

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Ingeniería Electrónica

Proyecto de graduación para optar por el
grado académico de Bachiller en Ingeniería
Electrónica.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED
HÍBRIDA DE FIBRA ÓPTICA Y CABLE COAXIAL
PARA OFRECER SERVICIO DE INTERNET EN
LA ZONA DE UPALA PARA EL TERCER
CUATRIMESTRE DEL 2016

Estudiante:

Santiago Núñez Madrigal

Tutor:

Eduardo Herrera Barquero

Diciembre 2016

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 01 de Marzo de 2017

**Sr(s). Universidad Hispanoamericana.
Ingeniería Electrónica
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

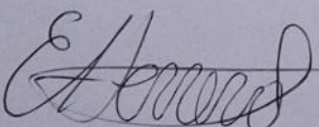
El estudiante **SANTIAGO NÚÑEZ MADRIGAL**, cédula de identidad número **1-1402-0448**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HÍBRIDA DE FIBRA ÓPTICA Y CABLE COAXIAL PARA OFRECER SERVICIO DE INTERNET EN LA ZONA DE UPALA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2016**. El cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Electrónica.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.


De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.
Atentamente,



Ing Eduardo Herrera B.
Cédula identidad N1-713-285.
Carné No : IEL-26218


 DOCUMENTO RECIBIDO
 Por: Rafaelina
 Fecha: 1-3-17

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Santiago Nñez Madrigal, mayor de edad,
portador de la cédula de identidad número 1-14020448, egresado de la
carrera de Ingeniería en Electrónica de

la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente
apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código
Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi

trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller en Ing. Electrónica,

_____ juro solemnemente que mi trabajo investigación titulado:

Diseño e implementación de una Red
Híbrida de Fibra óptica y Cable Coaxial
para ofrecer servicio de internet en la
zona de Upala para el tercer Cuatrimestre
del 2016.

_____ ,
es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así
como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre
de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de
1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido
citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos
y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que
redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la
Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 23 días del
mes de Febrero del año dos mil diecisiete.

Santiago Nñez Madrigal
Firma del estudiante

1-14020448
Cédula

CARTA DE LA EMPRESA



San José, 27 de Diciembre de 2016

Universidad Hispanoamericana

Escuela de Ingeniería Electrónica

Estimados Señores:

Por medio de la presente hago constar que el señor: Santiago Núñez Madrigal, Cédula: 1-1402-0448 ha realizado en las instalaciones de Cable Vision de Occidente, ubicadas en el cantón de Upala, provincia de Alajuela; el proyecto denominado:

Diseño e implementación de una Red Híbrida de Fibra Óptica y Cable coaxial para ofrecer servicio de Internet en la zona de Upala para el tercer cuatrimestre del 2016.

Dicho proyecto se llevó a cabo de manera satisfactoria, logrando el objetivo de ofrecer servicio de internet por cable en diferentes zonas de cobertura.

Sin más por el momento me despido quedando a sus órdenes

Atentamente:

Roy Salazar Castro
Gerente General
Cable Vision de Occidente S.A.

CARTA DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 1 de Abril del 2017

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Santiago Núñez Madrigal, cédula de identidad número 1-1402-0448, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HÍBRIDA DE FIBRA ÓPTICA Y CABLE COAXIAL PARA OFRECER SERVICIO DE INTERNET EN LA ZONA DE UPALA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2016, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Guillermo Zúñiga Meléndez
Cédula de identidad: 110210043
Carné colegio profesional: IET-16885



Documento Entregado

Danny Ocaño Tellez

Fecha: 1/4/17

CARTA DEL FILOLOGO

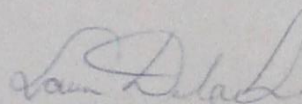
San José, martes 25 de abril de 2017.

Señores:
Ingeniería Electrónica.
Universidad Hispanoamericana.

Estimados señores:

La suscrita, Laura Delgado Quesada, cédula de identidad número 1-0717-0588, especialista en Literatura y Lingüística (Filología) Española, hago constar que he revisado y corregido el estilo, la puntuación, la ortografía, la redacción, la morfosintaxis y los vicios del lenguaje oral que se trasladan al escrito, del Proyecto de Graduación para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Electrónica, titulado: *"Diseño e implementación de una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial para ofrecer servicio de internet en la zona de Upala para el tercer cuatrimestre del 2016"*, realizado por el estudiante: Santiago Núñez Madrigal, portador de la cédula de identidad 1-1402-0448.

Se extiende la presente a solicitud del interesado, en San José el martes 25 de abril de 2017.



Licda. Laura Isabel Delgado Quesada.

Código N° 10934.

Colegio de Licenciados y Profesores en Artes y Letras.

Última línea.....

TABLA DE CONTENIDOS

CARTA DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN JURADA.....	iii
CARTA DE LA EMPRESA.....	iv
CARTA DEL LECTOR	v
CARTA DEL FILOLOGO	vi
TABLA DE CONTENIDOS.....	vii
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6
1.5.1 Alcances	6
1.5.2 Limitaciones.....	7
CAPITULO II. Marco Teórico	8
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL.....	9

2.1.1 Frecuencia	9
2.1.2 Fase de una señal	9
2.1.3 Longitud de onda de una señal.....	10
2.1.4 Espectro de frecuencias	10
2.1.5 Decibel.....	10
2.1.6 dBm	11
2.1.7 dBmV	11
2.1.8 Capacidad de canal	11
2.1.9 Fórmula para la capacidad de Shannon	12
2.1.10 Ancho de Banda (B)	13
2.1.11 Atenuación.....	14
2.1.12 Ruido	15
2.1.13 Señal analógica y digital	17
2.1.14 NTSC	17
2.1.15 Modulación y demodulación	18
2.1.16 Modulación de amplitud de cuadratura QAM.....	19
2.1.17 Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura	20
2.1.18 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).....	21
2.1.19 Multiplexación de división de frecuencia (FDM).....	22
2.1.20 Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)	22
2.1.21 “upstream”	22

2.1.22 “downstream”	23
2.1.23 Cable Coaxial	23
2.1.25 Diferencia entre información, mensaje y señal	26
2.1.26 Sistemas electrónicos de comunicaciones	26
2.1.27 Compresión MPEG	28
2.1.28 Dirección IP	29
2.1.29 DHCP.....	29
2.1.30 Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS)	29
2.2 Marco de la gestión del proyecto	32
2.2.1 Red Híbrida de Fibra Óptica y Cable Coaxial	32
2.2.2 Cabecera	33
2.2.3 Fuentes de poder.....	33
2.2.4 CODEC (Codificador/Decodificador)	34
2.2.5 Modulador de canal	34
2.2.6 “Splitter” pasivo.....	35
2.2.7 Combinador	35
2.2.8 Amplificador coaxial	35
2.2.9 Multitaps	35
2.2.10 Path cord	36
2.2.11 Transceptor óptico	36
2.2.12 Transmisor óptico	36

2.2.13 Receptor óptico.....	37
2.2.14 Nodo Óptico.....	37
2.2.15 Cable modem	37
2.2.16 CMTS (Sistema de terminación de Cable Modem).....	38
2.2.17 Oscilador de frecuencia	39
2.2.18 Analizador de espectros	39
2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto	39
2.3.1 Generalidades del Cantón de Upala.....	40
2.3.2 Dispersión de la población.....	40
2.3.3 Cobertura.....	41
CAPÍTULO III. Marco Metodológico	42
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.1.1 Finalidad	43
3.1.2 Dimensión Temporal.....	43
3.1.3 Marco.....	43
3.1.4 Naturaleza	44
3.1.5 Carácter del proyecto	44
3.1.6 Operacionalización de las variables	47
CAPÍTULO IV. Diseño y desarrollo del proyecto	48
4.1 Introducción.	49
4.1.1 Área de cobertura del servicio ofrecido	52

4.2 Descripción actual de la red.....	53
4.2.1 Medio conductor empleado.....	53
4.2.2 Ancho de banda utilizado.....	54
4.2.3 Cabecera	55
4.2.4 Antenas satelitales.....	57
4.2.5 Terminales decodificadoras	57
4.2.6 Sistema de Modulación	58
4.2.7 Sistema de combinación de señales	60
4.2.8 Planta externa.....	62
4.2.9 Red de distribución	63
4.2.10 Equipo activo instalado	64
4.2.11 Equipo pasivo instalado	71
4.2.12 Diagrama general de la red actual.....	75
4.3 Componentes necesarios para diseñar la red HFC en Upala.....	75
4.3.1 CMTS marca Cisco Modelo uBR7246 VXR.....	76
4.3.2 “splitter”s Pasivos Marca MaxNet - Número de parte MN2-2TSPF	80
4.3.3 Transmisor óptico Modelo EG1310	82
4.3.4 Receptor óptico de retorno	85
4.3.5 Fibra óptica	87
4.3.6 Cierre de empalme de fibra óptica marca 3M.....	89
4.3.7 Nodo Óptico Motorola SG-2000.....	91

4.3.8 Cable Modem Motorola SB5100.....	93
4.3.9 Enlace de fibra óptica punto a punto de banda ancha.....	94
4.4 Diseño de la red.....	95
4.4.1 Uso del espectro RF	96
4.4.3 Diseño de red en planta externa.....	102
4.4.4 Diagrama de distribución de nodos	113
4.4.5 Enlace punto a punto con el proveedor de servicio de banda ancha.....	114
4.5 Implementación del proyecto	116
4.5.1 Configuración del CMTS uBR7246 VXR	117
4.5.2 Implementación del sistema de transmisión óptica en cabecera	119
4.5.3 Implementación del sistema de recepción óptica en cabecera.....	123
4.5.4 Calibración de la señal RF en “forward”	125
4.5.5 Calibración de la señal RF en retorno	127
4.6 Realización de pruebas.....	131
4.6.1 Descripción del servicio ofrecido	131
4.6.2 “Software” de aprovisionamiento	131
4.6.3 Registro de Cable Modem	132
4.6.4 Asignación de paquete	132
4.6.5 Proceso de inicialización de un cable modem	132
4.6.6 Obtención de niveles operacionales del cable modem.....	133
4.6.7 Prueba Ping a cable modem desde la cabecera	135

4.6.8 Cierre de empalme de fibra óptica.....	136
4.6.9 Costos de implementación.....	137
CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones.	139
5.1 Conclusiones	140
5.2 Recomendaciones	143
Bibliografía	145

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aspectos generales para utilización del ancho de banda en el cable coaxial	38
Tabla 2: Operacionalización de las variables	47
Tabla 3: Lista de canales ofrecidos por la empresa	50
Tabla 4: Atenuación del cable coaxial en sus diferentes categorías	54
Tabla 5: especificaciones técnicas del Amplificador Magnavox 6NA297/48	66
Tabla 6: Parámetros técnicos de amplificador General Instrument.....	69
Tabla 7: Distribución de equipos en la red según su marca.....	71
Tabla 8: Pérdidas por inserción y numeración de taps.....	72
Tabla 9: Especificaciones técnicas de SSP – marca Arris	73
Tabla 10: Especificaciones técnicas del transmisor óptico EG-1310	83
Tabla 11: Especificaciones técnicas del Receptor Óptico de Reversa.....	86
Tabla 12: Especificaciones técnicas de fibra óptica mono modo de 4 hilos	89
Tabla 13: Especificaciones técnicas de cierre de empalme 3M	90
Tabla 14: Especificaciones técnicas del nodo Óptico Motorola SG-2000	92
Tabla 15.: Especificaciones técnicas del cable modem SB 5100.....	94
Tabla 16: Especificación de equipo requerido a nivel de cabecera.....	97
Tabla 17: Configuración y conexiones en el CMTS	101
Tabla 18: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red para nodo El cruce	104
Tabla 19: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red para nodo Don Chu	106
Tabla 20: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red	108
Tabla 21: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red	110

Tabla 22: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red	112
Tabla 23: Información del enlace punto a punto con la empresa de telecomunicaciones de Costa Rica	115
Tabla 24: Indicadores de estado de cable modem.....	133
Tabla 25: Costos de implementación	137

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación gráfica de un espectro que va desde 0.0 T hasta 2.0 T, así como los anchos de banda de 0.0 T a 0.5 T y de 1.0 T a 2.0 T.	14
Figura 2: Representación de disminución de amplitud proveniente de un transmisor (TX) que viaja por un medio hasta llegar al receptor (RX)	15
Figura 3: Representación de una señal digital mezclada con ruido, se demuestra como los datos cambian debido a la degradación de la señal	16
Figura 4: representación de un diagrama de constelación que ejemplifica la cantidad de símbolos usados en la modulación QPSK	21
Figura 5: Representación de un Cable Coaxial.....	24
Figura 6: Representación gráfica de una fibra óptica con sus diferentes elementos de protección.....	25
Figura 7: Diagrama simplificado de bloques de un sistema de comunicaciones electrónicas	28
Figura 8: Representación de una red HFC.....	33
Figura 9: Fuente de poder.....	34
Figura 10: Upala, distribución de la población por distrito, 2014	41
Figura 11: Oficinas de Cablevisión Occidente Upala	49
Figura 12: Área de cobertura de la señal de TV por cable actualmente	52
Figura 13: Representación gráfica de la red actual.....	53
Figura 14: Representación del ancho de banda de los canales 02 y 78	55
Figura 15: Elementos de la cabecera.....	56
Figura 16: Ubicación geográfica de la cabecera en Upala	56
Figura 17: Antenas parabólicas propiedad de la empresa que capturan las señales satelitales	57

Figura 18: Terminal decodificadora	58
Figura 19: Modulador de señal.....	59
Figura 20: Medición de potencia de audio y video tomados del modulador del canal 60	59
Figura 21: Esquema de proceso de la señal RF	60
Figura 22: Combinador de canales	61
Figura 23: Medición realizada con el medidor de campo en el punto de prueba del combinador	62
Figura 24: Diagrama de planta externa (Red HFC).....	63
Figura 25: Fuente de poder ubicada en la cabecera.....	65
Figura 26: Amplificador GNA.....	66
Figura 27: Vista externa e interna del amplificador general instrument.....	68
Figura 28: Amplificador System II	70
Figura 29: Tap de la marca Arris, utilizado en el proyecto de Implementación de internet en Upala.....	72
Figura 30: “spliter” SSP marca Arris.....	73
Figura 31: Acometida y tipo de conector utilizado en las instalaciones.....	74
Figura 32: Diseño de la red de televisión por cable actual	75
Figura 33: Tarjeta MC 28U.....	77
Figura 34: Diagrama trasero y frontal del CMTS.....	77
Figura 35: Fotografía tomada al CMTS localizado en Upala.....	79
Figura 36: “spliter” pasivos marca maxnet	80
Figura 37: Diagrama de conexión de los “spliter” marca Maxnet	81
Figura 38: Especificaciones técnicas de pérdidas del MN2-2TSPF	82
Figura 39: Transmisor óptico Modelo EG1310.....	85

Figura 40: Receptor Óptico de Reversa	86
Figura 41: representación de una fibra óptica mono modo	88
Figura 42: Fibra óptica mono modo	88
Figura 43: Cierre de empalme de fibra óptica marca 3M	90
Figura 44: Cable modem Motorola SB5100	93
Figura 45: Esquema de distribución de ancho de banda	95
Figura 46: Arquitectura de red HFC	97
Figura 47: Combinación de “forward” con “downstream”	98
Figura 48: Nivel entre las portadoras de video, audio, color y “downstream” en el espectro	99
Figura 49: Diagrama de comunicación entre el nodo óptico y CMTS.	100
Figura 50: Diagrama general de la red híbrida de fibra óptica y cable coaxial en Upala.....	103
Figura 51: Diagrama de distribución de Nodos	114
Figura 52: Representación de enlace punto a punto entre cable visión y empresa proveedor de ancho de banda	114
Figura 53: Recorrido en fibra óptica para establecer el enlace punto a punto	116
Figura 54: Acceso al CMTS	117
Figura 55: Combinador/”spliter” MaxNet	120
Figura 56: Medición inicial de luz óptica en el transmisor	121
Figura 57: Atenuador de 6 dB	122
Figura 58: Medición de luz óptica atenuada en la salida del transmisor	122
Figura 59: Medición de luz óptica en el nodo el cruce.....	123
Figura 60: Medición de luz en el hilo de retorno.....	124
Figura 61: Medición de niveles para la portadora de “downstream” 0 y canal 75 ..	125

Figura 62: Atenuador de 6dB en el puerto 2 del combinador	126
Figura 63: Medición de la portadora “downstream” posterior a la atenuación de 6 dB	127
Figura 64: Núcleo del nodo óptico Instalado en el cruce.....	128
Figura 65: Oscilador de frecuencia en modo envío de portadora.....	128
Figura 66: Medición de portadora de llegada en cabecera (38 MHz).....	129
Figura 67: Atenuadores de tipo “pad” para “spliter” MaxNet	130
Figura 68: Medición de señal de retorno RF atenuada	130
Figura 70: conexión a nivel general entre “downstream” y “upstream” entre un usuario de nodo específico y el CMTS	131
Figura 71: Niveles de señal RF y ruido de un cable modem	134
Figura 72: Prueba Ping al cable modem en conexión	136
Figura 73: Ubicación de cierre de empalme de fibra en Upala.....	137

CAPITULO I.

INFORMACIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Las redes de televisión por cable surgieron de la necesidad de proveer de señal a los pueblos donde la recepción por aire era difícil debido a las condiciones topográficas de las regiones; asimismo, el acceso para ver televisión era difícil para la ciudadanía.

En los Estados Unidos, en un inicio, se desarrolló la idea de capturar en un punto estratégico las señales de televisión y mezclarlas en un solo conducto o línea de transmisión para, así, ser distribuidas y amplificadas a lo largo de un recorrido y llegar hasta los hogares que no podían tener acceso a la señal, por medio de antena debido a la ubicación y difícil acceso.

Con el transcurso del tiempo, año tras año continuaron evolucionando estas redes, hasta el punto de convertirse en un sistema capaz de distribuir distintos canales desde diferentes partes del mundo, gracias a la captación de señales satelitales distribuidas por un solo cable, lo que hoy conocemos como redes de televisión por cable.

Hasta aquí se afirma que la red primitiva en la cual se fundamenta este proyecto cuenta con características anteriormente mencionadas; es decir, una operadora de cable que transmite por medio de una red de cable coaxial una grilla amplia de canales en una dirección hasta el abonado o suscriptor, consumiendo la mayor parte de ancho de banda del espectro de radio frecuencia.

En los últimos años, las empresas descubrieron que existía una manera para poder hacer que sus redes transfirieran datos; de forma tal, se podía crear una plataforma que permitiera el acceso a internet, al realizar previamente varias mejoras a sus redes actuales.

Cuando se consideró que se debería modificar la red para habilitar un canal de retorno para enviar la información y solicitudes generadas por parte del usuario, desde este principio, la red fuera capaz de ser bidireccional. Lo anterior conllevó a emplear no solamente red coaxial y operar en el espectro de radiofrecuencia, sino también a la utilización de fibra óptica como elemento fundamental para evitar atenuaciones en la calidad de la señal, debido al recorrido de grandes distancias (hasta más de 30 Kilómetros).

Un elemento que se encarga de toda la transferencia de datos en una red de televisión e internet por cable, se le conoce como cable modem. Este aparato demodula la señal que recibe y modula la que es enviada en forma de datos, esta es enviada a través del cable coaxial y fibra óptica pasando por una serie de equipos que garantizan la calidad requerida para ser administrada por un sistema robusto de terminación de cable modem, este tramita las diferentes solicitudes en velocidades muy rápidas para trasladarlas al mundo exterior conocido como internet. Al sistema de terminación se le conoce como CMTS (significa en español: sistema de terminación de cable modem) y se ubica en un centro de cabecera donde también se encuentran múltiples receptores de canales de televisión.

De acuerdo con lo supraindicado, se pretende realizar la implementación y mejora necesaria en la red de la operadora de cable localizada en la zona de Upala, para que sea capaz de ofrecer a los ciudadanos internet de banda ancha, modificando el diseño de la red de televisión por cable como base de desarrollo del proyecto.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La empresa donde se desarrollará el presente proyecto final de graduación, cuenta con más de diez años de ofrecer sus servicios de televisión por cable en forma análoga. Dicha proyecto, tiene como finalidad evaluar las condiciones actuales de una red televisión por cable en la zona de Upala, con el fin de determinar las mejoras requeridas en la red para la implementación del servicio de internet, utilizando como plataforma una red de televisión por cable existente.

El proyecto tiene como aspiraciones mejorar el servicio brindado a los suscriptores, aumentando la razón de competitividad en una zona que está en constante crecimiento, donde el uso de las telecomunicaciones es indispensable para la población en general.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El desempeño actual de la red televisiva en operación se enfoca únicamente el brindar a los clientes de la zona de Upala televisión en formato análogo, es decir, la señal es procesada en un centro de gestiones o cabecera que combina el conjunto de canales y los envía a través de red de cable (Cable Coaxial) para distribuirlos en los diferentes sectores del cantón.

La estructura de la red no soporta la implementación de una plataforma de internet debido a que se trabaja solamente con la señal "forward" y se cuenta con un espectro de frecuencia que va de 54 a 750 MHz para transmitir aproximadamente ochenta y dos canales análogos. Con esta descripción, se puede determinar que en las condiciones actuales de la red, se necesita incluir equipamiento que permita

aprovechar el espectro disponible ofreciendo ambos servicios de manera bidireccional.

Para el envío de solicitudes a internet por parte de los usuarios, no se cuenta con un canal de retorno para enviar datos a internet. Esto abarca la necesidad de asignar un canal de frecuencia para la transmisión de datos parte del usuario y un sistema de convertidor de medios que transforme la señal de radio frecuencia a luz para enviarla hasta un centro de administración de información, a través de fibra óptica.

El centro de operaciones o cabecera no cuenta con un sistema de terminación que cumpla el funcionamiento de cerebro y reciba las peticiones realizadas por el usuario y las administre de manera eficiente respondiendo a las necesidades del usuario, ya que la plataforma actual no administra datos, únicamente televisión.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Ampliar el servicio ofrecido por parte de la empresa operadora de televisión por cable a los clientes de la zona Upala, brindando conexión a internet de banda ancha basado en el sistema de televisión por cable actual.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir las condiciones actuales de la red Coaxial tomando en cuenta su arquitectura y diseño.

- Describir cuales son los componentes necesarios de una red Híbrida de Fibra Óptica y cable coaxial (Red HFC) para ofrecer servicio de internet.
- Diseñar una estructura de comunicación que permita un mejor aprovechamiento del ancho de banda para ofrecer ambos servicios.
- Implementar una red de comunicación que permita ofrecer internet de alta calidad por medio de un servicio de televisión por cable al abonado.
- Realizar pruebas que garanticen el funcionamiento del diseño propuesto.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

El cable coaxial permite el aprovechamiento de un gran ancho de banda que permita transportar canales de televisión en forma análoga y señal de internet con una atenuación considerablemente menor comparada a otros medios de transmisión como el aire o línea telefónica, ello debido a la utilización de fibra óptica en el diseño que permite recorrer largas distancias a partir de la cabecera para llegar a los diferentes puntos de cobertura sin grandes pérdidas o atenuaciones en la señal. La mayor parte del tendido de cable coaxial está en condiciones favorables para la transmisión de señales tanto análogas como digitales debido al grosor de cable y tipo del conductor.

La implementación del proyecto permitirá mejorar la calidad de la señal de televisión ofrecida actualmente, esto debido a que al ofrecerse el servicio de internet, los niveles de señal y la estructura de la red deberán estar en óptimas condiciones producto de los requerimientos de una red de televisión por cable con internet.

1.5.2 Limitaciones

El proyecto a implementar tiene como objetivo abarcar las regiones de mayor densidad de población tales como: Upala centro, Barrio Verdún, Barrio Heliconias, Barrio Ricos y Famosos, Barrio las Palmas, Barrio los Ángeles, Barrio Don Chu. La empresa posteriormente continuará con las expansiones correspondientes en otros sectores basados en la plataforma inicialmente puesta en marcha en este proyecto.

Cada nodo ubicado en planta externa tiene la capacidad de proveer señal de internet a un máximo de 150 usuarios, esto por decisión de la empresa y mejor aprovechamiento del ancho de banda. Para monitoreo de servicio se tomará como referencia un cable modem instalado directamente de las terminales distribuidoras del servicio denominadas “taps” y no desde territorios privados, casas o instituciones. Es posible realizar las pruebas desde el “tap”, pues desde estos equipos se conectan las acometidas hasta los hogares residenciales.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL

Para la implementación del presente proyecto que busca implementar un sistema de Internet sobre una plataforma de televisión por cable en operación. Es importante conocer términos referentes a la señal, tratamientos de la misma durante la comunicación y consideraciones que pueden alterar un mensaje y manejo de datos en general.

De una manera teórica, se pretende dar la idea y conceptualización en una de las ramas de las telecomunicaciones que ofrece millones de servicios de conexión alrededor del mundo, generando un criterio basado en la información suministrada a continuación.

2.1.1 Frecuencia

Para Tomasi (2003): “La cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente, durante determinado periodo. Cada inversión completa de la onda se llama ciclo. La unidad básica de frecuencia es el hertz (Hz), y un hertz es igual a un ciclo por segundo (1 Hz = 1 cps)” (p. 4). Por otro lado, en el diccionario WordReference, (s.f.), se define como: “Número de oscilaciones, vibraciones u ondas por unidad de tiempo en cualquier fenómeno periódico”.

2.1.2 Fase de una señal

De acuerdo con el criterio de Stallings (2000): “Es una medida de la posición relativa de la señal dentro de un periodo de esta” (p. 64). También DLI Engineering (s.f.) dice que: “es una medida de la diferencia de tiempo entre dos ondas

senoidales. Aunque la fase es una diferencia verdadera de tiempo, siempre se mide en términos de ángulo, en grados o radianes. Esto constituye una normalización del tiempo que requiere un ciclo de la onda sin considerar su verdadero periodo de tiempo”.

2.1.3 Longitud de Onda de una señal

Según (“EcuRed,” s.f.), se define como: “ La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos longitud de onda. La longitud de onda de una onda describe cuán larga es la onda”. De acuerdo a la definición de Stallings (2000): “La distancia que ocupa un ciclo, en otras palabras, la distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos” (p. 66).

2.1.4 Espectro de frecuencias

Amplitud y la fase de cada una de las ondas sinusoidales que componen una señal (“CATV Dictionary,” s.f.a).

En otro punto de vista, Stallings (2000) define espectro como: “El conjunto de frecuencias que la constituyen” (p. 69).

2.1.5 Decibel

Couch (2008) indica que: “El decibel es una medida logarítmica de base 10 para relaciones o razones de potencia. Por ejemplo, la razón del nivel de potencia a la salida de un circuito en comparación con aquél a la entrada de este, a menudo se especifica a través de una ganancia en decibeles en lugar de una razón real” (p. 40).

El decibel o decibelio expresa una razón entre cantidades y no una cantidad. El decibel expresa cuantas veces más o cuantas veces menos, pero no la cantidad exacta. Es una expresión que no es lineal, sino logarítmica. Es una unidad de medida relativa (“Definición,” 2015).

Fiber-Optics lo define como: “Unidad de medida que indica la potencia relativa en una escala logarítmica. A menudo se expresa en referencia a un valor fijo, tal como dBm o dBμ. $DB = 10 \cdot \text{Log}_{10} (P1 / P2)$ (s.f.).

2.1.6 dBm

La potencia en dB referida a un milivatio. Por ejemplo, 0 dBm es 1 miliwatt, 20 dBm es 100 miliwatts y -10 dBm es 0,1 miliwatt. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.7 dBmV

Decibel milliVolt (dBmV) (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.8 Capacidad de canal

Stallings (2004), sobre capacidad de canal, refiere lo siguiente:

Se denomina capacidad de canal a la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal o ruta de comunicación de datos.

Existen cuatro conceptos relacionados con la capacidad, que son:

- La velocidad de transmisión de los datos: es la velocidad expresada en bits por segundo (bps) a la que se pueden transmitir los datos.
- El ancho de banda: es el ancho de banda de la señal transmitida que estará limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión, se mide en ciclos por segundo o hertzios.

- El ruido: es el nivel medio de ruido, a través del camino de transmisión.
- La tasa de errores: es la tasa a la que ocurren los errores. Se considera que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo transmitido un 0 y viceversa (p. 83).

Cuando hablamos de ancho de banda de canal (ABC) nos referimos al intervalo de frecuencias que un canal puede soportar o procesar. Es de nueva cuenta la diferencia entre la frecuencia máxima y mínima. Por ejemplo el ancho de banda de un canal telefónico es 4 KHz y el de un canal de TV es de 6 MHz (“Ancho de Banda (definición),” s.f.).

2.1.9 Fórmula para la capacidad de Shannon

El ruido es una constante presente en todos los sistemas de comunicación, sin embargo, su debido tratamiento beneficia a las transmisiones mejorando la calidad de la señal. Basándose en los estudio realizados por Shannon en cuanto al ruido presente en los sistemas de comunicación, Stallings (2004) aduce lo siguiente:

Dado un nivel de ruido, es de esperar que incrementando la energía de la señal se mejoraría la recepción de datos en presencia de ruido. Un parámetro fundamental en el desarrollo de este razonamiento es la relación señal-ruido (SNR, o S/N)⁹, que se define como el cociente de la potencia de la señal entre la potencia del ruido presente en un punto determinado en el medio de transmisión. Generalmente, este cociente se mide en el receptor, ya que es aquí donde se realiza el procesado de la señal y la eliminación del ruido no deseado. Por cuestiones de comodidad, la SNR se expresa en decibelios:

Un parámetro fundamental en el desarrollo de este razonamiento es la relación señal ruido (SNR), que se define como el cociente entre la potencia de la señal y la potencia del ruido presente en un punto determinado en el medio de transmisión (p. 85).

Sumado a lo anterior, el mismo Briseño (2012) expresa: “La razón entre el valor promedio de la potencia de la señal útil respecto al valor promedio de la potencia de ruido” (p. 174).

$$(\text{SNR})_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{\text{potencia de señal}}{\text{potencia de ruido}}$$

La relación señal-ruido es importante en la transmisión de datos digitales, ya que determina la máxima velocidad de transmisión que se puede conseguir (Stallings, 2000, p. 85)

La capacidad de “bits” por segundo se puede determinar con la siguiente ecuación de Shannon:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR})$$

Donde C es la capacidad del canal en bits por segundo y B el ancho de banda del canal en Hertzios.

2.1.10 Ancho de Banda (B)

El ancho de banda de una señal de información no es más que la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima contenidas en la información, y el ancho de banda de un canal de comunicaciones es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que pueden pasar por el canal (es decir, son su banda de paso) (Tomasi, 2003, p. 8).

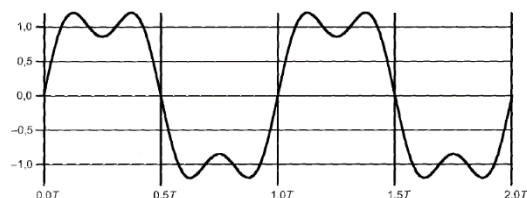
La limitación en la velocidad de los datos está impuesta simplemente por el ancho de banda de la señal, Nyquist formalizó esta limitación, afirmando que si la

velocidad de transmisión de la señal es $2B$, entonces una señal con frecuencias no superiores a B es suficiente para transportar esta velocidad de transmisión de la señal (Stallings, 2000, p. 88).

En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobytes por segundo (kbps), o megabytes por segundo (mps) ("masadelante.com," s.f.).

La figura 1 representa varios anchos de banda, donde cada frecuencia es asignada en un espectro especificado.

Figura 1: Representación gráfica de un espectro que va desde 0.0 T hasta 2.0 T, así como los anchos de banda de 0.0 T a 0.5 T y de 1.0 T a 2.0 T.



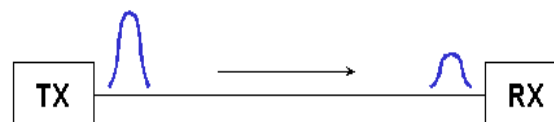
Fuente: (Stallings, 2000, p.67).

2.1.11 Atenuación

La reducción de densidad de potencia con la distancia equivale a una pérdida de potencia, y se suele llamar atenuación de la onda. Como la atenuación se debe a la dispersión esférica de la onda, a veces se le llama atenuación espacial de la onda. La atenuación de la onda se expresa en general en función del logaritmo común de la relación de densidades de potencia (pérdida en dB)" (Tomasi, 2003, p. 352).

Como se puede observar en la figura 2, se tiene una señal transmitida desde el transmisor (TX) de amplitud mayor que la que llega al receptor (RX) en menor amplitud, revelando gráficamente el concepto de atenuación.

Figura 2: Representación de disminución de amplitud proveniente de un transmisor (TX) que viaja por un medio hasta llegar al receptor (RX)



Fuente: ("Caractersticas-de-los-enlaces-con-cables-de-cobre-8-728.jpg (728×546)," s.f.).

La atenuación es la razón principal por la cual las redes tienen varias restricciones de longitud de cable. Si una señal se vuelve demasiado débil, el equipo receptor la interpretará incorrectamente o no lo hará. Ello provoca errores, que requieren retransmisión y pérdida de rendimiento ("Cable and Wiring (Linktionary term)," s.f.).

2.1.12 Ruido

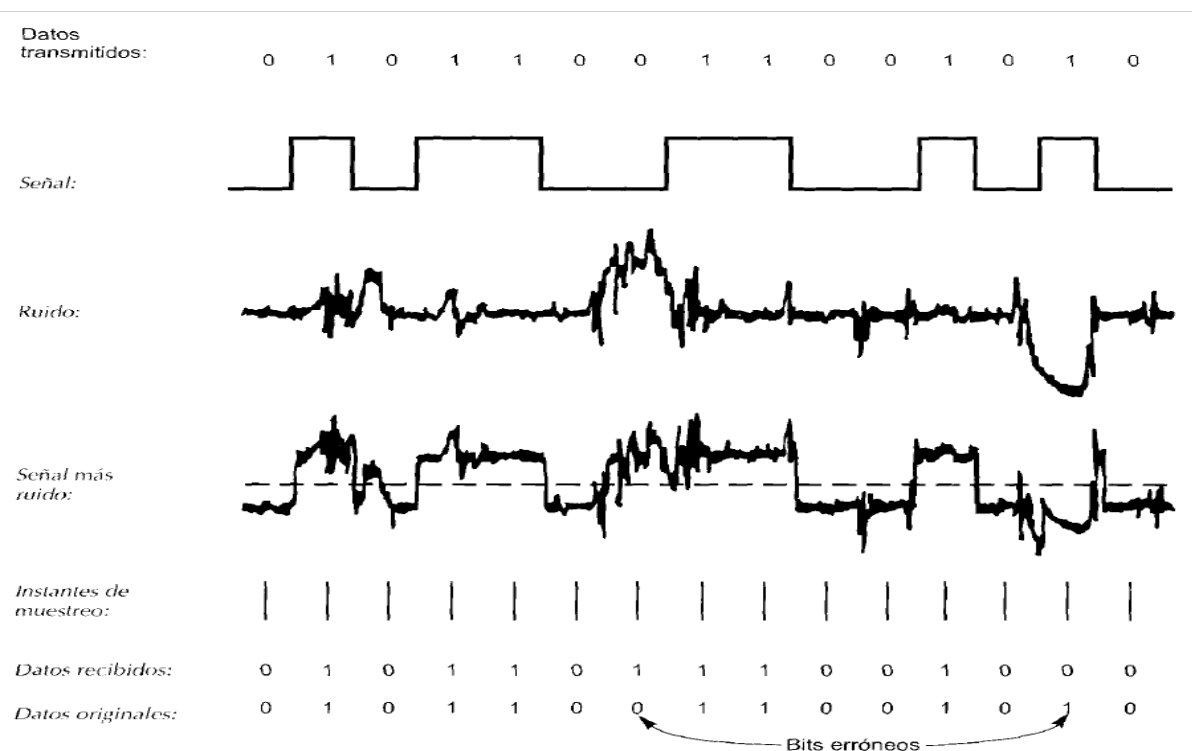
En cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada, debido a distorsiones introducidas por el sistema de transmisión: además de señales no deseadas que se insertarán en algún punto entre el emisor y receptor (Stallings, 2000, p. 85).

La distorsión producida por las características físicas del canal que producen distorsión de fase y de amplitud, y la distorsión producida por señales aleatorias o interferentes que se suman a las señales útiles distorsionándolas severamente (Briseño, 2012, p. 163).

Como se observa en la figura 3, se muestra una señal digital en primera instancia, esta es afectada por el ruido y una vez mezclada se observa una señal resultante que contiene información ilegible por el receptor, es decir, para valores como un cero, perfectamente los puede interpretar como un uno.

Aunado a las definiciones precitadas que, para efectos de una red de Internet por cable, se deben establecer, de manera adecuada, los niveles óptimos para minimizar el ruido.

Figura 3: Representación de una señal digital mezclada con ruido, se demuestra como los datos cambian debido a la degradación de la señal



Fuente: (Stallings, 2000, p. 87).

Las líneas de transmisión son susceptibles al ruido de fondo generado por fuentes externas. Este ruido combina y distorsiona una señal transmitida. Mientras que el ruido puede ser menor, la atenuación puede mejorar sus efectos.

El ruido ambiental en los circuitos digitales es causado por luces fluorescentes, motores, hornos de microondas y equipos de oficina como computadoras, teléfonos y copadoras (“Cable and Wiring,” s.f.).

2.1.13 Señal analógica y digital

La señal analógica es aquella que presenta una variación continua con el tiempo; es decir, que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua) (FjRamirez, s.f.).

Una señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente, y que, según su espectro, puede propagarse a través de una serie de medios, por ejemplo, un medio conductor como par trenzado, cable coaxial o fibra óptica. Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión que se pueden transmitir a través de un medio conductor (Stallings, 2000, p. 78).

De acuerdo con lo anterior, la información puede propagarse de manera digital y analógica por diferentes medios conservando la información, tiene su aplicabilidad tomando en cuenta cantidad de información a enviar o tipo de medio a emplear.

2.1.14 NTSC

El Comité Nacional del Sistema de Televisión constituye un grupo industrial que estableció el estándar para la transmisión de televisión, actualmente en uso en los Estados Unidos, Canadá, Japón y otros países. La abreviatura NTSC se utiliza a

menudo para describir el estándar de televisión analógica que transmite 60 campos / segundos, 30 cuadros o imágenes / segundo, y una imagen compuesta por 525 líneas de exploración horizontal, independientemente de si una imagen de color está o no involucrada. El NTSC creó su primer estándar de televisión analógica en 1953 (“CATV Dictionary,” s.f.).

Estándar utilizado en Estados Unidos que entrega 525 líneas a 60 cuadros por segundo (“Fiber-Optics,” s.f.).

2.1.15 Modulación y demodulación

La modulación y demodulación son técnicas utilizadas para transferir información desde un origen a un destino. Un modulador traduce un mensaje de señal a una señal de portador que opera dentro de la banda de frecuencia de los medios de comunicación. Un demodulador recibe el mensaje de la compañía y lo traduce en información (“eHow en Español,” s.f.).

Es necesario establecer una ruta o canal de comunicación por el cual se propaga información de interés, esto para brindar respaldo y calidad de la fuente. La modulación y demodulación se refieren a un proceso que busca eso, encapsular la información por una vía de manera modulada y volverla a su estado primitivo mediante demodulación. En relación con este aspecto, Stallings (2004) aduce lo siguiente: “Es necesario modular la información de la fuente, con una señal analógica de mayor frecuencia, llamada portadora. En esencia, la señal portadora transporta la información a través del sistema. La señal de información modula a la portadora, cambiando su amplitud, su frecuencia o su fase. Modulación no es más que el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora, en proporción con la señal de información” (p. 2).

Por otra parte, Briseño (2012) indica que: "La "modulación" es la variación sistemática de alguna característica de una señal, denominada "portadora", en concordancia con la señal mensaje o "señal modulante" (p. 278).

2.1.16 Modulación de amplitud de cuadratura QAM

La modulación de amplitud en cuadratura, en inglés Quadrature Amplitude Modulation (QAM), es una modulación digital avanzada que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. Estas dos ondas, generalmente sinusoidales, están desfasadas entre sí 90° en la cual una onda es la portadora y la otra es la señal de datos. Se utiliza para la transmisión de datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido ("adslfaq," 2013).

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM, por quadrature amplitude modulation) es una forma de modulación digital, donde la información digital está contenida tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida (Tomasi, 2003, p. 496).

QAM es una combinación de modulación de amplitud (que cambia la amplitud o voltaje de una onda senoidal para transmitir información) junto con la modulación de fase. Dos señales de modulación se derivan mediante un pre-procesamiento especial a partir del flujo de bits de información. Se generan dos réplicas de la onda sinusoidal de frecuencia portadora; Uno es una réplica directa y el otro se retrasa en un cuarto de ciclo (90 grados). Cada una de las dos señales de modulación derivadas diferentes se utilizan entonces para modular la amplitud de una de las dos ondas sinusoidales portadoras de réplica, respectivamente. Las dos señales moduladas resultantes pueden ser sumadas entre sí. El resultado es una onda sinusoidal que tiene una frecuencia constante invariable, pero que tiene una

amplitud y una fase que varían para transmitir la información. En el detector o decodificador se puede reconstruir el tren de bits de información original. QAM transmite una tasa de bits de información más alta (bits por segundo) que una señal BPSK o QPSK del mismo ancho de banda, pero también se ve más afectada por la interferencia y el ruido ("CATV Dictionary," s.f.).

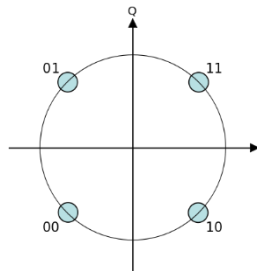
Una técnica de codificación que utiliza muchos niveles digitales discretos para transmitir datos con un ancho de banda mínimo. QAM256 utiliza 256 niveles discretos para transmitir video digitalizado ("Fiber-Optics," s.f.).

2.1.17 Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura

Según Tomasi (2003): "La manipulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK, por quaternary phase shift keying), o PSK de cuadratura como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital angular y de amplitud constante. La QPSK es una técnica M-aria de codificación en la que $M = 4$ (de ahí el nombre "cuaternario", que significa "4"). Con esta codificación, son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia de portadora" (p. 484).

Este es el tipo de modulación empleada para el canal "upstream" por dos razones: una porque este rango de frecuencias es de las más bajas del espectro disponible; es decir, es un ancho de banda que va desde los 5 a 42 MHz. La otra razón es porque este rango de frecuencias es más susceptible a ruido. Por ende, debido a su robusta combinación resulta más inmune al ruido en comparación con una 64 QAM.

Figura 4: Representación de un diagrama de constelación que ejemplifica la cantidad de símbolos usados en la modulación QPSK



Fuente: (eAnswers, s.f.).

2.1.18 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es un proceso de compartir un solo canal de radio dividiendo el canal en intervalos compartidos entre usuarios simultáneos del canal de radio. Cuando una radio móvil comunica con un sistema TDMA, se le asigna una posición temporal específica en el canal de radio. Al permitir que varios usuarios utilicen diferentes posiciones de tiempo (intervalos de tiempo) en un solo canal de radio, los sistemas TDMA aumentan su capacidad para servir a varios usuarios con un número limitado de canales de radio (“CATV Dictionary,” s.f.).

Técnica de comunicaciones que utiliza un canal común (multipunto o difusión) para comunicaciones entre múltiples usuarios al asignar intervalos de tiempo únicos a cada usuario. Se utiliza ampliamente en sistemas de satélites, redes de área local, sistemas de seguridad física y radiosistemas de red de combate (“Fiber-Optics,” s.f.).

2.1.19 Multiplexación de división de frecuencia (FDM)

La multiplexación de división de frecuencia (FDM) es la multiplexión de dos o más señales en una salida asignando cada señal su propio ancho de banda dentro de un amplio rango de frecuencias. La multiplexión por división de frecuencia se utiliza para dividir un ancho de banda de frecuencia en varios canales de frecuencia de ancho de banda más pequeños. Cada uno de estos canales más pequeños se utiliza para un canal de comunicaciones (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.20 Multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

La multiplexación por división de longitud de onda es el proceso de transmisión de varios canales de comunicación distintos, a través de un medio de transmisión (tal como una única fibra óptica) mediante el uso de una longitud de onda independiente distinta (RF o frecuencia óptica o "color") para cada canal de comunicación. Cada canal puede subdividirse además en varios canales lógicos mediante multiplexación por división de tiempo u otros métodos (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.21 “Upstream”

Canal comprendido entre los 4 Mhz y los 50 Mhz de la red HFC, destinado para los datos enviados del usuario a la Cabecera, también conocido como canal de retorno, debido a que este es más susceptible al ruido que los canales de “downstream” se usan modulaciones más robustas como son QPSK o 16 QAM, la información es enviada a través de tramas Ethernet; la multiplexación usada para este canal consiste en una combinación de FDM con TDM (multiplexación por

distribución de tiempo), debido a las características de este canal en las redes HFC no se sobrepasa 250 usuarios de retorno por nodo (benitez, s.f.).

2.1.22 “Downstream”

Canal comprendido entre los 55.25 Mhz y los 860 Mhz de la red HFC destinado para los datos que viajan de la cabecera al usuario, sobre canales de 6 Mhz de ancho de banda, las frecuencias de 55.25 Mhz a 750 Mhz se usan para T.V analógica y de 750 Mhz a 860 Mhz para canales digitales; esta asignación de frecuencias depende de la cantidad de canales analógicos que se tengan en el servicio (Benitez, s,f).

2.1.23 Cable Coaxial

El cable coaxial como medio principal de comunicación Stalling (2000) lo describe así: “Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea el cable conductor. El conductor interior se mantiene a lo largo del eje axial mediante una serie de anillos aislantes regularmente espaciados o bien mediante un material solido dieléctrico. Debido al apantallamiento realizado, es decir a la disposición concéntrica de los dos conductores, el cable coaxial es menos susceptible a interferencias y diafonías” (p. (p.108).

La figura 5 ejemplifica la definición anterior de lo que sería la representación de un cable coaxial.

Figura 5: Representación de un Cable Coaxial



Fuente: ("Cable Coaxial," s.f.).

Este cable consiste en un núcleo de cobre sólido rodeado por un aislador, una combinación de blindaje, alambre de tierra, y una cubierta de protección externa. Tiene una velocidad de datos de 10Mbits / s e implementa una topología de bus en la que cada estación está conectada a una sola cadena de cable ("Cable and Wiring," s.f.).

2.1.24 Fibra óptica

La fibra óptica no es más que un conjunto numeroso de hilos transparentes, normalmente hechos de vidrio o de plástico. Se ha probado que estos hilos son claros receptores de luz, los cuales, a través suyo, pueden, entonces, viajar una gran cantidad de datos e información a una alta velocidad que son mantenidos dentro del hilo. De este modo, se disminuye en gran medida la dispersión de la información al poder mantenerse esta mucho más controlada. Al mismo tiempo, la fibra óptica ha sido especialmente creada para tolerar las ondas electromagnéticas, creando así mayor seguridad y eficiencia para el traslado de información. Finalmente, la fibra óptica, al no necesitar electricidad suma otro elemento de seguridad al usuario promedio ("Definición de Fibra óptica," s.f.).

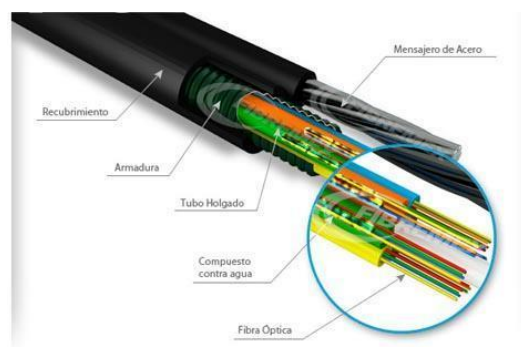
Stalling (2004) define la fibra óptica de la siguiente manera:

Un cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y está formado por tres secciones concéntricas: el núcleo, el revestimiento y la cubierta. El núcleo es la sección más interna; está constituido por una o varias fibras de cristal o plástico, con un diámetro entre 8 y 100 μm .

Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento, que no es sino otro cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La separación entre el núcleo y el revestimiento actúa como un reflector, confinando así el haz de luz, ya que de otra manera escaparía del núcleo. La capa más exterior que envuelve a uno o varios revestimientos es la cubierta. La cubierta está hecha de plástico y otros materiales dispuestos en capas para proporcionar protección contra la humedad, la abrasión, posibles aplastamientos y otros peligros (p. 105).

La figura 6, corresponde a la representación de un cable de fibra óptica, el cual contiene hilos de fibra de diferentes colores, asociados a distintas longitudes de onda, se puede observar también sus componentes para brindarle seguridad y protección del exterior.

Figura 6: Representación gráfica de una fibra óptica con sus diferentes elementos de protección



Fuente: ("<http://www.fibraoptica hoy.com/imagenes/2012/04/Cable-de-fibra-%C3%B3ptica-externa-figura-%E2%80%9C8%E2%80%9D.jpg>," s.f.).

2.1.24.1 Tipos de fibra óptica

Según la aplicación las fibras pueden ser multimodal o monomodal, es importante la descripción hecha por Couch (2008), quien expresa lo siguiente:

La fibra multimodal tiene un diámetro de núcleo de 50 μm y un diámetro de revestimiento de 125 μm . La luz se refleja en el borde entre el núcleo y el revestimiento y se propaga a través de la fibra para producir múltiples rutas de flujo de luz con diferentes longitudes. Esto causa una dispersión de pulsos de la señal en el lado del receptor y, por lo tanto, limita severamente la velocidad de transmisión de bit que se puede alcanzar. La fibra de un solo modo tiene un diámetro de núcleo de aproximadamente 8 μm y causa una propagación de una sola onda. En consecuencia, existe poca dispersión de los pulsos de luz recibidos. Se prefiere la fibra de un solo modo debido a su mayor rendimiento (p. 601).

2.1.25 Diferencia entre información, mensaje y señal

Es importante establecer dicha diferenciación para retomarla y, posteriormente, clarificarla. Briseño (2012) indica: "Información es la inteligencia o significado que se transmitirá: es una entidad intangible. Mensaje es la materialización de la información en una cantidad mensurable: el mensaje es el soporte de la información. Señal es la magnitud eléctrica que resulta de la transformación de una magnitud no eléctrica portadora de información en una magnitud eléctrica variable en el tiempo" (p. 278).

2.1.26 Sistemas electrónicos de comunicaciones

Desde hace muchos años, el ser humano ha mejorado sus medios de comunicación, esto para mejorar la eficiencia en mayor parte. Constan de un transmisor, receptor y medio por el cual se transmite la información. Los sistemas

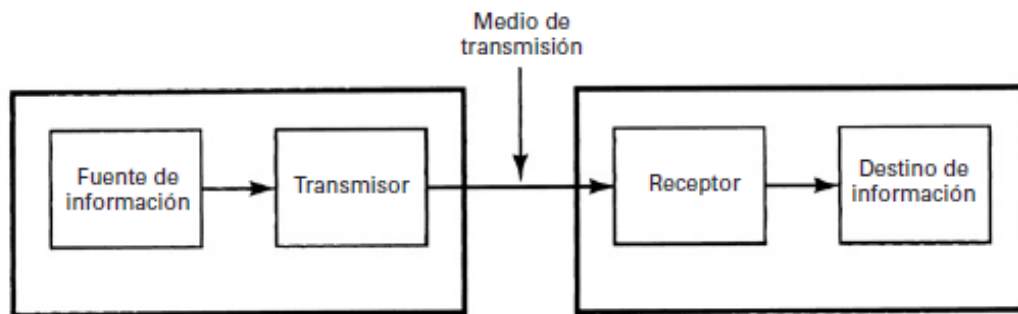
electrónicos de comunicaciones han sido la herramienta de mayor auge en los últimos tiempos. Stalling (2004) señala:

Un sistema electrónico de comunicaciones como un transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. También se puede convertir la información a ondas electromagnéticas luminosas, propagarlas a través de cables de fibra óptica hechas de vidrio o de plástico, o bien se puede usar el espacio libre para transmitir ondas electromagnéticas de radio, a grandes distancias o sobre terreno donde sea difícil o costoso instalar un cable físico. Un receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas y las reconvierte a su forma original (p. 2).

Por otra parte, Briceño (2012) expresa lo siguiente: "Un sistema de comunicación comprende un transmisor, un canal sobre el cual la información se transmite, y un receptor para recoger la información y entregarla al destinatario. El canal de transmisión puede ser un simple par de conductores, un cable coaxial, una fibra óptica, una guía de ondas o el espacio libre" (p.1).

La figura 7 representa un sistema de comunicación donde se observa el encapsulamiento de un mensaje y enviado a un medio.

Figura 7: Diagrama simplificado de bloques de un sistema de comunicaciones electrónicas



Fuente: (Stallings, 2004, p. 2).

2.1.27 Compresión MPEG

Compresión de las señales de vídeo como la conforman al grupo de expertos en imágenes en movimiento (MPEG). Hay varios niveles de compresión MPEG; MPEG-1 y MPEG-2. MPEG-1 comprime aproximadamente 52 a 1. MPEG-2 comprime hasta 200 a 1. MPEG-2 típicamente proporciona calidad de video digital que es similar a las cintas VHS con una velocidad de datos de aproximadamente 1 Mbps. La compresión MPEG-2 puede utilizarse para canales HDTV, sin embargo, esto requiere velocidades de datos más altas. (“CATV Dictionary,” s.f.).

MPEG son las siglas de Moving Picture Experts Group y se pronuncia m-peg. MPEG es un grupo de la ISO y la familia de estándares de compresión y de formatos de archivo de video digital desarrollados por el grupo (“masadelante.com,” s.f.).

2.1.28 Dirección IP

La dirección de protocolo de Internet es la parte de dirección de un paquete de Protocolo de Internet (IP). Para IP versión 4, se trata de una dirección de 32 bits y para IP versión 6, se trata de una dirección de 128 bits. Para ayudar a simplificar la presentación de direcciones IPv4, es común agrupar cada parte de 8 bits de la dirección IP como un número decimal separado de otras partes por un punto (.), Como por ejemplo: 207.169.222.45 (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.29 DHCP

El protocolo de configuración de host dinámico, es un proceso que asigna dinámicamente una dirección de Protocolo de Internet (IP) desde un servidor a clientes según sea necesario. Las direcciones IP son propiedad o controladas por el servidor y se almacenan en un grupo de direcciones disponibles. Cuando el servidor DHCP detecta que un cliente necesita una dirección IP (por ejemplo, cuando un equipo se inicia en una red), asignó una de las direcciones IP disponibles en el grupo. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.1.30 Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS)

La especificación de interfaz para servicio de datos sobre cable (versión 2.0) es una versión evolucionada del estándar de la industria DOCSIS 1.1 utilizada por los sistemas de televisión por cable para proporcionar servicios de datos de Internet a los usuarios. Publicado en diciembre de 2001, la especificación DOCSIS 2.0 mejoró la comunicación ascendente para permitir servicios síncronos a través del formato de canal ascendente de acceso múltiple de división de código

asincrónico (S-CDMA). La especificación DOCSIS 2.0 también permite que los canales ascendentes transmitan en anchos de banda de canal de RF de 6,4 MHz.

Benitez (2013) aduce lo siguiente: “La especificación DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) es un conjunto de estándares aprobado por Cable Labs (Cable Televisión Laboratories) que garantiza la interoperabilidad de la tecnología empleada en la transmisión de datos de alta velocidad en una red de cable. CableLabs es quien se encarga de certificar el equipo que cumple las especificaciones DOCSIS y garantiza su adecuado funcionamiento en las redes de cable que adoptan el estándar” (p.19).

2.1.30.1 Características “Downstream”

- **Relación portadora a ruido en transmisión “downstream” (CNR)**

La relación portadora a ruido se refiere a la razón, expresada en decibeles, entre el nivel de la portadora de la señal y el nivel del ruido, DOCSIS indica que esta relación no deberá ser menor a 35 dB para la transmisión “downstream”.

- **Distorsión compuesta de segundo orden en transmisión “downstream”**

Debido a que en una transmisión “downstream” los datos se envían en el mismo espectro en que se encuentran los canales de televisión, es importante cuidar que la distorsión compuesta de segundo orden (CTB) no exceda ciertos límites. De acuerdo a esto, DOCSIS establece que esta forma de distorsión no lineal no deberá exceder 50 dBc (por dBc entiéndase los decibeles relativos al nivel de la portadora).

- **Nivel de intermodulación en transmisión “downstream”**

Consiste en el nivel de intermodulación causado por la modulación de la portadora de la señal deseada, por una señal no deseada. DOCSIS establece que este nivel de intermodulación no deberá exceder 40 dBc.

2.1.30.2 Características de “upstream”

- **Relación señal ruido (SNR)**

La presencia de ruidos de magnitud mayor se evidencia en las frecuencias menores a 15 Mhz, razón por la cual se trata de evitar el uso de dichas frecuencias. Es importante contemplar que la relación portadora a ruido no deberá ser menor a 25 dB, y el retraso entre el cable módem más alejado y el CMTS no podrá exceder 800 ms.

- **Protocolo de Control de Acceso al Medio MAC**

El protocolo MAC basado en los estándares de la IEEE 802.14, está por encima de la capa física dentro de la pila de protocolos, fluye información entre la estación (CM) y la cabecera. La responsabilidad principal es asegurar que la estación "A" está concediendo permiso para enviar información hacia la cabecera sin chocar con la estación "B" o "C" u otra estación que quiera hacer algo desde el canal “upstream”. El Protocolo de Resolución de Colisión (CRP) está hecho para resolver resultados de colisiones desde dos o más estaciones que estén transmitiendo simultáneamente.

El MAC especifica las reglas que las estaciones deben emplear para solicitar el acceso al canal.

2.2 Marco de la gestión del proyecto

La implementación de un servicio de internet a través de una red de televisión por cable, requiere de una plataforma capaz de manejar señales tanto ópticas como de radio frecuencia. Para ello, se involucran ciertos componentes, tanto activos como pasivos que se encargan de llevar la información desde el centro de distribución hasta el usuario final.

La mayoría de las descripciones sobre equipos a implementar son basadas en datos del fabricante y empresas comerciales que especifican su respectiva especificación técnica. También, en este proyecto se considera cada uno de los siguientes equipos como parte de la estructura a desarrollar.

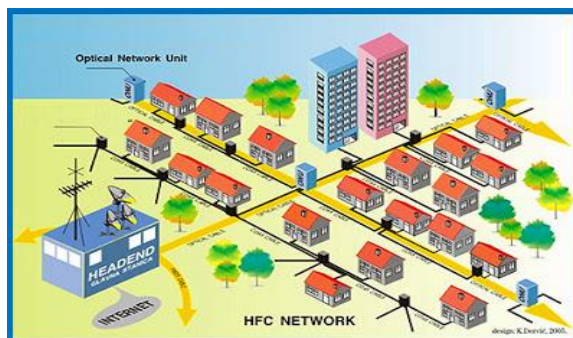
2.2.1 Red híbrida de fibra óptica y cable coaxial

El término “HFC” corresponde a híbrido fibra coaxial, esto quiere decir que la red está compuesta por fibra óptica y cable coaxial, con este concepto se realizan troncales de fibra óptica para tener mayor alcance con menor distorsión (John Ramirez, s.f.).

Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina varios medios de transmisión, fibra óptica transmisión por medio de luz y cable coaxial transmisión por medio de cobre, los cuales son utilizados para la transmisión de señales. La característica de este tipo de redes es que ofrece variedad de servicios por un único medio de transmisión (alexalvarez0310, 2009).

La figura 8 detalla gráficamente una red HFC, en donde se muestra una cabecera que distribuye la señal, y así mismo recibe información por parte de los usuarios.

Figura 8: Representación de una red HFC



Fuente: (Benitez, 2013) .

2.2.2 Cabecera

Es el primer elemento jerárquico en la red, es la parte más determinante en la calidad global de un sistema HFC, es el centro desde el que se gobierna todo el sistema, su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red. En la cabecera se generan todos los datos que serán enviados a los usuarios pudiendo ser estas señales de canales analógicos de T.V o datos en modulaciones digitales, esta señal es multiplexada en frecuencia; en este centro de gestión también se reciben los datos enviados por los usuarios (Benitez, s.f.).

2.2.3 Fuentes de poder

Las fuentes de poder son elementos activos de una red híbrida (HFC) que se encargan de convertir los 110 VAC que entrega la red de energía y convertirlos en 60 VAC o 90 VAC que se necesita para las redes HFC. Esta fuente tiene un sistema de respaldo en caso de haber una falla en el fluido eléctrico. Esta entraría a funcionar por medio de una tarjeta inversora y entraría a funcionar un banco de baterías que darían un respaldo durante dos horas (alexalvarez0310, 2009).

Figura 9: Fuente de poder



Fuente: (Alexalvarez0310, 2009).

2.2.4 CODEC (Codificador/Decodificador)

Los “codecs” son dispositivos o “Software” que se utilizan para comprimir (codificar) o expandir (decodificar) información a un número menor de bits para una transmisión y almacenamiento más eficientes. El término códec normalmente sólo se aplica a la compresión de señales percibidas por humanos tales como voz, audio, imágenes o video (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.5 Modulador de canal

Un modulador de canal se utiliza para convertir señales de video en canales de difusión de televisión. Los moduladores de canal se utilizan en redes de televisión por cable para convertir una señal de programa de vídeo (como CNN o MTV) y la convierten con una frecuencia de portadora RF, para un canal de televisión que se distribuye a través de la red CATV. El modulador convierte las señales de video y audio. La frecuencia de este portador modulador de canal determina el número de canal de televisión (es decir, 2 a 99) que el programa recibirá por los abonados. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.6 “Spliter” Pasivo

Un divisor pasivo es un acoplador que tiene una entrada y varios puertos de salida donde el puerto de entrada está conectado a todos los puertos de salida y la energía es pasiva (sin amplificación), distribuida entre los puertos de entrada y salida. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.7 Combinador

Un combinador pasivo es un dispositivo o conjunto de filtros que puede combinar varias señales portadoras moduladas (canales físicos) para agruparse en el mismo canal de transmisión o sistema de antena. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.8 Amplificador Coaxial

Los amplificadores coaxiales son dispositivos que se utilizan para amplificar las señales que se transmiten en los cables coaxiales. Los amplificadores coaxiales pueden ofrecer una amplificación unidireccional o bidireccional. El rango de frecuencia y los amplificadores coaxiales se seleccionan típicamente para que coincidan con las señales que se transmiten en el cable coaxial. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.9 “Multitaps”

El “multitap” tiene una entrada, una salida y una cierta cantidad de “taps” y se encuentra en cajas de aluminio premoldeado de forma similar a los divisores. Para cada tipo se disponen en varios valores o niveles de atenuación generalmente en pasos de 4 dB.

De acuerdo con el balance de potencia explicado anteriormente, para aquellos “multitaps2 que presentan mayor atenuación en los “taps” presentaran menor pérdida de inserción (“6.3 Taps o Multitaps,” s.f.).

2.2.10 “Path Cord”

Consiste en un cable que contiene internamente cuatro pares de cables más pequeños y que deben cumplir estándares internacionales de fabricación para poder estar dentro de una categoría lo cual los diferencia en calidad.

Es usado para redes y comunicaciones electrónicas paratransferir datos en altas velocidades de un dispositivo electrónico (“cableadoestructurado.bligoo.com,” s.f.).

2.2.11 Transceptor Óptico

Un transceptor óptico es una combinación de un transmisor óptico y un receptor óptico en un dispositivo o conjunto de comunicación óptica. Un módem óptico es un transceptor óptico. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.12 Transmisor Óptico

Un transmisor óptico es un dispositivo o conjunto que convierte una señal de información eléctrica, acústica o de otra forma en una señal portadora óptica transmitida. (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.13 Receptor Óptico

Un receptor óptico es un dispositivo que se utiliza para convertir señales ópticas en señales eléctricas. ("CATV Dictionary," s.f.).

2.2.14 Nodo Óptico

Se puede definir nodo óptico como: "Dispositivo conversor de medios que transforma la señal de luz transmitida a través de la fibra óptica en señal de RF, para ser enviada por el cable coaxial, es el corazón de una red híbrida , Puesto que es el que se comunica directamente con la cabecera además este pequeño receptor es el encargado de transmitir la señal a otros amplificadores que son los encargados de regenerarla para que llegue con buena potencia a los abonados (usuarios)" (Benitez, s.f.).

2.2.15 Cable Modem

Para suministrar el servicio de datos a la vecindad a través de la red coaxial, se asignan uno o más canales de TV en el rango de 50 a 750 MHz para el tráfico de datos de bajada, y la trayectoria de subida se suministra mediante uno o más canales en el rango de 5 a 42 MHz. El usuario conecta el cable de CATV que llega a su hogar al módem por cable, el cual demodula los datos de entrada y modula los de subida. Los datos del módem se conectan generalmente a una computadora local o una red de datos local en el hogar a través de una línea Ethernet o, con menor probabilidad, una conexión por USB. La velocidad de datos del de enlace de entrada del módem es generalmente de alrededor de 3 Mbs, y la del enlace de subida es de cerca de 500 kbs (Couch, 2008, p. 636).

A continuación, en la tabla 1 se detallan algunos aspectos generales estipulados para el tráfico de datos en una red de televisión por cable.

Tabla 1: Aspectos generales para utilización del ancho de banda en el cable coaxial

Elemento	Bajada	Subida
Rango de frecuencia de portadora	50 a 750 MHz	5 a 42 MHz
Ancho de banda de canal	6 MHz	6 MHz o 2 MHz ^a
Modulación	64 QAM o 256 QAM	QPSK o 16 QAM
Tasa de datos compuestos	27 Mb/s o 36 Mb/s	10 Mb/s a 30 Mb/s
Tasa de datos de suscriptor	1.5 a 6 Mb/s	256 kb/s a 1.5 Mb/s
Codificación	Reed-Solomon	Reed –Solomon
Encriptación	DES	DES

Fuente: (Couch, 2008, p. 637).

2.2.16 CMTS (Sistema de terminación de Cable Modem)

Un sistema de terminación de cable modem, es un sistema situado en la cabecera del sistema de televisión por cable que coordina el funcionamiento global del sistema de módem por cable. El CMTS controla las pasarelas (Internet a los datos) y los módems de cable del usuario final. El CMTS no sólo gestiona las rutas de datos para permitir a los usuarios finales conectarse a Internet, sino que también proporciona autenticación por cable módem, asignación de direcciones IP, funciones de facturación y es responsable de la mayoría de la funcionalidad de Control de acceso a medios (MAC) en una red de módem por cable (“CATV Dictionary,” s.f.).

2.2.17 Oscilador de frecuencia

Un oscilador, es un dispositivo capaz de convertir la energía de corriente continua en corriente alterna a una determinada frecuencia. Cuentan con numerosas aplicaciones: generadores de frecuencias de radio y de televisión, osciladores locales en los receptores, generadores de barrido en los tubos de rayos catódicos, etcétera (Denys.andres, 2011).

2.2.18 Analizador de espectros

El analizador de espectros es una herramienta capaz de representar las componentes espectrales de una determinada señal a partir de su transformada de Fourier. Esta representación en el dominio de la frecuencia permite visualizar parámetros de la señal que difícilmente podrían ser descubiertos trabajando en el dominio del tiempo con ayuda de un osciloscopio (“Electronicam.es,” s.f.).

2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto

La implementación de un proyecto trae consigo el análisis de diferentes componentes donde se encuentra una operación existente (en este caso, el modelo primitivo de televisión por cable). Por otra parte, implementar un sistema de internet en la zona de Upala donde existe una plataforma de distribución de señal por cable, implica conocer aspectos importantes de la región a nivel de desarrollo y crecimiento.

También es indispensable la definición de términos que se emplearán más adelante cuando se abarquen cada una de las etapas del proyecto. Por ello, el

siguiente apartado se basa en la definición de términos regionales y aspectos sociales que fundamenta el impacto de dicho proyecto.

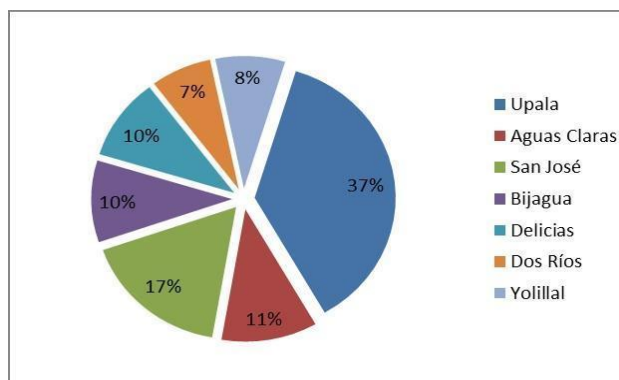
2.3.1 Generalidades del cantón de Upala

El cantón de Upala se encuentra localizado en las coordenadas geográficas medias 10o52'11" latitud norte y 85o09'57 longitud oeste. La anchura máxima es de unos sesenta y un kilómetros en dirección Oeste a Este, desde el cerro Cacao, en la naciente del río Las Haciendas hasta unos 3600 metros al Noreste del Hito N° 13, frontera con la República de Nicaragua, donde la línea imaginaria intercepta las aguas de Caño Negro. Limita al norte con Nicaragua, al sur, con el cantón de Bagaces, Cañas y Liberia y al oeste con La Cruz ("Historia e información del cantón | Municipalidad de Upala," s.f.).

2.3.2 Dispersión de la población

Para explicar mejor la dispersión de la población del cantón cuya densidad poblacional es de 27,65 habitantes /km². (INEC 2011), se puede observar seguidamente un mapa donde se pueden visualizar las comunidades o pequeños poblados de Upala y cómo se distribuyen entre los 1.589,67 Km². de extensión del territorio Upaleño ("Historia e información del cantón | Municipalidad de Upala," s.f.).

Figura 10: Upala, distribución de la población por distrito, 2014



Fuente: (“Historia e información del cantón | Municipalidad de Upala,” s.f.).

Nota: En este Gráfico no se incluye Canalete porque en el 2011, todavía no era distrito.

Se desprende de la figura 10, que Upala el distrito Primero o No. 1, es el que presenta un mayor número de habitantes; casi un cuarenta por ciento 40% mientras que los demás distritos muestran un comportamiento muy parecido en cuanto a las diferencias poblacionales (“Historia e información del cantón | Municipalidad de Upala,” s.f.).

2.3.3 Cobertura

Extensión geográfica que abarcan ciertos servicios, sobre todo los de telecomunicaciones (“WordReference,” s.f.).

CAPÍTULO III.

Marco Metodológico

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Finalidad

La finalidad de este proyecto es aplicada, ya que consiste en describir una estructura ya establecida e implementar un sistema propuesto en una operadora de televisión por cable, para así poner en marcha un modelo capaz de transportar datos entre el usuario e internet.

3.1.2 Dimensión temporal

La dimensión del presente proyecto es transversal, ya que según Hernández (2010): "Los diseños de investigación transaccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede" (p. 151).

A partir de lo anterior, la implementación de una red capaz de brindar internet, se fundamentará en una red existente que únicamente distribuye señal de televisión a los usuarios. Por medio de una recolección de datos se obtendrán las condiciones actuales de la red para determinar su capacidad para brindar dicho servicio. Se puede decir que es una especie de fotografía para verificar cuáles son las mejoras necesarias por realizar a la red para dotarla de capacidad para manejar tráfico de datos.

3.1.3 Marco

El marco bajo el cual se desarrollará este proyecto es a nivel macro, ya que se pretende visitar la zona de Upala para conocer el tipo de servicio ofrecido

previamente y visualizar las modificaciones requeridas para ofrecer internet de banda ancha bajo la plataforma de televisión por cable.

3.1.4 Naturaleza

La implementación del proyecto mencionado se basa en llevar a cabo un orden secuencial para la ejecución, pues se requiere tener claro cada una de las partes que conforman la plataforma de internet; es decir, desde la conceptualización de los elementos necesarios para manejar tráfico de datos, hasta las pruebas a realizar para comprobar el funcionamiento del proyecto una vez implementado. De lo anterior podemos decir que este proyecto es de naturaleza cuantitativo, ya que como lo expresa Hernández (2010): "El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase (p. 4).

3.1.5 Carácter del proyecto

Se considera este proyecto de carácter exploratorio, ya que como lo expresa Hernández (2010): "Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes (2010, p. 79). Esta explicación asociada al proyecto en implementación, coincide en que el tema no ha sido investigado previamente pero; si existe la posibilidad de habilitar el internet en la plataforma de televisión por cable una vez analizado con un panorama claro de la red actual y realizando las respectivas modificaciones. Para realizar cualquier modificación, es

necesario realizar una descripción actual de la red y posteriormente incluir las mejoras respectivas.

3.1.6 Operacionalización de las variables

Tabla 2: Operacionalización de las variables

Objetivo General	Objetivos específicos	Variables	Fuentes y Sujetos	Actividades/Herramientas
Ampliar el servicio ofrecido por parte de la empresa operadora de televisión por cable a los clientes de la zonaUpala, brindando conexión a internet de banda ancha basado en el sistema de televisión por cable actual.	Describir las condiciones actuales de la red Coaxial tomando en cuenta su arquitectura y diseño.	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura de red. - Elementos de la Cabecera -Ancho de banda utilizado. - Medio conductor utilizado -Mediciones de señales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recolección de datos sobre la red actual -Visita presencial -Medidores de Campo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de Planos. - Capacidad de equipos. - Examinar la red. - Medidor de análisis de señal.
	Describir cuales son los componentes necesarios de una red Híbrida de Fibra Óptica y cable coaxial (Red HFC) para ofrecer servicio de internet.	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo necesario en planta externa. - Medios de transmisión. - Equipo necesario en cabecera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricantes de equipos. - Manuales de usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir información del equipo necesario para transformar la red de unidireccional a bidireccional.
	Diseñar una estructura de comunicación que permita un mejor aprovechamiento del ancho de banda para ofrecer ambos servicios.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de espectro - Diseño de nodos en planta externa - Diseño y organización en cabecera. - Enlaces de fibra óptica punto a punto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proveedor de ancho de banda - Frecuencias de operación para la comunicación. - Especificaciones técnicas de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interconexión de equipos y gestión de procesos de la señal en cabecera. - Diseñar mapas de distribución de equipos en planta externa. - Definir frecuencias para la comunicación.
	Implementar una red de comunicación que permita ofrecer internet de alta calidad por medio de un servicio de televisión por cable al abonado.	<ul style="list-style-type: none"> - Calibración de equipos - Configuración de CMTS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso y manipulación de equipo. - Medición de señales. - Configuración de CMTS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calibrar equipos para el envío de señal hacia planta externa. - Configuración de CMTS.
	Realizar pruebas que garanticen el funcionamiento del diseño propuesto.	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de Señal en cable modem. - Pruebas de ping y pérdidas de paquetes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Medición de niveles en un cable modem. -Acceso a internet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obtener la relación de señal – ruido en un cable modem. - Obtener la señal transmitida por el cable modem. - Realizar prueba ping entre cabecera y cable modem.

CAPÍTULO IV.

Diseño y desarrollo del proyecto

4.1 Introducción.

La empresa donde se desarrollará este proyecto de graduación, está ubicada en el cantón de Upala. Dicha entidad ya lleva más de diez años de ofrecer el servicio de televisión por cable a más de novecientos suscriptores de la localidad. Cuenta con 85 canales análogos, entre ellos nacionales e internacionales de contenido variado para la familia, infantiles y negocio. La Tabla 3 muestra la lista de canales ofrecidos por la empresa.

Figura 11: Oficinas de Cablevisión Occidente Upala



Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 3: Lista de canales ofrecidos por la empresa

Canal	Nombre	Canal	Nombre
2	Canal Local y Canal Uno	43	ESPN 3
3	Disney junior	44	FOX SPORT
4	4 Repretel	45	FOX SPORT 2
5	Disney XD	46	TELE MICRO
6	6 Repretel	47	COMEDY CENTRAL
7	Teletica 7	48	DISTRITO COMEDIA
8	discovery kids	49	TBS
9	Canal 9 nacional	50	HBO
10	TLC	51	CINEMAX
11	11 Repretel	52	GOLDEN
12	Cartoon Network	53	GOLDEN EDGE
13	13 SINART	54	CINECANAL
14	Disney channel	55	FILM AND ARTS
15	tooncast	56	TNT
16	nick junior	57	TCM
17	nickelodeon	58	DE PELÍCULA
18	discovery channel	59	SPACE
19	Animal Planet	60	I SAT
20	Nat Geo	61	HTV
21	History	62	RITMO SON LATINO
22	LIFE TIME	63	TELEHIT
23	DISCOVERY H&H	64	MTV
24	FOX CHANNEL	65	VM LATINO
25	AXN	66	CNN

26	WARNER CHANNEL	67	TELESUR
27	Sony Entertainment	68	INFINITO
28	Universal Channel	69	FOX LIFE
29	CNN INT.	70	FILM ZONE
30	DISCOVERY ID	71	10 NICARAGUA
31	A&E MUNDO	72	Xpert Tv canal 33
32	E!	73	Ewtn
33	FX	74	ENLACE
34	DEUTSCHE WELLE	75	ABN
35	ESTRELLAS LAT.	76	EXTRA TV 42
36	TELENOVELAS	77	NAT GEO WILD
37	TELEMUNDO	78	COSMOPOLITAN
38	TIIN	95	CANAL PRUEBA
39	HISTORY 2	96	MOVIECITY
40	TDN	97	ADULTOS
41	ESPN	98	CITY TV
42	ESPN 2	99	REPRE

Fuente: Suministrada por la empresa.

Actualmente, la empresa cuenta con una demanda en crecimiento, lo que ha obligado a expandir sus servicios en la zona. Entre las zonas que disfrutan del servicio de televisión por cable, están:

- Upala centro.
- Barrio Verdún.
- Barrio Heliconias.

- Barrio Ricos y Famosos.
- Barrio Las Palmas.
- Barrio los Ángeles.
- Barrio Don Chu.

4.1.1 Área de cobertura del servicio ofrecido

Existe una cobertura de aproximadamente 3.23 Kilómetros cuadrados donde el tendido de cable difunde la señal de televisión.

La figura 12 muestra la zona geográfica, la cual es abarcada en gran porcentaje por la señal de televisión por cable.

Figura 12: Área de cobertura de la señal de TV por cable actualmente



Fuente: ("Google Maps," 2016).

4.2 Descripción actual de la red

La red actual se puede segmentar en dos partes, una la parte que concentra y a su vez distribuye todas las señales captadas por antenas conocida como cabecera y otra como planta externa, red que recorre a través de cable coaxial todas las localidades para ofrecer el servicio de televisión por cable hasta el usuario final en las casas. Acerca de cómo se compone la red de cable, la figura 13 ilustra una red de esta especie.

Figura 13: Representación gráfica de la red actual



Fuente: Elaborada por el autor basada en “redes de distribución hfc,” s.f.

4.2.1 Medio conductor empleado

Se utiliza como medio guiado o conductor para llegar hasta el abonado el cable coaxial en sus diferentes diámetros dependiendo de su aplicación, por sus ventajas ya conocidas. Entre ellas: alta inmunidad al ruido y gran capacidad de ancho de banda para cualquier tipo de conexión de radio frecuencia. El cable coaxial desempeña un papel fundamental básicamente por el ancho de banda aprovechable para ofrecer servicios de telecomunicaciones. La tabla 4 evidencia los diferentes tipos de cable coaxial con sus respectivas atenuaciones en distancias de 30 metros.

Tabla 4: Atenuación del cable coaxial en sus diferentes categorías

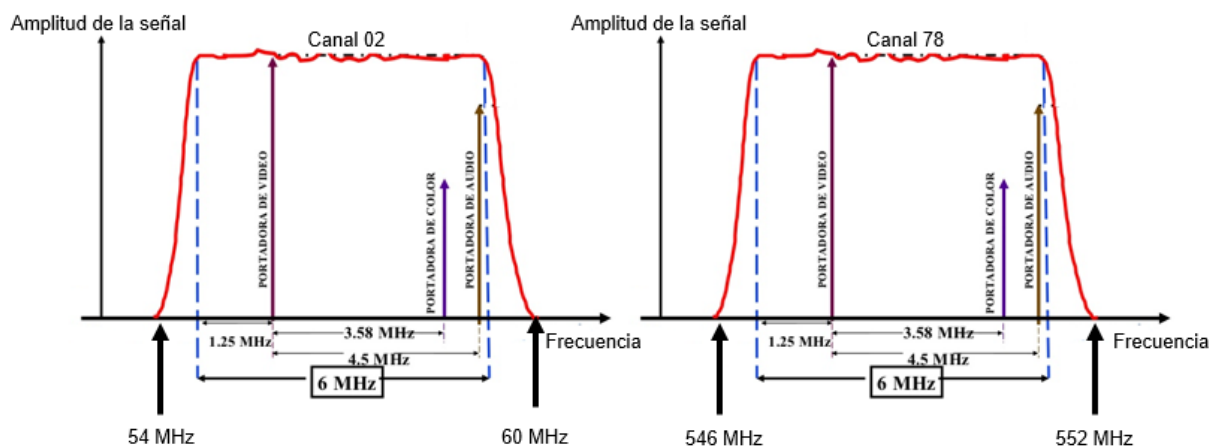
Cable Loss vs. Frequency	Times Fiber T10 Drop Cable Maximum Losses @ 68 deg.F			CommScope Parameter III Nominal Cable Attenuation at 68 degrees Fahrenheit in dB per 100 feet by cable sizes					
	RG-59	RG-6	RG-11	.412"	.500"	.625"	.750"	.875"	1.000"
5 MHz	0.77	0.57	0.36	0.20	0.16	0.12	0.10	0.09	0.08
30 MHz	1.45	1.15	0.75	0.50	0.38	0.31	0.25	0.23	0.21
50 MHz	1.78	1.48	0.93	0.63	0.50	0.40	0.33	0.28	0.27
220 MHz	3.60	2.87	1.83	1.38	1.08	0.87	0.72	0.62	0.62
300 MHz	4.27	3.43	2.17	1.63	1.26	1.02	0.85	0.73	0.72
400 MHz	4.88	4.00	2.53	1.90	1.47	1.18	0.99	0.86	0.84
450 MHz	5.30	4.28	2.69	2.05	1.56	1.26	1.06	0.91	0.90
550 MHz	5.90	4.51	3.01	2.25	1.75	1.41	1.19	1.03	1.01
600 MHz	6.18	4.98	3.16	2.36	1.83	1.48	1.23	1.08	1.06
750 MHz	6.96	5.62	3.58	2.55	2.04	1.66	1.38	1.21	1.21
865 MHz	7.54	6.09	3.90	2.84	2.20	1.77	1.49	1.30	1.34
1000 MHz	8.09	6.54	4.23	3.05	2.41	1.95	1.62	1.42	1.44

Fuente: (Cable Servicios S.A., 10:50:49 UTC).

4.2.2 Ancho de banda utilizado

La distribución de los canales por frecuencia como lo establece la SUTEL en el documento "Plan nacional de atribución de frecuencias" indica que cada canal debe ocupar un ancho de banda de 6 MHz apegado al comité de estándares de televisión nacional (NTSC), así mismo el espacio entre la portadora de video y sonido debe ser de 4.5 MHz. De acuerdo a esto la grilla inicia con el canal número 02, ubicado entre la frecuencia de 55 y 60 MHz, hasta llegar al canal 78 cuyo ancho de banda va de 546 a 552 MHz. La figura 14 ilustra la representación de estos canales con sus respectivas portadoras.

Figura 14: Representación del ancho de banda de los canales 02 y 78



Fuente: Elaborada por el autor basado en Jarvey Gonzalez, 16:31:44 UTC.

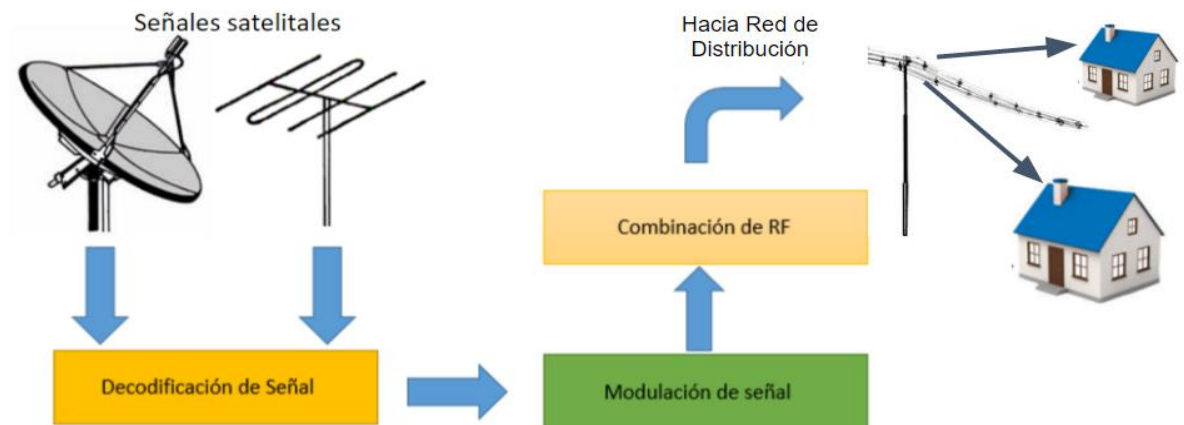
4.2.3 Cabecera

La cabecera o más conocida como Headend, está ubicada a 25 metros al Este del ministerio de salud de Upala, cuenta con los siguientes componentes:

- Antenas parabólicas.
- Terminales decodificadoras.
- Sistema de modulación.
- Sistema de combinación.

En el presente, se captan señales satelitales y se administran para darle una asignación en el espectro de radiofrecuencia disponible como se ilustra en la figura 15, representando los componentes de la cabecera.

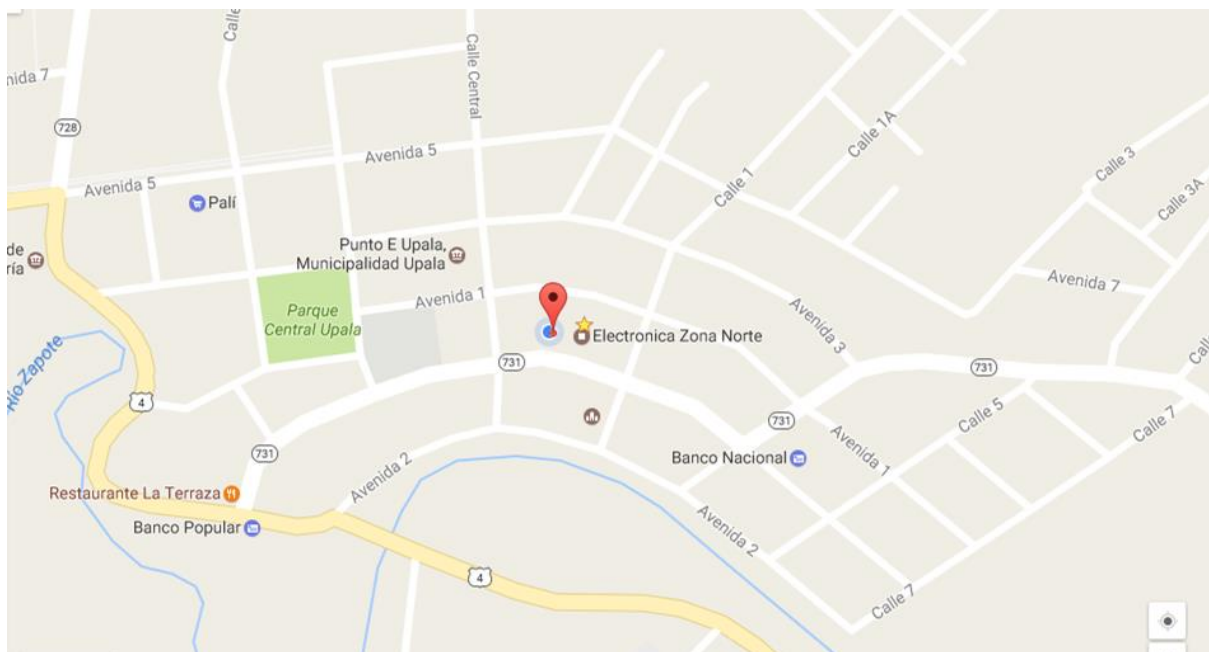
Figura 15: Elementos de la cabecera



Fuente: Elaborada por el autor.

Como se observa en la figura 16, las coordenadas donde se ubica la cabecera son $10^{\circ}53'54.4''N$ $85^{\circ}00'50.0''W$.

Figura 16: Ubicación geográfica de la cabecera en Upala



Fuente: ("Google Maps," 2016)

4.2.4 Antenas satelitales

Tal y como se representa en la figura 17, estas antenas están cada una situadas y direccionadas hacia un satélite en el espacio captando y conduciendo la señal a terminales decodificadoras instaladas en el interior de la cabecera como se muestran en la figura 18. Estos satélites utilizan dos bandas conocidas como banda “C” (con enlaces descendentes de 3.7 a 4.3 GHz) y banda “ku” (con enlaces descendentes de 11.7 a 12.2 GHz).

Figura 17: Antenas parabólicas propiedad de la empresa que capturan las señales satelitales



Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.5 Terminales decodificadoras

Las terminales decodificadoras reciben la señal pura proveniente de la antena parabólica, como su función es decodificar, por medio de un selector proporciona en su salida el canal sintonizado. Esto indica que existen múltiples terminales decodificadoras debido a la cantidad de canales ofrecidos. Su salida la brinda en formato de audio y video que va destinada al modulador de canal. La

figura 18 muestra una terminal decodificadora en la cual se recibe señal de Radio Frecuencia y la extrae en formato de audio y video para ser esta enviada a un modulador de canal.

Figura 18: Terminal decodificadora



Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.6 Sistema de modulación

La compañía emplea los moduladores de la marca Cable Network CNA-GT-1000. Estos moduladores de canal operan entre los 54 y 860MHz, recibiendo en sus entradas audio y video para procesar la información y modularla en una frecuencia específica. Brindan una ganancia de 55 dBmV como máximo en su salida y son alimentados a corriente de 110 Voltios. La función específica de estos equipos es colocar la portadora en una banda base para ubicarlo en orden específico en el espectro de RF por utilizar.

La figura 19 muestra la parte frontal y trasera del modulador de canal en el cual se regula por medio de los potenciómetros frontales el nivel de potencia de la portadora de video, audio y color básicamente.

Figura 19: Modulador de señal



Fuente: Elaborada por el autor.

Dicha variación permite controlar el nivel de potencia de cada canal y mantener un equilibrio en el espectro, en la parte trasera posee su entrada en audio y video (Cables rojo y amarillo) y su salida en Radio frecuencia para ser enviada al combinador. En la figura 20 se muestra una medición realizada a en el punto de prueba de un modulador (Punto de prueba de -30 dB), dicha medición es similar en todos los canales ya que el nivel de las portadoras no debe inter-modular con otros canales.

Figura 20: Medición de potencia de audio y video tomados del modulador del canal 60

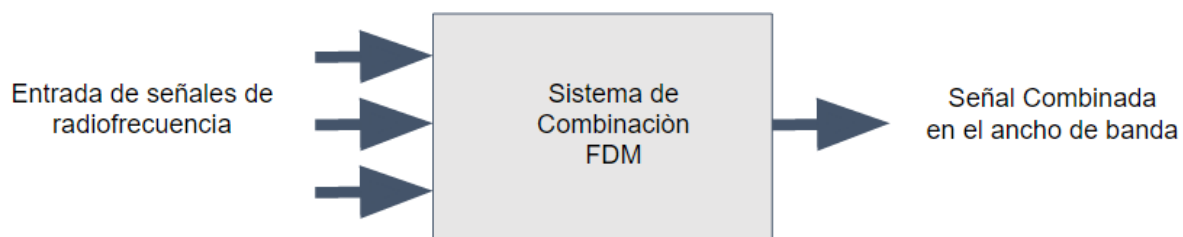


Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.7 Sistema de combinación de señales

Esquemáticamente, el sistema funciona como se puede observar en la figura 21, donde la señal de RF se modula y se obtiene unificada en una única salida con todos los canales de T.V en el espectro.

Figura 21: Esquema de proceso de la señal RF



Fuente: Elaborada por el autor.

Los canales de televisión son combinados en la cabecera o “headend” con varios combinadores de la marca Holland, modelo HCG – 12 para encapsular la totalidad de canales con sus respectivos anchos de banda en el medio físico brindando una sola salida de RF. Reciben en sus 12 entradas varias conexiones provenientes de la salida de los moduladores de canal en RF. La figura 22, muestra las entradas del combinador y sus salidas.

Figura 22: Combinador de canales



Fuente: Elaborada por el autor.

En este combinador se realiza la medición en el puerto de salida de la potencia de los canales con la ayuda de un medidor de análisis de señal. Precisamente, la figura 23 detalla la medición obtenida en la salida del combinador, mostrando una gráfica con la potencia de salida de algunos canales combinados. Los datos obtenidos corresponden al canal 60.

Figura 23: Medición realizada con el medidor de campo en el punto de prueba del combinador



Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.8 Planta externa

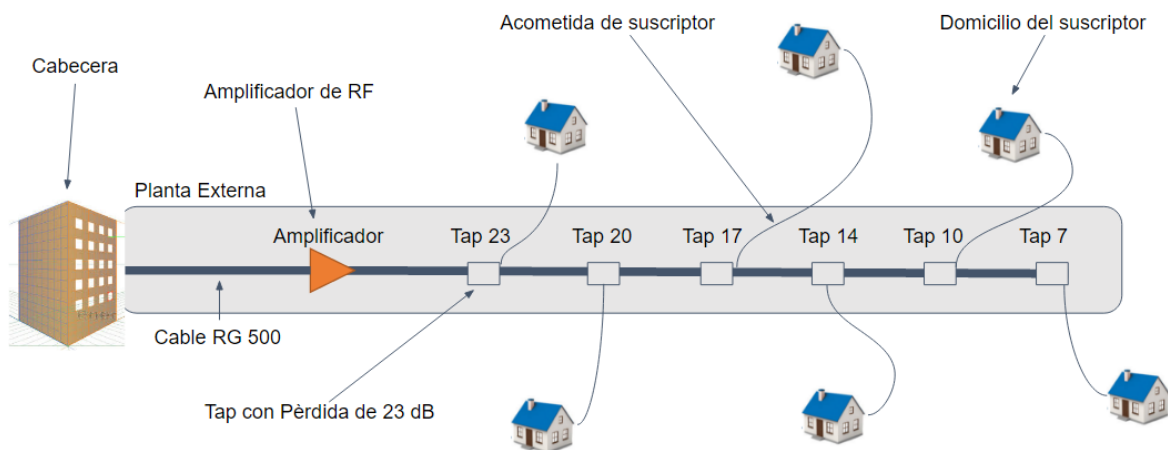
Actualmente, la planta externa la componen:

- Red de distribución.
- Acometida de suscriptor.

La red actual es de tipo CATV (Community Antenna Television), es decir red de cable que por medio de un conductor de tipo coaxial transporta la señal de televisión en una sola dirección (llamada “forward”) a la red de distribución hasta llegar finalmente al suscriptor. Esta señal se combina en la cabecera, asimismo, es amplificada para ser enviada por la línea de distribución. Aproximadamente, cada 300 metros en la red de distribución existe un amplificador o line extender que permite mejorar el nivel de señal debido a pérdidas por inserción de los “taps” y

longitud del conductor. Esta distancia varía de acuerdo a niveles de señal y si existen divisores de señal. También se cuenta con la acometida de suscriptor que lleva la señal hasta la casa de los clientes, habiéndose conectado en un extremo a la terminal de distribución o “tap” y a otro extremo al televisor del cliente. En este momento, la planta externa la conforman la red de distribución y la acometida del cliente como lo muestra la figura 24 muestra un diagrama con la organización de la planta externa en la empresa.

Figura 24: Diagrama de planta externa (Red HFC)



Fuente: Elaborada por el autor.

A continuación se detallan elementos y características propios de la red externa:

4.2.9 Red de distribución

La red de distribución actual está conformada por cable coaxial de tipo RG 500, se puede decir que es el esqueleto de la red porque distribuye la señal de RF

en diferentes zonas así como equipo activo y pasivo instalado. Importante destacar que el nivel de atenuación es bajo comparado con cables de menor diámetro debido al grosor y blindaje del conductor.

En cuanto a pérdidas o atenuación, la red de cable instalada en RG 500, sufre atenuaciones de mayor índice en el rango de altas frecuencias (550 MHz como referencia), tomando en cuenta que las frecuencias bajas también sufren de atenuación a menor grado (ver tabla 4 de atenuación en cable coaxial). Debido a esto se toma como referencia para mediciones de campo, una frecuencia de banda baja y otra en la banda alta, con esto se toma como referencia el canal 02 y el 75.

Frecuencia de Portadora de video en canal 02= 55 MHz.

Frecuencia de Portadora de video en canal 78= 529 MHz.

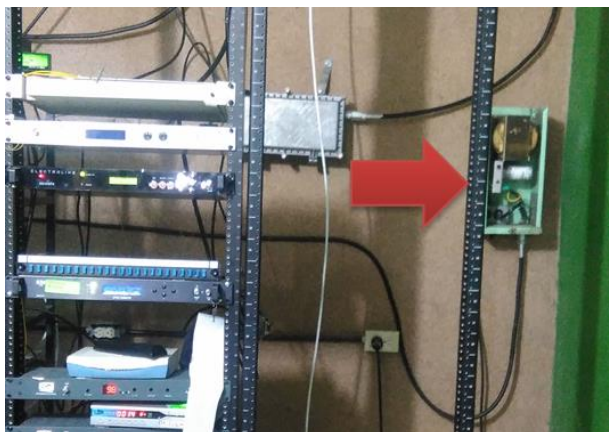
4.2.10 Equipo activo instalado

4.2.10.1 Fuente de Poder APC6090-2QCE-C

Esta fuente de alimentación como la que se observa en la figura 25, recibe una alimentación de 110 Voltios y genera en su salida una tensión de 60 Voltios para la alimentación de equipos activos en la red. La alimentación de los equipos es por conexión paralela, es decir, a todos los equipos les llega la misma tensión. Hoy existen dos fuentes de poder instaladas, estas están ubicadas, una contiguo al hospital y otra dentro de la cabecera.

La fuente instalada en la cabecera alimenta a 20 amplificadores de RF, mientras que la fuente instalada en el sector de hospital alimenta a 7 amplificadores de RF.

Figura 25: Fuente de poder ubicada en la cabecera

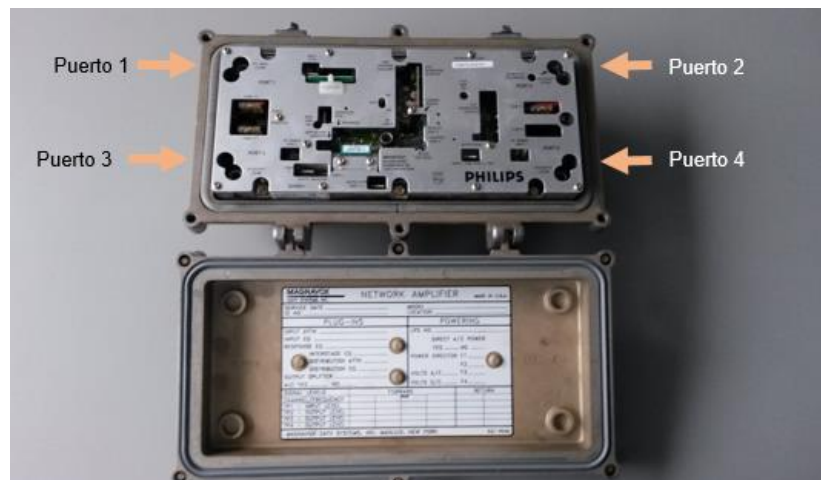


Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.10.2 Amplificadores de Radiofrecuencia de modelo Magnavox

El amplificador de la marca Magnavox (GNA) como el que se ilustra en la figura 26, amplifica y controla el “forward” de la señal en la línea de alimentación (Puerto 1), luego se divide la señal internamente en una salida principal (Puerto 2) y en dos salidas secundarias (Puerto 3 y 4) con capacidad de proporcionar el mismo nivel de señal en las salidas principales y secundarias.

Figura 26: Amplificador GNA



Fuente: Elaborada por el autor basada en ("Amplificador Magnavox Gna297-44-42/54 Trunk Catv Tv Cable - Bs. 1.200.000,00," s.f.).

La tabla 5 muestra las especificaciones de operación el amplificador GNA.

Tabla 5: especificaciones técnicas del Amplificador Magnavox 6NA297/48

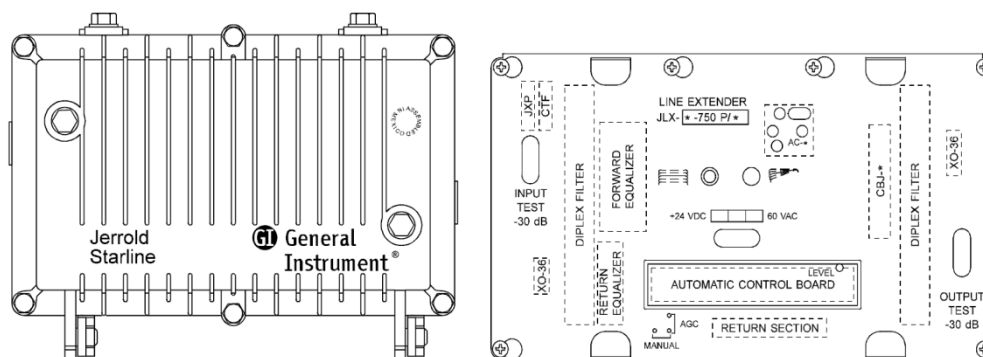
Parámetros	
Paso de Banda	54 -750 MHz
Flatness	±0.75dB
Ganancia mínima útil	49dB
Ganancia operacional	38(48)DB
Ganancia rango de control	6dB
Pendiente rango de control	Fija
Pérdida de retorno del "forward" 54-550 MHz	16 dB
550-750 MHz	14 dB
Pérdida de retorno	16 dB

Distorsión en el nivel nominal Nivel de salida 50-750MHz Número de canales analógicos Ganancia de operación nominal con ALSC Ritmo compuesto triple con ALSC Modulación cruzada con ALSC Orden compuesto en segundo lugar con ALSC	38/46 dBmV 110 dB 38(48) dB -60(-60) dB -60(-60) dB -60(-60),dB
DIN 45004B	118 dBuV
Figura de ruido, ganancia total	10dB
Modulación de zumbido "forward" Retorno	-60 dB -58 dB
AC con límite de daño actual	15 A
Paso de corriente AC Una manera manual Una manera automática Dos maneras manuales Dos maneras automáticas	43, 46, 45, 48, W
Dimensiones de la carcasa	32.5cm x 14.2cm x 9.1 cm
Peso	2.0 kg

Fuente:("Magnavox6gna.pdf," s.f.).

4.2.12.3 Line extender marca General Instrument (GI)

Figura 27: Vista externa e interna del amplificador general instrument



Fuente: (“JLX-7-750PLC Installation Manual.pdf,” s.f.).

Este amplificador (ver figura 27), trabaja como extensor de línea con un control automático de ganancia para amplificar la señal. Requiere de 60 voltios de alimentación para su operación y la medición de señales se realiza en los puntos llamados “test points”. En este caso el equipo posee dos “test point” para realizar las medidas correspondientes, estas son las de entrada y salida de la señal, ambas con un “test point” de -30, lo que indica que al resultado de la medición realizada con el medidor de señal habrá que sumarle 30 dBs de más.

La figura 27 muestra un diagrama del equipo, donde se describe que el atenuador JXP- * A se utiliza para reducir la ganancia en términos de unidad y complementa el control de ganancia del amplificador. El fusible modelo CBJ-5, o el CFJ-7 permite establecer el puente de paso de los 60 voltios a través del módulo. Para compensar las pérdidas ocasionadas por longitud del cable e inserción de “taps” se emplea un equalizador modelo EQ-750- *para “forward”, al considerar que estos equalizadores se encuentran en el mercado en incrementos de 2 dBs iniciando desde 2 dB hasta llegar a 22 dBs. Existe la posibilidad que este equipo

opere en forma automática, sin embargo en la red en general se opera de forma manual por el propio diseño de red y condiciones de operación.

A continuación la tabla 6 detalla algunos parámetros técnicos:

Tabla 6: Parámetros técnicos de amplificador General Instrument

Parameter		JLX-7-750P/LC/*	JLX-6-750P/LC/*
Passband		52 to 750 MHz	52 to 750 MHz
Flatness		1,2 ± 0.75 dB	± 0.75 dB
Full Gain (min)		29.5 dB	31.5 dB
Operating Gain		25.5 dB	27.5 dB
Control Range (min)			
Gain		0 - 6 dB	0 - 6 dB
Slope		0 - 4 dB	0 - 4 dB
Return Loss (min)		14 dB	14 dB
Test Point Loss			
Input (50 to 650)		30 ± 2.5 dB	30 ± 2.5 dB
Output		30 ± 1.0 dB	30 ± 1.0 dB
Noise Figure		8 dB	8 dB
AC Input Voltage Range		38 to 60 Vrms	38 to 60 Vrms
Operating Temperature Range		- 40 to + 140°F (- 40 to +60°C)	- 40 to + 140°F (- 40 to + 60°C)

Fuente: ("JLX-7-750PLC Installation Manual.pdf," s.f.).

4.2.10.3 Amplificador System II

Se cuenta con este tipo de amplificador instalado en dos puntos de la red, su rango de operación va desde 54 a 550 MHz. Brinda dos salidas de RF para red de distribución y, en este momento, solo se emplea para amplificar señal "forward". La

figura 4.18 muestra físicamente el amplificador System II, cabe mencionar que este equipo se alimenta con 60 voltios y está instalado en dos puntos de la red únicamente para amplificar señal de televisión por el ancho de banda de operación que está diseñado en cuanto a su funcionamiento.

Figura 28: Amplificador System II



Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.10.4 System I

Este amplificador se emplea en seis puntos distintos de amplificación, trabajando en “forward” con un filtro pasabanda que va desde 54 MHz a 550 MHz. Proporciona una ganancia operacional de hasta 34 dBs y una salida de 46 dBmV y su alimentación es de 60 Voltios brindados de la fuente de cabecera. Su diferencia al system II es que solamente brinda una salida de RF.

La tabla 7 detalla la cantidad de amplificadores instalados actualmente en la red, así como su marca y categoría.

Tabla 7: Distribución de equipos en la red según su marca

Tipo de Equipo	Marca	Cantidad
Amplificador	GNA	04
Amplificador	General Instrument	12
Amplificador	System 1	6
Amplificador	System 2	1
Amplificador	Magnavox	4

Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.11 Equipo pasivo instalado

4.2.11.1 “Taps” marca Arris tipo FFT-P

Los “taps Arris” (Ver figura 29) instalados en la red funcionan como interfaz entre la red de distribución y la acometida del suscriptor. Entre cada amplificador se tiene una secuencia de “taps” que inicia con una numeración descendentemente, se inicia con un “tap” número 23, luego un 20, 17, 14 y antes del siguiente amplificador uno de valor 10. Se instala un “tap” final 7 cuando la línea no se extiende más hacia otros sectores, siendo este el último en la extensión de línea. Cada “tap” tiene entre 4 y 8 puertos disponibles para la conexión de acometidas de los suscriptores. Cada 60 metros es instalado un “tap” que lleva consigo una numeración indicando la pérdida en decibeles de acuerdo a su cercanía con el amplificador. Dichos “taps” inician con una distribución en cascada con el número 23 instalado de la salida del amplificador perdiendo 23 decibeles, posteriormente sigue un 20, luego un 17, 14 y un 10(indica que atenúa 10 dBs).

Figura 29: Tap de la marca Arris, utilizado en el proyecto de Implementación de internet en Upala.



Fuente: (“Toma ecualizable con múltiples funciones serie FFT*-*P | ARRIS,” s.f.).

La Tabla 8 muestra algunas de las especificaciones del “tap” marca Arris, de la cual se interpreta lo siguiente:

- FFT4:”tap” de 4 salidas (4).
- - # TP: El numero en lugar de “#”, indica los decibeles perdidos en cada puerto de acuerdo con la señal de entada.

En seguida, la figura x continúa mostrando las pérdidas por inserción del “tap” en la red para las diferentes frecuencias.

Tabla 8: Pérdidas por inserción y numeración de taps

SPECIFICATIONS TYPICAL PERFORMANCE WITH JUMPER (T-JP) INSTALLED* (5-1000 MHZ)									
Insertion Loss (dB)	Nom. Tap Value	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	900 MHz	1000 MHz
FFT4-7TP	6.8	--	--	--	--	--	--	--	--
FFT4-10P	10.3	3.3	3.3	3.3	4.0	4.1	4.3	4.5	4.2
FFT4-14P	14.4	1.6	1.3	1.3	1.9	1.9	2.4	2.6	3.2
FFT4-15.5P	15.5	1.3	1.1	1.0	1.5	1.5	1.9	2.3	2.9
FFT4-17P	17.0	1.1	0.9	1.0	1.4	1.3	1.7	2.1	2.6
FFT4-20P	20.0	0.8	0.7	0.8	1.4	1.2	1.6	1.8	2.1
FFT4-23P	23.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.2	1.6	1.9

Fuente: (“fft-p_pf.pdf,” s.f.).

4.2.11.2 “splitter” SSP marca Arris

Los comúnmente llamados SP ilustrados en la figura 30, funcionan como bifurcadores de señal, permitiendo tener dos o tres salidas balanceadas o no balanceadas dependiendo del tipo de configuración en la red coaxial.

Figura 30: “splitter” SSP marca Arris.



Fuente: (“ssp-n-series-1-ghz-system-passives-data-sheet.pdf,” n.d.).

La tabla 9 muestra las especificaciones técnicas de este tipo de equipo pasivo (no requieren alimentación) en sus diferentes categorías.

Tabla 9: Especificaciones técnicas de SSP – marca Arris

TYPICAL PERFORMANCE									
Insertion Loss (dB)	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	860 MHz	1000 MHz	
SSP-PIN / SSP-PIN/SP	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	
SSP-3N	3.9	3.7	3.6	3.9	4.0	4.3	4.6	5.1	
SSP-7N	Output	2.0	1.8	1.7	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9
	Tap Loss	7.3	7.3	7.3	7.3	7.6	7.9	8.1	8.3
SSP-9N	Output	1.5	1.3	1.2	1.6	1.7	2.1	2.4	2.8
	Tap Loss	9.2	9.1	9.2	9.0	9.1	9.3	9.7	10.0
SSP-12N	Output	1.1	1.0	1.0	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0
	Tap Loss	11.7	11.4	11.4	11.5	11.6	12.0	12.5	13.2
SSP-16N	Output	1.0	0.9	0.8	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1
	Tap Loss	15.9	15.5	15.5	15.4	15.6	16.0	16.6	16.9
SSP-3-636N	J1-J2	7.1	7.0	7.0	7.6	7.7	8.1	8.7	9.7
	J1-J3	7.1	7.0	7.0	7.3	7.4	7.8	8.4	9.5
	J1-J4	3.8	3.6	3.6	4.0	4.1	4.5	4.7	5.4

Fuente: Fuente: (“fft-p_pf.pdf,” n.d.).

4.2.11.3 Acometida de suscriptor

La acometida del suscriptor es instalada con cable coaxial de categoría RG 6, con conectores tipo F para garantizar blindaje y evitar que frecuencias en el ambiente interfieran con la señal portada en el medio conductor, estas conexiones van en un extremo al puerto del “tap” y la otra en el punto de conexión del televisor del cliente.

La figura 31 muestra un ejemplo de acometida y tipo de conector utilizado.

Figura 31: Acometida y tipo de conector utilizado en las instalaciones

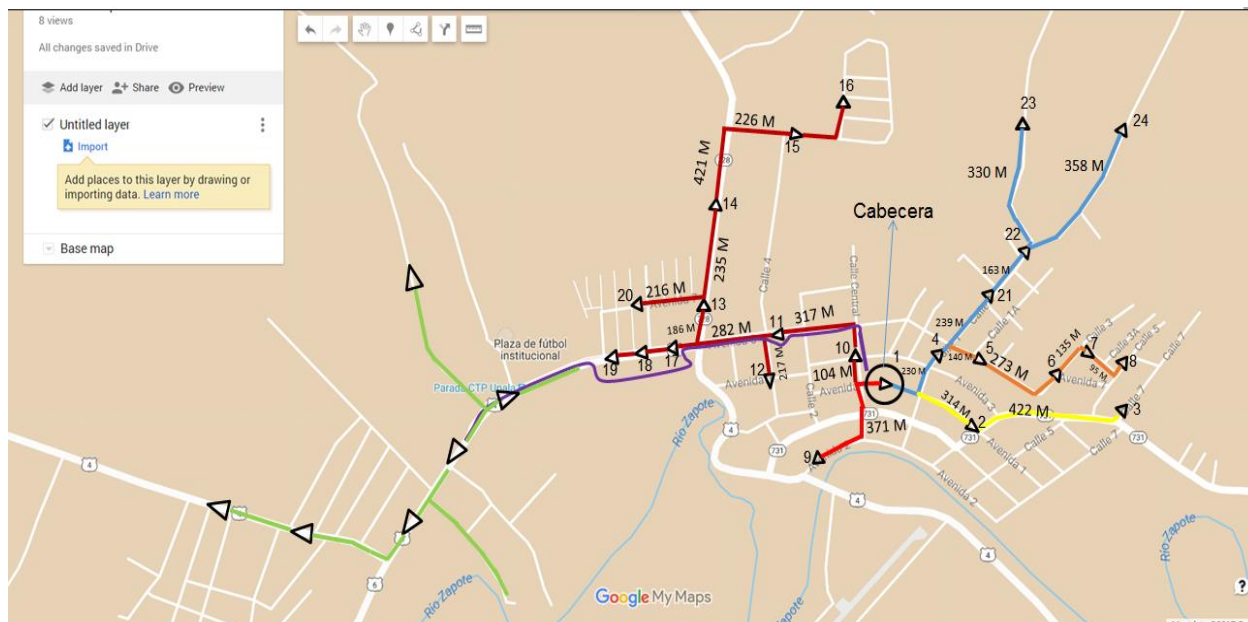


Fuente: Elaborada por el autor.

4.2.12 Diagrama general de la red actual

La figura 32 muestra el diseño de la red de televisión por cable actual.

Figura 32: Diseño de la red de televisión por cable actual



Fuente: Elaborada por el autor basado en (“Google Maps,” 2017).

4.3 Componentes necesarios para diseñar la red HFC en Upala

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema ofrece un servicio de señal en una sola dirección (“forward”), ya que ofrece televisión de forma análoga únicamente. Cuando se menciona el tema de habilitar la red para implementar un servicio de internet, se considera de primera instancia que en la planta externa los equipos deben ser capaces de trabajar con señal bidireccional y que tanto los taps como los amplificadores realicen la operación en reversa y “forward”. Como un nuevo elemento en la red, aparecen los enlaces con fibra óptica asociados con un nodo óptico.

Posteriormente, a nivel de cabecera debe de existir el equipo requerido para la gestión de administración de información. Los partes a tomar en cuenta para diseñar la red HFC son las siguientes:

- Componentes necesarios a nivel de cabecera.
- Componentes necesarios a nivel de planta externa.
- Enlace de fibra óptica punto a punto de banda ancha.

Componentes necesarios a nivel de cabecera

A nivel de cabecera se requiere del siguiente equipo:

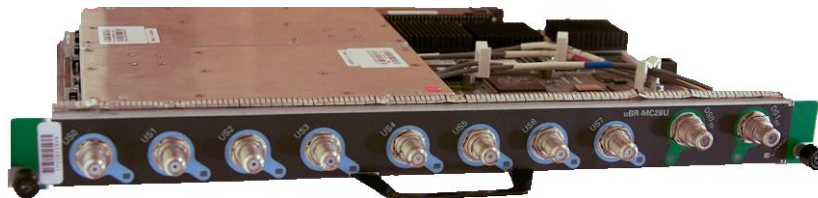
- CMTS.
- Splitters/combinadores pasivos.
- Transmisores ópticos.
- Receptores ópticos.

4.3.1 CMTS marca Cisco Modelo uBR7246 VXR

El CMTS funciona principalmente como un habilitador de servicios que se encarga de direccionar paquetes de datos que se generan o solicitan entre el habilitador de servicio y un cable modem. En un extremo posee entradas de RF y en el otro extremo un puerto Ethernet como se muestra en la figura 34. Las entradas de RF conocidas como “upstream” reciben la información proveniente del cable módem y los puertos de “downstream” envían la información destinada a los diferentes cables módems. Ambas informaciones viajan a través de una portadora de señal.

La figura 33 muestra las tarjetas instaladas en la parte frontal del CMTS, donde se tienen 8 puertos “upstream” y 2 “downstream” por cada tarjeta MC 28U sumando un total de 32 puertos “upstream” y 8 puertos “downstream” del CMTS.

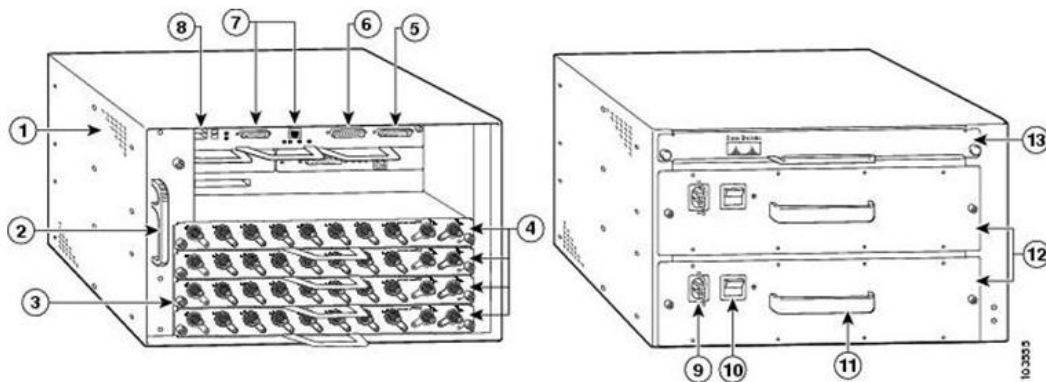
Figura 33: Tarjeta MC 28U



Fuente: (“DRINIA NET,” s.f.).

A continuación se detallan cada una de las partes que conforman el CMTS basados en la figura 34

Figura 34: Diagrama trasero y frontal del CMTS



Fuente: Elaborada por el autor basado en (“Cisco uBR7246VXR Universal Broadband Router Quick Start Guide,” n.d.).

Partes del CMTS:

- 1- Ventiladores internos.
- 2- Tarjeta de reloj.
- 3- tornillos de adaptación al chasis.
- 4- Tarjetas de RF (Puertos US y DS).
- 5- Tarjetas de línea de interfaces.
- 6- Adaptadores de puerto.
- 7- Controladores de entrada y salida.
- 8- Puerto de consola.
- 9- Puerto auxiliar de consola
- 10- Puerto GigaBit Ethernet.
- 11- Puerto PCMCIA.
- 12- Conector de AC.
- 13- Botón de encendido.

Es importante rescatar que el puerto de consola es utilizado para acceder a la configuración interna del equipo, donde se define el tipo de modulación para la señal “downstream”, “upstream”, registro de cable modem, interfaces, entre otras.

En cuanto a encapsulamiento, los datos viajan desde el CMTS hacia el cable modem en formato MPEG en modulación QAM. Esta información viaja en una portadora de frecuencia central del ancho de banda de 6 MHz del canal ocupado.

Por otra parte, los datos que viajan del cable modem hacia el CMTS se encapsulan en tramas Ethernet empleando modulaciones de tipo QPSK. Estos tipos de modulación se contemplarán en la sección de implementación del sistema.

Dentro de las funciones de este CMTS se encuentran:

- Entregar direcciones IP a los cable módems por medio de un servidor DHCP.
- Asignar puertos de enlace por medio de un DNS interno.
- Protección contra ataques de usuarios no registrados.
- Router.

También. Las tarjetas MC 28 U en las cuales se tienen los puertos “upstream” y “downstream” del sistema, operan de acuerdo con las especificaciones DOCSIS 2.0 en este caso. El CMTS habilita los servicios de cada Cable Modem y asigna una configuración asignada previamente por un aprovisionamiento que indica las frecuencias de operación e instrucciones de solicitudes a internet.

La figura 35 muestra el CMTS adquirido por la empresa, el cual cuenta con 4 tarjetas integradas.

Figura 35: Fotografía tomada al CMTS localizado en Upala



Fuente: Elaborado por el autor.

4.3.2 “spliter”s Pasivos Marca MaxNet - Número de parte MN2-2TSPF

Estos equipos como lo muestra la figura 36 son instalados en la cabecera y se utilizan como primer propósito como divisor de señal para combinar el “forward” (canales de televisión) con el “downstream”, se debe recordar que se le conoce como “downstream” (DS) a la portadora QAM que transporta la información de descarga en paquetes MPEG desde internet hasta el usuario final. Basados en la figura 36, cada equipo de estos posee dos apartados con dos puertos independientes (P1 y P2) donde se insertan en P1 la señal “forward” y en P2 el DS. El común (COMMON) en este caso se adapta a la aplicación de combinador, ya que combina la señal de T.V. con el “downstream”.

Figura 36: “Spliter” pasivos marca Maxnet.

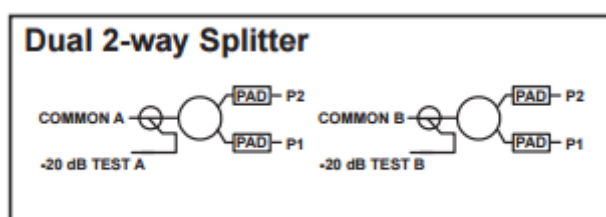


Fuente: (“ANW0662_MN_RFSplitCombSpecs.pdf,” s.f.)

La figura 36 muestra la parte frontal y trasera de estos dispositivos Maxnet. El segundo propósito se emplea para la sección de retorno, donde cada equipo de estos funciona como “spliter”, es decir en el común (COMMON) se inserta la señal RF de retorno proveniente de cada uno de los nodos conocida como “upstream” (US), portadora a través de la cual viajan las tramas “ethernet” y solicitudes del

usuario a internet. Los Puertos P1 y P2 serán salidas, P1 envía la señal a un puerto US del CMTS y P2 funciona como un punto de medición o “test point”. Con base en el nivel de potencia deberán ser atenuados con “pads”, asimismo, de acuerdo con una numeración adecuada para que al puerto del CMTS llegue en 0 dBs.

Figura 37: Diagrama de conexión de los “splitter” marca Maxnet



Fuente: (“ANW0662_MN_RFSplitCombSpecs.pdf,” s.f.) .

La figura 37 muestra en el diagrama el posicionamiento de los atenuadores de “pads”, donde independientemente hacia donde vaya la señal, esta será atenuada de acuerdo al número de “pad” atenuador que esté instalado. Como dato importante, la figura 38 muestra las pérdidas por inserción y pérdidas en el punto de prueba, entre otras utilizado para mediciones con analizador de señal.

La figura 38 muestra las especificaciones técnicas de este equipo con respecto al comportamiento de diferentes frecuencias.

Figura 38: Especificaciones técnicas de pérdidas del MN2-2TSPF

SPECIFICATIONS		MN2-2TSPF**
MEASUREMENT	FREQUENCY	QA (dB)
INSERTION LOSS & FLATNESS	5-10 MHz	3,9 +/- 0,2
	10-50 MHz	3,8 +/- 0,3
	50-200 MHz	3,8 +/- 0,4
	200-550 MHz	3,9 +/- 0,5
	550-750 MHz	4,4 +/- 0,5
	750-860 MHz	4,6 +/- 0,5
	860-1000 MHz	4,8 +/- 0,6
TEST PORT LOSS & FLATNESS *	5-10 MHz	20 +/- 0,3
	10-50 MHz	20 +/- 0,3
	50-200 MHz	20 +/- 0,5
	200-550 MHz	20 +/- 0,5
	550-750 MHz	20 +/- 0,8
	750-860 MHz	20 +/- 1,0
	860-1000 MHz	20 +/- 1,0
ISOLATION (Min)	5-10 MHz	26
	10-50 MHz	30
	50-200 MHz	30
	200-550 MHz	30
	550-750 MHz	30
	750-860 MHz	30
	860-1000 MHz	28
INPUT RETURN LOSS (Min)	5-10 MHz	20
	10-50 MHz	20
	50-200 MHz	20
	200-550 MHz	20
	550-750 MHz	20
	750-860 MHz	18
	860-1000 MHz	18
OUTPUT RETURN LOSS (Min)	5-10 MHz	20
	10-50 MHz	20
	50-200 MHz	20
	200-550 MHz	20
	550-750 MHz	20
	750-860 MHz	20
	860-1000 MHz	18
RFI (Min)	5-1000 MHz	100

Fuente: ("ANW0662_MN_RFSplitCombSpecs.pdf," s.f.).

4.3.3 Transmisor óptico Modelo EG1310

Este equipo permite convertir la señal de tipo RF a luz óptica para enviarla a través de un hilo de fibra óptica hasta el nodo. Como antes se mencionó, los recorridos a larga distancia entre la cabecera y el nodo óptico serán enlazados con

fibra óptica de tipo mono modo empleando la multiplexación por división de longitud de onda.

Entre las características de operación de este transmisor óptico se tienen:

- Ancho de banda de operación 45-1003 MHz.
- De 3 a 13 dBm de potencia de salida óptica.
- Control automático de la ganancia de salida.
- Punto de prueba de entrada.
- Pantalla tipo LCD y controles de funciones.

La tabla 10 brinda las especificaciones técnicas para este transmisor óptico.

Tabla 10: Especificaciones técnicas del transmisor óptico EG-1310

	Unidad	Especificación	
Desempeño Óptico			
Longitud de Onda	Nm	1310 ±20	
Potencia de salida	dBm	3/6/8/9/10/11/12/13	
Desempeño en RF			
Ancho de Banda	MHz	45 - 1003	
Pérdida de retorno	dB	≥ 16	
Nivel de entrada(Broadcast /	dBmV/ch	27 ± 4	

Narrowcast) 15 ± 4 /			
Impedancia	Ohms	75	
Flatness	dB	± 0.75	
Conector		F female	
Punto de Prueba (Broadcast / Narrowcast)	dB	-20 ± 1 / -32 ± 1	
Desempeño de enlace			
CNR	dB	> 50	
CSO	-dBc	≥ 63	
CTB	-dBc	≥ 67	
XMOD	-dBc	≥ 65	
Características Físicas y Eléctricas			
Fuente de Voltaje	Vac, 50 or 60 Hz.	90 to 264	
Potencia de consumo	Watts	< 20	
dimensiones	Mm	270d x 483w x 44h	
Peso	kg	3.5	

Rango de Temperatura de funcionamiento	°C	0 to 50	
Humedad	%	≤ 85, non-condensing	

Fuente: ("950-0101_EG1310TX_Foward_Transmitter_Fact_Sheet.pdf," s.f.).

Dicho transmisor permite enviar luz óptica a una distancia máxima de 12 Kilómetros debido a su potencia máxima de salida (13dBmV) sin tomar en cuenta las pérdidas por empalmes que pudiesen existir. La figura 39 ilustra la forma física del transmisor el cual es propiedad de la empresa. Este debe de ir instalado en un rack de 19 pulgadas de ancho para protección del equipo así como para tener una buena ventilación.

Figura 39: Transmisor óptico Modelo EG1310



Fuente: Elaborada por el autor.

4.3.4 Receptor óptico de retorno

Este dispositivo como se ilustra en la figura 40, su tamaño permite acoplarlo fácilmente en un rack a la medida dentro de la cabecera. Su función es recibir luz óptica proveniente de cada nodo y transformarla a RF para enviarla hasta el cada uno de los puertos "upstream" del CMTS. Como dato general este es alimentado a 9 Voltios y 150 mA.

Figura 40: Receptor Óptico de Reversa



Fuente: Elaborada por el autor.

Además, posee un LED rojo que indica cuando este es alimentado por corriente y uno verde indicando que recibe luz óptica. La tabla 4.10 muestra las especificaciones técnicas de este equipo.

Tabla 11: Especificaciones técnicas del Receptor Óptico de Reversa

Item	Unidad	Parametro Tecnico
Parámetros Ópticos		
Potencia de receptor óptico.	dBm	- 10 ~ -3
Receptor óptico de longitud de onda.	Nm	1100 ~ 1600
Tipo de conector óptico.		SC/APC
Tipo de fibra.		Monomodo
Parámetros de RF.		
Rango de frecuencia.	MHz	5-75 MHz
Nivel de salida nominal.	dB μ V	\geq 88
Impedancia de salida.	Ω	75

Fuente: Obtenida de documentación de la empresa.

Componentes necesarios a nivel de planta externa

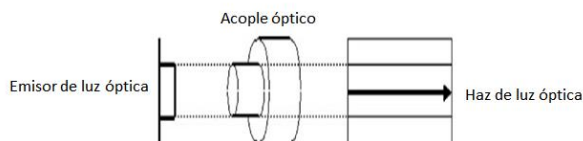
A nivel de planta externa es importante señalar los equipos y herramientas participes de todo el proceso de comunicación para, posteriormente, introducir en una descripción de cada uno de estos. En esta área se requiere lo siguiente:

- Fibra óptica.
- Cierre de empalme de fibra óptica.
- Nodo óptico marca Motorola SG-2000.
- Fuente de Poder APC6090-2QCE-C.
- Cable modem marca Motorola.

4.3.5 Fibra óptica

Para la realización de diferentes enlaces de fibra óptica hasta cada uno de los nodos ópticos, se requiere de tipo mono modo de aplicación externa, debido a que evita el ruido modal, dispersión modal en la comunicación y lo más importante, interferencias electromagnéticas de las cuales abundan en el ambiente por señales de RF abiertas o libres. Este tipo de fibra envía la luz óptica, a través de un solo hilo como se ilustra en la figura 41. De modo tal, la capacidad de transportar información a altas velocidades debido a que su núcleo es menor a 9 micrómetros. Es un núcleo pequeño lo que obliga más exactitud en el acople para evitar reflexiones que son interpretadas como atenuaciones en la señal. Las fibras ópticas a utilizar por cada nodo son de cuatro hilos, con los respectivos colores verde, café, naranja y Azul.

Figura 41: representación de una fibra óptica mono modo



Fuente: Elaborada por el autor basado en ("fibropticalhoy.com," s.f.).

La figura 42 muestra una fibra óptica mono modo en la cual se tienen varias coberturas protegiendo los hilos. Por medio de cada hilo es por donde viaja la información la cual es emitida por un láser óptico, esta cumple con las especificaciones técnicas y estándares de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Figura 42: Fibra óptica mono modo



Fuente: ("First Fiber Optic Cable to Extend Between Africa and Latin America," 2013).

La tabla 12 describe las especificaciones técnicas de esta fibra óptica que deben ser tomadas en cuenta para su uso y aplicación basados en la IEC.

Tabla 12: Especificaciones técnicas de fibra óptica mono modo de 4 hilos

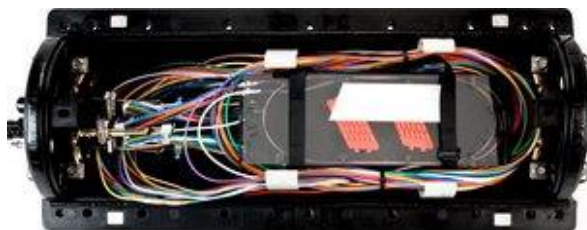
Rango de temperatura (IEC 90794-1-2-F1)	
Instalación.	-30 a +70 grados centígrados
Operación.	-30 a +70 grados centígrados
Transporte y almacenamiento.	-30 a +70 grados centígrados
Características ópticas (especificación ITU-T-Rec G652 D ó G657A1)	
Atenuación en 1310 nm.	0.38 dB/Km
Atenuación en 1550 nm.	0.25 dB/Km
Información de entrega	
Peso de cable nominal.	35 Kg por cada Km
Anchura nominal.	7 milímetros
Altura nominal.	4 milímetros

Fuente: ("Aerial4612firbes.pdf," s.f.).

4.3.6 Cierre de empalme de fibra óptica marca 3M

La figura 43 muestra internamente un cierre de empalme de fibra óptica, estos cierres permiten protección y seguridad a la hora de realizar empalmes de fibra óptica en planta externa. Estos van colocados en la portería del tendido eléctrico y dentro de este se fusionan fibras ópticas provenientes de diferentes puntos con otras dirigidas a la cabecera.

Figura 43: Cierre de empalme de fibra óptica marca 3M



Fuente: ("3M™ LL Series Closures," s.f.).

La tabla 13 muestra las especificaciones técnicas de estos cierres de empalmes.

Tabla 13: Especificaciones técnicas de cierre de empalme 3M

Tipo de cable	Dieléctrico
Altura de cierre	11.0 Pulgadas, 8.0 Pulgadas, 13.5 Pulgadas
Largo de cierre	36.0 Pulgadas, 27.5 Pulgadas
Tipo de cierre	Mitad atornillada
Ancho de cierre	15.25 Pulgadas, 12.75 Pulgadas, 10.0 Pulgadas
Retardador de llama	No
Interior/Exterior	Exterior

Numero de puertos màximos	4, 8
Número máximo de bandejas de empalme	8 bandejas
Tipo de Producto	Cierre de empalme
Tipo de sello	Estanco
Soluciones	Red de Acceso: FTTH / FTTB / CATV, Red de Acceso: xDSL, Red Inalámbrica: Backhaul, Long-haul / Metro Loop Red: Outdoor
Configuración de empalmes	Extremo
Tipo de empalme	Mecánica, Fusión en masa, Fusión única

Fuente: Fuente: ("3M™ LL Series Closures," s.f.).

4.3.7 Nodo Óptico Motorola SG-2000

Por sus capacidades y ventajas de crecimiento en la red, este nodo es ideal para desempeñar el funcionamiento de conversor de luz a RF y viceversa en la red HFC.

Su rango de operación va de 5 a 870 MHz proporcionando cuatro salidas de RF y en cuanto a la parte óptica cuenta con tres receptores ópticos, además:

- Dos transmisores de retorno análogos.
- Un 3X DWDM transmisor de retorno digital.
- Un CWDM Transmisor de retorno digital.

Se alimenta con 60 Voltios proporcionados de la fuente de corriente la cuál será instalada en el mismo poste de tendido eléctrico donde se ubica el nodo y permite el paso de hasta 15 Amperios.

A pesar de sus múltiples receptores ópticos, el flujo de señal será transmitido por un hilo de fibra desde la cabecera, lo tanto solo se ocupará un receptor y un solo transmisor de retorno para el envío de información y solicitudes en “upstream”. Todo esto empleando una longitud de onda de 1310 nm. La tabla 14 muestra las especificaciones técnicas basadas en la hoja de datos de este equipo.

Tabla 14: Especificaciones técnicas del nodo Óptico Motorola SG-2000

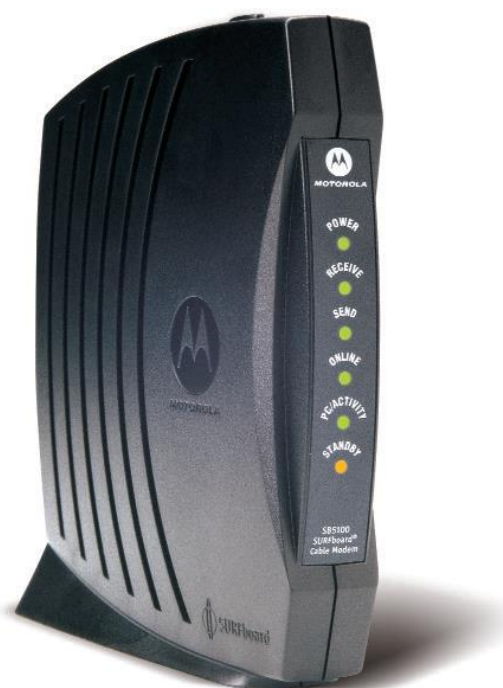
SPECIFICATIONS			
Optical Receiver		RF	
Optical Wavelength	1310 ± 20 nm through 1550 ± 30 nm	Operational Bandwidth	Fmin - 870 MHz
Optical Input Power Range	-3.0 to +2.0 dBm continuous	Flatness	± 0.75 dB F min. to F max.
Optical Connector Type	SC/APC or FC/APC	Output Slope	12.5 dB standard
Optical Input Return Loss	40 dB min.	Level Stability	± 1.0 dB over operating temperature range
Station Performance		RF Output Test Points	-20 +/-0.5 dB
Output Level	+53 dBmV @ 870 MHz with -3dBm optical input power	RF Output Impedance	75 Ohm
Hum Modulation	-65 dBc, 5 - 870 MHz @ 15A	RF Output Return Loss	16 dB min.
AC Bypass Current	15A	Mechanical / Environmental	
	Measured with 79 channels NTSC at 44 dBmV @ 547.25 MHz with 320MHz digital loading 6dB below analog, 20 km optical link, 0 dBm optical input power, 4% OMI, GX2 transmitter.	Dimensions	21.6" L x 10.6" W x 11.0" D (54.86 cm x 26.92 cm x 27.94 cm)
Composite Triple Beat (CTB)	-63 dBc	Weight	42.0 lbs. (19 kgs.) fully loaded
Composite Second Order (CSO)	-61 dBc	Mounting	Aerial or Pedestal
Carrier to Composite Noise (CCN)	52 dB	RF Connector Types	SCTE compliant 5/8" housing, accepts 1.6" stinger
		Operating Temperature Range	-40° C to +65° C (-40° F to +149° F)

Fuente: ("sg2000motorola.pdf," s.f.).

4.3.8 Cable Modem Motorola SB5100

Este tipo de cable modem es instalado en las residencias de los clientes, su función es establecer conexión a internet una vez haya cumplido cada uno de los procedimientos de validación, la figura 44 muestra una imagen de este equipo, el cual posee varias luces de indicación para determinar estados en los cuales se encuentre el equipo previo o durante su validación.

Figura 44: Cable modem Motorola SB5100



Fuente: ("SB5100 DataSheet.pdf," s.f.).

En su parte trasera se tiene un puerto Ethernet y USB para conexión alámbrica, además de la entrada de alimentación de 12 voltios del equipo. Las especificaciones técnicas se ilustran detalladamente en la tabla 15.

Tabla 15.: Especificaciones técnicas del cable modem SB 5100

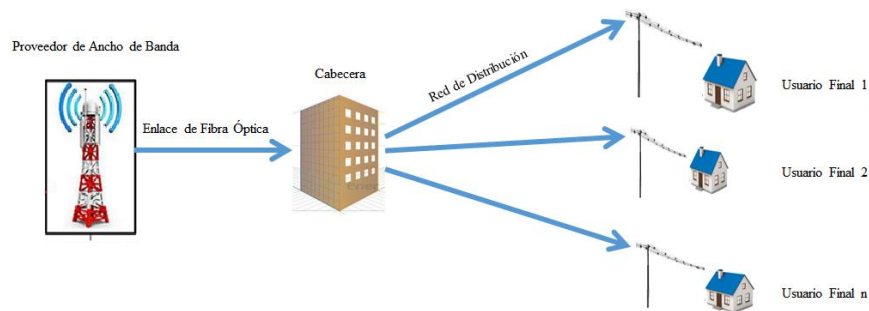
GENERAL SPECIFICATIONS			
Downstream Modulation: 64 or 256 QAM Maximum Data Rate:* 38 Mbps Bandwidth: 6 MHz Symbol Rate: 64 QAM 5.069 Msym/s Symbol Rate: 256 QAM 5.361 Msym/s Operating Level Range: -15 to +15dBmV Input Impedance: 75 Ω (nominal) Frequency Range: 88 to 860 MHz	Upstream Modulation: 8***, 16, 32***, 64***, 128*** QAM or QPSK Maximum Data Rate:** 30 Mbps Bandwidth: 200 kHz, 400 kHz, 800 kHz, 1.6 MHz, 3.2 MHz, 6.4*** MHz Symbol Rates: 160, 320, 640, 1280, 2560 and 5120*** ksym/s Operating Level Range: A-TDMA: +8 to+54 dBmV (32QAM, 64QAM) +8 to+55 dBmV (8QAM, 16QAM) +8 to+58 dBmV (QPSK) S-CDMA: +8 to+53 dBmV (all modulations) Output Impedance: 75 Ω (nominal) Frequency Range: 5 to 42 MHz (edge to edge)	General Cable Interface: F-connector, female, 75 Ω CPE Network Interface: USB, Ethernet 10/100Base-T Data Protocol: TCP/IP Dimensions: 6.2" H 2.3"W 6.0"L Power: 9 Watts (nominal) Input Power‡ North America: 105-125VAC, 60Hz International: 100-240VAC, 50-60Hz	Environmental Operating Temperature: 0° to 40° C Storage Temperature: -30° to 80° C Operating Humidity: 0 to 95% R.H. (non-condensing)

Fuente: ("SB5100 DataSheet.pdf," s.f.).

4.3.9 Enlace de fibra óptica punto a punto de banda ancha

El elemento más importante quizás se refiere al enlace de internet de banda ancha, este enlace permite abastecer con internet a toda la red de distribución y por ende a los suscriptores como se ilustra en la figura 45. Consiste en un enlace de fibra óptica desde la cabecera hasta el punto de abastecimiento de la compañía de telecomunicaciones, una vez disponible este servicio, la empresa cablevisión administra dicho ancho de banda para abastecer a toda la red.

Figura 45: Esquema de distribución de ancho de banda



Fuente: Elaborada por el autor.

Con este enlace se obtiene una dirección IP de servicio única (IP Pública) que permitirá crear una red de cable módems administrada por el CMTS.

4.4 Diseño de la red

Una vez expuesto los equipos requeridos para transformar la red de unidireccional a bidireccional, se deben definir primeramente el tema de manejo del espectro RF para determinar las frecuencias en las cuales los equipos van a operar para el trámite de datos o señales. Luego, se deben abordar la parte de red externa, cabecera y enlace punto a punto con el proveedor de ancho de banda para establecer un diseño integral que permita la interoperabilidad entre cada una de sus partes y, así, garantizar el método de transmisión para ofrecer internet en cada una de las zonas.

4.4.1 Uso del espectro RF

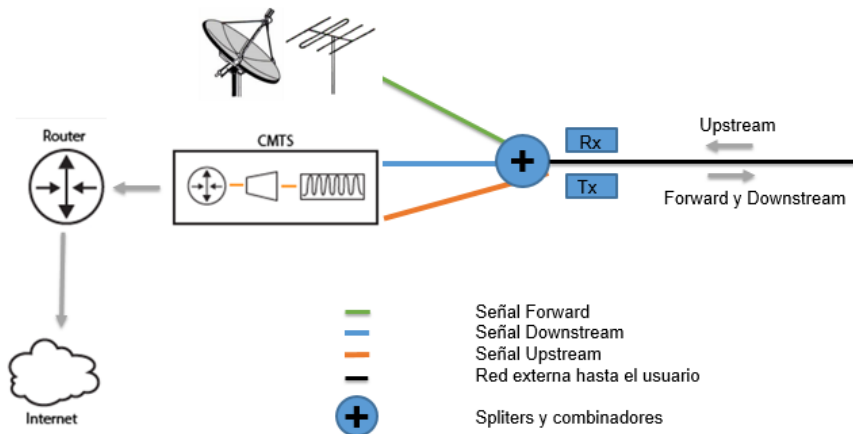
- Banda RF de retorno: De 5 a 42 MHz.
- Banda RF de “forward”: De 54 a 860 Mhz.
- Frecuencia para canal “upstream”: 38 MHz.
- Frecuencias para canal “downstream”: 549 y 555 MHz.

Se utiliza la frecuencia 38 MHz dentro de la banda de retorno ya que es una frecuencia de las más altas de dicha banda, permitiendo disminuir los problemas de ruido e interferencia presentes en frecuencias menores debido a las frecuencias bajas. Con respecto a las frecuencias “downstream” se utilizan las frecuencias ubicadas en los canales 78 y 79, retirando de la grilla el canal Cosmopolitan, el cual ocupaba el espectro para la frecuencia 549 MHz. Dicho canal se traslada al 80 en la grilla de canales análogos.

4.4.2 Diseño y arquitectura de red núcleo en cabecera

A continuación, la tabla 16 muestra la cantidad de equipos requeridos para implementar el sistema, asimismo, la figura 46 muestra el conjunto de cada una de sus partes de manera organizada.

Figura 46: Arquitectura de red HFC



Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 16: Especificación de equipo requerido a nivel de cabecera

Cantidad	Tipo de equipo
01	CMTS Cisco, modelo uBR-7246-VXR.
08	Combinadores/"splitter"s Pasivos marca MaxNet.
05	Transmisores Ópticos.
06	Receptores Ópticos.

Fuente: Elaborada por el autor.

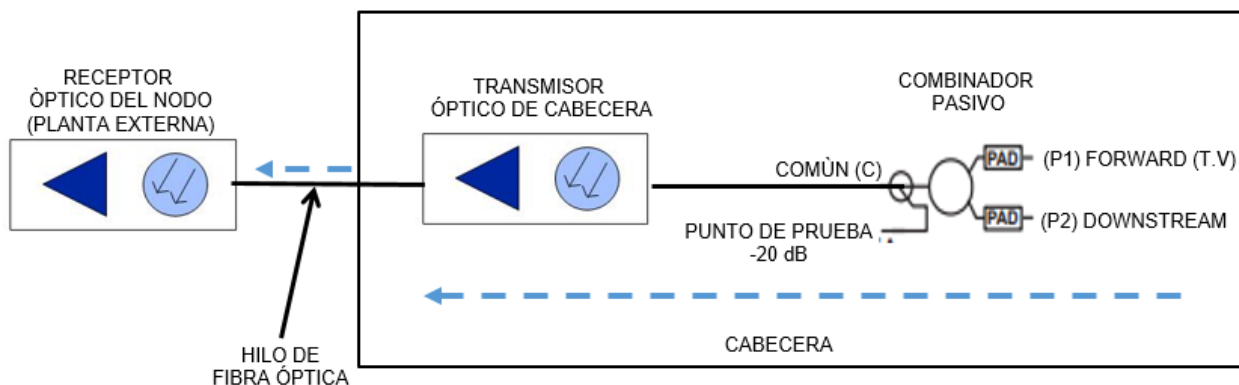
4.4.2.1 Arquitectura de la plataforma óptica

La plataforma óptica es aquella donde se maneja todo lo referente a conversiones de luz óptica a RF y viceversa, para garantizar enlaces de distancias considerables prácticamente con la mínima atenuación. Se compone de transmisión y recepción óptica, las cuales se describen a continuación.

4.4.2.2 Transmisión de señal óptica hacia planta externa

Con base en la 47, La señal de televisión proveniente del amplificador de cabecera y la señal portadora de “downstream” proveniente del CMTS deben ser insertadas en cada uno de los puertos de entrada (P1 y P2, respectivamente) de un combinador MaxNet de dos vías, el común de este equipo combina la señal en una sola combinada de, la cual debe ser insertada en la entrada del transmisor óptico para convertirla a luz óptica y direccionarla a cada nodo específico a través de un hilo de fibra óptica.

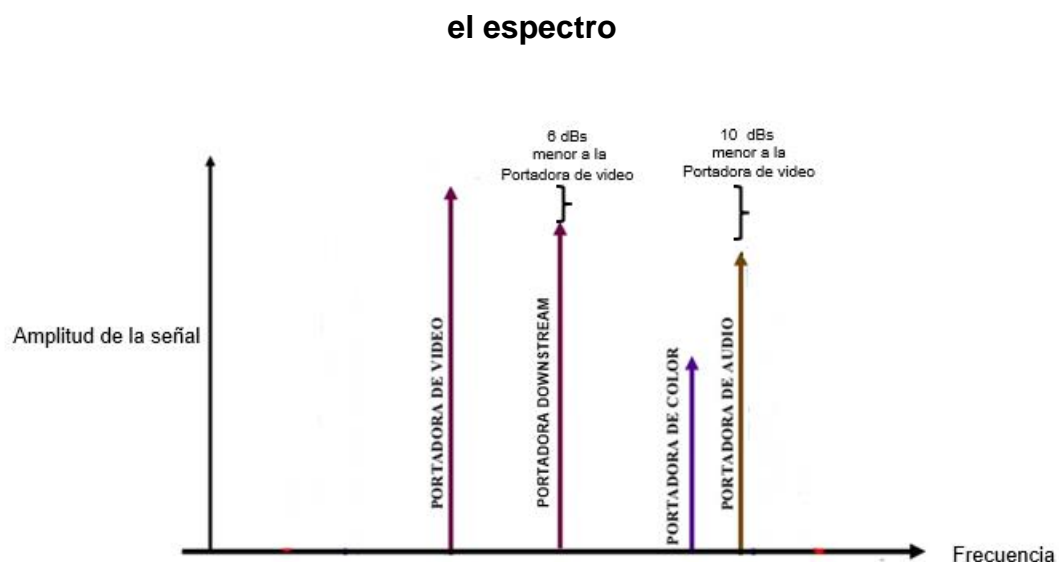
Figura 47: Combinación de “forward” con “downstream”



Fuente: Elaborada por el autor.

La señal de “downstream” debe estar mínimo 6 dB por debajo de la señal “forward” o de video (Figura 48), esto por ser una señal digital y evitar con intermodulación con algún canal análogo cercano en la banda de RF. Esto se logra con el ajuste de ganancia RF de los moduladores de canal para la parte de video, y para el “downstream” en el nivel de salida conocido como “Power Level” (Potencia de señal) de la portadora. Cada canal debe ocupar un ancho de banda de 6 MHz, como lo establece el documento de la SUTEL denominado plan nacional de asignación de frecuencias en el ADENDUM III.

Figura 48: Nivel entre las portadoras de video, audio, color y “downstream” en



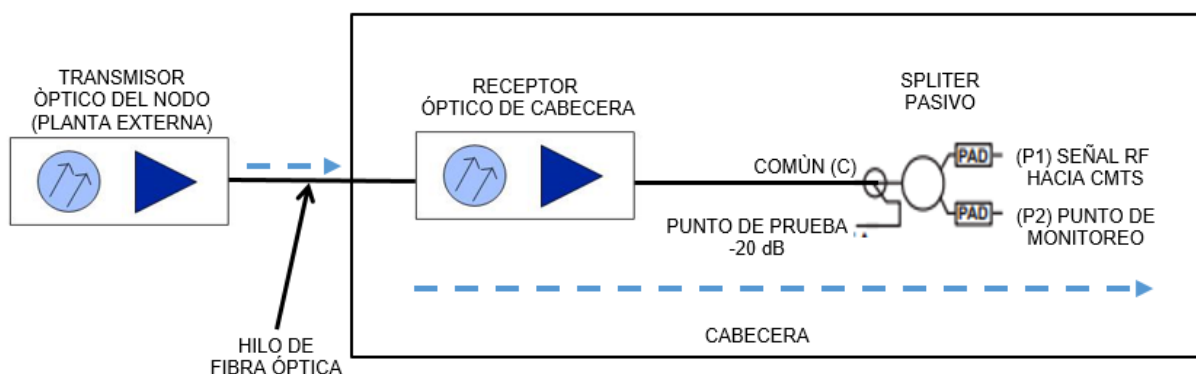
Fuente: Elaborada por el autor.

4.4.2.3 Recepción de señal óptica

La señal óptica proviene desde cada nodo óptico instalado en los diferentes sectores y debe de ser canalizada en fibra óptica desde cada nodo hasta llegar a la cabecera y conectarse al CMTS. El procedimiento consiste en conectar el hilo de retorno (Fibra óptica) o señal de retorno en la entrada del receptor óptico cuya función es transformar de señal luz a RF. Después, enviar dicha señal de RF al

puerto común del “splitter” pasivo MaxNet de 2 vías para que finalmente interconectar la salida P1 al CMTS. La salida P2 del “splitter” pasivo, se toma como punto de monitoreo y pruebas (ver figura 49).

Figura 49: Diagrama de comunicación entre el nodo óptico y CMTS.



Fuente: Elaborada por el autor.

4.4.2.4 CMTS

El CMTS como se mencionó anteriormente, gestiona las solicitudes del cable módem permitiendo el enlace entre un usuario y acceso a internet. Este debe de realizarlo con la configuración adecuada para establecer los canales específicos de comunicación, modulaciones y, por su puesto, la conexión física al CMTS. La tabla 17 especifica las configuraciones y conexiones en el CMTS para su operación en la red.

Tabla 17: Configuración y conexiones en el CMTS

Configuración del CMTS	
Tipo de Modulación para “downstream” .	256 QAM
Tipo de Modulación para “upstream” .	QPSK
Power Level para “downstream” 1 y 2.	50 dBmV
Frecuencia para “downstream” 1.	549 MHz
Frecuencia para “downstream” 2.	555MHz
Frecuencia de retorno para cada “upstream” .	38 Mhz
Distribución de Nodos por Tarjeta “upstream”	
Nodo el Cruce.	Tarjeta 3 – “upstream” 0
Nodo Don Chú	Tarjeta 3 – “upstream” 4
Nodo Cabecera.	Tarjeta 4 – “upstream” 0
Nodo Las Palmas.	Tarjeta 4 – “upstream” 4
Nodo Barrio IMAS.	Tarjeta 5 – “upstream” 0
Distribución de “downstream” por Nodo	
Nodo el Cruce.	“downstream” DS 0 – Tarjeta 3
Nodo Don Chú.	“downstream” DS 1 – Tarjeta 3
Nodo Cabecera.	“downstream” DS 0 – Tarjeta 4
Nodo Las Palmas.	“downstream” DS 1 – Tarjeta 4
Nodo Barrio IMAS.	“downstream” DS 0 – Tarjeta 5

Fuente: Elaborada por el autor.

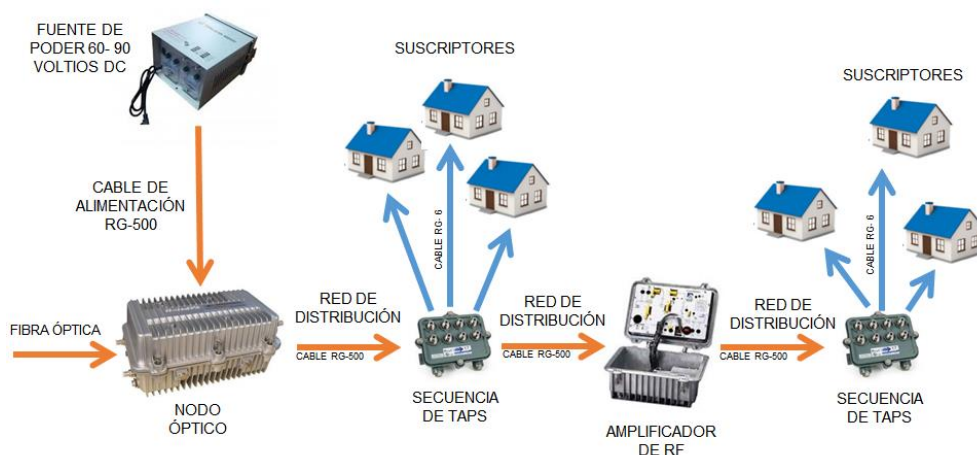
4.4.3 Diseño de red en planta externa

El diseño de la red híbrida en planta externa consiste en un enlace de fibra óptica entre la cabecera y el nodo óptico. A nivel de planta externa, cuando se refiere a un nodo, se contempla toda su arquitectura; es decir, amplificadores de RF, fuente de poder, red de distribución y secuencia de “taps” como se ilustra en la figura 50.

Los amplificadores de distribución se ubican en los distintos ramales unidos por una secuencia de “taps” provenientes desde una salida del nodo óptico o amplificador de RF; los cuales son los encargados de cumplir la función de interfaz entre la red de distribución y la acometida del suscriptor. Con respecto a la secuencia de “taps”, se encuentran las intermedias; están finalizan con un “tap” número 10, ya que posteriormente la señal debe amplificarse.

Por último, las secuencias finales, estas son las secuencias que finalizan con un “tap” 7 y posterior a esta no existe más extensión de línea. La idea del diseño consiste en generar la mayor cobertura de internet en la zona de Upala; para ello, se establecen ciertos puntos estratégicos para la instalación de los nodos ópticos.

Figura 50: Diagrama general de la red híbrida de fibra óptica y cable coaxial en Upala



Fuente: Elaborada por el autor.

4.4.3.1 Distribución de nodos por sector

A continuación, se describe cada uno de los nodos de la red, tomando en cuenta materiales requeridos, equipo e información concerniente al diseño de cada uno. En el anexo 2 se puede detallar el diseño de la red HFC en su totalidad, donde se identifican los distintos nodos y ramales de distribución.

4.4.3.1.1 Nodo el cruce

Descripción general del nodo: Su marca es Motorola, cuenta con un puerto de entrada para fibra óptica y cuatro salidas de RF. Es importante aclarar que el puerto uno se utiliza para alimentación de corriente, el puerto dos y tres para distribuir señal de RF hacia distintos ramales. El puerto cuatro queda deshabilitado.

- Coordenadas geográficas: 10°53'40.7"N 85°01'34.8"W.

- Cantidad de ramales: 2.
- Cascadas de “taps” intermedias: 6.
- Cascadas de “taps” finales: 5
- Cantidad de amplificadores RF: 6.
- Capacidad máxima de clientes: 480.

La tabla 18 detalla en forma general la cantidad de equipos necesarios para la elaboración de dicho nodo.

Tabla 18: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red para nodo El cruce

Cantidad	Tipo de equipo o material
1860	Metros de fibra Óptica de tipo Mono Modo de 04 hilos (Single Mode).
01	Nodo Óptico Motorola SG - 2000.
01	Fuente de poder marca APC6090-2QCE-C.
02	Atenuadores Ópticos (Para señal “forward”) .

Fuente: Elaborada por el autor.

Presupuesto de pérdidas para Nodo el cruce

Pérdidas en la fibra óptica a 1310 nm

- Atenuación por Kilometro: 0.38 dB.
- Total de kilómetros en fibra: 1.86 Km.

- Total de pérdidas en recorrido: 0.70 dB.

Pérdidas por empalmes

- Pérdida por cada empalme: 0.1 dB.
- Total de empalmes 03.
- Total de pérdidas por empalmes 0.3 dB.

Pérdidas de conexión

- Pérdida por cada conector: 0.5dB.
- Cantidad de conectores: 02.
- Total de pérdida por conexiones: 1 dB.

Margen óptico

- dB.

Pérdida total del enlace

- Total: 3 dB.

-

4.4.3.1.2 Nodo Don Chu

Descripción general del nodo: Este nodo es de marca Motorola, posee tres puertos de salida, en este caso y para todos los nodos se contempla insertar la alimentación por el puerto uno del nodo óptico.

- Ubicación geográfica: 10°53'58.7"N 85°01'12.4"W.
- Cantidad de ramas: 3.
- Cascadas de "taps" intermedias: 3.
- Cascadas de "taps" finales: 3.

- Cantidad de amplificadores de RF: 4.
- Cantidad máxima de clientes: 264.

La tabla 19 detalla la cantidad de equipos y materiales necesarios para la elaboración de dicho nodo.

Tabla 19: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red para nodo Don Chu

Cantidad	Tipo de Equipo o Material
896	Metros de fibra Óptica de tipo Mono Modo de 04 hilos (Single Mode)
01	Nodo Óptico marca Motorola SG 2000
01	Fuente de poder marca APC6090-2QCE-C
02	Atenuadores Ópticos (Para señal "forward")

Fuente: Elaborada por el autor.

Presupuesto de pérdidas para Nodo Don Chu

Pérdidas en la fibra óptica a 1310 nm

- Atenuación por Kilometro: 0.38 dB.
- Total de kilómetros en fibra: 0.95 Km.
- Total de pérdidas en recorrido: 0.361 dB.

Pérdidas por empalmes

- Pérdida por cada empalme: 0.1 dB.
- Total de empalmes 03.
- Total de pérdidas por empalmes 0.3 dB.

Pérdidas de conexión

- Pérdida por cada conector: 0.5dB.
- Cantidad de conectores: 02.
- Total de pérdida por conexiones: 1 dB.

Margen óptico

- dB.

Pérdida total del enlace

- 2.66 dB de pérdida total.

4.4.3.1.3 Nodo Cabecera

Descripción general del nodo: Marca Motorola con habilitación de tres puertos de salida de RF, el puerto uno es utilizado de igual manera para la inserción de corriente.

- Ubicación geográfica: 10°53'56.0"N 85°00'50.0"W.
- Cantidad de ramales: 3.
- Cascadas de "taps" intermedias: 5
- Cascadas de "taps" finales: 3.
- Cantidad de amplificadores de RF: 5.
- Capacidad máxima de clientes: 344.

La tabla 20 detalla la cantidad de equipos y materiales necesarios para la elaboración de dicho nodo.

Tabla 20: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red

Cantidad	Tipo de equipo o material
100	Metros de fibra Óptica de tipo Mono Modo de 04 hilos (Single Mode)
01	Nodo Óptico marca Motorola SG – 2000.
01	Fuente de poder marca APC6090-2QCE-C.
02	Atenuadores Ópticos (Para señal “forward”).

Fuente: Elaborada por el autor.

Presupuesto de pérdidas para Nodo Cabecera

Pérdidas en la fibra óptica a 1310 nm

- 0.38 dB por Kilometro.
- Total de kilómetros: 0.1 Km.
- Total de pérdidas en recorrido: 0.038 dB.

Pérdidas por empalmes

Pérdida por cada empalme: 0.1 dB

Total de empalmes 03

Total de pérdidas por empalmes 0.3 dB

Pérdidas de conexión

Pérdida por cada conector: 0.5 dB

Cantidad de conectores: 02

Total de pérdida por conexiones: 1 dB

Margen óptico

1.0 dB

Pérdida total del enlace

2.33 Db

4.4.3.1.4 Nodo Las Palmas

Descripción general del nodo: Este nodo es de la marca Motorola y de igual manera se inserta la corriente por el puerto uno, dejando el dos, tres y cuatro como salida de RF.

Ubicación geográfica: 10°54'06.4"N 85°00'37.5"W

Cantidad de ramales: 3

Cantidad de amplificadores de RF: 3

Cascadas de "taps" intermedias: 3

Cascadas de "taps" finales: 3

Capacidad máxima de clientes: 264

La tabla 21 detalla la cantidad de equipos y materiales necesarios para la elaboración de dicho nodo.

Tabla 21: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red

Cantidad	Tipo de Equipo o Material
650	Metros de fibra Óptica de tipo Mono Modo de 04 hilos (Single Mode)
01	Nodo Óptico marca Motorola SG - 2000
01	Fuente de poder marca APC6090-2QCE-C
02	Atenuadores Ópticos (Para señal "forward")

Fuente: Elaborada por el autor

Presupuesto de pérdidas para Nodo Las Palmas

Pérdidas en la fibra óptica a 1310 nm

0.38 dB por Kilometro

Total de kilómetros: 0.6 Km

Total de pérdidas en recorrido: 0.228 dB

Pérdidas por empalmes

Pérdida por cada empalme: 0.1 dB or cada empalme

Total de empalmes 03

Total de pérdidas por empalmes 0.3 dB

Pérdidas de conexión

0.5dB por cada conector

Cantidad de conectores: 02

Total de pérdida por conexiones: 1 dB

Margen óptico

1.0 dB

Pérdida total del enlace

2.528 dB

4.4.3.1.5 Nodo Barrio IMAS

Descripción general del nodo: Marca Motorola con el puerto uno, tres y cuatro como salidas de RF. El puerto dos se utiliza para la inserción de la corriente.

Ubicación geográfica: 10°53'53.0"N 85°00'32.0"W

Cantidad de ramales: 3

Cascadas de "taps" intermedias: 1

Cascadas de "taps" finales: 5

Cantidad de amplificadores de RF: 1

Capacidad máxima de clientes: 288

La tabla 22 detalla la cantidad de equipos y materiales necesarios para la elaboración de dicho nodo.

Tabla 22: Detalle de cantidad de equipos necesarios en la red

Cantidad	Tipo de Equipo o Material
680	Metros de fibra Óptica de tipo Mono Modo de 04 hilos (Single Mode)
01	Nodo Óptico marca Motorola SG - 2000
01	Fuente de poder marca APC6090-2QCE-C
01	Atenuador Óptico (Para señal "forward")

Fuente: Elaborada por el autor

Presupuesto de pérdidas para Nodo Barrio IMAS

Pérdidas en la fibra óptica a 1310 nm

0.38 dB por Kilometro

Total de kilómetros: 0.65 Km

Total de pérdidas en recorrido: 0.247 dB

Pérdidas por empalmes

Pérdida por cada empalme: 0.1 dB

Total de empalmes 03

Total de pérdidas por empalmes 0.3 dB

Pérdidas de conexión

0.5dB por cada conector

Cantidad de conectores: 02

Total de pérdida por conexiones: 1 dB

Margen óptico

1.0 dB

Pérdida total del enlace

2.547 dB

4.4.4 Diagrama de distribución de Nodos

A continuación, la figura 51 muestra el diseño de la nueva red con la distribución de los nodos ubicados en cada zona de la localidad, se considera no instalar más de tres amplificadores de RF después de la salida de cada nodo para evitar problemas de ruido en la red.

Figura 51: Diagrama de distribución de Nodos



Fuente: Elaborada por el autor basado en ("Google Maps," 2017)

4.4.5 Enlace punto a punto con el proveedor de servicio de banda ancha

Para ofrecer internet de banda ancha a los suscriptores, es necesario contar con un servicio de banda ancha contratado a una empresa que denominaremos proveedor de ancho de banda, en el cual se requiere establecer un enlace punto a punto con fibra óptica del formato ilustrado en la figura 52.

Figura 52: Representación de enlace punto a punto entre cable visión y empresa proveedor de ancho de banda



Fuente: Elaborada por el autor

A continuación la tabla 23 detalla la información concerniente al diseño de dicho enlace.

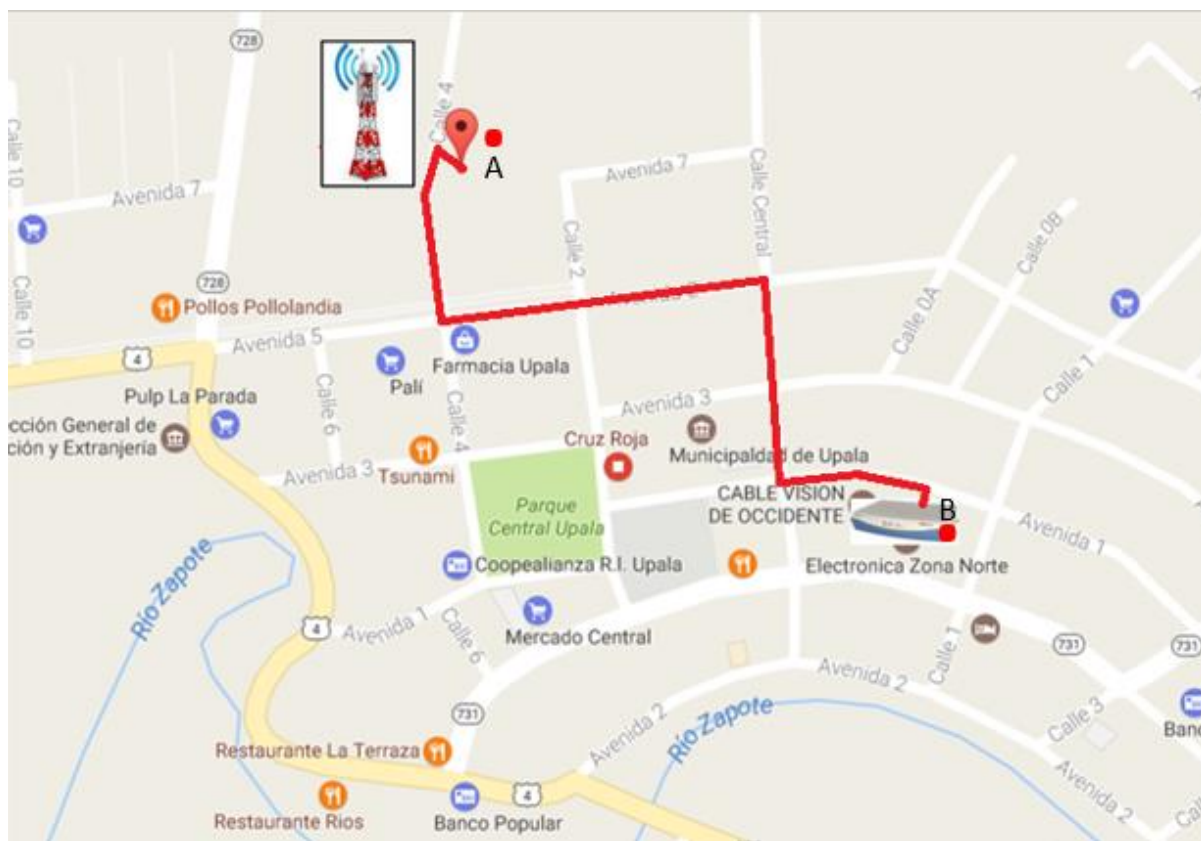
Tabla 23: Información del enlace punto a punto con la empresa de telecomunicaciones de Costa Rica

Información del Enlace	
Tipo de servicio	Enlace simétrico
Ancho de banda a contratar	50 Mega bits por segundo (Mbps)
Coordenadas de la torre del proveedor	10°54'03.5"N 85°01'00.3"W
Metros de fibra óptica	670
Direccionamiento de red	
IP publica	186.26.121.0
Mascara de Red	255.255.255.248
Puerta de enlace	186.26.121.1
Broadcast	186.26.121.7

Fuente: Suministrada por el proveedor de servicios de telecomunicaciones.

La figura 53 también muestra el recorrido de este enlace unto a punto el cuál consta de 670 metros de fibra óptica.

Figura 53: Recorrido en fibra óptica para establecer el enlace punto a punto



Fuente: Elaborada por el autor.

4.5 Implementación del proyecto

La implementación del proyecto consta de varias etapas para llevarlo a cabo, entre ellas están:

- Configuración del CMTS uBR7246 VXR
- Implementación del sistema de transmisión óptica en cabecera
- Implementación del sistema de recepción óptica en cabecera
- Calibración de la señal RF en retorno
- Calibración de la señal RF en “forward”

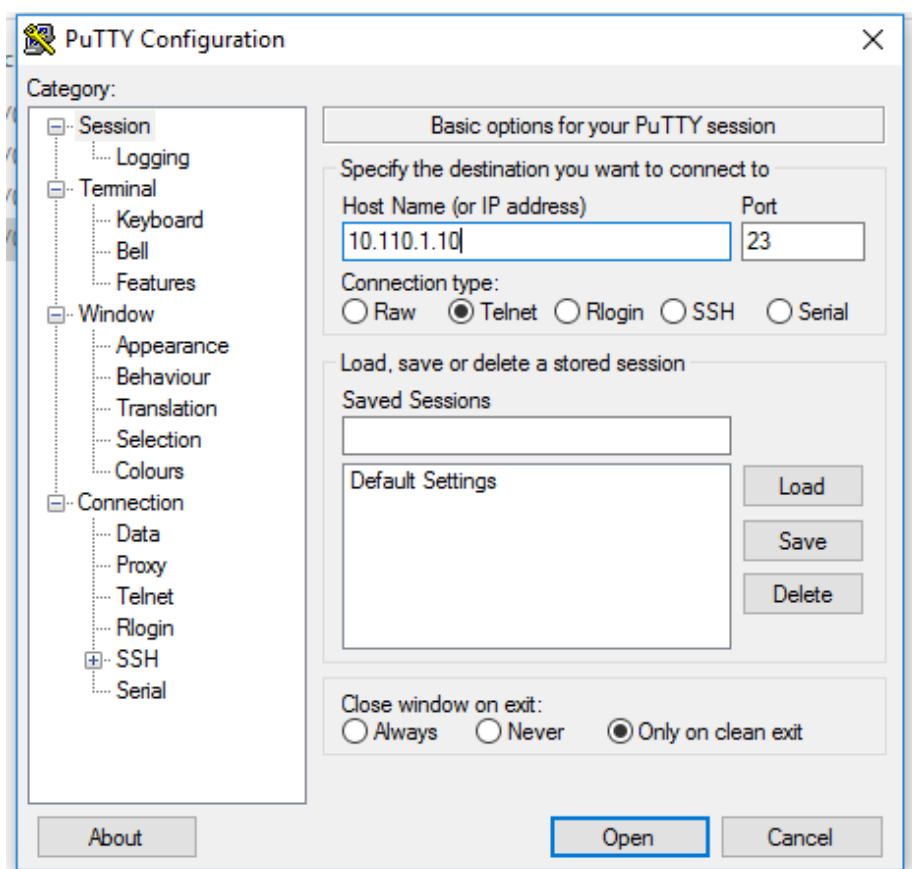
4.5.1 Configuración del CMTS uBR7246 VXR

A continuación, se detallan cada uno de los procedimientos para la configuración del CMTS. Se pretende trabajar únicamente con la tarjeta 3, es decir la primer tarjeta del CMTS para todo lo referente a configuración.

Ingreso al sistema de configuración del CMTS

Para ingresar al CMTS, se conecta un cable de red (RJ45) del puerto Ethernet de la laptop a la entrada del puerto consola del CMTS. Por medio del “Software” Putty como se muestra en la figura 54, se definen los parámetros como la IP del CMTS, conexión tipo telnet y numero de puerto.

Figura 54: Acceso al CMTS



Fuente: Elaborada por el autor.

Una vez comprobada la validación de usuario y clave, con el comando **config t** se ingresa al modo de configuración, se extrae el código de configuración y se presenta a continuación:

```
Router# config t
```

Configuración de la modulación QAM para “downstream”

```
Router(config)#in cable 3/0
```

```
Router(config)#cable “downstream” modulation 256qam
```

```
Router(config)#end
```

Configuración de la modulación QPSK para “upstream”

```
Router(config)#cable modulation-profile 2 qpsk
```

```
Router(config)#end
```

Configuración del Power Level portadora “downstream” DS0 y DS1

```
Router(config)#in cable 3/0
```

```
Router(config-if)#cable “downstream” rf-power 55
```

```
Router(config-if)#in cable 3/1
```

```
Router(config-if)#cable “downstream” rf-power 55
```

```
Router(config-if)#end
```

Configuración de Frecuencia “downstream” DS0 y DS1

```
Router(config)#in cable 3/0
```

```
Router(config-if)#cable “downstream” 0 frequency 555000000
```

```
Router(config-if)#end
```

```
Router(config)#in cable 3/1
```

```
Router(config-if)#cable “downstream” 0 frequency 549000000
```

```
Router(config-if)#end
```

Configuración de frecuencia para portadora “upstream”

```
Router(config)#in cable 3/0
```

```
Router(config-if)#cable “upstream” 0 frequency 38000000
```

```
Router(config-if)#end
```

Salir del modo configuración y salvar cambios

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config-if)#wr
```

4.5.2 Implementación del sistema de transmisión óptica en cabecera

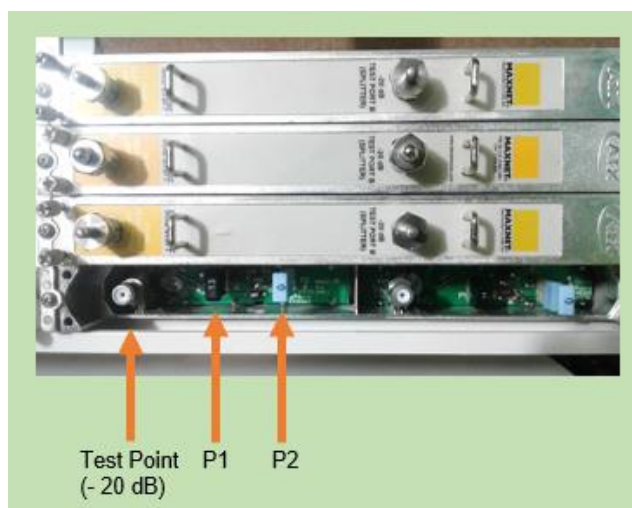
Para establecer el sistema de transmisión óptica desde la cabecera hasta la planta externa se describen seguidamente cada uno de los procedimientos necesarios:

- **Instalación de un combinador MaxNet de dos vías como entrada y una vía como salida**

Estos equipos pasivos permiten realizar la función de “splitter” así como combinadores, no llevan alimentación de corriente eléctrica y deben ser instalados en un chasis metálico ubicado en un rack de montaje como se muestra en la figura 55. Internamente, en cada puerto P1 y P2, se tiene la opción de insertar un atenuador de “pad” en caso que fuese necesario, si no se coloca un “pad” de cero (color celeste) para que interconecte la línea de comunicación sin alterar los niveles de señal. Se cuenta también con un “test point” de -20 dB (indicando que hay una pérdida de -20 dB), este se

encuentra en la parte frontal del equipo y a la medida real obtenida con el medidor de señal se le deben sumar 20 dB.

Figura 55: Combinador/"splitter" MaxNet



Fuente: Elaborada por el autor.

- **Inserción de la señal "forward" al puerto (P1) del combinador MaxNet**

Esta señal "forward" proviene de la salida principal del amplificador de cabecera y contiene la combinación total de canales análogos. El espectro utilizado va desde los 54 MHz hasta los 546 MHz, y de los 558 MHz hasta los 750 MHz. El ancho de banda intermedio de 12 MHz (de 546 a 558 MHz) es utilizado para las dos portadoras de "downstream" (Canal 78 y 79).

- **Inserción de la señal "downstream" al puerto (P2) del combinador MaxNet**

Esta señal se toma del puerto "downstream" de cada tarjeta del CMTS y es conectada al combinador respectivo. Utilizan el ancho de banda de 546 a 552 MHz para la portadora del "downstream" 1 (549 MHz) de un tarjeta del CMTS y de 552 a 558 MHz para la portadora del "downstream" 0 (555 MHz).

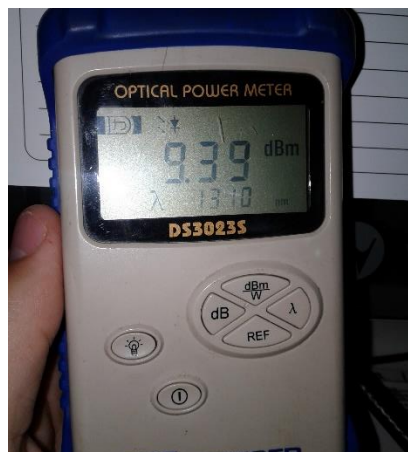
- **Conexión de la señal combinada entre la salida del combinador y la entrada del transmisor óptico**

La señal combinada se interconecta del común del combinador hacia la entrada de RF del transmisor óptico con cable categoría RG-6.

- **Medición de luz óptica de la salida del transmisor óptico**

Como parte del procedimiento, se realiza la medición de luz en la salida del transmisor óptico obteniendo un nivel de 9.39 dBm como se ilustra en la figura 56.

Figura 56: Medición inicial de luz óptica en el transmisor



Fuente: Elaborada por el autor.

- **Atenuación en la salida del transmisor óptico**

Previamente se analizó que la potencia máxima entregada por el transmisor óptico es de 9.39 dBm, por lo tanto, conociendo dicho dato se atenúa el nivel de luz con un atenuador óptico de 06 dB (Ver figura 57), al considerar el presupuesto de pérdida de 3 dB del enlace de fibra óptica obteniendo la medición de 3.24 dBm como se ilustra en la figura 58.

Figura 57: Atenuador de 6 dB



Fuente: Elaborada por el autor.

Figura 58: Medición de luz óptica atenuada en la salida del transmisor



Fuente: Elaborada por el autor.

- **Medición de luz de llegada en el receptor óptico del nodo el cruce**

Como se ilustra en la figura 59, se obtiene un nivel de luz de -0,72 dBm, lo que refleja un nivel de luz óptica óptima para operación del nodo.

Figura 59: Medición de luz óptica en el nodo el cruce



Fuente: Elaborada por el autor.

4.5.3 Implementación del sistema de recepción óptica en cabecera

Este proceso consiste en recibir en cabecera la señal óptica transmitida desde el nodo el cruce y transformarla a señal RF para hacerla llegar hasta un puerto “upstream” del CMTS con los niveles adecuados. Recordar que el CMTS posee cuatro tarjetas MC 28u en la cual se pueden conectar hasta treinta y dos retornos de diferentes nodos. El procedimiento para llevar la señal de retorno hasta el CMTS se detalla a continuación:

- **Conexión del “patch cord” que une al hilo de retorno con el receptor óptico**

El “patch cord” va unido con el hilo de reversa para ser insertado en el receptor óptico, por cada hilo de retorno debe existir un “patch cord” a cada receptor.

- **Medición de luz óptica recibida en la cabecera a través del hilo de fibra óptica**

Correspondiente al nodo el cruce

Previamente a realizar la inserción de luz óptica al receptor, se mide con la ayuda del medidor de luz el nivel de llegada como se ilustra en la figura 60. Según la tabla 4.9, este nivel de luz (-7.22 dBm/W) es aceptable ya que el rango de receptor óptico va desde -10 hasta -3 dBm/W, nivel aceptable para operación sin que exista atenuación o saturación de la señal.

Figura 60: Medición de luz en el hilo de retorno



Fuente: Elaborada por el autor.

- **Atenuación de luz óptica**

Para este caso no se necesita atenuación de la luz óptica ya que el nivel de llegada está dentro de los parámetros requeridos para funcionamiento del receptor óptico y transformarlo a señal RF.

- **Instalación de “splitter” Pasivo MaxNet**

La instalación de este equipo es similar a la de combinación (Ver figura 55), es decir, cada “splitter” debe de ir instalado en el rack metálico contiguo a los combinadores pasivos. Cada “splitter” tiene la configuración de tener un puerto de entrada y dos puertos de salida. El puerto común en este caso se destina para la entrada de RF que proviene de la salida del receptor óptico y los puertos de salida se destina de la siguiente manera: P1 como salida para

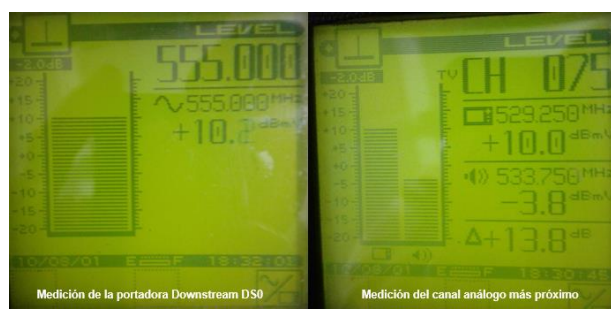
enviar la señal RF al CMTS y P2 como puerto para punto de pruebas y mediciones.

4.5.4 Calibración de la señal RF en “forward”

- **Medición de las portadoras de “downstream” y señal “forward” desde el puerto común del combinador MaxNet con el medidor de análisis de señal.**

Para realizar la medición de niveles, se conecta el medidor de análisis de señal en el punto de prueba del MaxNet para visualizar y comparar los niveles de portadora del “downstream” (Frecuencia 555 MHz) y el canal análogo más cercano (Canal 75). La figura 61 muestra la medición realizada.

Figura 61: Medición de niveles para la portadora de “downstream” 0 y canal 75



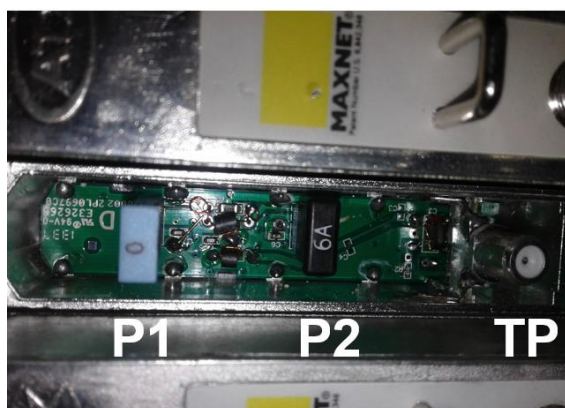
Fuente: Elaborada por el autor

En este caso se toma como referencia la portadora de “downstream” 0 (DS0) ya que tanto el DS0 y DS1 tienen la misma potencia por configuración en el CMTS. Se puede observar que la potencia de la portadora del canal 75 y la de “downstream” es la misma (10 dB), lo que podría causar ruido e intermodulación en las portadoras de señal.

- **Realizar la debida calibración para garantizar que se cumpla la relación de diferencia en decibelios de la señal “forward” y “downstream”**

Para la calibración se debe tomar en cuenta que la señal “downstream” debe estar de 6 a 10 dB por debajo de la señal “forward”. Como se observó en la figura 61 ambas señales tienen la misma potencia, por lo tanto es necesario atenuar mínimo seis decibelios la potencia del DS. En la figura 62 se observa el atenuador de tipo “pad” insertado en el P2 con un valor de atenuación de 6dB. La señal “forward” insertada en P1 no requiere atenuación, ya que es el “forward”.

Figura 62: Atenuador de 6dB en el puerto 2 del combinador



Fuente: Elaborada por el autor.

Una vez atenuada la señal “forward”, se procede a realizar la medición a la portadora de 555 MHz para garantizar el nivel requerido. La figura 63 muestra la medición obtenida posteriormente a la inserción del atenuador.

Figura 63: Medición de la portadora “downstream” posterior a la atenuación de 6 dB



Fuente: Elaborada por el autor

4.5.5 Calibración de la señal RF en retorno

Para la calibración de señal RF, es fundamental el uso de un oscilador de frecuencia y el medidor de análisis de señal.

Inserción de la señal del oscilador en cada uno de los puertos “forward” del nodo óptico el cruce

El nodo óptico posee 4 puertos de prueba RF (TP1, TP2, TP3 y TP4) como se ilustra en la figura 64, en los cuales cada uno de ellos recibe la inserción de línea del oscilador (Usando una línea de cable coaxial) para enviar portadora hasta la cabecera, la idea de configurar el oscilador a 47 dBmV de salida se debe a que el nodo opera con mínimo de ingreso de potencia RF de 27 dBmV y en cada punto de prueba (TP) pierde 20 dBmV.

Figura 64: Núcleo del nodo óptico Instalado en el cruce



Fuente: Elaborada por el autor.

- Envío de la señal portadora

Cada vez que se inserta la señal del oscilador en cada test point del módulo del nodo, debe encenderse el oscilador en la tecla ON/OFF y pulsar dos veces la tecla SOURCE y esperar que los dos puntos que aparecen en la pantalla del oscilador (Ver figura 65) permanezcan fijos. Una vez sucedido esto, quiere decir que se está enviando portadora.

Figura 65: Oscilador de frecuencia en modo envío de portadora



Fuente: Elaborada por el autor.

- **Medición de la señal RF recibida en cabecera desde el nodo y Amplificadores**

El procedimiento es el mismo para cada “test point” del nodo y amplificadores de RF de cada ramal, tomaremos como referencia el “test point” 1 del nodo donde se inserta la señal del oscilador y se recibe la portadora en cabecera para realizar la debida medición como se muestra en la figura 66.

Figura 66: Medición de portadora de llegada en cabecera (38 MHz)



Fuente: Elaborada por el autor

Una vez recibida la señal portadora, se debe tomar las medidas adecuadas para que antes de conectar la línea “upstream” al CMTS, esté dentro del rango de operación requerido.

- **Realizar la debida atenuación en el “spliter” tanto en P1 como P2 para garantizar entre 1 y -1 dB en la entrada del CMTS**

La señal debe llegar entre 1 y -1 dBmV a cada puerto “upstream” del CMTS, por lo que de acuerdo a la medida obtenida de la señal enviada desde el nodo se debe atenuar en los “spliter” pasivos MaxNet con atenuadores de valor acorde a la cantidad de dB a disminuir (Ver ejemplo de atenuadores en la figura 67). El atenuador de 23 dB insertado en los

puertos P1 y P2 del “splitter” pasivo MaxNet cumple con lo requerido ya que se obtiene un valor satisfactorio para ingreso de potencia al puerto “upstream” del CMTS como se ilustra en la figura 68.

Figura 67: Atenuadores de tipo “pad” para “splitter” MaxNet



Fuente: Elaborada por el autor

Figura 68: Medición de señal de retorno RF atenuada



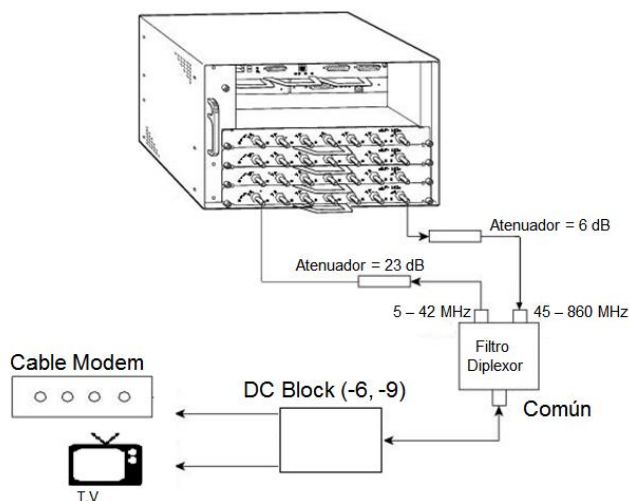
Fuente: Elaborada por el autor

- **Conexión de los puertos “upstream” y “downstream” para alimentación del nodo el cruce en el CMTS.**

Como se observa en la figura 69, el retorno de la señal para el nodo el cruce, será conectado en el puerto US3 de la tarjeta 3. Así mismo el “downstream” correspondiente mezclado con el “forward” será el DS 0 de la tarjeta 3.

La figura 70 muestra de manera general las conexiones entre “downstream” y “upstream” al CMTS.

Figura 69: conexión a nivel general entre “downstream” y “upstream” entre un usuario de nodo específico y el CMTS



Fuente: Elaborada por el autor, (con base en “Cisco uBR7246VXR Universal Broadband Router Quick Start Guide,” s.f.).

4.6 Realización de pruebas

4.6.1 Descripción del servicio ofrecido

El servicio a disposición de los suscriptores consiste en ofrecer acceso de banda ancha en forma asimétrica por la misma línea que viaja la televisión, es decir la transmisión de datos es bidireccional empleando el cable coaxial. Los componentes del servicio serán la acometida de suscriptor, un DC que se encarga de dividir la señal de TV y la de internet y un cable módem debidamente registrado en el CMTS.

4.6.2 “Software” de aprovisionamiento

Este “Software” fue adquirido por la empresa por medio de una compañía especializada en el diseño de sistemas de aprovisionamiento. Dicho sistema enruta

consumos de CMTS y se encarga de direccionamientos IP además del registro y asignación de ancho de banda para cable modems. Por decisión de la empresa no se muestra entorno ni accesos al “Software”. A continuación, se describen paso a paso los procedimientos necesarios para la activación de un cable modem.

4.6.3 Registro de Cable Modem

Para el registro, con la identificación MAC ADDRESS (el dato adjunto en una calcomanía del cable modem) se realiza el debido ingreso del MAC.

De acuerdo a los datos a obtener, el MAC ADDRESS es una identificación única que permite ingresar el dato al “Software” para que el CMTS lo registre en su base de datos. El Cable Modem de prueba posee la MAC: **0015.2f03.9b76**.

4.6.4 Asignación de paquete

Una vez registrado el cable modem, se asigna un paquete de velocidad y guardan las configuraciones realizadas. Con este procedimiento ya el CMTS podrá reconocer el cable modem en cualquier punto de la red que se conecte este.

4.6.5 Proceso de inicialización de un cable modem

Una vez que se conecta el cable modem a la alimentación eléctrica, este procede a ubicar las frecuencias de transmisión de acuerdo a la información que le suministra el CMTS en un archivo de configuración y el cable modem irá validando procesos que se reflejan en la intermitencia de los leds de Downstream, “upstream” y Online. La tabla 24 indica los indicadores de estado en el proceso de inicialización del equipo.

Tabla 24: Indicadores de estado de cable modem

Indicador	Luz Intermitente	Luz fija
Power	Proceso de suministro de energía	Encendido
Receive	Barrido de frecuencias para localizar el canal de “downstream” asignado	Canal “downstream” conectado
Send	Barrido de frecuencias para localizar el canal de “upstream” asignado	Canal “upstream” conectado
Online	Escaneo para conexión de red	Cable modem en línea
PCActivity	Transmitiendo datos	Cable desconectado
Standby		Modo reposo

Fuente: Elaborada por el autor.

Una vez que las primeras cuatro luces del cable modem, es decir, “power”, “receive”, “send” y “online” estén en modo fijas, indica que el proceso de validación fue satisfactoria y tanto la frecuencia de “upstream” y “downstream” fueron localizadas por el barrido de frecuencias realizadas.

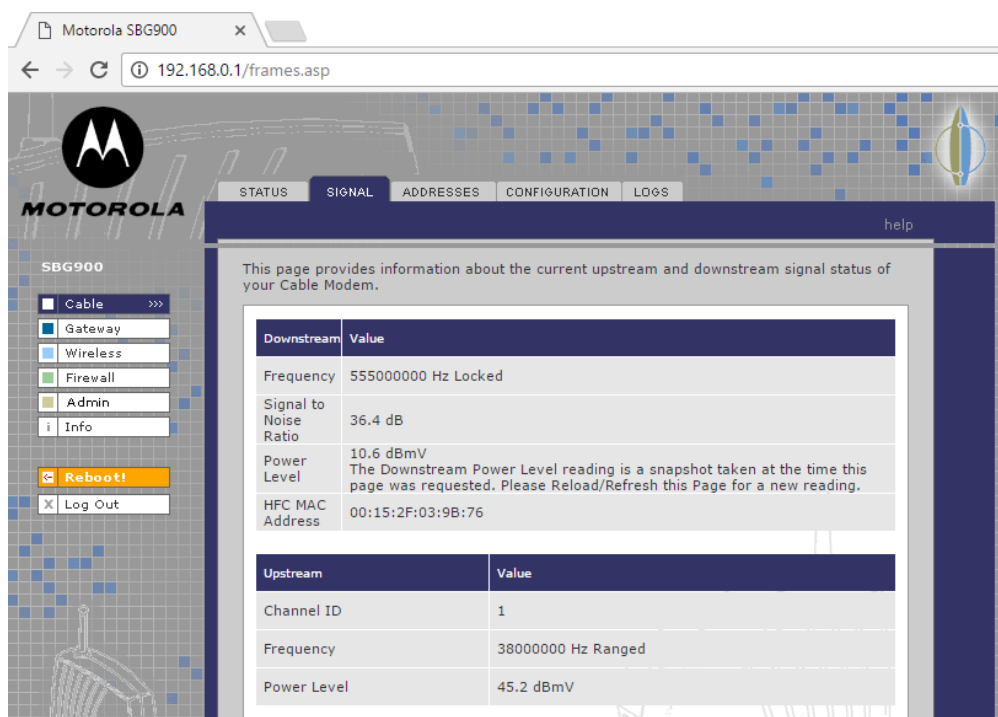
4.6.6 Obtención de niveles operacionales del cable modem

Basado en la figura 71, los pasos para ingresar a las especificaciones del cable modem una vez conectado el cable de RF y el de alimentación, para verificar sus niveles son los siguientes:

- Abrir un explorador de internet.
- Ingreso de la dirección IP: 192.168.0.1 en el cuadro de texto URL para acceder a los cuadros de información general.
- Ingresar a la sección de cable en el menú vertical izquierdo.
- Seleccionar la opción Signal que aparece en la nueva ventana.

En la ventana principal, aparecen los apartados de “downstream” y “upstream”, dentro de los cuales se aprecia en la sección de “downstream” la frecuencia del canal, potencia de recepción y nivel de señal a ruido. En el segundo apartado, se encuentra los datos referentes a “upstream”, donde se especifica la frecuencia de comunicación y envío de datos, así como la potencia de transmisión en carga de datos.

Figura 70: Niveles de señal RF y ruido de un cable modem



Fuente: Elaborada por el autor.

Para el cable modem de prueba conectado a un tap de la red HFC se obtienen las siguientes mediciones:

- Frecuencia de “downstream”: 555 MHz.
- Nivel de señal a ruido: 36,4 dB.
- Nivel de potencia Rx: 10,6 dB.
- Frecuencia de “upstream”: 38 MHz.
- Nivel de potencia Tx: 45,2 dB.

Según la norma DOCSIS, indica que el rango de recepción de potencia de llegada está entre -15 y 15 dB, mientras que la potencia de transmisión debe situarse dentro del rango de 40 y 50 dBmV y el nivel de señal ruido debe ser mayor a 35 dB. Quiere decir que la prueba realizada a este cable modem cumple con la estandarización DOCSIS para operación del servicio.

4.6.7 Prueba Ping a cable modem desde la cabecera

Para realizar la prueba ping a un cable modem en cualquier punto de la red HFC, se debe realizar lo siguiente:

- Conectar dos líneas de cable coaxial, una un puerto “downstream” y otra a un puerto “upstream” de la misma tarjeta (Tarjeta 3 por ejemplo, “upstream” 0 y Downstream 0).
- Utilizar un “spliter” de dos vías para conectar la línea de “upstream” y “downstream” en cada puerto P1 y P2 del “spliter” con atenuadores de 23 dB para evitar altas potencias de llegada y salida del cable modem.
- El común de ese “spliter” conectarlo a la entrada de RF del cable modem.
- Esperar el proceso de validación de cable modem.

- Conectar una PC al puerto Ethernet del cable modem.
- Ingresar al cmts por medio del “Software” “putty” y escribir el comando **scm** (que significa Show Cable Modem), para localizar la IP asignada al cable modem correspondiente al MAC ADDRESS de ese cable modem.
- Ingresar a la PC situada en cabecera en el modo CMD de consola
- Digitar Ping y la dirección IP del cable modem localizada y agregar -t (ping extendido) de la siguiente manera:

Ping 10.111.4.250 -t

- Verificar envío y recibo de datos, así como pérdidas de paquetes, para garantizar una comunicación exitosa como se muestra en la figura 72.

Figura 71: Prueba Ping al cable modem en conexión

```

Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\cable>ping 10.111.4.250 -t

Haciendo ping a 10.111.4.250 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=14ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=19ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=25ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=15ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=19ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=16ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=12ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=14ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=12ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=14ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=19ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=13ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=15ms TTL=63
Respuesta desde 10.111.4.250: bytes=32 tiempo=12ms TTL=63

Estadísticas de ping para 10.111.4.250:
    Paquetes: enviados = 18, recibidos = 18, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 12ms, Máximo = 25ms, Media = 15ms
  
```

Fuente: Elaborada por el autor.

4.6.8 Cierre de empalme de fibra óptica

El cierre de empalme, se encarga de interconectar las fibras que dan hacia los diferentes nodos ópticos, este se instala frente a la oficina (ver figura 73), donde

se enlaza hasta la cabecera con una fibra de 24 hilos para prever futuros enlaces de fibra óptica con empresas y afines.

Figura 72: Ubicación de cierre de empalme de fibra en Upala



Fuente: Elaborada por el autor.

4.6.9 Costos de implementación

A continuación, la tabla 25 muestra el costo económico de los diferentes equipos instalados, tanto en planta externa como en la cabecera para conformar un sistema de internet basado en una arquitectura de televisión por cable en la zona de Upala.

Tabla 25: Costos de implementación

Cantidad	Equipo	Costo Unitario	Costo Total
01	CMTS	9000 dólares (aproximadamente).	9,000 Dólares
10	Splitters/combinadores pasivos.	57 dólares.	570 Dólares
05	Transmisores ópticos.	850 dólares (aproximadamente).	4,250 dólares.
05	Receptores ópticos.	50 dólares (aproximadamente).	250 dólares.
4856	Metros de fibra óptica.	0.51 dólares.	2,476.56 dólares.
01	Cierre de empalme de fibra óptica,	101.28 dólares.	101.28 dólares.

05	Nodo óptico marca Motorola SG-2000.	1250 dólares	1,250 dólares.
05	Fuente de poder APC6090-2QCE-C.	385 dólares (aproximadamente).	6,250 dólares.
01	Cable modem marca Motorola de pruebas.	40 dólares.	40 dólares.
Total:			24,187.84 dólares.

Fuente: Elaborada por el autor, basado en oferta de Comcast Costa Rica y Fibrotel.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

Con la implementación del proyecto, se logró transformar la red de tipo televisión por cable a una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial, permitiendo ofrecer internet de banda ancha haciendo uso estratégico del espectro de frecuencias disponibles. Dicho proyecto requirió de lo siguiente:

- Instalación y configuración del CMTS.
 - Ubicación y distribución de nodos.
 - Enlaces de fibra óptica.
 - Combinación de la señal de T.V con la portadora “downstream”.
 - Configuración de la banda de retorno para “upstream”.
- La implementación del proyecto oscila en un costo de inversión de los 24,187.84 dólares. Se prevé que a futuro, en caso de ampliaciones o modificaciones en el sistema, la compañía considere necesario, el monto puede exceder.
 - Con el establecimiento de la banda de retorno de frecuencias en la red que va de 0 a 42 MHz, indica que el estado de la red deberá estar en excelentes condiciones de operación, ya que el problema con el ruido está presente en las frecuencias bajas. Se define el uso de la frecuencia de 38 MHz por ser una de las más altas de esta banda y que no genera intermodulación con el primer canal análogo.
 - Con la implementación de fibra óptica como enlace desde la cabecera a cada uno de los nodos ópticos, se generan grandes beneficios como la eliminación de ruidos presentes en el ambiente, que de una u otra forma

alteran la comunicación en las líneas. Esto también garantiza que existe muy poca atenuación en largos recorridos y crea oportunidades a la empresa para pensar en un futuro próximo al negocio de FTTH o fibra hasta la casa o negocio.

- La fibra óptica de tipo mono-modo permite que la manipulación e instalación en planta externa no genere atenuaciones, como por ejemplo en los postes de tendido eléctrico, puesto que la luz se propaga de manera direccional y con una sola longitud de onda en la fibra.
- Para efectos de piratería, los servicios que no posean servicio de internet serán filtrados en los “taps”, esto para cortar la banda de retorno y evitar que usuarios no aptos puedan conectar un cable modem con MAC duplicada y tratar de registrar el equipo.
- El canal de “downstream” ocupa el mismo ancho de banda de un canal análogo, es decir es de 6 MHz; sin embargo, al solamente utilizar una portadora, se configura la frecuencia central de este ancho de banda para evitar intermodulaciones.
- A frecuencias más altas, el ruido no se presenta prácticamente, ya que los problemas se generan en frecuencias bajas. Las frecuencias destinadas a “downstream” son la 549 y 555 MHz, ocupando el ancho de banda de los canales 78 y 79. Estas son las frecuencias centrales de esos anchos de banda.
- El CMTS una vez registrados los cable módems, le asignará a cada uno de estos una dirección IP privada, como el CMTS funciona como enrutador, todo el tráfico generado por los cable módems será encapsulado y transportado

por una IP pública contratada a un proveedor de ancho de banda externo a la empresa.

- El proveedor de ancho de banda ancha otorga un servicio simétrico de 50 Mbps como parte del inicio del proyecto. A la vez, una IP pública que permite el enlace con internet y el tráfico de datos generado en la red HFC.
- El uso de “splitter” y combinadores MaxNet en la cabecera, genera respaldo y confiabilidad por su estructura de blindaje, ya que en la cabecera existen múltiples frecuencias incidentes. Esto protege la señal de “downstream” y “upstream” limpia de ruido externo.
- Cada tarjeta física del CMTS contiene ocho puertos de “upstream”, pero internamente se dividen en dos tarjetas. Por ejemplo la tarjeta 3 se divide en 3/0 y 3/1 asociado a un “downstream” DS0 y DS 1, respectivamente.
- Se define el tipo de modulación 256 QAM para cada “downstream”, lo que genera una velocidad de transmisión de 38 Mbps por cada puerto DS del CMTS. Al conectar un puerto “upstream” por tarjeta, genera mayor ancho de banda de consumo para cada nodo; asimismo, permite que, en caso, de ruido no interfiera la comunicación de un nodo con otro.
- La relación de señal a ruido según DOCSIS debe ser mayor a 35 dB, esto para garantizar una comunicación y transferencia de bits correcta. Si esta relación disminuye, ocasiona errores en el cifrado de los “bits”, ocasionando pérdidas de paquetes en la transferencia de datos.
- El “Power Level” configurado para cada puerto DS del CMTS se configura a 55 dBmV para compensar pérdidas de conexión e inserción de señal en los combinadores. Finalmente debe calibrarse de acuerdo a la señal de TV para no causar intermodulación de frecuencias.

- Se puede verificar los cables módems registrados al CMTS ingresando al CMTS y digitar el comando “scm”, que significa “show cable modem”. Con este comando se puede visualizar cantidad de módems conectados y registrados.

5.2 Recomendaciones

A partir de la implementación del proyecto y las conclusiones determinadas, se recomienda:

- Calibrar la cabecera; es decir, la medición o barrido de canales realizada a cada combinador debe mostrar que todos los canales análogos estén calibrados a una misma potencia de RF y las frecuencias para “downstream” deben estar entre 10 y 6 dB por debajo de los canales análogos. Se sugieren, entonces, dos revisiones periódicas al año o al inicio de cada estación climática.
- Las instalaciones de internet deben tener un máximo de 80 metros en cable coaxial de tipo RG-6, ya que si se sobrepasa de esta distancia se atenúa la señal o potencia de “downstream”, generando inestabilidad del servicio.
- No asignar paquetes mayores a los 5 Mbps, porque a medida que la cantidad de clientes aumente en un nodo, se podría saturar el puerto “downstream” del CMTS, como se mencionó anteriormente por la modulación empleada otorga máximo 38 Mbps.
- La compra de un analizador de espectros en tiempo real, ya que a medida que aumente la cantidad de clientes se puede generar ruido y para la solución de problemas es necesario el diagnóstico en tiempo real.

- No trasladar las frecuencias de “downstream” a otras frecuencias más altas ya que puede disminuir las distancias de instalación de los clientes y causar inestabilidad de conexión del cable modem.
- En cada casa o recinto de instalación, donde se contrate un servicio, se debe instalar un filtro paso alto en la línea del T.V. que permita cortar las frecuencias de 5 a 42 MHz, pues algunos televisores pueden generar ruido y afectar la banda de retorno.
- Medir niveles de señal a cada cliente que se instala para garantizar el estado de la red y corroborar que estén dentro de los rangos adecuados, según DOCSIS.
- Todas las cascadas de “taps” que no tengan clientes conectados, es decir que los puertos estén libres deben ser filtrados, esto por frecuencias que puedan intermodular y generar degradación de la señal.
- Se recomienda realizar dos pruebas de ping para monitorear el tema de pérdidas de paquetes, una realizarla desde la cabecera desde una PC instalado en el CMTS a la puerta de enlace de google 8.8.8.8 y la otra a diferentes “cablemodem” de la red con su dirección IP.
- Para el diseño de red externa, se recomienda no exceder más de tres amplificadores de RF, ya que la señal de retorno también es amplificada y con una cantidad mayor de amplificadores se corre el riesgo de aumentar los niveles de ruido en la red.
- Una temperatura de 18 grados centígrados para evitar calentamientos en las tarjetas procesadoras de los equipos, puesto que con la instalación de los equipos en cabecera, la temperatura aumenta por el calor que producen.

Bibliografía

3M™ LL Series Closures. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

http://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/3M-LL-Series-Closures?N=5002385+8733466+3294419784&rt=rud

6.3 “taps” o Multi”taps”. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.spw.cl/catv/catv0630.htm>

950-0101_EG1310TX_Foward_Transmitter_Fact_Sheet.pdf. (n.d.). Retrieved from

[http://www.electroline.com/fact_sheets/Optics/950-](http://www.electroline.com/fact_sheets/Optics/950-0101_EG1310TX_Foward_Transmitter_Fact_Sheet.pdf)

[0101_EG1310TX_Foward_Transmitter_Fact_Sheet.pdf](http://www.electroline.com/fact_sheets/Optics/950-0101_EG1310TX_Foward_Transmitter_Fact_Sheet.pdf)

adsifaqs. (2013, July 12). Retrieved from <https://www.adsifaqs.com.ar/que-es-qam/>

Aerial4612firbes.pdf. (n.d.). Retrieved from

<http://www.sental.de/files/5614/upload/englisch/pdf/Aerial4612firbes.pdf>

alexalvarez0310. (2009, December 10). Redes HFC. Retrieved from

<https://alexalvarez0310.wordpress.com/2009/12/10/redes-hfc/>

Amplificador Magnavox Gna297-44-42/54 Trunk Catv Tv Cable - Bs. 1.200.000,00.

(n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-468591053-amplificador-magnavox-gna297-44-4254-trunk-catv-tv-cable-_JM

Ancho de Banda (definición). (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.eveliux.com/mx/ancho-de-banda-definicion.html>

ANW0662_MN_RFSplitCombSpecs.pdf. (n.d.). Retrieved from

http://www.atxnetworks.com/pdf/ANW0662_MN_RFSplitCombSpecs.pdf

benitez, P. por luis. (2013a). Redes HFC. Retrieved from

<http://redeshfcsena.blogspot.com/2013/06/red-troncal-es-la-parte-de-la-red-que.html>

benitez, P. por luis. (2013b). Redes HFC. Retrieved from

<http://redeshfcsena.blogspot.com/2013/06/cabecera-es-el-primer-elemento.html>

Briseño, J. E. (2012). *Principio de las comunicaciones* (Edición digital III).

Cable and Wiring. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.linktionary.com/c/cabling.html>

CABLE COAXIAL. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://modul.galeon.com/aficiones1366312.html>

Cable Servicios S.A. (10:50:49 UTC). *Redes CATV, cómo optimizar y sacar el*

máximo provecho a los equipos a.... Tecnología. Retrieved from

<http://es.slideshare.net/cableservicios/redes-catv-como-optimizar-y-sacar-el-mximo-provecho-a-los-equipos-activos-de-su-red>

cableadoestructurado.bligoo.com. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://cableadoestructurado.bligoo.com/que-es-un-patch-cord#.WKyEnfkrKUk>

caractersticas-de-los-enlaces-con-cables-de-cobre-8-728.jpg (728x546). (n.d.).

Retrieved February 21, 2017, from [http://image.slidesharecdn.com/cobre-](http://image.slidesharecdn.com/cobre-1228534932182076-8/95/caractersticas-de-los-enlaces-con-cables-de-cobre-8-728.jpg?cb=1234536877)

[1228534932182076-8/95/caractersticas-de-los-enlaces-con-cables-de-cobre-8-728.jpg?cb=1234536877](http://image.slidesharecdn.com/cobre-1228534932182076-8/95/caractersticas-de-los-enlaces-con-cables-de-cobre-8-728.jpg?cb=1234536877)

CATV Dictionary. (s.f.a). Retrieved February 21, 2017, from

http://www.catvdictionary.com/CATV_dictionary_definitions.asp

CATV Dictionary. (s.f.b). Retrieved February 21, 2017, from

http://www.catvdictionary.com/CATV_dictionary_definitions.asp

Cisco uBR7246VXR Universal Broadband Router Quick Start Guide. (n.d.).

Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cable/cmts/ubr7200/ubr7246vvr/quickstart/ubr72qsg.html>

Couch, L. W. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos* (Séptima edición). Prentice Hall.

Definición. (2015, May 6). Retrieved February 21, 2017, from

<http://unicrom.com/decibel-decibelio-db-definicion/>

Definición de Fibra óptica. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Denys.andres. (2011, sábado, de diciembre de). OSCILADORES. Retrieved from

<http://los-osciladores.blogspot.com/2011/12/osciladores.html>

DLI Engineering. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://azimadli.com/vibman-spanish/elconceptodefase.htm>

DRINIA NET. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.drinianet.com/produkti?id=12>

eAnswers. (n.d.). eAnswers - ask any question and quickly get an answer from real people. Retrieved February 21, 2017, from <http://www.eanswers.com/>

EcuRed. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

https://www.ecured.cu/Longitud_de_onda

eHow en Español. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

http://www.ehowenespanol.com/modulacion-demodulacion-info_240714/

Electronicam.es. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

http://www.electronicam.es/analizador_espectros.html

fft-p_pf.pdf. (n.d.). Retrieved from http://www.arris.com/globalassets/resources/data-sheets/fft-p_pf.pdf

Fiber-Optics. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from http://www.fiber-optics.info/fiber_optic_glossary/d

fibropticaahoy.com. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from <http://www.fibropticaahoy.com/que-cable-de-fibra-optica-es-el-optimo-para-mi-instalacion/>

First Fiber Optic Cable to Extend Between Africa and Latin America. (2013, October 2). Retrieved February 21, 2017, from <http://www.alternavox.net/20670/first-fiber-optic-cable-extend-africa-latin-america/>

FjRamirez. (n.d.). Señales analógicas y digitales. Retrieved February 21, 2017, from <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/telecomunicaciones/senales-analogicas-y-digitales.html>

Google Maps. (2016). Retrieved February 21, 2017, from <https://www.google.co.cr/maps/place/Alajuela+Province,+Upala/@10.8980418,-85.0248885,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8f75498160737249:0x6da06fef33a6933!8m2!3d10.8979462!4d-85.0155499?hl=en>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). México, D.F: McGraw-Hill.

Historia e información del cantón | Municipalidad de Upala. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from <http://muniupala.go.cr/caracteristicas-del-canton/historia-e-informacion-del-canton>

<http://www.fibropticaahoy.com/imagenes/2012/04/Cable-de-fibra-%C3%B3ptica-exterior-figura-%E2%80%9C%E2%80%9D.jpg>. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from <http://www.fibropticaahoy.com/imagenes/2012/04/Cable-de-fibra-%C3%B3ptica-exterior-figura-%E2%80%9C%E2%80%9D.jpg>

- Jarvey Gonzalez. (16:31:44 UTC). *Redes HFC*. Educación. Retrieved from <https://es.slideshare.net/jarvey4/redes-hfc>
- JLX-7-750PLC Installation Manual.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.com-tech-services.com/productImages/DownloadFiles/JLX-7-750PLC%20Installation%20Manual.pdf>
- John Ramirez, H. G. (n.d.). *INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES: REDES HFC*. Retrieved from <http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/redes-hfc.html>
- magnavox6gna.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.nonstop.com.mx/pdf/magnavox6gna.pdf>
- masadelante.com. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from <http://www.masadelante.com/faqs/ancho-de-banda>
- redes de distribucion hfc. (n.d.). Retrieved February 23, 2017, from https://www.google.com/search?q=redes+de+distribucion+hfc&espv=2&biw=1242&bih=557&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiW0cjinvqbSAhWowFQKHfnwD0gQ_AUIBigB#imgrc=0QenJwXbyKG6WM:
- SB5100 DataSheet.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.motorola.com/mdirect/manuals/SB5100%20DataSheet.pdf>
- sg2000motorola.pdf. (n.d.). Retrieved from http://www.cableservicios.com/plantillas/arch_vitrina/sg2000motorola.pdf
- ssp-n-series-1-ghz-system-passives-data-sheet.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.arris.com/globalassets/resources/data-sheets/ssp-n-series-1-ghz-system-passives-data-sheet.pdf>
- STALLINGS, W. (2000). *COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTRADORES* (Sexta edición). Prentice Hall.

STALLINGS, W. (2004). *COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTRADORES*

(Séptima edición). Madrid: Pearson Educación.

Toma ecualizable con múltiples funciones serie FFT*-*P | ARRIS. (n.d.). Retrieved

February 21, 2017, from <http://es.arris.com/productos/acceso/fft-61p/>

TOMASI. (2003). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRONICAS* (4th ed.).

WordReference. (n.d.). Retrieved February 21, 2017, from

<http://www.wordreference.com/definicion/frecuencia>

