes sobre los servicios se obtienen mediante el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol) que transmite la información entre la entidad gestora y los agentes que se ejecutan en los dispositivos de red. El sistema realizado brinda gráficos sobre los servicios más importantes, los que facilitan el análisis y, además, una base de datos que almacena eventos y estados con el historial de uso y fallos. El sistema desarrollado fue desarrollado e implementado para cubrir requerimientos reales de una empresa de comunicaciones. En este sistema desarrollado se logran medir variables necesarias para garantizar la calidad de los servicios basado en los datos de señal que recopilan los cable modem, de manera tal que no es posible identificar las causas de esos problemas o en donde se están originando, si son por problemas en la red óptica o en la red coaxial., nos da buenas referencias en cuanto parámetros de calidad en la red pero no se logra aplicar a nuestro proyecto dado que este está enfocado en la conectividad óptica de la red.

(D. S. J. Patricio, 2011) Patricio, Darwin Saguay Jara, en el año 2011, en su tesis de grado “ESTUDIO DE FALLAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL MEJORAMIENTO DE RED DE PLANTA EXTERNA EN LA CNT” nos da detalladamente un protocolo de pruebas para detectar fallas, instrumentos de

medición, fallas típicas y soluciones efectivas sobre una red telefónica con enlace de fibra óptica, aunque no está basado en una red hace las consideraciones y soluciones preventivas y correctivas planteadas para la red óptica son aplicables a los enlaces ópticos de la red HFC sobre la que se desarrollara nuestro proyecto, dándonos una base sólida de pruebas, medidas y consideraciones a tener en cuenta en procedimiento de mantenimiento.

En el desarrollo de su estudio, Darwin Saguay Jara tiene como objetivo determinar la importancia del mantenimiento preventivo versus el mantenimiento correctivo, para reducir los altos costos en reparaciones no planificadas. Los beneficios de este estudio se logran al reducir el índice de líneas averiadas y dando la oportunidad de nuevas líneas telefónicas como resultado del rediseño de nuevas redes que remplazan a las redes ya obsoletas. La falta de inspecciones y monitoreo de las redes y los alto costo que genera el mantenimiento correctivo hizo posible la necesidad de realizar este estudio de mejoramiento de planta externa para dar un servicio de calidad, dejando claro la falta de inversión en la regeneración de las redes, con la implementación del mantenimiento preventivo como herramienta para conservar la inversión de redes. La aplicación de las normas técnicas en el mantenimiento preventivo es fundamental para el diseño y rediseño de redes y para este estudio. El análisis obtenido en base a las técnicas ha permitido determinar las fortalezas y debilidades de este sector tratado. La respuestas generadas de este estudio se sustentan en un mantenimiento continuo de redes canalizadas y aéreas, para reducir la cantidad de líneas instaladas de forma anti técnica por el no cumplimiento de las normas técnicas en el diseño y rediseño de redes. Cabe concluir que en cualquier actividad que involucre actividades, con la participación de mano obra, materiales y equipo, siempre será relevante, todos los estudios, proyectos que vayan encaminados a suplir esas necesidades, con el único de servir o producir un servicio de calidad. Que es de responsabilidad de la gestión del mantenimiento. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones no es ajena a esta responsabilidad de dar servicio de calidad

e incrementar su planta externa con la apertura de nuevas líneas, reduciendo la demanda insatisfecha de nuevos clientes. Aun así con la aplicación de nuevos servicios como es el internet. Allí la importancia de rediseñar las redes en malas condiciones a costos reducidos en comparación con diseños nuevos.

(Cartagena Juan, 2007) Cartagena Juan, en el año 2007. En su investigación “REDES HFC (HIBRID FEBER-COAXIAL) Y SUS VULNERABILIDADES”, muestra los aspectos más importantes de las redes HFC, sus estándares, topología, funcionamiento y sus vulnerabilidades, pasando por sus principales defectos y las soluciones para cada una de estas fallas para poder así incrementar la seguridad en este tipo de redes. También se habla con detalle de las formas existentes de vulnerar y modificar los dispositivos usados para las redes HFC y hacer un uso ilegal de estas o uso adicional del servicio contratado, adicionalmente de las contramedidas para evitar estos tipos de modificaciones y/o ataques a las redes. La idea no es enseñar el procedimiento para el uso ilegal de estas redes, más bien es mostrar a cabalidad las vulnerabilidades que estas tienen y a su vez las posibles soluciones que se deberían implementar. Las fallas o bondades de seguridad que pueden ser encontradas en un sistema de Internet de banda ancha en una red HFC de cualquier operador en todo el mundo dependerán de los siguientes factores utilizados por el proveedor de servicios, los cuales son: “el estándar DOCSIS utilizado”, “la marca del CMTS utilizado en la cabecera junto con sus respectivas opciones de seguridad y utilización de aplicaciones. Scripts, plugins, herramientas de monitoreo o soluciones específicos para los ruteadores o CMTS utilizados que puedan ser implementados en los mismos”, “parámetros especificados y utilizados en los archivos de configuración a enviar a los módems”, “el módem utilizado el cual no debería permitir que el usuario lo modifique a su conveniencia”.

(Guerra y Guerra Jose Alfredo, 2008) Guerra y Guerra Jose Alfredo, en el 2008, en su trabajo de grado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS, PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES”, nos dice que la creciente necesidad de los clientes en tener acceso a varios medios de comunicación en cualquier lugar, y tiempo, ha obligado a las empresas de telecomunicaciones a innovar medios para dar soluciones óptimas en los servicios de telecomunicaciones, una red HFC o red convergente, permite tener al mismo tiempo, tres servicios de telecomunicaciones en forma simultánea: Televisión (video en demanda o digital, TV difundida convencional), acceso a Internet de alta velocidad y la posibilidad de hacer y recibir llamadas sobre una sola Infraestructura de acceso. Esto hace que el diseño, implementación y mantenimiento de una red HFC sea la mejor opción para proporcionar los servicios de TV digital, datos y voz, en los centros urbanos en donde la mayoría de los clientes estén enfocados en un servicio TRIPLE PLAY. (TV, DATOS, VOZ).

La convergencia de servicios: telefónico, televisión de paga e Internet de banda ancha, le brindan al usuario mayores beneficios como: trato con un proveedor de telecomunicaciones Integración de servicios, reducción de dispositivos de conexión instalados en casa, facilidad para integrar servicios y tecnología nueva dentro de la misma plataforma ya instalada en casa, oferta completa de “paquetes integrales” ya que el cliente encuentra todos los servicios en una sola oferta.

También son ventajas para el operador o empresa de telecomunicaciones principalmente el uso más eficiente de las redes de telecomunicaciones, ofreciendo tres servicios con una sola infraestructura de red, minimizando el costo de construcción y operación de la red. En su monografía, se explica todo partiendo de la teoría de las redes HFC, exponiendo las normas de construcción, metodología de diseño y por último la habilitación de la red ya construida.

(Alvarado Salcedo, 2002) Alvarado Salcedo, Jorge Jose, en el año 2002, en su tesis de grado “DISPOSITIVOS OPTICOS DIGITALES PARA MEDICIÓN Y

PROTECCION EN SISTEMAS DE ALTA TENSION”, realiza un análisis de los fundamentos físicos en los cuales se basan los dispositivos ópticos digitales; posteriormente realiza un estudio de transductores ópticos de voltaje y corriente en las cuales se establecen sus características, principios de operación, componentes, etc. Luego se detalla el sistema de comunicación, mediante elementos denominados fibras ópticas bajo los cuales el sistema se convierte totalmente el digital, con menos pérdidas, mayor precisión para medición y protección y un alto grado de confiabilidad. También se realiza un análisis comparativo de este tipo de instrumentos (transformadores ópticos digitales de voltaje y corriente) frente a los convencionales, tanto técnico como económico para profundizar más en el tema.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación del proyecto tiene el enfoque “Estudio de caso”, ya que partiendo de información como lo son tipos de fallos, estadísticas y bases técnicas se plantea una solución al problema presentado relacionado con mantenimiento de la red HFC.

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Tabla 4 Tipo de Investigación (Industriales, 2002)

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información para llevar a cabo esta monografía es recopilada a través de libros especializados de telecomunicaciones y técnicas de mantenimiento, tesis, monografías y documentación técnica de diferentes fabricantes de componentes y medios de transmisión para redes de telecomunicaciones.

El desarrollo de la monografía se soportara del histórico de fallas de la red de fibra óptica de una red HFC en Barranquilla cuyo mantenimiento estuvo a cargo de la empresa Tecnifikas S.A.S quien autorizara el diseño del plan de mantenimiento basado en sus datos históricos.

Con la información técnica de las diferentes fuentes de información y los datos proporcionados por la empresa Tecnifikas S.A.S, se realizara un análisis de la red y se diseñara un plan de mantenimiento y los indicadores para gestionar este en la red de fibra óptica HFC de Barranquilla.

7.2. ANÁLISIS DE DATOS

Con base a la información de la red de fibra óptica HFC suministrada por la empresa Tecnifikas S.A.S, se realizara un análisis de la red. La tabla 5 (Inventario General Fibra Óptica HFC Barranquilla) presentada a continuación muestra las características generales de la red de fibra óptica HFC de Barranquilla por medio de la cual se prestan servicios de internet televisión y telefonía.

Inventario general red de fibra Óptica HFC Barranquilla	
Nodos Ópticos	429
Hilos de fibra por Nodo	2
Kilómetros de fibra Promedio de la cabecera al nodo	8
Cajas de empalme por Kilometro	0,5

Tabla 5 Inventario General Fibra Óptica HFC Barranquilla (Autores, 2015)

La red de fibra óptica que se analizara en la ciudad de barranquilla distribuye servicios de internet televisión y telefonía por medio de 429 nodos ópticos, cada nodo compuesto por dos hilos de fibra, uno para el enlace de bajada (downstream) de la cabecera al nodo y otro para el enlace de subida (Upstream) del nodo a la cabecera, lo que nos da un total de 858 hilos de fibra activos, adicional hay un 30% de capacidad libre de hilos de fibra, es decir hay 257 hilos de fibra libres para nuevos nodos ópticos, lo que nos da un total de 1115 hilos de fibra óptica en la red. Al multiplicar estos 1115 hilos de fibra activos por la distancia promedio nodo-cabecera de 8 kilómetros, nos da un total de 8920 kilómetros de hilos fibra óptica. Ahora bien, los hilos de fibra óptica están agrupados dentro de cables de fibra óptica, para el caso de la red de barranquilla se han implementado cables de fibra óptica de 48 hilos. Al dividir los 8920 kilómetros de hilos de fibra en 48 hilos que agrupa cada cable nos da una extensión total de cable de fibra óptica activa para la red de Barranquilla de 185,8 kilómetros, lo que se puede observar en la tabla 6 (Resumen cable de fibra Óptica HFC Barranquilla).

Resumen Cable de Fibra óptica HFC Barranquilla	
Hilos de fibra óptica activos	858
Hilos de fibra óptica libres	257
Total Hilos de fibra óptica	1115
Extensión total de cable de fibra Óptica (Km)	185,8

Tabla 6 Resumen cable de fibra Óptica HFC Barranquilla (Autores, 2015)

A continuación se presenta el resumen de fallas en la red de fibra óptica HFC de Barranquilla entre Enero y Agosto del 2011 la cual se encuentra en el anexo. La base cuenta con 172 fallas ocurridas en este periodo de tiempo y para cada falla se tienen los campos de información descritos en la tabla 7 (Campo de Histórico de Fallas).

CAMPO DE INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
FECHA DE FALLA	Fecha y hora en que se registra el inicio de la falla
SÍNTOMA DE LA FALLA	Tipificación de cómo se percibe la falla al ser detectada
CAUSA	Tipificación de la causa de la falla enfocado en la infraestructura de red
CAUSA 1	Tipificación de la causa de la falla enfocado en la acción que la genero
INICIO DE AVERÍA	Fecha y hora del inicio de la falla
FIN DE AVERÍA	Fecha y hora en que se soluciona la falla
NODO	Código identificador del nodo óptico al que pertenece la fibra óptica
ZONA	Tipificación de la zona geográfica en la que ocurrió la falla. (Barranquilla esta dividida en 4 zonas)
PLATAFORMA	Tipificación de la parte del segmento de red afectado
TOTAL SERVICIOS AFECTADOS	Numero de servicios afectados por la falla (Internet, televisión o telefonía)
INFRAESTRUCTURA	Componente de red que en que se presentó la falla
DENOMINACIÓN DE LA FALLA	Tipificación de la falla de acuerdo problemas de red usuales
TIEMPO DE FALLA	Tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la falla

Tabla 7 Campo de Histórico de Fallas (Autores, 2015)

De esta base se información en Excel se extrajeron las siguientes tablas resumen, donde se puede observar el comportamiento de fallas de la red:

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	NUMERO DE FALLAS	Suma de Servicios afectados	Porcentaje	
			de afectación de servicios	Porcentaje de Numero de fallas
Ruptura de Fibra	133	256852	86,0%	77,3%
Hurto Red de F.O	10	38461	12,9%	5,8%
Problemas de Atenuación F.O.	17	1969	0,7%	9,9%
Problemas de Conectividad F.O	9	1306	0,4%	5,2%
Problemas Patchcord F.O	2	1	0,0003%	1,2%
Daño en pasivos	1	0	0%	0,6%
Total	172	298589	100%	100%

Tabla 8 Tipificación de Fallas. (Autores, 2015)

De la tabla resumen 8 (Tipificación de Fallas) se puede observar que la mayor afectación de servicios se está produciendo por rupturas de los cables de fibra óptica.

La tabla 9 (Tiempo de Solución de Fallas) nos muestra los tiempos de afectación de servicios para cada una de las causas detectadas en la tabla 8 (Tipificación de Fallas), en esta se evidencia que además de las rupturas de cables de fibra óptica el mayor tiempo de solución de fallas se concentra en Problemas de atenuaciones de fibra óptica.

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	Suma de Tiempo de falla	Suma de Servicios afectados	Porcentaje de afectación de servicios
Ruptura de Fibra	723:16:00	256852	86,0%
Problemas de Atenuación F.O.	718:09:00	1969	0,7%
Problemas Patchcord F.O	80:10:00	1	0,0%
Daño en pasivos	60:55:00	0	0,0%
Problemas de Conectividad F.O	36:29:00	1306	0,4%
Hurto Red de F.O	29:02:00	38461	12,9%
Total	1648:01:00	298589	100%

Tabla 9 Tiempo de Solución de Fallas. (Autores, 2015)

En la tabla 10 (Tiempo Promedio de Solución de Fallas) se observa que el tiempo promedio más alto para solucionar una falla está concentrado en los problemas de atenuaciones de fibra, que además afecto 1969 servicios, exceptuando el daño en pasivos que fue un tipo de falla que no causo afectación e servicios.

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	TIEMPO PROMEDIO DE FALLA	Suma de Servicios afectados
Daño en pasivos	60:55:00	0
Problemas de Atenuación F.O.	42:14:39	1969
Problemas Patchcord F.O	40:05:00	1
Ruptura de Fibra	5:26:17	256852
Problemas de Conectividad F.O	4:03:13	1306
Hurto Red de F.O	2:54:12	38461

Tabla 10 Tiempo Promedio de Solución de Fallas (Autores, 2015)

La tabla 11 (Detalle de Causas de Falla) nos muestra el detalle de las causas de falla globales analizadas en las tablas anteriores, en esta se desglosan causas puntuales para cada una de las tipificaciones de falla así como el componente de la red afectado o causante de la falla.

CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Número de Fallas	Suma de Tiempo de falla	Promedio de Tiempo de falla
Ruptura de Fibra	256852	133	723:16:00	5:26:17
CABLE DE SERVICIO-Rupt.-Manip. pl. ext.	539	2	1:18:00	0:39:00
CABLE-Rupt.-Accidente de tránsito	407	2	3:02:00	1:31:00
CABLE-Rupt.-Animales	7199	2	9:47:00	4:53:30
CABLE-Rupt.-Cable descolgado	91	1	3:45:00	3:45:00
CABLE-Rupt.-Corto eléct. Aéreo	43595	8	36:44:00	4:35:30

CABLE-Rupt.-Corto eléct. canalizado	3581	1	1:50:00	1:50:00
CABLE-Rupt.-Error aliado mtto fo	64	1	2:29:00	2:29:00
CABLE-Rupt.-Manip. pl. ext.	73	1	7:52:00	7:52:00
CABLE-Rupt.-Obras civiles terceros	694	1	5:13:00	5:13:00
CABLE-Rupt.-Poda o tala de árboles	19726	5	14:18:00	2:51:36
CABLE-Rupt.-Rupt. de canalización	387	1	2:53:00	2:53:00
CABLE-Rupt.-Trabajos otro operador	5387	3	8:05:00	2:41:40
CABLE-Rupt.-Vandalismo	36997	19	81:23:00	4:17:00
CABLE-Rupt.-Vehículo de mayor altura	44981	21	73:03:00	3:28:43
EMPALME-Rupt.-Corto eléct. aéreo	5280	1	11:45:00	11:45:00
EMPALME-Rupt.-Manip. pl. ext.	12142	5	13:01:00	2:36:12
EMPALME-Rupt.-Vandalismo	4763	5	25:29:00	5:05:48
FIBRA Ruptura de fibra óptica	25	1	1:58:00	1:58:00
FIBRA/AVERIADO	356	4	95:48:00	23:57:00
FIBRA/RUPTURA	52281	27	86:54:00	3:13:07
HILO-Rupt.-Animales	326	1	3:05:00	3:05:00
HILO-Rupt.-Cable descolgado	180	1	3:10:00	3:10:00
HILO-Rupt.-Error aliado mtto fo	1382	1	3:25:00	3:25:00
HILO-Rupt.-Manip. pl. ext.	5964	7	20:45:00	2:57:51
HILO-Rupt.-Obras civiles terceros	300	2	94:50:00	47:25:00
HILO-Rupt.-Poda o tala de árboles	76	1	2:07:00	2:07:00
HILO-Rupt.-Trabajos otro operador	100	1	2:57:00	2:57:00
HILO-Rupt.-Trasl. y/o trab. en cám.	1	1	83:19:00	83:19:00
HILO-Rupt.-Traslado y/o mov. en poste	5671	1	3:59:00	3:59:00
HILO-Rupt.-Vandalismo	1741	3	5:59:00	1:59:40
HILO-Rupt.-Vehículo de mayor altura	159	1	4:49:00	4:49:00
Ruptura de Fibra por terceros no identif	3	1	6:52:00	6:52:00
Ruptura empalmes por manipulación de fib	2381	1	1:22:00	1:22:00
Hurto Red de F.O	38461	10	29:02:00	2:54:12
CABLE-Hurto-Vandalismo	28739	9	23:37:00	2:37:27

FIBRA/HURTO	9722	1	5:25:00	5:25:00
Problemas de Atenuación F.O.	1969	17	718:09:00	42:14:39
CABLE DE SERVICIO-Aten.-Manip. pl. ext.	367	6	410:24:00	68:24:00
CABLE-Atenuación-Cable descolgado	8	1	11:41:00	11:41:00
CABLE-Atenuación-Error aliado mtto fo	692	3	82:40:00	27:33:20
CABLE-Atenuación-Rupt. de canalización	92	1	1:14:00	1:14:00
CABLE-Atenuación-Trabajos otro operador	390	1	1:50:00	1:50:00
HILO-Aten.-Traslado y/o trab. en cám.	418	1	4:01:00	4:01:00
HILO-Atenuación-Error aliado mtto fo	0	1	9:45:00	9:45:00
HILO-Atenuación-Obras civiles terceros	0	1	1:34:00	1:34:00
HILO-Atenuación-Rupt. de canalización	1	1	38:19:00	38:19:00
SPLITTER-Atenuación-Manip. pl. ext.	1	1	156:41:00	156:41:00
Problemas de Conectividad F.O	1306	9	36:29:00	4:03:13
FIBR/ATENUACIÓN	60	3	10:18:00	3:26:00
HILO-Atenuación-Manip. pl. ext.	1239	4	23:42:00	5:55:30
PATCHCORD-Troc/cam.-Manip. pl. ext.	6	1	1:30:00	1:30:00
PIGTAIL-Sucied./cont.-Manip. pl. ext.	1	1	0:59:00	0:59:00
Problemas Patchcord F.O	1	2	80:10:00	40:05:00
FIBRA Daño de pigtail o cable de servicio	1	2	80:10:00	40:05:00
Daño en pasivos	0	1	60:55:00	60:55:00
SPLITTER-Nivel fuera rango-Cal. Prod.	0	1	60:55:00	60:55:00
Total general	298589	172	1648:01:0	9:34:53

Tabla 11 Detalle de Causas de Falla. (Autores, 2015)

Con la información resumida en las tablas anteriores se identificara los puntos más vulnerables de la red y se identificarán las prácticas adecuadas de mantenimiento para cada uno de estos puntos con el fin de reducir la afectación de servicios, con

la documentación técnica disponible por parte de los fabricantes de equipos y documentación técnica de mantenimiento y redes de fibra óptica.

7.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

7.3.1. Puntos Vulnerables de la red

Del análisis de datos se puede extraer los puntos más vulnerables de la red de acuerdo a la afectación de servicios y posteriormente hacer una investigación del tipo de falla y como prevenirla.

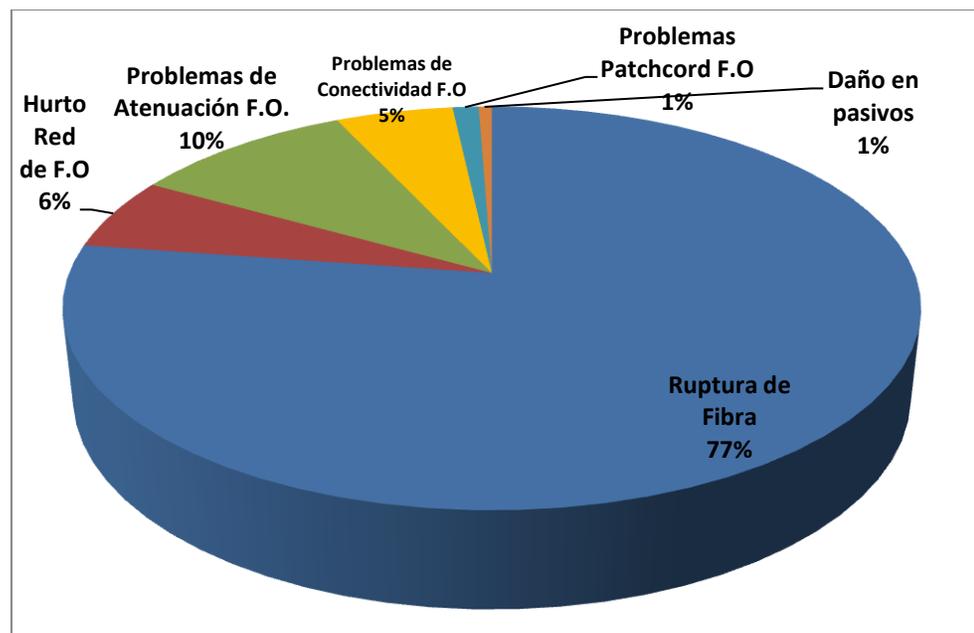


Figura 15 Torta de Fallas Red Fibra Óptica Barranquilla (Autores, 2015)

De la tabla 8 (Tipificación de Fallas) se obtuvo la figura 15 (Torta de Fallas Red Fibra Óptica Barranquilla), donde se evidencia las correspondientes pesos de cada causa en el total de fallas de la red en el periodo comprendido entre enero y

agosto, se puede observar que el 77% de las fallas corresponden a rupturas de fibra Óptica, seguido del 10% por problemas de atenuación en la fibra óptica, un 6% hurtos de fibra óptica, 5% problemas de conectividad, y el restante 2% entre problemas de patchcord y daño en pasivos. Con esta información ahora nos concentraremos en cada una de las causa de falla analizándola a profundidad con el apoyo de la información contenida en la tabla 7 (Campo de Histórico de Fallas) de acuerdo al orden de prioridad según la afectación de servicio. Excluiremos del análisis para generar el plan de mantenimiento las tipificaciones “Hurto de Fibra Óptica” porque a pesar de contener el 6% de las fallas totales, corresponde a una causa exógena derivada de las condiciones ambientales y de infraestructura bajo las cuales funciona la red de fibra óptica HFC, dejando fuera del alcance de un plan de mantenimiento controlar el hurto de cable en una zona urbana. También se excluirán las causas “Problema en Patchcord” y “Daño en pasivos”, dado que en estas dos causas recae únicamente el 1,8% de las fallas totales y el 0,0003% de la afectación total de servicios, como se puede observar en la tabla 8 (Tipificación de Fallas).

7.3.2. Rupturas de fibra óptica

Nuestra primera tipificación de falla a analizar será las rupturas de fibra óptica, la cual representa el 77 % de falla en la red y el 86% de la afectación de servicio de acuerdo a la tabla 8 (Tipificación de Fallas).

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	NUMERO DE FALLAS	Suma de Servicios afectados	Porcentaje de afectación de servicios	Porcentaje de Numero de fallas
Ruptura de Fibra	133	256852	86,0%	77,3%

Tabla 12 Falla Ruptura de Fibra Óptica (Autores, 2015)

Como lo vemos en la información contenida en la tabla 12 (Falla Ruptura de Fibra Óptica) se analiza únicamente las causas asociadas a rupturas de fibra y se asocian en tres grupos de acuerdo a la causa raíz del tipo de falla.

En el primer grupo “Fibra óptica sin especificaciones técnicas de tendido” que representa el 64% de las fallas por ruptura de fibra están todas las causas de ruptura de fibra asociadas a un tendido de fibra inadecuado ya sea por una mala construcción, por el ambiente al que está expuesto o la manipulación inadecuada, no conserva las especificaciones de tendido aéreo o subterráneo, haciéndola vulnerable a las diversas fallas que se encuentran relacionadas en la tabla 14 (Rupturas de Fibra Óptica).

La red de fibra óptica HFC esta soportada sobre la infraestructura de la empresa de energía, tanto aéreo por los postes de energía de baja tensión como por las cámaras subterráneas, la fibra óptica debe conservar unas especificaciones técnicas de tendido aéreo y subterráneo, para el caso aéreo debe mantener una distancia específica de la red de baja tensión, estando por debajo de esta altura es vulnerable al tráfico vehicular o peatonal, y estado muy cerca de la red de baja tensión es vulnerable a posibles fallas eléctricas como corto circuitos.

CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Numero de Fallas	Asociación por causa de falla	Porcentaje de afectación de servicio
Ruptura de Fibra	256852	133		
CABLE-Rupt.-Cable descolgado	91	1	Fibra óptica sin especificaciones técnicas de tendido.	64%
CABLE-Rupt.-Vehículo de mayor altura	44981	21		
FIBRA Ruptura de fibra óptica	25	1		
FIBRA/RUPTURA	52281	27		
HILO-Rupt.-Cable descolgado	180	1		
EMPALME-Rupt.-Manip. pl. ext.	12142	5		

EMPALME-Rupt.-Corto eléct. aéreo	5280	1		
CABLE-Rupt.-Rupt. de canalización	387	1		
CABLE-Rupt.-Corto eléct. canalizado	3581	1		
CABLE-Rupt.-Corto eléct. Aéreo	43595	8		
HILO-Rupt.-Vehículo de mayor altura	159	1		
CABLE-Rupt.-Accidente de tránsito	407	2		
Total	163109	70		
CABLE DE SERVICIO-Rupt.-Manip. pl. ext.	539	2	Errores de manipulación del personal de mantenimiento	6%
CABLE-Rupt.-Error aliado mtto fo	64	1		
CABLE-Rupt.-Manip. pl. ext.	73	1		
Ruptura empalmes por manipulación de fibra	2381	1		
FIBRA/AVERIADO	356	4		
HILO-Rupt.-Error aliado mtto fo	1382	1		
HILO-Rupt.-Manip. pl. ext.	5964	7		
HILO-Rupt.-Trasl. y/o trab. en cám.	1	1		
HILO-Rupt.-Traslado y/o mov. en poste	5671	1		
Total	16431	19		
CABLE-Rupt.-Obras civiles terceros	694	1	Factores exógenos	30%
CABLE-Rupt.-Poda o tala de árboles	19726	5		
CABLE-Rupt.-Trabajos otro operador	5387	3		
CABLE-Rupt.-Vandalismo	36997	19		
EMPALME-Rupt.-Vandalismo	4763	5		
CABLE-Rupt.-Animales	7199	2		
HILO-Rupt.-Animales	326	1		
HILO-Rupt.-Obras civiles terceros	300	2		
HILO-Rupt.-Poda o tala de árboles	76	1		
HILO-Rupt.-Trabajos otro operador	100	1		
HILO-Rupt.-Vandalismo	1741	3		
Ruptura de Fibra por terceros no identif	3	1		
Total	77312	44		

Tabla 13. Rupturas de Fibra Óptica (Autores, 2015)

En el segundo grupo “Errores de manipulación del personal de mantenimiento” que representa el 6% del total de afectación de servicio por rupturas de fibra óptica están todas las causas asociadas a rupturas de fibra por manipulación del personal de mantenimiento, es decir por una manipulación inadecuada. Todo el personal que manipule la red de fibra óptica debe estar capacitado y tener la experiencia necesaria para las diferentes actividades de mantenimiento, de lo contrario su falta de conocimiento o inexperiencia en la manipulación de la red causara afectación en esta.

En el tercer grupo “Factores exógenos” que representan el 30% de las fallas por rupturas de fibra óptica se encuentran todas las causas asociadas a factores derivados de la ubicación geográfica y las condiciones ambientales a las que se ve expuesta la red de fibra óptica por encontrarse a lo largo de zonas urbanas públicas y adicionalmente compartir la misma infraestructura de la red eléctrica y de redes de telecomunicaciones de otros operadores. Este 30% de fallas por ruptura de fibra óptica son muy complejas de controlar, dado que en ella se ven causas como el vandalismo, el daño por parte de otros operadores con los que se comparte infraestructura mientras manipulan sus redes, o el control de los roedores en las cámaras subterráneas los cuales se comen los cables de fibra óptica.

Por esta razón el plan de mantenimiento se enfocará en las causas que se han tipificado en la tabla 8 como “Fibra óptica sin especificaciones técnicas de tendido” y “Errores de manipulación del personal de mantenimiento”, con las cuales se estará atacando las causas que generan el 70% de la afectación de servicio por rupturas de fibra óptica.

7.3.3. Problemas de Atenuación Fibra Óptica

La segunda tipificación de falla que se analizara representa el 9,9 % del número de fallas en la red y el 0.7% de la afectación de servicio de acuerdo a la información contenida en la tabla 8 (Tipificación de Fallas).

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	NUMERO DE FALLAS	Suma de Servicios afectados	Porcentaje de afectación de servicios	Porcentaje de Numero de fallas
Problemas de Atenuación F.O.	17	1969	0,7%	9,9%

Tabla 14 Falla Problemas de Atenuación de Fibra Óptica (Autores, 2015)

Como en el caso anterior nos enfocamos en el detalle de fallas para la tipificación “Problemas de atenuación F.O.” y nuevamente aplica la misma asociación por causa de falla y calculamos el porcentaje de estas en la afectación de servicio total, como se puede observar en la tabla 14 (Falla Problemas de Atenuación de Fibra Óptica).

CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Numero de Fallas	Asociación por causa de falla	Porcentaje de afectación de servicio
Problemas de Atenuación F.O.	1969	17		
CABLE-Atenuación-Cable descolgado	8	1	Tendido de fibra Óptica inadecuado, cables sin la tensión necesaria o descolgados	5%
CABLE-Atenuación-Rupt. de canalización	92	1		
HILO-Atenuación-Rupt. de canalización	1	1		
Total	101	3		
CABLE-Atenuación-Error aliado mtto fo	692	3	Errores de manipulación del personal de mantenimiento	54%
CABLE DE SERVICIO-Aten.-Manip. pl. ext.	367	6		
HILO-Atenuación-Error aliado mtto fo	0	1		
SPLITTER-Atenuación-Manip. pl. ext.	1	1		
Total	1060	11		
CABLE-Atenuación-Trabajos otro operador	390	1	Factores exógenos	41%
HILO-Aten.-Traslado y/o trab. en cám.	418	1		
HILO-Atenuación-Obras civiles terceros	0	1		
Total	808	3		

Tabla 15. Causas de Atenuación Fibra Óptica (Autores, 2015)

Así como en el análisis anterior, se encontró que las causa puntuales de falla para el caso de afectación por atenuaciones en la fibra se pueden asociar a los tres grupos de causas, “Tendido de fibra Óptica inadecuado, cables sin la tensión necesaria o descolgados”, al cual se debe el 5% de la afectación de servicio por

atenuaciones de fibra, “Errores de manipulación del personal de mantenimiento” al cual se debe el 54% de la afectación de servicio por esta causa y “Factores exógenos” en el cual recae el 41% de la afectación de servicios.

A diferencia de las rupturas de fibra, los errores del personal de mantenimiento si son muy significativos lo que es explicable dado que llegar a romper un cable o hilo de fibra por un mal procedimiento es requiere de alto nivel desconocimiento o descuido en las labores, pero dejar una atenuación en la fibra óptica es muy probable si no se tienen todos los cuidados pertinentes. La fibra Óptica es un hilo de vidrio por el cual se transmite información en forma de luz, cada hilo tiene unas características de manipulación física que le permiten operar adecuadamente, si estas se ven alteradas la luz se ve degradada, reflejándose en una pérdida de potencia, esta operación por debajo de la potencia de trabajo para los equipos receptores, es lo que se denomina atenuación de fibra óptica. Desde el punto de vista global de las afectaciones de servicio que ocurrieron entre enero y febrero, la tipificación “Problemas de Atenuación F.O.” solo es responsable del 0,7% de las fallas, siendo una causa de afectación menor para atacar con el plan de mantenimiento a planear.

7.3.4. Problemas de conectividad Fibra óptica

La tipificación que nos queda por analizar es “Problemas de Conectividad F.O.” la cual representa el 0,4% del total de afectaciones de servicio para la red de fibra óptica HFC de Barranquilla.

DENOMINACIÓN DE LA FALLA	NUMERO DE FALLAS	Suma de Servicios afectados	Porcentaje de afectación de servicios	Porcentaje de Numero de fallas
Problemas de Conectividad F.O	9	1306	0,4%	5,2%

Tabla 16 Falla Problema de conectividad de Fibra Óptica (Autores, 2015)

Como en los casos anteriores analizaremos el detalle de esta tipificación de falla con la tabla 17 (Problemas de Conectividad Fibra Óptica).

CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Numero de Fallas	Asociación por causa de falla	Porcentaje de afectación de servicio
Problemas de Conectividad F.O	1306	9		
FIBR/ATENUACIÓN	60	3	Errores de manipulación del personal de mantenimiento	100%
HILO-Atenuación-Manip. pl. ext.	1239	4		
PATCHCORD-Troc/cam.-Manip. pl. ext.	6	1		
PIGTAIL-Sucied./cont.-Manip. pl. ext.	1	1		

Tabla 17 Problemas de Conectividad Fibra Óptica. (Autores, 2015)

La conectividad de la fibra óptica hace referencia a los puntos de unión de esta con los transmisores y receptores que interconecta, o en las cajas de empalme en donde interconecta diferentes tramos de fibra óptica. Para el caso de la unión física con los transmisores y receptores esta tiene diferentes tipos de conectores que permiten la unión física de la fibra óptica con estos, adaptando la luz entregada por el transmisor o recibida por el receptor con las especificaciones técnicas necesarias para garantizar la calidad de la señal. Cada tipo de conector tiene unas especificaciones de manipulación y limpieza que debe seguirse rigurosamente, si estas no son tenidas en cuenta se puede afectar la calidad de señal en estos puntos de unión y generar afectación a los servicios transportados, como lo encontramos en la tabla 9, en las causa asociadas a patchcord y pigtail, los cuales son dos tipos de conectores de fibra óptica. Para el caso de las cajas de empalme, en estas el tipo de unión entre hilos de fibra es realizado por fusión, en este tipo de conectividad o intervenga ningún tipo de conector, allí por medio de una

empalmadora de fibra óptica y el procedimiento técnico específico se realiza la unión de dos hilos de fibra por medio del calentamiento de estas por un arco eléctrico, este procedimiento llamado empalmes de fibras ópticas pero este procedimiento no se ejecuta rigurosamente el punto de unión de las dos fibras puede generar problemas en la calidad de la señal transportada.

Las causas “HILO-Atenuación-Manip. pl. ext.” y “FIBR/ATENUACIÓN” hacen referencia a manipulación de hilos de fibra en cajas de empalme, al no ser realizados rigurosamente bajo la normatividad técnica y con toda la herramienta necesaria quedan imperfecciones en el punto de unión de las fibras, generando así problemas en la señal transportada que se ve reflejado en la degradación o caída de los servicios de la red.

7.3.5. Parámetros Técnicos red Fibra óptica HFC

De acuerdo a la tipificación dada en los puntos anteriores, se puede observar en la tabla 18 (Causas de Falla Más Representativas) los puntos más críticos en cuanto a afectación de servicio. Dado que el plan de mantenimiento no cubre factores de falla exógenos, se puede impactar por medio del plan de mantenimiento el 60,6 % de la afectación de servicio, concentrándonos en las causas asociadas a “Tendido de fibra Óptica inadecuado, cables sin la tensión necesaria o descolgados” y “Errores de manipulación del personal de mantenimiento”, principalmente en la primera donde se concentran notoriamente la afectación e servicios.

Asociación por causa de falla	Porcentaje de afectación de servicio respecto al total	CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Numero de Fallas
Tendido de fibra Óptica inadecuado, cables sin la tensión necesaria o descolgados	54,66%	Ruptura de Fibra	163109	70
		Problemas de Atenuación F.O.	101	3
Errores de manipulación del personal de mantenimiento	6%	Ruptura de Fibra	16431	19
		Problemas de Atenuación F.O.	101	3
		Problemas de Conectividad F.O	1306	9
Factores exógenos derivados de su ubicación geográfica	26%	Ruptura de Fibra	77312	44
		Problemas de Atenuación F.O.	808	3

Tabla 18 Causas de Falla Más Representativas (Autores, 2015)

Enfocados en estas dos causas principales, ahora se profundizará en los parámetros técnicos a considerar en cada una de las partes y componentes de la red de fibra óptica para garantizar la disponibilidad y calidad de los servicios transportados por la red.

7.3.6. Especificaciones técnicas para el tendido de fibra Óptica

Se le denomina tendido de fibra óptica, a la extensión de fibra óptica instalada a lo largo de los portes y cámaras subterráneas de las empresas de energía o empresas dueñas de la infraestructura. Las normas de tendido aéreo y subterránea de fibra óptica tienen que estar acorde con las políticas de la empresa prestadora de la infraestructura, para el caso de barranquilla es Electricaribe, estas deben ser del entero conocimiento del personal de construcción y mantenimiento.

La estructura de la fibra óptica para tendido aéreo se describe en la figura 16.

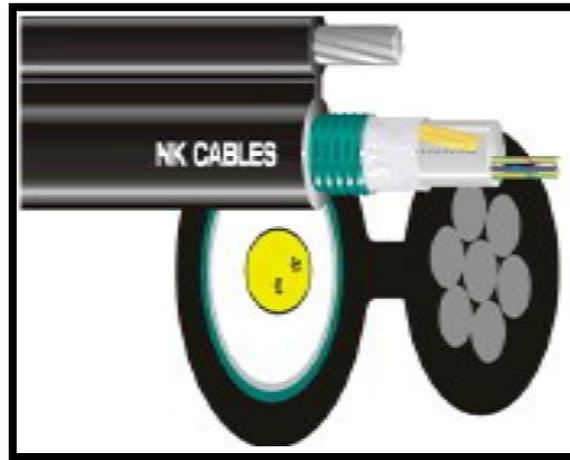


Figura 16 Cable de Fibra Óptica Aéreo [18]

Este diseño contiene el mensajero unido al núcleo óptico mediante la cubierta externa. El mensajero actúa como elemento de refuerzo y soporta el peso del cable.

En las acciones de mantenimiento por rupturas de fibra óptica, o para corregir cables de fibra descolgados, que como se analizó anteriormente es la mayor causa de afectación de servicios, será necesario que el personal de mantenimiento tenga conocimiento de la estructura del tendido de fibra óptica tanto aérea como subterránea, lo que implica además de las políticas de la empresa dueña de la infraestructura, conocer la estructura, procedimiento y componentes que soporta el tendido de fibra óptica.

7.3.6.1. Herrajes para fibra óptica

Se llama Herrajes para redes de telecomunicaciones, a todo elemento, pieza o conjunto de piezas destinadas a soportar y/o fijar directa o indirectamente, alambre, mensajeros, cable telefónico multipar de cobre o de fibra óptica.

- Herraje de suspensión.

Este se utiliza en fibras ópticas ADSS y tiene la función de sujetar firmemente la fibra sin dañarla, tiene movimiento lateral para evitar daños al cable.

Los herrajes de suspensión se instalan uno por poste de paso donde no hay cambio de ruta de cable.

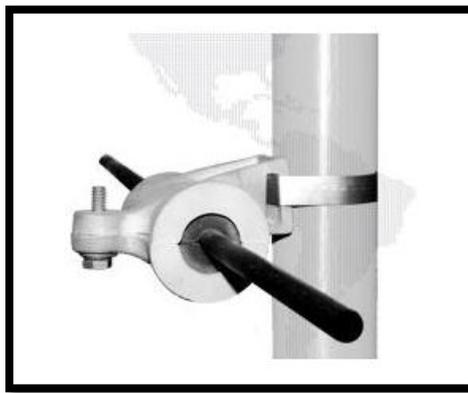


Figura 17 Herraje de suspensión [19]

- Herraje de Retención.

Sirve para tensar la fibra a determinada cantidad de postes para igualar la tensión del cable además de cumplir la función de dar las vueltas en subidas y bajadas del cable de fibra óptica.

Los herrajes de retención y suspensión se determinan dependiendo del diámetro del cable ADSS y el span que van a soportar y estos varían dependiendo del agarre que deben tener, para vanos más grandes se necesita más agarre por lo que las varillas de retención son más largas. Los herrajes de retención se utilizan dos por poste en rutas de cable donde hay cambios de dirección.



Figura 18 Herraje Trompoplatino [19]

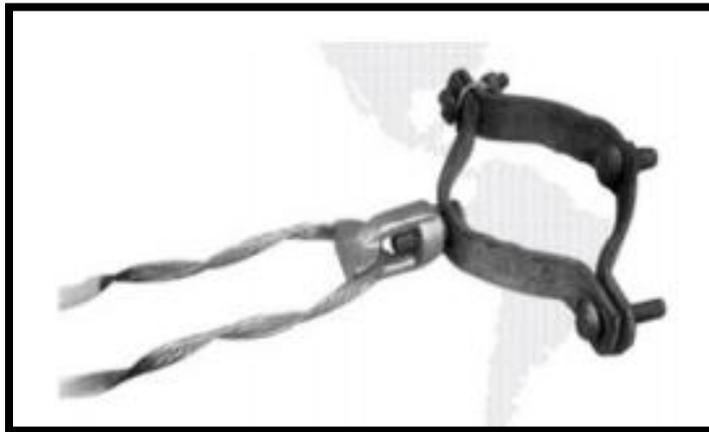


Figura 19 Herraje Collarín [19]

- Herrajes para redes aéreas

Son aquellos utilizados para postes y para muro. Dentro de esta clasificación tenemos los siguientes:

- a) Abrazaderas ajustables.
- b) Abrazaderas de poste.
- c) Anillo rosca de retención.
- d) Argolla guía.

- e) Argolla roscada de suspensión.
- f) Base para anclaje de rienda.
- g) Cierre o hebilla de acero inoxidable.
- h) Chapetas para soportar cable o mensajero.
- i) Fleje o cinta de acero inoxidable.
- j) Grapas de tres tornillos
- k) Grapas para cable mural.
- l) Grapa para tubo de subida a muro.
- m) Grapa plástica.
- n) Mordaza.
- o) Peldaño para poste.
- p) Perno de ojo con rosca golosa.
- q) Perro o gaza de cable de acero galvanizado.
- r) Soporte de distribución.
- s) Soporte intermedio para muro.
- t) Suspensor para cable mensajero o prensa de hilos.
- u) Suspensor para cable auto soportado.
- v) Tensor de rienda o mensajero.
- w) Tensor para línea de acometida.
- x) Varilla para anclaje de rienda.
- y) Varilla o argolla para anclaje en rosca.

Los herrajes para redes de telecomunicaciones se fabricarán en acero galvanizado en caliente de alta resistencia a la corrosión y bajo contenido de carbono, de tal forma que cumpla con los requisitos técnicos funcionales requeridos.

- Cada herraje, no debe presentar fracturas, deformaciones permanentes, grietas, daños o desperfectos en todo el contexto del mismo; cuando en condiciones de trabajo, se someta a la carga máxima de trabajo.

- El herraje debe soportar la carga máxima de trabajo sin que demuestre signos de desplazamiento alguno respecto a los puntos de fijación.
- El tipo y componente de fabricación de cada herraje debe ser bajo la Norma ICONTEC NTC2076 sobre fundición y galvanizado en caliente.
- El recubrimiento de Zinc, el peso del recubrimiento u la adherencia, se determinará de acuerdo con lo indicado en las normas ICONTEC.
- Los herrajes con material plástico deben tener alta resistencia al envejecimiento, a la luz ultravioleta, humedad, sales y cambios de temperatura.

7.3.6.2. Tendido de cable aéreo

El cable aéreo, también llamado cable mensajero por el cable de acero que tiene adosado para soportar todo el peso de la red. Para el tendido de cable mensajero, se utilizará cable galvanizado de 7 hilos de 1/4" y los herrajes específicos para cada aplicación. Los materiales deben cumplir las normas técnicas ICONTEC de fabricación, prueba y aceptación.

Para realizar el tendido de cable mensajero o cables de fibra óptica se deben tener en cuenta lo siguiente:

- La infraestructura donde será instalado el cable mensajero debe encontrarse en buenas condiciones. Los postes no deben presentar fracturas o agrietamientos.
- Para la utilización de postes de concreto armado de líneas eléctricas y de telecomunicaciones, se deben tener en cuenta las cargas máximas de trabajo de acuerdo a la norma técnica 1329 ICONTEC.
- Se debe calcular la tensión del cable entre vanos teniendo en cuenta la siguiente formula: $T=(W*L^2)(8*H)$.

Dónde:

T = Tensión del cable entre vanos (kgf).

W = Peso del cable de cada una de las redes (Kg7m).

L = Longitud del vano (m).

H = Flecha máximas permisible (0.40 m).

- En la posteria con transformadores de distribución no está permitida la instalación empalmes, así mismo, el espacio frente a tales estructuras debe quedar libre de cruces de cables que interfieran con los trabajos que se puedan realizar sobre estas con escaleras, guías. El cable solo deberá sujetarse a uno de los postes.
- En lo posible no se deben instalar cables sobre postes de red de doble circuito de BT, ya que los coeficientes de seguridad caen por debajo de los valores mínimos admisibles. En el caso que se requiera utilizar estos postes se debe diligenciar una autorización a la empresa propietaria de la infraestructura.
- Los cables deberán fijarse al poste del lado de los predios, a efecto de o entorpecer el mantenimiento de las redes eléctricas.
- En los casos en que el cable necesite cambiar de dirección en el cruce de una calle, el cable mensajero deberá extenderse hasta el próximo porte en que se pueda rematar al otro lado de la calle en las dos direcciones, a manera de hacer una cruz.
- Para el tendido de cable de fibra o de cable mensajero, el contratista deberá utilizar aparejos (poleas) para que el cable corra libremente y evitar ocasionar esfuerzos mayores (más de 120 kgf) sobre los postes existentes.
- Los postes de retención en lo posible no deberán ser utilizados en función similar por nuestra red; en caso de que haya necesidad de hacerlo se debe analizar la posibilidad de reforzar dicha retención con previa aprobación de la empresa propietaria de la infraestructura.
- No está permitido la perforación de postes para fijaciones o ejecución de refuerzos.
- No deben existir más de tres ductos bajantes por poste, incluyendo energía y comunicaciones.

- La instalación de puertas a tierra deberá efectuarse en postes distintos a los utilizados por la empresa propietaria para tal fin.
- En los postes exclusivos para alumbrado público no está permitido el tendido de cables de telecomunicaciones.
- No se debe realizar cruces aéreos en forma diagonal en las esquinas.
- Para evitar el contacto con partes metálicas, puestas a tierra, en la zona de separación entre los conductores de BT y el cable de fibra óptica o su mensajero; se realizarán aislamientos en PVC, polietileno u otro material aislante resistente a la intemperie.
- Se debe guardar una distancia mínima de 0,50 m por debajo de la red de BT y 1,80 m de la red de MT.
- Se debe respetar una distancia mínima al terreno de 5.0 m por condición de flecha máxima. La altura mínima del piso al cable en cualquiera de los puntos no debe ser inferior a 4.20 m.
- El cable mensajero debe ser conectado a tierra, bajo la autorización de la empresa propietaria de la infraestructura.

7.3.6.3. Especificaciones para tendido de cable subterráneo

Para llevar a cabo esta labor, en posibles rupturas de cable en cámaras subterráneas es indispensable que el personal de mantenimiento siga los pasos previos como son: tomar las medidas de seguridad pertinente, instalar elementos de señalización, y posteriormente seguir todas las indicaciones técnicas.

✓ Lubricación

Las Lubricaciones se recomiendan para los diferentes tipos de cables de fibra óptica, con el fin de disminuir la fuerza de fricción. En la elección del tipo de

lubricantes influyen factores como la compatibilidad del material, temperatura en el momento del montaje y características de manejo entre otros.

El lubricante no debe afectar las propiedades físicas o químicas del ducto o de los cables, debe ser fácil de esparcir y mantenerse en el ducto y a lo largo del cable. Por lo tanto, se debe acudir a las especificaciones del fabricante. El uso de líquidos tales como detergentes y derivados del petróleo puede causar daños severos en la chaqueta del cable.

✓ Elementos de desviación y protección

Para proteger el cable y el hilo guía, así como para evitar que el hilo se corte en los terminales de los ductos, se deben montar tanto en los terminales como dentro de la cámara elementos de desviación apropiados en todas las curvaturas.

La utilización en la entrada a la cámara de un tubo flexible o gusano y una boquilla de campana para proteger el cable de daños solo puede aplicarse si el cable se va a halar en un solo sentido o bien si puede desmontarse axialmente el tubo flexible o la boquilla.

Cuando los cables de fibra óptica se tienden en tramos largos, se deben utilizar elementos de desviación de reducida fricción, tales como el pasa cable, codos pasa cables con rodillos y poleas desviadoras. El radio de desviación mínimo admisible de los codos y de las poleas .La dirección de desviación y por lo tanto la colocación de los elementos de desviación se puede determinar con el hilo o cable tensado.

Para todos los tendidos canalizados de fibra óptica son de uso obligatorio los elementos de desviación y de protección a saber: Tubo flexible o gusano, boquilla de campana, codos pasa cables con rodillos y poleas (todos en la cantidad necesaria).

Según el peso del cable, la longitud del tendido y la trayectoria de la ruta, puede ser necesario sacar el cable en cámaras intermedias para realizar recuperaciones teniendo en cuenta una zona amplia para elaborar los ochos y poderlos voltear.

Tensión límite a la cual puede ser sometido el cable de fibra óptica: 272 Kg (600 libras).

Mínimos radios de curvatura: -Diez (10) veces el diámetro del cable cuando el cable no está bajo tensión; -Veinte (20) veces el diámetro del cable cuando el cable está bajo tensión.

Se debe mantener además, un halado recto y uniforme

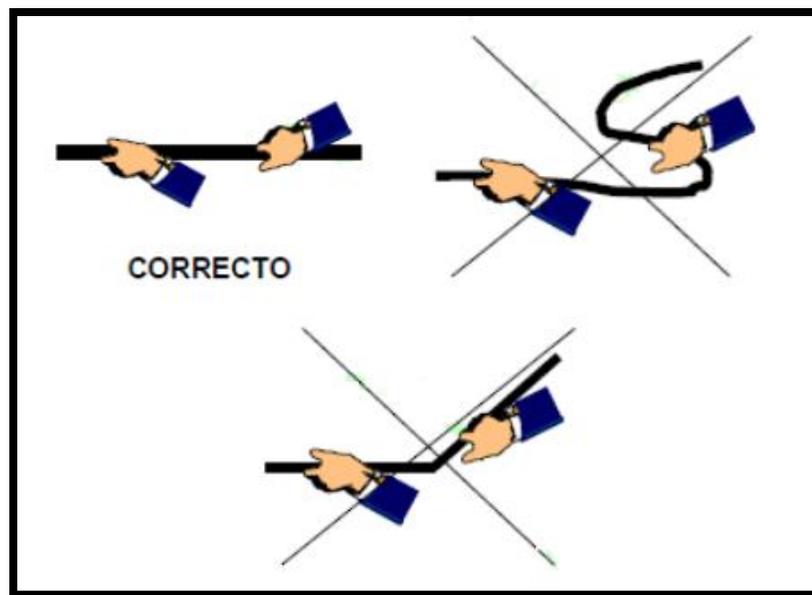


Figura 20 Tensión Manual del Cable de Fibra Óptica (Cordoba, 2003)

Una vez establecidos estos puntos el procedimiento para la instalación del cable debe ser:

1. Colocar el carrete en el lugar escogido.
2. Preparar la punta del cable para el eslabón giratorio.
3. Instalar la cinta de tiro o sonda en el ducto asignado.

4. Una vez insertada la guía en el ducto se debe impulsar o halar el cable hacia la cámara siguiente.
5. El operario de la siguiente cámara debe recibir el cable y guiarlo al siguiente ducto de manera rápida para no variar la tensión sobre el cable. Esta operación se hace en las cámaras subsecuentes.
6. Al llegar la cinta o la sonda a la cámara de salida se debe dirigir a la boca de la cámara para sacarla a la superficie. Se debe verificar que no se golpee o se raspe el cable con la boca de la cámara.

El método más eficiente para el tendido en ductos es usando el malacate, este método utiliza un equipo mecánico de tracción (malacate) para la instalación del cable en el ducto; en este método la tensión ejercida sobre el cable es mucho mayor que en el método manual, por lo que debe monitorear la tensión de halado mediante dispositivos de medición. De ser posible también debe controlarse el proceso de tendido mediante estableciendo límites para la carga, para la protección del cable.

Los equipos de tracción deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Permitir el ajuste de velocidad entre 0 y 35 m/min.
- Poseer un equipo de medición para esfuerzos de tracción (dinamómetro)
- Poseer un sistema mecánico o automático de des enclavamiento para desconectar el mecanismo cuando se ejerza sobre el cable mayor tracción de la permitida.
- Tener un dispositivo de registro de velocidad máxima, tensión máxima, velocidad promedio.

La misma fuerza de tensión hace posible la instalación de varios metros de cable sin necesitar un gran número de operarios. Sin embargo, si el tendido tiene una ruta con varios cambios pronunciados de nivel y dirección, se debe realizar la instalación por etapas.

7.3.7. Especificaciones para la manipulación de fibra Óptica

La manipulación de fibras ópticas de redes HFC en mantenimiento se puede dar en 3 diferentes escenarios

- Conectividad en el nodo Óptico
- Conectividad en cabecera
- Conectividad en cajas de empalme

A continuación se describen las consideraciones técnicas para cada uno de los tipos de conectividad de fibra óptica.

7.3.7.1. Conectividad en nodo Óptico y cabecera

La conectividad en el nodo Óptico y cabecera hace referencia a la interconexión física de la fibra óptica con el transmisor o receptor, para la fibra óptica de bajada en un extremo de la fibra se interconecta un transmisor en la cabecera, y en el otro extremo se interconecta al receptor del nodo óptico, y para la fibra óptica de subida, se interconecta en un extremo de la fibra el transmisor del nodo óptico y en el otro extremo el receptor en cabecera. Estas uniones físicas de fibra óptica entre transmisor y receptor, quienes convierten la señal electromagnética con los servicios de internet, televisión y telefonía a señal de luz para la fibra, se realizan por medio de conectores de fibra óptica. Los conectores de fibra óptica son uno de los elementos más importantes para establecer el enlace óptico dado que permite el fácil alineamiento y unión temporal de la fibra óptica garantizando la calidad de la señal interconectada. Para el caso de la red de fibra óptica HFC se implementan el conector tipo SC APC, también llamado pigtail, útil para el mantenimiento ya que su sistema "Push Pull" proporciona conexión y desconexión sencilla, para tomar medidas o realizar limpieza del mismo. Este tipo de conector es muy fácil

de manipular, pero se es de vital importancia para la interconexión de la red por lo cual se debe ser muy estricto con las recomendaciones técnicas de manipulación:

- La desconexión debe realizarse oprimiéndolo lateralmente y aplicado una leve fuerza hacia el exterior en línea recta.
- La conexión debe realizarse con una leve fuerza hacia el interior en línea recta hasta que de un leve sonido de click que indica su correcta conexión.
- Siempre se debe limpiar con un Smart cleaner tipo MPO antes de conectarlo. No se debe usar otros métodos de limpieza como paños con alcohol isopropílico o similares dado que estos dejan impurezas imperceptibles a la vista que pueden generar atenuación o distorsión de la señal.

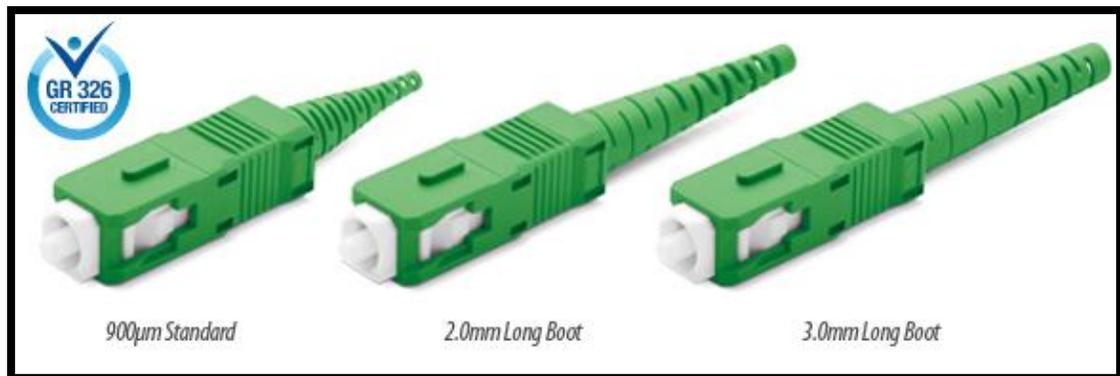


Figura 21 Conector de Fibra óptica SC APC [20]

Los Smart cleaner es una herramienta diseñada por los fabricantes de fibra óptica para proporcionar una limpieza sencilla y eficiente a los conectores de fibra óptica, estos cuenta con una punta retráctil que se adapta a la punta de los conectores realizando una limpieza micrométrica que deja el conector totalmente limpio. Distintos fabricantes ofrecen este producto para toda la gama de conectores de

fibra óptica. Esta una herramienta desechable dado que dependiendo la referencia y el fabricante viene diseñado para un número determinado de limpiezas.



Figura 22 Smart Cleaner [21]

7.3.7.2. Conectividad en cajas de empalme

Las cajas de empalme, también llamadas ODF, son el medio físico que facilita la centralización, interconexión y derivaciones de cable de fibra óptica, brindado resguardo, aislamiento y organización a los hilos de fibra empalmados.

Las caja de empalme son el medio usado en la red de fibra óptica HFC para unir o derivar los diferentes tramos de fibra óptica que interconecta los nodos ópticos con la cabecera.

Las cajas de empalme al concentran muchos hilos de fibra de diferentes rutas de fibra lo que los hace un punto crítico y vulnerable para los servicios que transporta la fibra, se debe seguir rigurosamente el procedimiento técnico de manipulación para garantizar un trabajo exitoso sin afectar otros hilos de fibra.

Procedimiento de Organización de Fibras en cajas de empalme:

- Identificar el bastidor en la cabecera
- Identificar el nivel del ODF
- Identificar las posiciones y confirmar con la etiqueta de información del

ODF

- No se debe manipular otros “patchcord” o conectores ya instalados, en caso de mover un “patchcord” se debe utilizar las guías que están dentro de las bandejas.
- Las conexiones que se realicen deben quedar totalmente seguras, garantizando que la guía del conector coincida con la apertura del mismo.
- Se debe mantener la misma ruta de las demás fibras que ingresan al ODF.
- Las reservas que se deben dejar se inicia con el ODF Horizontal, para seguir con el ODF vertical empezando por la punta que llegue al ODF.
- La reserva del patchcord después de haberse conectado no debe exceder 1 metro.
- Los Patchcord de fibra que entra al bastidor deben ser del mismo color de los que ya están instalados
- El ingreso de los patchcord de fibra debe ser por el lado derecho del bastidor, siguiendo la misma ruta de los que ya están instalados.

7.3.7.3. Especificaciones para empalmes de fibra óptica

Adicional al procedimiento de manipulación para cajas de empalme, garantizar la calidad de la interconexión implica realizar correctamente y con la herramienta adecuada los empalmes de fibra óptica. El empalme de fibra óptica es el procedimiento mediante el cual se fusionan dos hilos de fibra óptica con un mínimo de atenuación.

A continuación se describen los pasos para realizar empalmes de fibra óptica.

- Todo el personal debe estar debidamente uniformado.
- Ubicar la señalización.

- Destapar la cámara.
- Desagotar la cámara y si es necesario limpiarla.
- Instalar la carga.
- Sacar las puntas de los cables.
- Preparar las puntas de los cables y el cierre del empalme.
- Limpiar los tubos holgados (no usar gasolina).
- Introducir las puntas del cable al cierre de empalme.
- Asegurar el cable al cierre, ya sea por tornillos o termo retráctiles.
- Cortar los tubos holgados y limpiar las fibras usando únicamente en la limpieza alcohol isopropílico.
- Efectuar el acondicionamiento de las fibras en las bandejas.
- Realizar las fusiones según indicaciones previamente recibidas.
- Acondicionar las fusiones.
- Cerrar la caja de empalme y realizarle la prueba de presurización (si el cierre lo posee).
- Marquillar el empalme (si es nuevo).
- Acondicionar el empalme en cámara o poste usando los accesorios específicos.
- Tapar adecuadamente la cámara de ubicación del empalme.

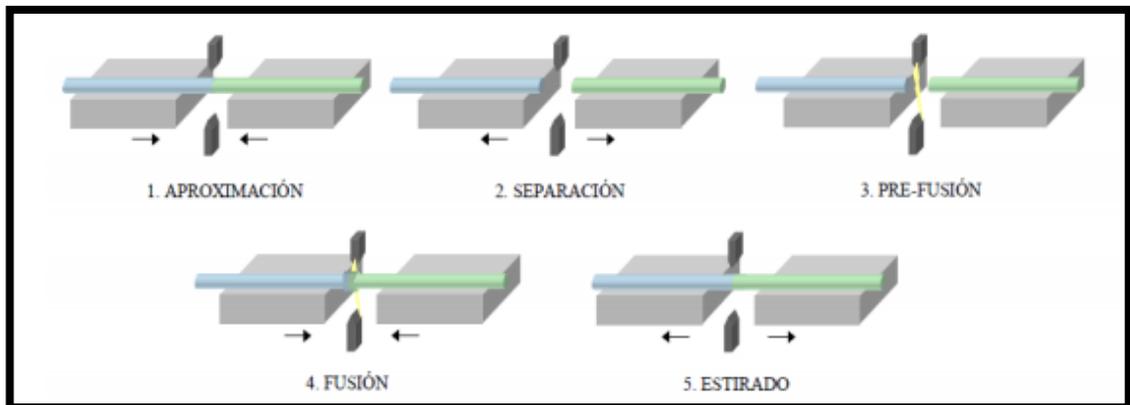


Figura 23 Procedimiento de Fusión de Fibra óptica [22]

Si se empalman todas las fibras:

- Se cortan los extremos de los cables a empalmar a la longitud adecuada en función de la situación del empalme, reservando al menos 10 m en cada extremo de los cables.
- Posteriormente, se pela la cubierta de la manguera en una longitud de 3 m y se realiza una trenza con las fibras de aramida que posteriormente se sujeta en la caja de empalme en el lugar apropiado para ello.
- Los tubos holgados se pelan a una longitud de 1,5 m de modo que quede 1,5 m de fibra desnudas a cada lado del empalme. Este excedente se almáderna en los cassettes de empalme.

Los extremos de las fibras a empalmar se han de cortar perpendicularmente, de modo que el corte cumpla con el siguiente criterio:

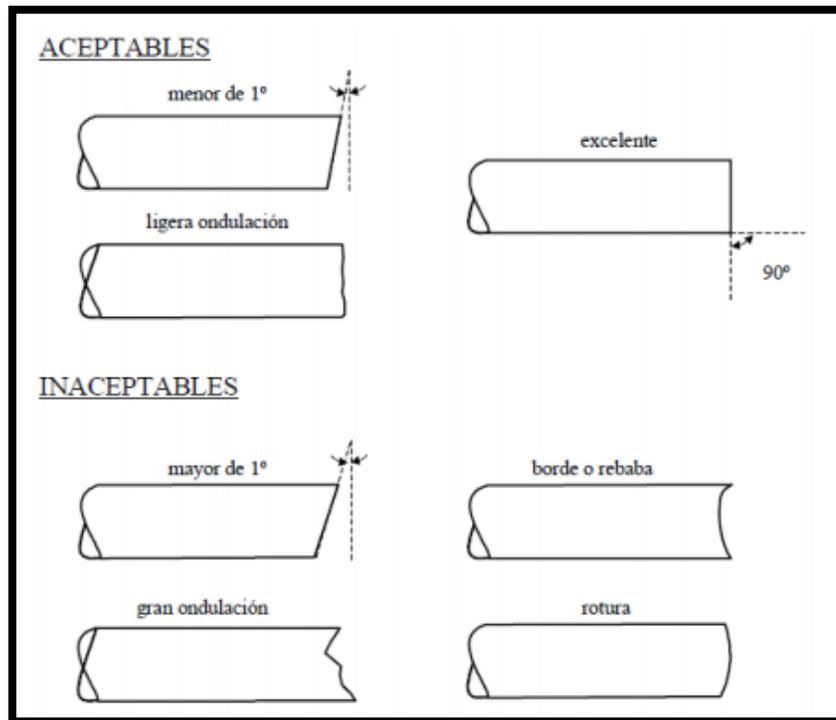


Figura 24 Cortes Transversales de la Fibra Óptica para Empalmar [22]

7.3.8. PLAN DE MANTENIMIENTO

Dadas las características analizadas de la red de fibra óptica HFC de Barranquilla, el plan de mantenimiento a diseñar estará compuesto de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. El histórico de fallas analizado, de la compañía Tecnifikas, fue consolidado a través de los mantenimientos correctivos realizados, por lo tanto ya tiene un plan de mantenimiento correctivo implementado, el cual consiste en el desplazamiento de una móvil en cuanto el centro de gestión detecta una falla en la red de fibra óptica.

De acuerdo a los análisis realizados, se plantearan actividades de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la red y reducir las afectaciones de servicio relacionadas con fallas en la red de fibra óptica a la vez que reducirá también actividades de mantenimiento correctivo.

En la tabla 21 (Actividades Mantenimiento Preventivo) se exponen las actividades planteadas para mantenimiento correctivo. Esta consta de un nombre de la actividad, una frecuencia en la que se debe realizar la actividad, el recurso humano que debe ejecutar la actividad, el número de horas que tomara realizar la actividad, la condición que hace referencia a si la actividad se realizara con la red activa o si se tienen que interrumpir los servicios, en seguridad se hace referencia a los elementos de seguridad requeridos para ejecutar la actividad, en insumos se indica las herramientas necesarias para realizar la actividad, en repuestos se especifican los componentes que debe tener para un posible remplazo durante la actividad y el campo registro hace referencia al código del formato de registro que se debe diligenciar para esa actividad.

ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA RED DE FIBRA ÓPTICA HFC									
Actividad	Frecuencia	Talento Humano	Duración (Horas)	Condición	Seguridad	Descripción de Tarea	Insumos	Repuestos	Registro
Detección de cables de fibra óptica aéreo descolgado, caído o riesgos de infraestructura para la red.	Diario	Técnico Motorizado	8	En Marcha	*EPP (Elementos de protección Personal)	Se realiza recorrido a lo largo de todo el tendido aéreo de la red de fibra óptica, observando detenidamente posibles cables descolgados, caídos o que no cumplen con la norma técnica.	* Planos de red *Cámara Fotográfica * Binoculares *Elementos de señalización *Telefono Celular	N/A	P1
Detección de cables de fibra óptica subterránea mal adosado	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	En Marcha	*EPP (Elementos de protección Personal) * EPP para trabajo en alturas	Se realiza recorrido a lo largo de todo el tendido subterráneo de la red de fibra óptica, con el fin de detectar cables mal adosados o que no cumplen con la norma técnica. Es necesario destapar cámaras subterráneas para realizar la verificación	* Planos de red * Binoculares *Pata de cabra *Herramientas menores *Elementos de señalización	N/A	P1
Corrección cables de fibra óptica aérea descolgados o caídos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	Parada	*EPP (Elementos de protección Personal) * Autorización de la actividad por control de cambios	Se corrigen problemas en la red aérea previamente reportados, después de la autorización de la actividad y con previo aviso de corte de servicio al cliente.	* Planos de red *Cámara Fotográfica * Binoculares *Elementos de señalización *Pata de cabra *Elementos de señalización	*Herrajes *Cable de fibra óptica *Binoculares *Empalmadora *Kit de limpieza de fibra	P2
Corrección cables de fibra óptica subterránea descolgados o caídos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	En Marcha	*EPP (Elementos de protección Personal) * Autorización de la actividad por control de cambios	Se corrigen problemas en la red subterránea previamente reportados, después de la autorización de la actividad y con previo aviso de corte de servicio al cliente.	* Planos de red * Binoculares *Pata de cabra *Kit de limpieza de fibra *Herramientas menores *Empalmadora	*Herrajes *Cable de fibra óptica	P2
Verificación de potencia de señal en receptores de nodos ópticos y cabecera.	Diario	Ingeniero de centro de gestión	8	En Marcha	N/A	Se realiza verificación de potencia de señal por gestión remota desde el centro de gestión a los receptores de nodos ópticos y cabecera, para detectar atenuaciones de potencia.	Sistema de gestión remoto	N/A	P3
Limpieza de conectividad de fibra óptica en nodos ópticos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	Parada	*EPP (Elementos de protección Personal) * EPP para trabajo en alturas	Se realiza actividad de limpieza de conectores de fibra óptica en nodo óptico, de acuerdo a reporte de atenuación de señal.	* Planos de red * Binoculares *Pata de cabra *Kit de limpieza de fibra *Herramientas menores *Empalmadora *Elementos de señalización	* Patchcord *cable de Fibra óptica	P4
Limpieza de conectividad de fibra óptica en cabecera	Diario	Técnicos de cabecera	8	Parada	N/A	Se realiza actividad de limpieza de conectores de fibra óptica transmisores y receptores de cabecera, de acuerdo a reporte de atenuación de señal.	* Planos de red de cabecera *Kit de limpieza de fibra *Herramientas menores *Empalmadora	* Patchcord *cable de Fibra óptica	P4
Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación en cabecera	Diario	Técnicos de cabecera	8	Parada	N/A	Se realiza medida de enlace de fibra óptica con OTDR, para los nodos que se reportaron operando por debajo del umbral de operación	* Planos de red de cabecera *Histórico de distancias ópticas *Kit de limpieza de fibra óptica.	N/A	P5
Corregir atenuaciones en el enlace de fibra óptica	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	Parada	*EPP (Elementos de protección Personal) * Autorización de la actividad por control de cambios	Con las distancias de atenuación de la actividad anterior y los planos de la red, se buscan los puntos de atenuación y se realiza la respectiva corrección. Repetir empalmes, cambiar tramo de fibra, cambiar conectores, ajustar curvatura de la fibra, repetir empalmes en cajas de empalme.	* Planos de red * Binoculares *Pata de cabra *Kit de limpieza de fibra *Herramientas menores *Empalmadora *Elementos de señalización	* Patchcord *Cable de Fibra óptica *Cajas de Empalme *Herrajes	P6

Tabla 19 Actividades Mantenimiento Preventivo (Autores, 2015)

A continuación se muestran los formatos de registro planteados para el control y registro de actividad.

Registro de actividad de mantenimiento preventivo P1			
Objetivo:	Verificar el estado de la red de fibra óptica, y reportar cualquier irregularidad que propese la afectacion de servicio o que incumpla la norma técnica.		
Fecha:		Red Aera	
Hora de inicio:		Red Subterránea	
Hora de finalización:		Móvil:	
Nombre de quien lidera la actividad:			
Hallazgos			
1	Dirección:		
	Observación:		
2	Dirección:		
	Observación:		
3	Dirección:		
	Observación:		
4	Dirección:		
	Observación:		
5	Dirección:		
	Observación:		
6	Dirección:		
	Observación:		
7	Dirección:		
	Observación:		
8	Dirección:		
	Observación:		
9	Dirección:		
	Observación:		

Figura 25 Formato de registro P1 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P1”, está diseñado para registrar los resultados de las actividades “Detección de cables de fibra óptica aéreo descolgado o caído” y Detección de cables de fibra óptica subterránea mal adosado”, y será el

suministro de entrada de las actividades “Corrección cables de fibra óptica aérea descolgados o caídos” y “Corrección cables de fibra óptica subterránea descolgados o caídos”.

Registro de actividad de mantenimiento preventivo P2			
Objetivo:	Corregir irregularidades de tendido de red de fibra óptica aérea o subterránea		
Fecha:		Red Aerea	
Hora de inicio:		Red Subterránea	
Hora de finalización:		Móvil:	
Nombre de quien lidera la actividad:			
Arreglos de red			
1	Dirección:		
	Observación:		
2	Dirección:		
	Observación:		
3	Dirección:		
	Observación:		
4	Dirección:		
	Observación:		
5	Dirección:		
	Observación:		
6	Dirección:		
	Observación:		
7	Dirección:		
	Observación:		
8	Dirección:		
	Observación:		
9	Dirección:		
	Observación:		

Figura 26 Formato de registro P2 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P2”, está diseñado para registrar los resultados de las actividades “Corrección cables de fibra óptica aérea descolgados o caídos” y “Corrección cables de fibra óptica subterránea descolgados o caídos” y ser el suministro de entrada para la actividad “Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación”

Registro de actividad de mantenimiento preventivo P3		
Objetivo:	Verificar potencias de señal óptica fuera de los umbrales de operación	
Fecha:		Cabecera
Hora		Nodo óptico
Ingeniero que realiza la verificación:		
Enlaces operando fuera del Umbral de operación:		
1	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dBm):	
	Potencia de receptor en NODO (dBm):	
2	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dBm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
3	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
4	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
5	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
6	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
7	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
8	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	
9	Nodo Óptico:	
	Potencia de receptor en CABECERA (dm):	
	Potencia de receptor en NODO (dm):	

Figura 27 Formato de registro P3 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P3” está diseñado para registrar los resultados de las actividades “Verificación de potencia de señal en receptores de nodos ópticos y cabecera”, dado que en este quedarán registrados aquellos enlaces que tienen potencia óptica por debajo del umbral mínimo de operación, será el suministro de entrada para la actividad “Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación”, dado que los enlaces son diseñados para llegar con la potencia óptica adecuada, si esta esta por debajo es por que existe una atenuación en el camino de fibra.

Registro de actividad de mantenimiento preventivo P4					
Objetivo:	Realizar limpieza periodica a los conectores de fibra óptica en cabecera y nodos ópticos.				
Fecha:				Actividad en Cabecera	
Hora				Actividad en Nodo óptico	
Tecnico que realiza la verificación:					
Enlaces limpiados en Trasmisor y receptor					
1	Nodo Óptico:		26	Nodo Óptico:	
2	Nodo Óptico:		27	Nodo Óptico:	
3	Nodo Óptico:		28	Nodo Óptico:	
4	Nodo Óptico:		29	Nodo Óptico:	
5	Nodo Óptico:		30	Nodo Óptico:	
6	Nodo Óptico:		31	Nodo Óptico:	
7	Nodo Óptico:		32	Nodo Óptico:	
8	Nodo Óptico:		33	Nodo Óptico:	
9	Nodo Óptico:		34	Nodo Óptico:	
10	Nodo Óptico:		35	Nodo Óptico:	
11	Nodo Óptico:		36	Nodo Óptico:	
12	Nodo Óptico:		37	Nodo Óptico:	
13	Nodo Óptico:		38	Nodo Óptico:	
14	Nodo Óptico:		39	Nodo Óptico:	
15	Nodo Óptico:		40	Nodo Óptico:	
16	Nodo Óptico:		41	Nodo Óptico:	
17	Nodo Óptico:		42	Nodo Óptico:	
18	Nodo Óptico:		43	Nodo Óptico:	
19	Nodo Óptico:		44	Nodo Óptico:	
20	Nodo Óptico:		45	Nodo Óptico:	
21	Nodo Óptico:		46	Nodo Óptico:	
22	Nodo Óptico:		47	Nodo Óptico:	
23	Nodo Óptico:		48	Nodo Óptico:	
24	Nodo Óptico:		49	Nodo Óptico:	
25	Nodo Óptico:		50	Nodo Óptico:	

Figura 28 Formato de Registro P4 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P4” está diseñado para registrar los resultados de las actividades “Limpieza de conectividad de fibra óptica en nodos ópticos” y “Limpieza de conectividad de fibra óptica en cabecera”, con el objetivo de realizar periódicamente la limpieza de los enlaces evitando la acumulación de suciedad que puede ser causante de atenuación de señal.

Registro de actividad de mantenimiento Preventivo P5					
Objetivo:	Verificar posibles atenuaciones de los enlaces de fibra óptica y determinar la distancia y nivel de pérdida de estas.				
Fecha:		Medida desde Cabecera			
Hora		medida desde Nodo óptico			
Técnico que realiza la verificación:					
Enlaces verificados con Atenuación					
1	Nodo:		Fibra de FW:		Fibra de Retorno:
	Atenuaciones:	Distancia (mts)	Nivel de atenuación (dBm)	Atenuaciones:	Distancia (mts)
	1			4	
	2			5	
2	Nodo:		Fibra de FW:		Fibra de Retorno:
	Atenuaciones:	Distancia (mts)	Nivel de atenuación (dBm)	Atenuaciones:	Distancia (mts)
	1			4	
	2			5	
3	Nodo:		Fibra de FW:		Fibra de Retorno:
	Atenuaciones:	Distancia (mts)	Nivel de atenuación (dBm)	Atenuaciones:	Distancia (mts)
	1			4	
	2			5	
4	Nodo:		Fibra de FW:		Fibra de Retorno:
	Atenuaciones:	Distancia (mts)	Nivel de atenuación (dBm)	Atenuaciones:	Distancia (mts)
	1			4	
	2			5	

Figura 29 Formato de registro P5 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P5” está diseñado para registrar el resultados de la actividad “Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación”, la cual basada en la información

suministrada en el formato P3 realizara una medida del enlace por medio de un OTDR, el cual mide la distancia de la fibra óptica y las atenuaciones que encuentra en el camino con su respectivo valor en dBm. Esta información será el suministro para la actividad, “Corregir atenuaciones en el enlace de fibra óptica”.

Registro de actividad de mantenimiento Preventivo P5			
Objetivo:	Corregir atenuaciones en enlace de fibra óptica		
Fecha:		Quien Autoriza la actividad:	
Hora			
Técnico que lidera la actividad			
Información de la actividad			
Nodo óptico:		Numero de atenuaciones corregidas:	
Potencia Óptica en Receptor de cabecera antes de la actividad:			
Potencia Óptica en Receptor en Nodo óptico antes de la actividad:			
Potencia Óptica en Receptor de cabecera previa a la actividad:			
Potencia Óptica en Receptor en Nodo óptico después de la actividad:			
Atenuaciones corregidas			
1	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
2	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
3	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
4	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
5	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
6	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		
7	Dirección:		
	Actividad correctiva realizada:		

Figura 30 Formato de Registro P6 (Autores, 2015)

El “Formato de Registro P6” está diseñado para registrar el resultados de la actividad “Corregir atenuaciones en el enlace de fibra óptica”, la cual tiene como objetivo corregir las atenuaciones reportadas en la actividad “Verificación de potencia de señal en receptores de nodos ópticos y cabecera” con esta actividad se cierra el ciclo de mantenimiento preventivo. La figura 31 (Esquema Mantenimiento Preventivo) muestra el esquema completo de actividades de mantenimiento preventivo, se puede observar que algunas actividades dependen de una actividad previa y cada actividad tiene su formato de registro asociado.

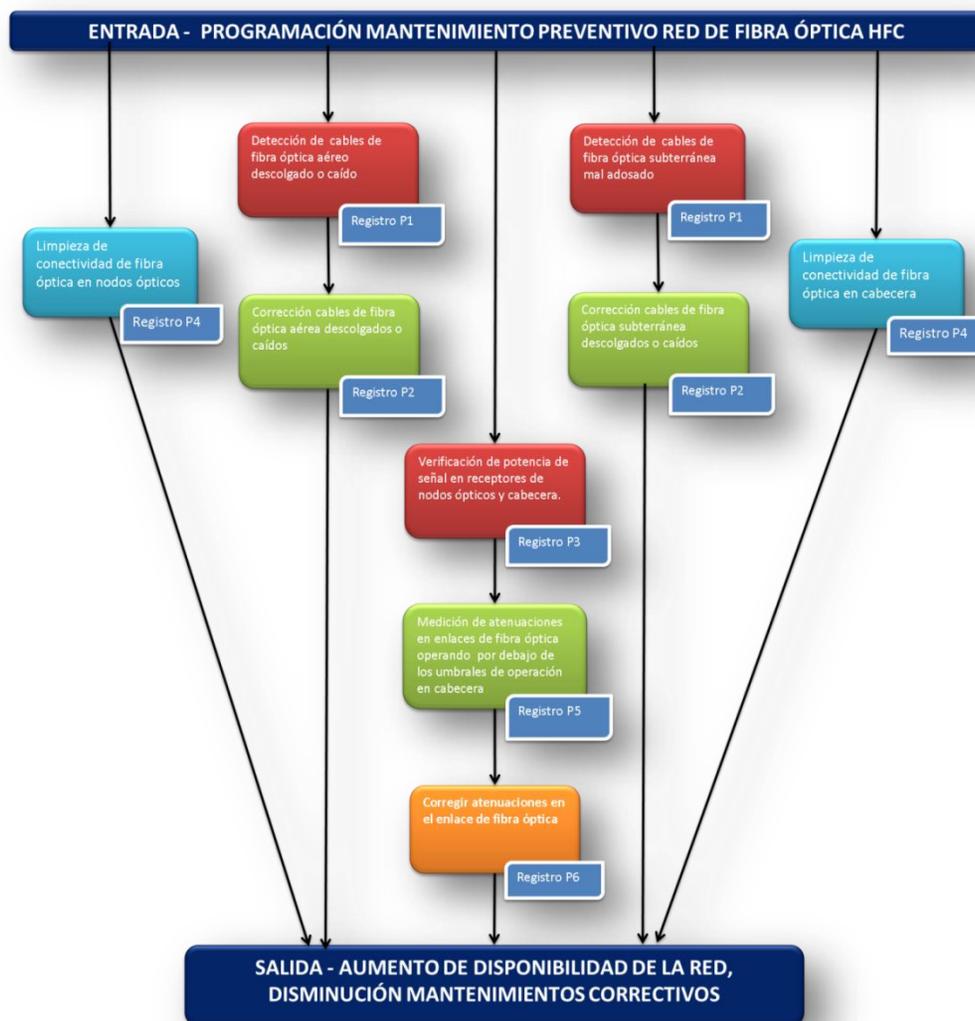


Figura 31 Esquema Mantenimiento Preventivo (Autores, 2015)

En la tabla 17 “Actividades de Mantenimiento Preventivo” se plantea la ejecución de actividades con una periodicidad diaria ya que debido al tamaño de la red, cubrir todos los enlaces ópticos requerirá de un gran esfuerzo y capacidad de mantenimiento.

En la tabla 20 (Tiempos de Ejecución Actividades Preventivo) se muestran las actividades de mantenimiento preventivo divididas “Rutinas Continuas de mantenimiento Preventivo para toda la red de fibra óptica” y “Rutinas de mantenimiento Preventivo para problemas encontrados”, el primer grupo hace referencia a las actividades que deben realizarse al 100% de la red, mientras que el segundo corresponde a actividades en partes puntuales de la red, que previamente han sido reportadas por las actividades del primer grupo.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN PARA ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA RED DE FIBRA ÓPTICA HFC							
	Actividad	Frecuencia	Talento Humano	Duración (Horas)	Nodos x día	Tiempo de ejecución para el 100% de la red en semanas	Periodicidad de la actividad
Rutinas Continuas de mantenimiento Preventivo para toda la red de fibra óptica	Detección de cables de fibra óptica aéreo descolgado o caído	Diario	Técnico Motorizado	8	14	5,1	Continuo
	Detección de cables de fibra óptica subterránea mal adosado	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	6	11,9	Continuo
	Verificación de potencia de señal en receptores de nodos ópticos y cabecera.	Diario	Ingeniero de cetro de gestión	8	429	0,2	Continuo
	Limpieza de conectividad de fibra óptica en nodos ópticos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	6	11,9	Continuo
	Limpieza de conectividad de fibra óptica en cabecera	Diario	Técnicos de cabecera	8	120	0,6	Cada 3 meses
Rutinas de mantenimiento Preventivo para problemas encontrados	Corrección cables de fibra óptica aérea descolgados o caídos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	3	De Acuerdo a los problemas encontrados	Continuo
	Corrección cables de fibra óptica subterránea descolgados o caídos	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	2		
	Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación en cabecera	Diario	Técnicos de cabecera	8	16		
	Corregir atenuaciones en el enlace de fibra óptica	Diario	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	8	1		

Tabla 20 Tiempos de Ejecución Actividades Preventivo (Autores, 2015)

La columna de los nodos por día se calculó como un promedio de la cantidad de nodos que se alcanzarían a ejecutar con la actividad descrita de acuerdo a la experiencia de la empresa en este tipo de tareas y se entiendo por nodo el enlace de fibra óptica que hay entre la cabecera y un nodo óptico. En la columna “Tiempo de ejecución para el 100% de la red en semanas” se encuentra el resultado dividir los 429 nodos que componen el total de la red, en el número de nodos por día que se ejecutan en cada actividad, con lo que se obtiene el tiempo que tomara realizar cada actividad en el 100% de los nodos de la red. La columna “periodicidad de la actividad” indica cada cuanto tiempo se debe ejecutar la actividad, en las actividades que están marcadas como “continuo” en cuanto se realiza la actividad

en el último nodo de la red se debe continuar con el primero, dándole un ciclo constante a las actividades.

Para dimensionar la capacidad de mantenimiento se ha generado la tabla 21 (Capacidad para Mantenimiento Preventivo) donde se ha agregado un “Código Recurso de Mantenimiento” ya que algunas actividades pueden compartir el recurso para ejecutarlas.

	Actividad	Talento Humano	Código Móvil
Rutinas Continuas de mantenimiento Preventivo para toda la red de fibra óptica	Detección de cables de fibra óptica aéreo descolgado o caído	Técnico Motorizado	TM
	Detección de cables de fibra óptica subterránea mal adosado	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF1
	Verificación de potencia de señal en receptores de nodos ópticos y cabecera.	Ingeniero de centro de gestión	Ing1
	Limpieza de conectividad de fibra óptica en nodos ópticos	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF2
	Limpieza de conectividad de fibra óptica en cabecera	Técnicos de cabecera	TC
Rutinas de mantenimiento Preventivo para problemas encontrados	Corrección cables de fibra óptica aérea descolgados o caídos	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF3
	Corrección cables de fibra óptica subterránea descolgados o caídos	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF3
	Medición de atenuaciones en enlaces de fibra óptica operando por debajo de los umbrales de operación en cabecera	Técnicos de cabecera	TC
	Corregir atenuaciones en el enlace de fibra óptica	Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF4

Tabla 21 Capacidad para Mantenimiento preventivo. (Autores, 2015)

De la información contenida en la tabla 21 (Capacidad para Mantenimiento preventivo), resumimos los recursos para mantenimiento preventivo en la tabla 22 (Recursos Técnicos Mantenimiento Preventivo).

RECURSO TÉCNICO PARA ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Nombre del recurso	Abreviatura	Cantidad
Técnico Motorizado	TM	1
Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF (1,2,3,4)	4
Técnicos de cabecera	TC	1
Ingeniero Centro de Gestión	Ing1	1

Tabla 22 Recursos Técnicos Mantenimiento Preventivo (Autores, 2015)

La tabla 23 (Talento Humano y Recurso Técnico para Mantenimiento Preventivo) muestra el detalle del talento humano y recursos técnico para realizar las tareas de mantenimiento preventivo.

TALENTO HUMANO Y RECURSO TECNICO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Nombre del recurso	Abreviatura	Talento Humano	Recursos Técnicos
Técnico Motorizado	TM	Tecnico en telecomunicaciones	Moto 180 cc
			Planos de Red
			Binoculares
			Telefono Celular
			Elementos de Señalización
Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	MF (1,2,3,4)	2 Tecnicos en Telecomunicaciones	Furgon
			Elementos de propeccion personal
			Elementos para trabajo en alturas
			Elementos de señalizacion
			Herramientas menores
			Pata de cabra
			Multimetro
			Empalmadora de Fibra Óptica
			Kit de limpieza de fibra Óptica
			Binoculares
			Telefono Celular
Planos de red			
Tecnico de Cabecera	TC	Tecnico en telecomunicaciones	Planos de Red
			Kit de limpieza de fibra óptica
			Herramientas menores
Ingeniero Centro de Gestión	Ing1	Ingeniero Electrocnicoo ó Telecomunicaciones	Sin requerimientos

Tabla 23 Talento Humano y Recurso Técnico para Mantenimiento Preventivo (Autores, 2015)

Plan de Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo para el plan de mantenimiento que se plantea, seguirá operando como lo venía implementando la empresa Tecnifikas, dado que en cuanto a solución de fallas por mantenimiento correctivos y tiempos de solución esta sobre los estándares exigidos pero se requiere subir la disponibilidad de la red, lo que se lograra reduciendo el número de fallas, el cual es el objetivo del mantenimiento preventivo planteado.

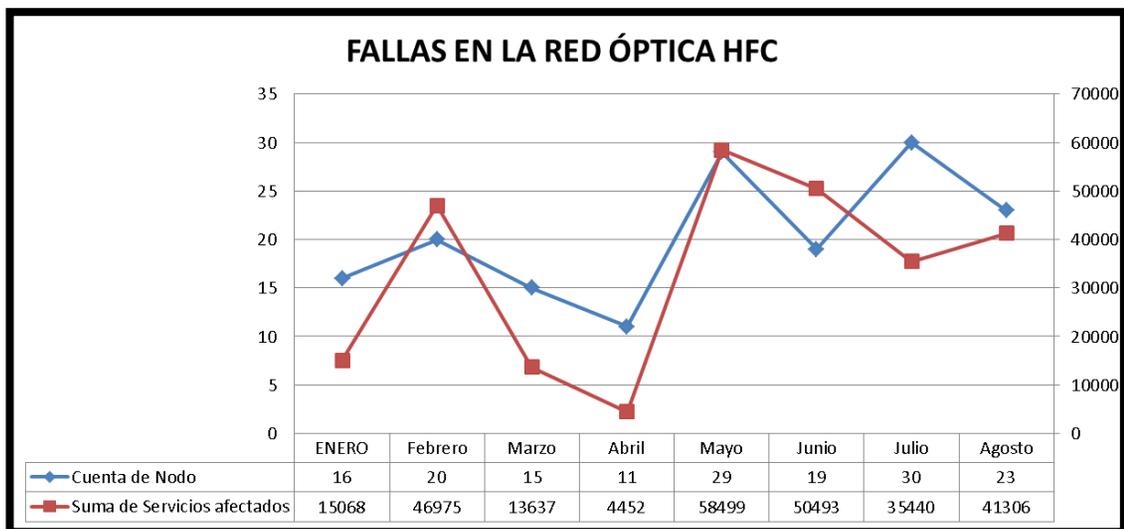


Figura 32 Histórico de Fallas por Mes (Autores, 2015)

Para atender las fallas entre enero y agosto tecnifikas tuvo 2 móviles de mantenimiento correctivo, las cuales se espera bajar a una sola móvil después del primer ciclo de mantenimiento preventivo a toda la red, el cual es de 12 semanas de acuerdo a las dos actividades de mantenimiento preventivo que llevan más tiempo “Detección de cables de fibra óptica subterránea mal adosado” y “Limpieza de conectividad de fibra óptica en nodos ópticos”.

En la tabla 24 (Talento Humano y Recurso Técnico Mantenimiento Correctivo) se muestra la composición de las móviles de mantenimiento correctivo.

TALENTO HUMANO Y RECURSO TECNICO PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
Nombre del recurso	Abreviatura	Talento Humano	Recursos Técnicos
Móvil de mantenimiento Correctivo Fibra Óptica	MC (1,2)	2 Tecnicos en Telecomunicaciones	Furgon
			Elementos de propteccion personal
			Elementos para trabajo en alturas
			Elementos de señalizacion
			Herramientas menores
			Pata de cabra
			Multimetro
			Empalmadora de Fibra Óptica
			Kit de limpieza de fibra Óptica
			Binoculares
			Telefono Celular
Planos de red			

Tabla 24 Talento Humano y Recurso Técnico Mantenimiento Correctivo (Autores, 2015)

El éxito del plan de mantenimiento requerirá una implementación rigurosa y un debido control de la ejecución de las actividades planteadas por parte del departamento de mantenimiento de la empresa. El modelo de implementación se describe a continuación en la figura 33.

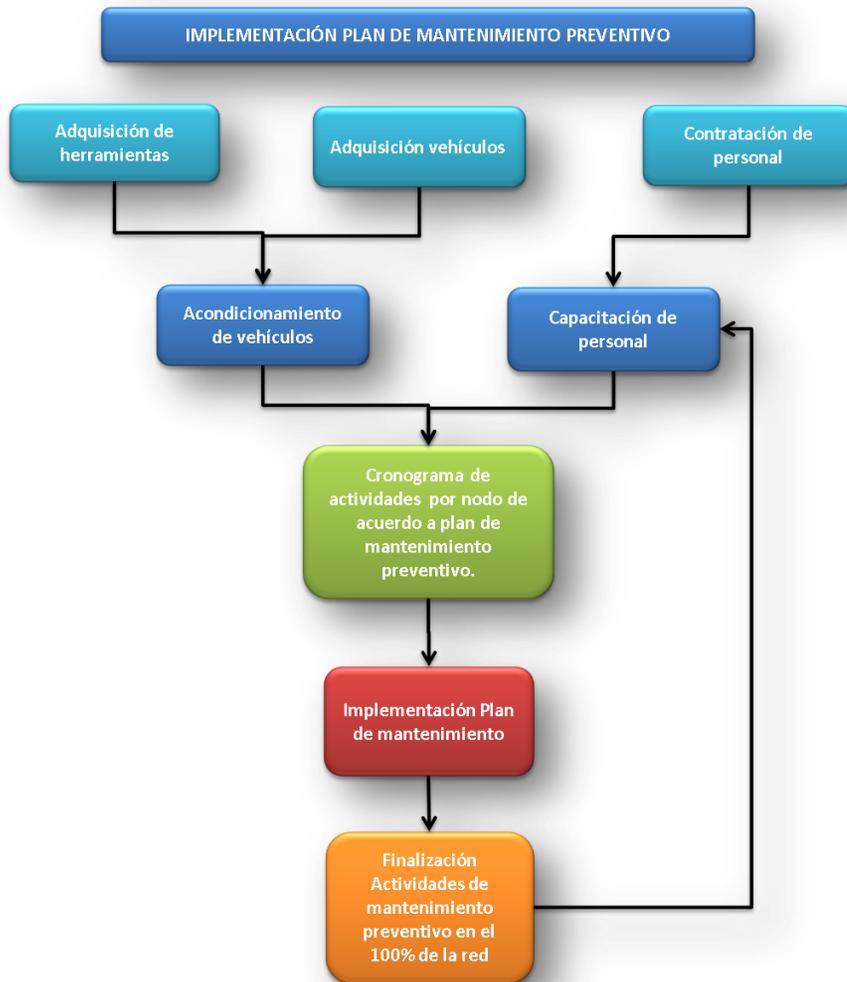


Figura 33 Modelo Implementación Plan de Mantenimiento Preventivo (Autores, 2015)

Cada parte del diagrama de implementación será de vital importancia para llevar a cabo satisfactoriamente el plan de mantenimiento, tanto contar con los vehículos y herramientas necesarias como el plan de capacitación del personal el cual es un punto crítico para el éxito del plan y un cronograma de actividades que se controle estrictamente. El diseño de implementación también incluye una nueva capacitación una vez se han terminado las actividades de mantenimiento preventivo en el 100% de la red, con el fin de incrementar el nivel de conocimiento de la red y así mismo tener una mejora continua en los labores de mantenimiento.

8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1. FUENTES PRIMARIAS

Se tomaron como fuentes primarias la información suministrada por una empresa del sector de telecomunicaciones en redes HFC encargada del mantenimiento de la red en barranquilla, la cual suministro un histórico de fallas de 8 meses sobre la red de fibra óptica y la información referente a equipos, móviles y problemas usuales de mantenimiento en la red. También se contó con la experiencia de diferentes integrantes de la empresa en cuanto a la operación de mantenimiento de la red y su estructura de funcionamiento.

Otra fuente de información fue la inspección visual de un tramo de red de fibra óptica de una red HFC en Bogotá también a cargo de la empresa, en la cual se identificaron las diferentes partes y componentes de la red aérea y subterránea así como la identificación de los puntos vulnerables en cada una de sus partes.

8.2. FUENTES SECUNDARIOS

En la búsqueda de la información, se encontrarán trabajos de grado, monografías, proyectos de investigación, información de fabricantes de componentes de redes HFC, y artículos de investigación donde se traten redes de fibra óptica o planes de mantenimiento para el sector de las telecomunicaciones.

Se tiene en cuenta la información suministrada en las diferentes materias de la especialización de gerencia de mantenimiento, la cual suministrará la base para el proyecto.

9. RECURSOS

Para llevar a cabo el presente proyecto, se requieren recursos físicos, recurso de talento humano y recursos financieros, que detallamos a continuación.

Se han considerado dos posibilidades de implementación de recursos, por compra directa y por contratación de servicios.

A continuación analizamos el caso por compra directa para los recursos físicos y contratación de talento humano:

Talento Humano		
Talento Humano	Costo x Mes	Costo x Año
Técnico en telecomunicaciones	\$ 1.500.000	\$ 18.000.000
10 Técnicos de Telecomunicaciones	\$ 15.000.000	\$ 180.000.000
Ingeniero Electrónico / Telecomunicaciones	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
Total Recurso Humano	\$ 18.500.000	\$ 222.000.000

Tabla 25 Recursos de Talento Humano (Autores, 2015)

RECURSOS FÍSICOS			
Nombre del recurso	Recursos Técnicos	Costo	Total
Técnico Motorizado	Moto 180 cc	\$ 8.000.000	\$ 8.850.000
	Binoculares	\$ 150.000	
	Teléfono Celular	\$ 200.000	
	Elementos de Señalización	\$ 500.000	
Móvil de mantenimiento Fibra Óptica	Furgón	\$ 65.000.000	\$ 95.650.000
	Elementos de protección personal	\$ 500.000	
	Elementos para trabajo en alturas	\$ 2.000.000	
	Elementos de señalización	\$ 800.000	
	Herramientas menores	\$ 1.000.000	
	Pata de cabra	\$ 300.000	
	Multímetro	\$ 300.000	
	Empalmadora de Fibra Óptica	\$ 20.000.000	
	Kit de limpieza de fibra Óptica	\$ 2.000.000	
	Binoculares	\$ 150.000	
	Teléfono Celular	\$ 200.000	
	Multímetro	\$ 500.000	
Kit de limpieza de fibra óptica	\$ 2.000.000		
Herramientas menores	\$ 900.000		
Total recursos Físicos			
4 Móviles de mantenimiento		\$ 382.600.000	
Técnico motorizado		\$ 8.850.000	
Total recursos Físicos		\$ 391.450.000	

Tabla 26 Recursos Físicos (Autores, 2015)

TOTAL RECURSO	
RECURSO HUMANO (PARA UN AÑO)	\$ 222.000.000
RECURSO FÍSICO	\$ 391.450.000
TOTAL RECURSOS	\$ 613.450.000

Tabla 27 Total Recursos Directos (Autores, 2015)

En las tablas 28 (Costos por Contratación) y 29 (Total recursos por Contratación) se encuentran los recursos por subcontratación.

COSTOS POR SUBCONTRATACIÓN		
Recurso	Costo x Mes	Costo x Año
Móvil de mantenimiento (2 técnicos y herramienta)	\$ 12.000.000	\$ 144.000.000
Técnico con moto y herramienta	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Ingeniero Electrónico / Telecomunicaciones	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Técnico de Telecomunicaciones (cabecera)	\$ 1.700.000	\$ 20.400.000

Tabla 28 Costos por Contratación

TOTAL RECURSOS POR SUBCONTRATACIÓN X AÑO		
4 Móviles de mantenimiento	\$ 48.000.000	\$ 576.000.000
Técnico con moto y herramienta	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Ingeniero Electrónico / Telecomunicaciones	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Técnico de Telecomunicaciones (cabecera)	\$ 1.700.000	\$ 20.400.000
TOTAL RECURSOS	\$ 57.700.000	\$ 692.400.000

Tabla 29 Total recursos por Contratación (Autores, 2015)

Al comprar los costos totales directos y por subcontratación vemos que los costos por subcontratación \$ 78.950.000 por encima, pero para el caso de la compra y contratación directa no estamos teniendo en cuenta, depreciación de los activos y gastos de funcionamiento, y posibles gastos adicionales asociados a daño o pérdida de los activos, por tal motivo esta mínima diferencia no es significativa ante los riesgos de una compra y contratación directa, por lo cual elegiremos para nuestro modelo de implementación del plan de mantenimiento la subcontratación de servicios, aun cuando la compra de recursos físicos solo sería representativa en el primer año, a la vez que implica una inversión inicial fuerte, que también se evita por el modelo de subcontratación.

A continuación se presentan los costos asociados a la afectación de servicio, de acuerdo a la Resolución 3066 de 2011 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones en el Artículo 33: *“Artículo 33. Compensación por falta de disponibilidad de los servicios. El incumplimiento de las condiciones de continuidad a las que está sujeta la prestación de servicios de comunicaciones, por causas imputables al proveedor, da derecho al usuario que celebró el contrato a recibir una compensación por el tiempo en que el servicio no estuvo disponible o a terminar el contrato, sin lugar, en este último caso, al pago de sumas asociadas a la cláusula de permanencia mínima. Lo anterior, a excepción de los eventos previstos en el artículo 34 de la presente resolución.”* Para realizar el cálculo del costo de los servicios afectados se tomara el costo promedio de los servicios que provee la red HFC, internet, televisión y telefonía y lo discriminaremos en valor por minuto, para luego multiplicarlo por el número y tiempo de los servicios afectados. Excluiremos los servicios afectados por factores exógenos de la tabla 16 dado que el plan de mantenimiento no tendrá incidencia para reducir estos. La tabla 30 muestra los costos promedio de los servicios por minuto.

COSTO PROMEDIO POR SERVICIO	
Costo promedio por servicio	\$ 50.000
Horas de servicio al mes	720
Costo promedio del servicio x hora	\$ 69
Costo promedio del servicio x minuto	\$ 1,16

Tabla 30 Costo Promedio por Servicio (Autores, 2015)

La tabla 31 muestra el detalle del costo de la afectación de servicio de acuerdo al número de servicios afectados y al tiempo de afectación de estos.

Asociación por causa de falla	CAUSAS DE FALLA	Suma de Servicios afectados	Suma de Tiempo de falla	Tiempo en Minutos	Costo de la falla
Tendido de fibra Óptica inadecuado, cables sin la tención necesaria o descolgados	CABLE-Rupt.-Cable descolgado	91	3:45:00	225	\$ 23.751,00
	CABLE-Rupt.-Vehículo de mayor altura	44981	73:03:00	4383	\$ 228.695.998,68
	FIBRA Ruptura de fibra óptica	25	1:58:00	118	\$ 3.422,00
	FIBRA/RUPTURA	52281	86:54:00	5214	\$ 316.208.035,44
	HILO-Rupt.-Cable descolgado	180	3:10:00	190	\$ 39.672,00
	EMPALME-Rupt.-Manip. pl. ext.	12142	13:01:00	781	\$ 11.000.166,32
	EMPALME-Rupt.-Corto electo. aéreo	5280	11:45:00	705	\$ 4.317.984,00
	CABLE-Rupt.-Rupt. de canalización	387	2:53:00	173	\$ 77.663,16
	CABLE-Rupt.-Corto electo. canalizado	3581	1:50:00	110	\$ 456.935,60
	CABLE-Rupt.-Corto electo. aéreo	43595	36:44:00	2204	\$ 111.456.720,80
	HILO-Rupt.-Vehículo de mayor altura	159	4:49:00	289	\$ 53.303,16
	CABLE-Rupt.-Accidente de tránsito	407	3:02:00	182	\$ 85.925,84
	Total	163109	242:54:00	14574	\$ 672.419.578,00
Errores de manipulación del personal de mantenimiento	CABLE DE SERVICIO-Rupt.-Manip. pl. ext.	539	1:18:00	78	\$ 48.768,72
	CABLE-Rupt.-Error aliado mtto fo	64	2:29:00	149	\$ 11.061,76
	CABLE-Rupt.-Manip. pl. ext.	73	7:52:00	472	\$ 39.968,96
	Ruptura empalmes por manipulación de fib	2381	1:22:00	82	\$ 226.480,72
	FIBRA/AVERIADO	356	95:48:00	5748	\$ 2.373.694,08
	HILO-Rupt.-Error aliado mtto fo	1382	3:25:00	205	\$ 328.639,60
	HILO-Rupt.-Manip. pl. ext.	5964	20:45:00	1245	\$ 8.613.208,80
	HILO-Rupt.-Trasl. y/o trab. en cám.	1	83:19:00	4999	\$ 5.798,84
	HILO-Rupt.-Traslado y/o mov. en poste	5671	3:59:00	239	\$ 1.572.228,04
	Total	16431	220:17:00	13217	\$ 13.219.849,52
COSTO TOTAL SERVICIOS AFECTADOS				\$ 685.639.427,52	

Tabla 31 Costo total por afectación de servicios. (Autores, 2015)

A continuación se discriminan los costos asociados a las llamadas de servicio, de acuerdo a históricos solo se realizan llamadas por el 35% de los servicios afectados.

COSTOS ASOCIADOS A LLAMADAS DE SERVICIO	
Costo promedio de una llamada atendida por el call center	\$ 7.000,0
Total servicios afectados	179.540,0
Estimado de llamadas por los servicios afectados (35%)	\$ 62.839,0
Costo de llamadas por servicios afectados	\$ 439.873.000,0

Tabla 32 Costos Asociados a llamadas de Servicio (Autores, 2015)

9.1. RECURSOS FINANCIEROS

Para calcular el retorno de la inversión, tendremos en cuenta los costos anteriormente discriminados, bajo la proyección de que el plan de mantenimiento a implementar reducirá la afectación de servicios en un 60%, lo cual no es una meta muy ambiciosa dado que el plan de mantenimiento es bastante robusto y es probable que se supere esa meta.

Costo Servicios afectados	
Costo Total servicios afectados (8 meses)	\$ 685.639.427,52
Costo promedio servicios afectados por mes	\$ 57.136.618,96
Costo Servicios afectados (12 meses)	\$ 685.639.427,52
Costo 60% de servicios afectados (12 meses)	\$ 411.383.656,51
Costo Móvil mantenimiento Correctivo	
Costo Móvil de mantenimiento (9 meses)	\$ 108.000.000,00
Costo llamadas por afectación de servicios	
Costo de llamadas por servicios afectados (8 meses)	\$ 439.873.000,0
Costo promedio llamadas de servicios afectados por mes	\$ 54.984.125,0
Costo promedio de llamadas de servicios afectados (12 meses)	\$ 659.809.500,0
Costo del 60% de llamadas por servicios afectados	\$ 395.885.700,0
Costo total asociado a la reducción del 60% de los servicios afectados	
\$ 915.269.356,51	

Tabla 33 Costos asociados a la reducción de afectación de servicios (Autores, 2015)

Los costos por servicios afectados se proyectaron a un año sacando el promedio mensual con base el histórico de fallas el cual va de enero a Agosto. El ahorro en la móvil de mantenimiento correctivo se proyecta a 9 meses dado que el plan de mantenimiento correctivo para el 100% de la red óptica toma un tiempo de 3 meses y después de implementarlo se espera una reducción del 60% de las fallas, por lo cual se reducirá la capacidad de mantenimiento correctivo se reducirá de dos móviles a una móvil. El costo asociado a llamadas de servicio también se proyectó a un año bajo el mismo método de la afectación de servicio.

La tabla 34 nos muestra el ahorro que conlleva implementar el plan de mantenimiento.

COSTO SERVICIOS AFECTADOS		
Costos	Sin Plan de mantenimiento	Con Plan de mantenimiento
Costo Servicios afectados	\$ 685.639.427,52	\$ 274.255.771,01
Costo Móvil mantenimiento Correctivo	\$ 288.000.000,00	\$ 180.000.000,00
Costo Llamadas por afectación de servicios	\$ 659.809.500,0	\$ 263.923.800,0
Total	\$ 1.633.448.927,52	\$ 718.179.571,01
Ahorro Anual	\$ 915.269.356,51	

Tabla 34 Ahorro derivado de la implementación del plan de mantenimiento. (Autores, 2015)

Con el ahorro calculado podemos calcular el retorno sobre la inversión ROI.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ahorro Anual} - \text{Costo de Implementación Anual}}{\text{Costo de Implementación Anua}} \times 100$$

$$\text{ROI} = \frac{\$915.269.356,51 - \$ 692.400.000}{\$ 692.400.000} = 32\%$$

Adicional al ROI del 32% se tendrá un beneficio vital para la red pero difícil de cuantificar, como es la imagen de la marca, este hace referencia a la buena o mala imagen que tiene la marca prestadora de servicios, de esta dependerá la suscripción de nuevos usuarios o deserción de estos. Mejorar en un 60% la afectación de servicios implicara reducir una mala imagen causada por fallas en la red y una consiguiente mejora en la imagen de la marca lo cual representa un importante valor económico, usualmente para cuantificar este beneficio se requiere la contratación de empresas expertas y dedicadas a esta labor.

10. TALENTO HUMANO

Parte vital de la implementación exitosa del plan de mantenimiento radicara en la capacitación al personal de mantenimiento, la cual de acuerdo a como se planteó el modelo de mantenimiento preventivo, se realizara cada vez que finaliza el mantenimiento preventivo al 100% de la red, el cual se completa cada 3 meses. La capacitación trimestral compondrá un plan de 4 capacitaciones anuales en temas concernientes a la red de fibra óptica y telecomunicaciones. Este plan de capacitación elevara las competencias del personal técnico beneficiando tanto el plan de mantenimiento como el desarrollo personal y profesional de cada técnico. Las capacitaciones no solo estarán enfocadas en el conocimiento técnico, también en el liderazgo y desarrollo personal, lo que conllevara dentro de las principales ventajas para el personal técnico:

- Mayor eficiencia en su trabajo, bajando los niveles de estrés.
- Mayor conocimiento técnico, elevando sus competencias profesionales.
- Elevará su autoestima y confianza en sí mismo.
- Mejorará la capacidad para solucionar problemas y tomar decisiones
- Mejora las habilidades de comunicación y de manejo de conflictos
- Favorecerá la promoción hacia puestos de mayor responsabilidad
- Aumenta el nivel de satisfacción con el puesto.

11. CONCLUSIONES

- La red de fibra óptica HFC de barranquilla presenta alta vulnerabilidad ante rupturas de fibra óptica por cables descolgados o fuera de la norma técnica de tendido, donde se concentra el mayor porcentaje de afectación e servicio de la red. Para disminuir las rupturas de fibra óptica es de vital importancia plantear actividades de mantenimiento preventivo enfocadas a detectar y corregir problemas en la red que puedan conllevar una ruptura.
- Todo el personal de mantenimiento debe tener pleno conocimiento de las normas y parámetros técnicos bajo los cuales debe operar la red para identificar los puntos vulnerables, hacer las correcciones pertinentes y no generar afectaciones de servicio en mantenimientos correctivos.
- La implementación de mantenimiento preventivo en la red de fibra óptica HFC implica un esfuerzo grande en recursos técnicos y físicos dado el gran tamaño de la red, pero su implementación asegura un retorno sobre la inversión superior al 35% si la red ya posee un gran número de subscriptores activos.
- La implementación exitosa del mantenimiento preventivo permitirá reducir la implementación en móviles de mantenimiento correctivo, y las llamadas por afectación de servicio la cual representa gran parte del ahorro en gastos por afectación de servicios en el cual radica el retorno de la inversión del plan de mantenimiento.

12. RECOMENDACIONES

- Todo el equipo de mantenimiento debe estar alineado y comprometido con la implementación del plan de mantenimiento, principalmente en el mantenimiento preventivo, donde radica el éxito del plan.
- Generar un plan de capacitación para el personal técnico que refuerce e incremente sus conocimientos técnicos así como el liderazgo y trabajo en equipo.
- Tener estricto control con la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo y los formatos de registro que se deben diligenciar para cada actividad.
- Realizar un cronograma eficiente de las actividades de mantenimiento preventivo que cubra el 100% de la red de acuerdo a los tiempos de rutina planteados.
- Hacer controles periódicos a la herramienta y elementos de seguridad con los que debe contar cada móvil, ya que de estos depende tanto la seguridad con el éxito en las tareas de mantenimiento.

13. BIBLIOGRAFIA

- . E. Una, R. E. (2007). [19] M. Del, E. D "POR CABLE MÓDEMS HFC Network Monitoring System using reported data from Cable Modems," no. 37, pp. 115–119.
- A. Guadarrama, A. A. (s.f.). "REPARACIÓN DE UN SISTEMA ANALIZADOR ÓPTICO MULTICANAL. "
- A. Tsang, A. J. (1999). "Measuring maintenance performance: a holistic approach". *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19, Issue 7, pp. 691-715. ISSN: 0144-3577. DOI: 10.1108/01443579910271674.
- Ahmed., N. (1995). "A design and implementation model for life cycle cost management system". *Information and Management*. Vol. 28, Issue 4, pp. 261-269. DOI: 10.1016/0378-7206(94)00040-P. .
- Alvarado Salcedo, J. J. (2002). "DISPOSITIVOS OPTICOS DIGITALES PARA MEDICIÓN Y PROTECCION EN SISTEMAS DE ALTA TENSIÓN".
- autores. (2015). *Análisis del Autor* .
- Autores. (2015). *Análisis del Autor* .
- Bohorquez Alfonso, V. H. (2009). "PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DESCRIPCIÓN DE TÉCNOLOGÍA MESH APLICADAS A LAS REDES LAN",.
- C. T. M. Nestor Suarez, R. C. (2006). "CALIBRACIÓN, AJUSTE Y OPTIMIZACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN ENLACES CON FIBRAS ÓPTICAS," vol. 38, no. 1, pp. 273–276.
- Cabezas, A. F. (2014). "SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS"./ *Monografía*.
- Cadavid Monsalve, D. M. (2004). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE TRANSMISIÓN DE VOZ POR FIBRA ÓPTICA USANDO WDM*".
- Cañon Cañon, A. A. (2010). "PROTOTIPO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SERVICIO TECNICO PARA LA EMPRESA DE SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN TELECOMUNICACIONES INSTELINKS".
- Cartagena Juan. (2007). "Investigación "Redes HFC (Híbrido Fibra-Coaxial) y sus vulnerabilidades".
- Cipagauta, L. A. (2010). "ESTUDIO SOBRE UNA RED VIRTUAL IMPLEMENTADA SOBRE FIBRA ÓPTICA".
- Cordoba, M. (2003). *Procesos de fabricación de fibras ópticas*. Buenos Aires .
- Crespo2, P. V. (2013). "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo" *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 21 N° 1, 2013, pp. 125-138.
- D. Alfonso, B. C. (s.f.). "Vulnerabilidades de Seguridad en el Servicio de Internet de Banda Ancha en Redes HFC : Impacto y Posibles Soluciones," vol. xx, no. 3.
- D. P. Abellán, F. R. (2007). *Sistemas de comunicaciones ópticas*. 2007.
- D. S. J. Patricio. (2011). "Estudio de Fallas y Nuevas Tecnologías Para el Mejoramiento de Red de Planta Externa en la CNT,".

- Esteban, A. B. (2006). “*MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA INTERNA DE TRANSMISIÓN DE UNA RED DE TELCOMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA*”.
- García., R. G. (2005). “*Estándar RPR , nueva solución de transporte capa 2 sobre anillos MAN / WAN de FO basada en conmutación de paquetes Palabras Claves : RPR Desarrollo.*”
- Guerra y Guerra Jose Alfredo. (2008). “*Diseño e implementación de una red HFC en centros urbanos, para sistemas avanzados de telecomunicaciones*”.
- Industriales, E. C. (2002). *IF-IN-002 Guía Presentación Proyectos de Grado.* .
- J. De Andres, M. L. (2008). "Flexible quantile-based modeling of bivariate financial relationships: The case of ROA ratio". *Expert Systems with Applications*. Vol. 36, Issue 5, pp. 8955-8966. July 2009. DOI:doi:10.1016/j.eswa.2008.11.021.
- L. Barberá, V. G. (2010). "Revisión de herramientas software para el análisis de la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) de equipos industriales". *Revista de Ingeniería y Gestión de Mantenimiento*. Vol. 68. April-May-June 2010. Madrid, Spain. ISSN: 1695-375.
- Leandro Zapata, M. y. (2010). “*DISEÑO DE TECNICAS PARA EL MANEJO Y MANTENIMIENTO DE ENLACES CON FIBRA OPTICA*”.
- Lee., J. (2003). "E-manufacturing: fundamental, tools, and transformation". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol. 19, Issue 6, pp. 501-507. DOI: 10.1016/S0736-5845(03)00060-7.
- Ong., S. D. (2002). "Evaluation of Life Cycle Cost Analysis Methodologies". *Corporate Environmental Strategy*. Vol. 9, Issue 1, pp. 30-39. DOI: 10.1016/j.physletb.2003.10.071.
- P. Herrera, L. V. (2001). “*Diseño e implementación de un sistema de anticipación de fallas basado en mediciones en tiempo real para un ISP de Banda Ancha en Redes HFC.*”
- Pepinosa, D. R. (2012). “*Evaluación de la QoS en redes HFC para la distribución de aplicaciones de televisión digital interactiva.*”
- Vargas, J. y. (2013). “*DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS LIVIANOS DE CONSTRUCCIÓNEN LA EMPRESA VIBROEQUIPOS JR*”.
- Vinicio, B. T. (2010). “*Estudio y análisis de factibilidad en la implementación de una red de fibra óptica que contenga los requisitos necesarios para brindar servicios triple play a nivel local en la empresa privada TERACOM S.A.*”
- W. D. Multiplexing. (2007). “*Coarse Wavelength Division Multiplexing,*” vol. 20071723, Jun.
- Zúñiga, P. I. (2010). “*Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica Por : Por .:*”

14. CIBERGRAFIA

[1] “Redes HFC: junio 2013.” [Online]. Available: http://redeshfcsena.blogspot.com/2013_06_01_archive.html. [Accessed: 24-Aug-2014].

[2] “Constructor eléctrico » Causas, efectos y soluciones para la distorsión armónica.” [Online]. Available: <http://constructorelectrico.com/home/causas-efectos-y-soluciones-para-la-distorsion-armonica/>. [Accessed: 24-Aug-2014].

[3] “ROSA Network Management System.” [Online]. Available: http://www.scientificatlanta.com/products/customers/iframe_rosa_nms_home.htm. [Accessed: 25-Aug-2014].

[4] “ROSA EM - TNCS Software Upgrades.” [Online]. Available: http://www.scientificatlanta.com/products/customers/iframe_rosa_em_tncsoftware_upgrades.htm. [Accessed: 25-Aug-2014].

[5] “ARRIS presenta VisionWorks, una familia de soluciones de gestión de redes para productos de transporte HFC -- May 06,2002 /PR Newswire UK/.” [Online]. Available: <http://www.prnewswire.co.uk/news-releases/arris-presenta-visionworks-una-familia-de-soluciones-de-gestion-de-redes-para-productos-de-transporte-hfc-153971905.html>. [Accessed: 25-Aug-2014].

[6] “Fibra-optica.org - Fibra Óptica - Servicios en Campo - Mantenimiento y Reparación.” [Online]. Available: <http://www.fibra-optica.org/servicios-fibra-optica/servicios-campo/mantenimiento-reparacion.asp>. [Accessed: 25-Aug-2014].

[7] CABLES Y COMPONENTES PARA COMUNICACIONES, <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Seleccion%20de%20un%20cable%20de%20fibra%20optica.pdf>

- [8] “comunicaciones3-CATV: SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES CON TEGNOLOGIA HFC.” [Online]. Available: <http://comunicaciones3-upc.blogspot.com/p/sistemas-de-telecomunicaciones-con.html>. [Accessed: 24-Aug-2014].
- [9] “6. Ver varios aspectos de la conocida Relación señal/ruido - Desarrollo 2º STI.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/desarrollo2osti/tema-14/6>. [Accessed: 24-Aug-2014].
- [10] “Fiber Optic Glossary: C.” [Online]. Available: http://www.olson-technology.com/mr_fiber/glossary-c.htm. [Accessed: 24-Aug-2014].
- [11] “RUIDO - RUIDO EN COMUNICACIONES.” [Online]. Available: <http://ruido.wikispaces.com/RUIDO+EN+COMUNICACIONES>. [Accessed: 24-Aug-2014].
- [12] “DISTRIBUSIONES DE PLANTA”, <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/layout.htm>
- [13] Transmisión de información por radiación electromagnética. Radios. Atenas. <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Telecomunicaciones.pdf>
- [14] Onda ElectroMagnetica; / <http://definicion.de/onda-electromagnetica/>
- [15] Ingenieros de Telecomunicaciones; / <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/redes-hfc.html>
- [16] REDES Y TELECOMUNICACIONES COMPONENTES Y FUNCIONES DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES; <http://fcea.unicauca.edu.co/old/redes.htm>

[17] Especialización Gerencia de Mantenimiento; Ingeniero Nelson Rojas / Fundamentos TPM y RCM.

[18] Fibra Óptica – Servicios Informaticos Para Empresas <http://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs>

[19] Administración Standard For Telecommunications Infrastructure. <http://www.flecomm.com/library/606aguide.pdf>

[20] Connectoway Fibra Óptica <http://www.connectoway.com.br/portafolio/fibra-optica>

[21] Fluke Networks <http://es.flukenetworks.com/products/fiber-optic-cleaning>

[22] Direct Industry <http://www.directindustry.es/prod/fujikura-europe-limited>