



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UNA RED HFC DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN CON FINES EDUCATIVOS Y CULTURALES PARA LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, UTILIZANDO COMO HEADEND LA INFRAESTRUCTURA LOCAL DE ESPOLTV”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

EDUARDO ARTURO MORENO VIVANCO

LUIS ALBERTO PINOS ULLAURI

GUAYAQUIL-ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

Gracias a todas las personas que confiaron siempre en mí, sobre todo a mi mamá y abuelitos, a mis verdaderos amigos que estuvieron siempre ahí y me apoyaron incondicionalmente, en especial al coautor Luis Pinos que ha sido no solo mi compañero y amigo, sino también un hermano. Gracias al Dr. Freddy Villao, mi maestro, mentor y guía en este trabajo, por sus sabios consejos y enseñanzas.

Eduardo Arturo Moreno Vivanco

Gracias a Dios, sobre todas las cosas, por la fortaleza, sabiduría y paciencia. Gracias a mi familia, a mis padres, mis hermanos, por estar siempre conmigo. Gracias a mis amigos, en especial, al coautor Eduardo Moreno. Gracias a todos los que nos ayudaron de alguna forma, en la realización de este trabajo.

Luis Alberto Pinos Ullauri

DEDICATORIA

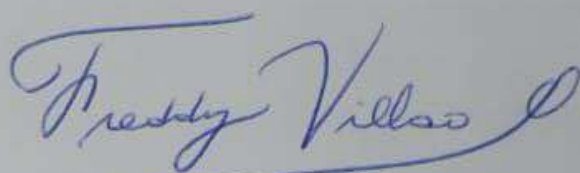
Dedico este trabajo a mi mamá y abuelitos, quienes han sido mi ejemplo de perseverancia y trabajo, sobre todo a mi abuelita, quien con su sonrisa y abrazos llenos de amor y bondad, me salvó muchas veces.

Eduardo Arturo Moreno Vivanco

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi ejemplo a seguir, pilares de conocimiento, fuerza, perseverancia y logro.

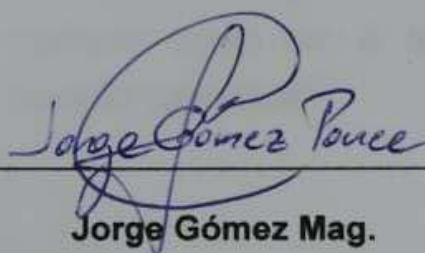
Luis Alberto Pinos Ullauri

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Freddy Villao Quezada PhD.

PROFESOR EVALUADOR



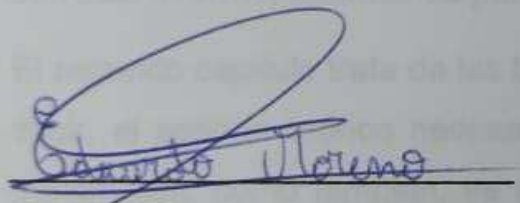
Jorge Gómez Mag.

PROFESOR EVALUADOR

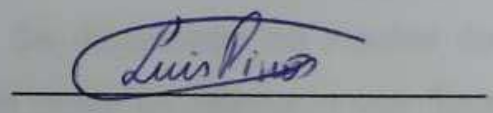
DECLARACIÓN EXPRESA

Los congresos del Poder Judicial y del Poder Ejecutivo, y demás autoridades competentes, han autorizado a la ESPOL para que realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Eduardo Arturo Moreno Vivanco



Luis Alberto Pinos Ullauri

RESUMEN

La parroquia San José de Ancón sufre de un problema muy grave y serio: la deficiente recepción de canales de señal abierta. Debido a este inconveniente, se decidió diseñar una red HFC de audio y video por suscripción, con fines educativos y culturales para la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena, utilizando como Headend la infraestructura local de ESPOLTV.

Dentro del primer capítulo, se describirá el proyecto. Como antecedentes, se detallará las leyes implicadas, tanto internacionales como nacionales. Se describirá el diagnóstico y la justificación, para después definir formalmente el problema encontrado. Se definirá el objetivo general y los específicos que se busca conseguir con este informe, además de puntualizar la metodología que se utilizará.

El segundo capítulo trata de las bases, sobre las cuales se fundamenta el diseño, es decir, el soporte teórico necesario para el informe. Se describirán los medios de transmisión, como también, se abarcará los tipos de redes de televisión con fibra óptica y las diferencias entre ellos. Además, se analizará los detalles de la Arquitectura HFC y sus partes. De igual manera, se describirán los satélites geoestacionarios, esenciales para la recepción de la programación a ofrecer. Finalmente, se detallarán los estándares que se utilizarán.

El tercer capítulo se basará completamente en el diseño de la red HFC. Se detallarán los equipos que se utilizarán para el informe. Además, se analizará los aspectos generales de la red. Se propondrá un diseño, tanto de la canalización como del cableado de la red, que cumplirá con todos los requisitos requeridos. También, se simulará el funcionamiento de uno de los ramales de la red. Se realizará el análisis financiero, donde se destacarán los rubros de la inversión inicial y el costo de operación. Después se seleccionará la programación educativa y cultural a ofrecer, para finalmente, mostrar la grilla de canales del servicio.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, fruto del trabajo de este informe.

Como resultados, se logró diseñar una red HFC de audio y video por suscripción, capaz de abastecer a todas las viviendas actuales, de la parroquia San José de

Ancón, hasta un máximo de 4 equipos terminales por suscriptor, es decir, cuatro extensiones por vivienda.

Además, se propuso la canalización de los ductos para el soterramiento de las redes troncal y distribución.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
CAPÍTULO 1	1
1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVOS GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 METODOLOGÍA.....	6
CAPÍTULO 2	7
2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	7
2.1.1 FIBRA ÓPTICA	7
2.1.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	10
2.1.1.2 NORMAS DE LA UIT.....	11
2.1.2 CABLE COAXIAL.....	11
2.1.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	13
2.2 REDES DE TELEVISIÓN POR FIBRA ÓPTICA	13
2.2.1 RED FTTH	13

2.2.2	RED HFC	15
2.2.3	DIFERENCIAS ENTRE FTTH Y HFC	16
2.3	ARQUITECTURA RED HFC.....	18
2.3.1	HEADEND.....	18
2.3.1.1	ELEMENTOS.....	19
2.3.2	ESQUEMA GENERAL DE LA RED HFC.....	22
2.4	SATÉLITES GEOESTACIONARIOS.....	23
2.5	ESTÁNDARES	23
2.5.1	DOCSIS.....	24
2.5.2	MODULACIÓN Y ENCAPSULAMIENTO.....	24
2.5.3	ANCHO DE BANDA.....	25
2.5.4	DOCSIS 3.0	26
CAPÍTULO 3		28
3	DISEÑO DE LA RED HFC	28
3.1	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	28
3.1.1	TRANSMISOR ÓPTICO	28
3.1.2	NODO ÓPTICO.....	29
3.1.3	AMPLIFICADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	29
3.1.4	AMPLIFICADOR EXTENSOR DE LÍNEA	30
3.1.5	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	31
3.1.6	TAP	31
3.1.7	SPLITTER	32
3.1.8	DECODIFICADOR.....	33
3.2	ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO	33
3.2.1	ANCHO DE BANDA.....	33
3.2.2	TIPO DE ARQUITECTURA.....	34

3.2.3	NIVEL DE POTENCIA DE LOS TAP.....	36
3.3	DISEÑO DE LA RED	38
3.3.1	CANALIZACIÓN.....	38
3.3.2	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	42
3.3.3	RED TRONCAL	43
3.3.4	RED DE DISTRIBUCIÓN	44
3.3.4.1	ZONA 1	44
3.3.4.2	ZONA 2.....	46
3.3.4.3	ZONA 3.....	48
3.3.4.4	ZONA 4.....	50
3.4	SIMULACIÓN	53
3.5	FINANCIAMIENTO.....	56
3.5.1	INVERSIÓN INICIAL.....	56
3.5.1.1	MATERIALES Y EQUIPOS.....	56
3.5.1.2	SOTERRAMIENTO	57
3.5.1.3	COSTOS DE INSTALACIÓN	57
3.5.2	COSTOS DE OPERACIÓN	58
3.5.2.1	SUELDOS.....	58
3.5.3	INSTALACIÓN AÉREA.....	59
3.5.3.1	ALTERNATIVA DE SOTERRAMIENTO	60
3.5.3.2	ALTERNATIVA DE COSTOS DE OPERACIÓN	60
3.6	SELECCIÓN DE CANALES EDUCATIVOS Y CULTURALES.....	61
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	67

CAPÍTULO 1

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente muchos de los sectores rurales del país, y el mundo son víctimas de la desinformación debido a la falta de acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC); esta distribución no uniforme de las TIC, es denominada “brecha digital”.

En el año 2001, la Asamblea General de la ONU adoptó la resolución 56/183 conocida como Cumbre Mundial de La Sociedad de la Información (CMSI), donde se aprobó dos declaraciones importantes para el desarrollo de la humanidad [1].

La primera es la Declaración de Principios titulada “ Construir la Sociedad de la información: un desafío global para el nuevo milenio” y la segunda es la Agenda de Túnez para la Sociedad de la Información; las cuales tuvieron como objetivos esenciales fomentar el uso de las TIC para dar solución a algunos de los principales problemas de la humanidad: la pobreza y el hambre, así como también fomentar inversiones y tecnología para lograr el cierre de la denominada “brecha digital” creando una Sociedad de la Información, donde exista una distribución equitativa de las TIC, y por ende una mejor calidad de vida para las personas.

En el Plan de Acción de la CMSI, se destaca entre sus objetivos asegurar que todos los habitantes posean servicios de televisión y radio, como también califica la participación efectiva de los gobiernos en el desarrollo de la Sociedad de la Información como indispensable [2].

La República del Ecuador, dentro de su Constitución en el Título II: Derechos Capítulo II: Derechos del Buen Vivir, Sección III: Comunicación e Información Artículo 16, enfatiza el derecho al uso de las TIC en donde todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho al acceso universal a las

tecnologías de información comunicación. De igual manera, en el Título VII: Régimen del Buen Vivir, Sección Segunda: Educación, destaca en el artículo 347, numeral 8 que el Estado deberá incorporar las tecnologías de la información y comunicación en el proceso educativo y propiciar el enlace de la enseñanza con las actividades productivas o sociales [3].

Así mismo, en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, Título 10, se puede encontrar un capítulo único dedicado a la promoción de la Sociedad de la Información y prestación del Servicio Universal. En el artículo 88, el Estado Ecuatoriano mediante el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, garantiza el derecho a la comunicación y acceso a la información promoviendo el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones; especialmente a las zonas urbanas marginales o rurales, asegurando una adecuada cobertura de los servicios. Además, en el artículo 90, se describe la futura elaboración del Plan de Servicio Universal, donde se dará prioridad a las zonas con menos ingresos y con menor cobertura en el país. La ejecución de proyectos afines a este plan, se llevarán a cabo por empresas públicas, mixtas o privadas o de la economía popular y solidaria [4].

Dentro de la Ley Orgánica de Comunicación en la Sección II: Derechos de igualdad e interculturalidad, Artículo 35, se anuncia el derecho al acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación, donde todas las personas tienen derecho a acceder, capacitarse y usar las TIC para potenciar el disfrute de sus derechos y oportunidades de desarrollo [5].

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Existe una deficiente recepción de los canales de televisión de señal abierta en la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, donde apenas ESPOLTV puede ser observado, a diferencia de los demás canales nacionales.

Debido al problema encontrado, se decidió realizar un estudio sobre los tipos de canales de señal abierta, su recepción y los servicios disponibles (internet, televisión y teléfono) que poseen los habitantes de la parroquia San José de Ancón del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.

De acuerdo con los planos del GAD Municipal de Santa Elena del Catastro 2008-2009, existen 740 edificaciones en la parroquia San José de Ancón [6].

Para calcular el tamaño apropiado de la muestra, se utilizó la Fórmula 1.1 [7].

$$n = \frac{Z_{\alpha} * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha} * p * q} \quad (1.1)$$

Donde:

N es el tamaño de la población del estudio, es decir, el número de casas o viviendas, $N = 740$.

Z_{α} es el estadístico de prueba de la distribución Gauss, $Z_{0.05} = 1.96$.

p es la prevalencia esperada del parámetro a evaluar, $p = 0.5$.

q es el complemento de p , $q = 0.5$.

i es el error admisible, $i = 0.10$.

De acuerdo a la Fórmula 1.1, se calculó el tamaño de la muestra en 85 edificaciones, luego se entrevistó a viviendas de diferentes sectores, para así tener una muestra representativa de toda la parroquia. Los resultados, como se indican en la Figura 1.1, muestran que el 19,51% de los encuestados recibían Televisión Satelital a través de la compañía CNT. El 24,39% de los encuestados tenían como proveedor de Televisión a DIRECT TV, dejando el 56,10% restante que no posee esos servicios con la programación de señal abierta.

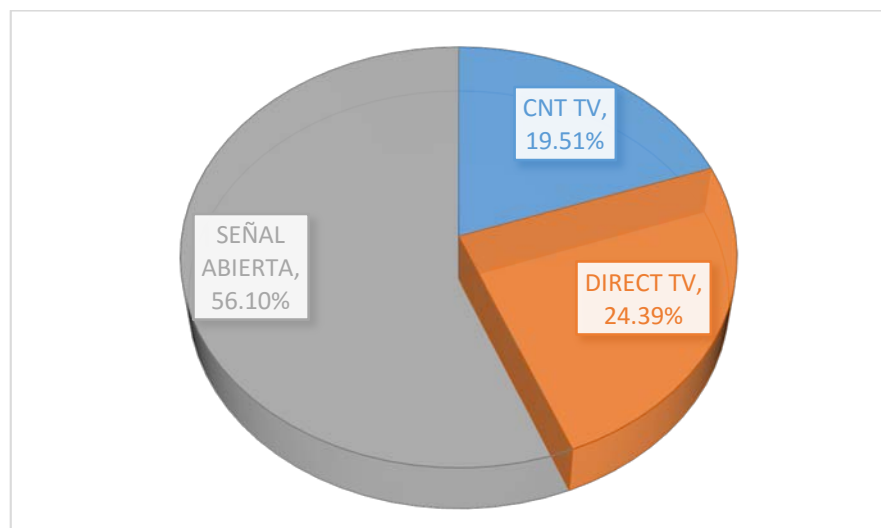


Figura 1.1: Resultados de la Encuesta

Se receptan alrededor de 12 canales con la señal abierta, de los cuales sólo ESPOLTV tiene una recepción aceptable en términos comerciales. Además, se preguntó a los habitantes si estarían dispuestos a recibir un servicio de televisión con fines educativos sin costo alguno. En la Figura 1.2 se muestran los resultados, donde el 68,29% de los encuestados aceptaron dicha propuesta.

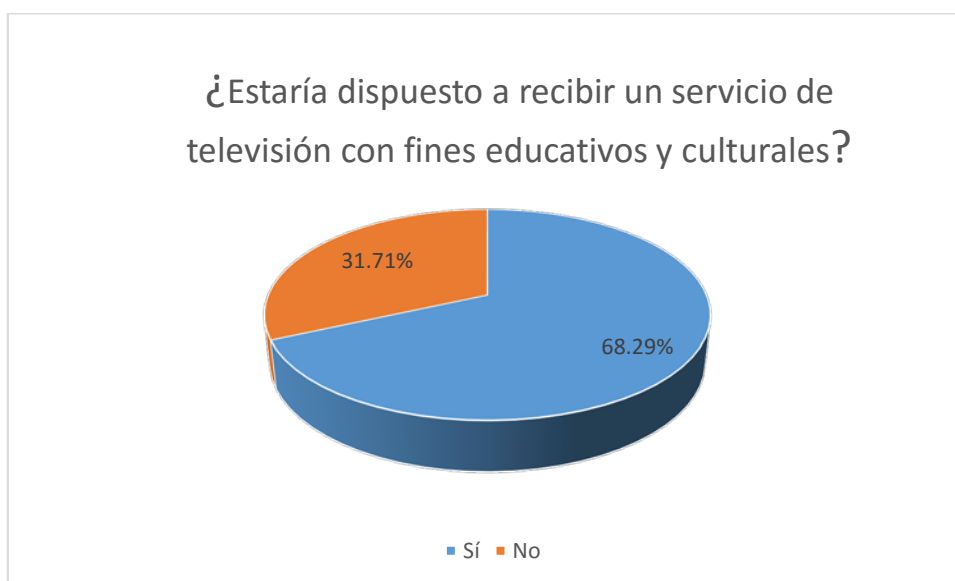


Figura 1.2: Aceptación del Mercado

Tomando en cuenta que la muestra es representativa, se escalará los resultados para la población total, teniendo un 56,10% de casas que reciben los canales por señal abierta cuya recepción no es aceptable. Esto significa que 415 familias no pueden acceder correctamente a las TIC, respecto al servicio de televisión, y se encuentran dentro de la denominada “brecha digital”.

El 68,29%, equivalente a 505 familias, aceptó estar dispuesto a recibir un servicio de televisión con fines educativos y culturales, de manera gratuita cubriendo el costo del decodificador.

Teniendo en cuenta los antecedentes legales y la aceptación de las familias, se decidió diseñar una red de audio y video para distribuir gratuitamente programación educativa y cultural a cada una de las casas de la parroquia San José de Ancón.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERAL

- Diseñar una red HFC de audio y video por suscripción utilizando la infraestructura de ESPOL TV como Headend y proponer una programación eminentemente educativa y cultural para los habitantes de la parroquia San José de Ancón del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las ventajas y desventajas de las redes HFC y comparar su implementación con redes FTTH.
- Estudiar las características de los materiales y equipos a utilizar en el diseño de la red.
- Familiarizarse con el software SPAC de BKTel para la simulación de la red HFC.
- Analizar los aspectos generales de la red a diseñar, tales como: ancho de banda de la red, tipo de arquitectura y nivel de potencia en los Tap.

- Diseñar la canalización donde se instalarían los cables que transportarían la señal, utilizando AUTOCAD 2015 para el dibujo de los planos.
- Diseñar las conexiones y rutas del cableado de la red, utilizando AUTOCAD 2015 para el dibujo de los planos.
- Describir los diferentes programas educativos y culturales que se ofertarán en la grilla televisiva.
- Elaborar el presupuesto económico del proyecto.

1.4 METODOLOGÍA

Este informe utilizará el método empírico, por el cual mediante encuestas y salidas de campo, se inspeccionará y describirá la situación actual, de la recepción de televisión de señal abierta, en la parroquia San José de Ancón del cantón Santa Elena, provincia Santa Elena.

Se analizará las posibles soluciones al problema, donde se escogerá la tecnología más adecuada para el caso. Después se comenzará el diseño, donde se describirán aspectos importantes como el ancho de banda, tipo de arquitectura, escalabilidad, entre otros.

Se trabajará con el software AUTOCAD 2015, para el manejo de los planos de la red y de la canalización.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

Para realizar el diseño de una red de audio y video por suscripción, es necesario primero describir y analizar las bases teóricas, sobre las cuales se sustenta el proyecto, tales como los medios de transmisión, las redes de televisión por fibra óptica, la arquitectura HFC, los satélites geoestacionarios y finalmente, los estándares que se utilizarán en la red propuesta.

2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Un medio de transmisión es la vía por donde viaja una señal que lleva información desde un emisor a un receptor. Existen dos tipos de medios de transmisión: físicos y no físicos (inalámbricos); en los medios físicos podemos encontrar el cable coaxial, el cable par trenzado y la fibra óptica entre otros; en los medios no físicos se tienen las ondas de radio, las microondas, infrarrojos, etc. En este caso, se utilizará como medios de transmisión físicos a la fibra óptica y el cable coaxial.

2.1.1 FIBRA ÓPTICA

Es un medio de transmisión físico que está compuesto por un hilo muy fino, generalmente hecho de vidrio de cuarzo (SiO_2), a diferencia de otros conductores físicos que transmiten información por medio de señales eléctricas, la fibra óptica lo realiza a través de señales lumínicas; es decir utiliza pulsos de luz que viajan a velocidades muy grandes que rodean la velocidad de la luz dependiendo el índice de refracción n [8].

La fibra óptica está compuesta por tres capas, como se puede observar en la Figura 2.1, y éstas son:

Núcleo (Core): Es la parte central del conductor de fibra óptica, utilizado para la conducción de las ondas luminosas. La conducción de luz a través del núcleo es posible gracias que su índice de refracción n_1 es

mayor al índice de refracción del recubrimiento n_2 , dando lugar así al fenómeno conocido como reflexión interna total.

Recubrimiento (Cladding): Es la capa que protege y cubre al núcleo, es fabricada con el mismo material del núcleo con la única diferencia que tiene un índice de refracción n_2 que es menor al del núcleo.

Revestimiento (Coating): Es la capa protectora de la fibra óptica, está compuesta por materiales sintéticos distribuidos uniformemente en toda su longitud, gracias a esto se obtiene en el revestimiento un índice de refracción n_3 mayor al del recubrimiento n_2 , impidiendo así la entrada de influencias externas hacia la fibra óptica.

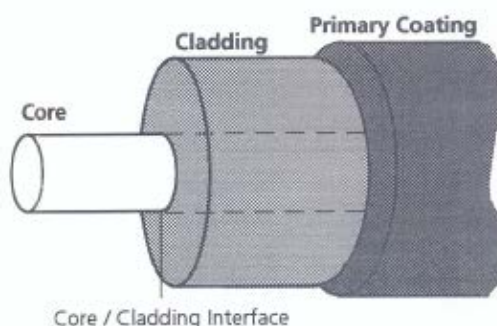


Figura 2.1: Estructura básica de un cable de Fibra Óptica [9]

Según los modos de propagación la fibra se clasifica:

Multimodo: Como su nombre lo indica, la fibra óptica multimodo tiene la característica de transportar los haces de luz por diferentes caminos o modos. Según el perfil de índice de refracción las fibras ópticas multimodo se clasifican en Multimodo perfil escalonado y gradual, además de monomodo.

Monomodo: La fibra óptica monomodo tiene la particularidad de transmitir el modo LP_{01} , debido a su diámetro de núcleo muy pequeño en comparación con la multimodo, sólo envía un modo por toda la fibra. Gracias a esta particularidad, no presenta dispersión modal y posee

valores de atenuación muy bajos, además de ofrecer anchos de banda grandes.

En la Figura 2.2 se puede observar cómo viajan los haces de luz por los tres tipos de fibra mencionados respectivamente.

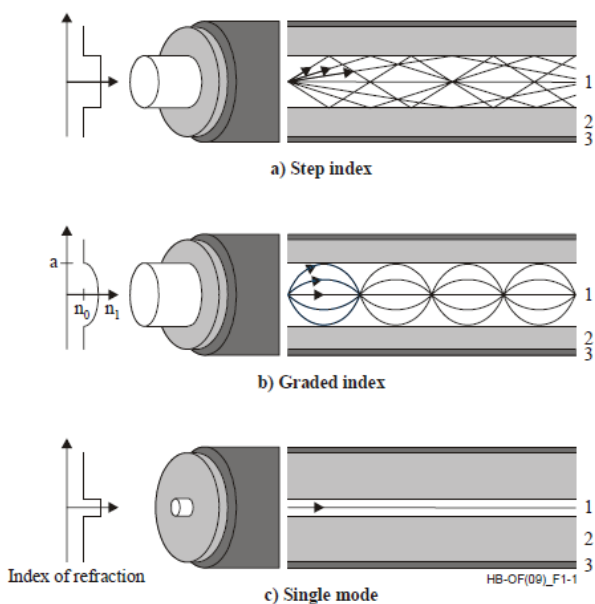


Figura 2.2: Perfil de Graduación de los tipos de F.O. [10]

Dentro de las características de los cables de fibra óptica, se tiene:

Dispersión Intermodal: Es el ensanchamiento del pulso debido a los diferentes tiempos de llegada de los haces de luz, esto provoca que el ancho de banda se reduzca de manera considerable limitando la tasa de transmisión, por ende, perdiendo información. Este fenómeno se presenta en las fibras de tipo multimodo, en especial las escalonadas por el cambio abrupto en los índices de refracción.

Dispersión Intramodal (D): Como se ha mencionado, la dispersión intermodal afecta a las fibras multimodo por el desfase en el tiempo de llegada de los diferentes modos que se transmiten por la fibra, y la fibra óptica monomodo no presenta este tipo de dispersión al transmitir sólo el modo LP_{01} . Sin embargo, el ensanchamiento del pulso no

desaparece. Las diferentes componentes espectrales del haz dependen de la frecuencia y viajan ligeramente en velocidades de grupo diferentes. Este fenómeno se denomina Dispersión de Velocidad de Grupo o (GVD) o Dispersión Intramodal que posee dos contribuciones: la dispersión por el material y la de guía de onda [8].

2.1.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dentro del diseño de la red HFC, se utilizará cable de fibra óptica tipo monomodo, Corning SMF-28, cuyas especificaciones se detallan a continuación: La fibra SMF-28 satisface los requerimientos de la ITU G.652, y presenta una baja dispersión en la ventana de 1310 nm. También puede ser utilizado efectivamente con sistemas que operan con TDM o WDM en la ventana de 1550 nm [11].

Las características generales del cable son:

- Diámetro del Núcleo: 8,2 μm
- Apertura Numérica: 0,14
- Longitud de Onda Cero Dispersión: 1310 nm

A continuación, se muestra en la Tabla 1, la atenuación del cable en las ventanas ópticas de transmisión.

SMF-28 Long. Onda (nm)	Atenuación (dB/Km)	
	Premium	Standard
1310	$\leq 0,34$	$\leq 0,35$
1550	$\leq 0,20$	$\leq 0,22$

Tabla 1: Atenuación del cable SMF-28 [11]

Se puede observar en la Tabla 1, que la atenuación es menor en la ventana óptica de 1550 nm comparada con la de 1310 nm. Por ese motivo, 1550 nm es la longitud de onda comúnmente utilizada

para el transporte de bajada (downstream), y la de 1310 nm para el transporte de subida (upstream).

2.1.1.2 NORMAS DE LA UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas, en regular y controlar el acceso a las TIC en todo el mundo, además de dictar las normas técnicas para garantizar la interconexión continua de las redes. La UIT ha dictado normas para la fibra óptica que se encuentran en la serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales, desde la G650 hasta la G658.

En el Anexo 1, se puede observar una tabla con las normas de la UIT sobre la Fibra Óptica.

2.1.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial es uno de los medios de transmisión, usados en la televisión por cable, como también en las redes HFC, las cuales se explicará después dentro de este capítulo. Es usado para transmitir señales eléctricas de alta frecuencia, y está formado por un hilo de cobre, un dieléctrico, una malla conductora y una cubierta aislante como se puede observar en la Figura 2.3.



Figura 2.3: Estructura básica de un Cable Coaxial [12]

La estructura general de un cable coaxial, se basa en 4 partes: conductor central, dieléctrico, malla conductora y cubierta aislante.

El conductor central es por donde se transmite la información. Usualmente está hecho de cobre rojo, estañado o acero cobreado. El diámetro varía dependiendo del modelo de cable y es éste, el que hace contacto con el pin del conector BC que se conecta a las entradas RF de los televisores.

El dieléctrico que generalmente es de polietileno, sirve para evitar cortocircuitos entre el conductor central, y la malla conductora que hace referencia a la tierra. También hay dieléctricos que utilizan politetrafluoroetileno o espacio de aire de polietileno.

La malla conductora que tiene forma de trenza, y está hecha de cobre rojo, estañado o de aluminio tiene un propósito: absorber el ruido e impedir que la información que pase por el conductor central, se vea afectada por la radiación electromagnética.

La cubierta aislante exterior no conductora, es normalmente de goma, teflón o plástico, y reviste todo el cable para protección contra alguna descarga eléctrica.

Dentro de las características de los cables coaxiales, se tiene:

Atenuación: En el campo de las telecomunicaciones, se considera como atenuación a la pérdida de potencia que sufre la señal a lo largo de la transmisión. Se expresa en unidades de dB/m y varía dependiendo de las características geométricas del cable. Es importante recalcar que incrementa con la frecuencia, es decir, los canales más altos tendrán mayor atenuación, que los más bajos [13].

2.1.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dentro del diseño de la red HFC, se utilizarán diferentes cables coaxiales, los cuales variarán dependiendo de la parte de red en la que se encuentren.

Los cables coaxiales más utilizados para la red de Acometida o de Abonado, son el RG-6 y el RG-11, donde es más común utilizar el RG-6 para residencias, y el RG-11 para condominios con varias residencias, debido a su menor atenuación.

Los Cables 500 y 750 son utilizados en los tramos de la red de distribución. El Cable 750 es comúnmente colocado desde el nodo óptico hasta el primer amplificador, y el 500 desde ahí hasta llegar al tap del abonado.

En el Anexo 2, se puede observar una tabla con las especificaciones técnicas físicas de los cables coaxiales más utilizados en redes HFC [14].

En la Anexo 3, se muestra los diferentes valores de atenuación de los cables coaxiales RG-6, RG-11, 500 y 750, y como varían dependiendo de la frecuencia de operación [14].

2.2 REDES DE TELEVISIÓN POR FIBRA ÓPTICA

La televisión por cable ha ido evolucionando a través de los años con el avance de las telecomunicaciones. Actualmente, las redes de televisión analógicas que utilizaban cables de cobre desde el Headend hasta la red de acometida han desaparecido, migrando a lo que hoy en día se conoce como redes de televisión digital por fibra óptica.

Las tecnologías más usadas hoy en día para proporcionar televisión digital por cable son HFC (Hybrid Fibre Coaxial) y FTTH (Fiber To The Home).

2.2.1 RED FTTH

La Red FTTH está constituida por una red de acceso a base de fibra óptica que permite conectar una gran cantidad de usuarios a punto

central llamando nodo de acceso. Cada nodo tendrá los equipos de transmisión necesarios para proveer al cliente de servicios como Televisión, Internet y Teléfono. La particularidad de esta red es que se viaja con fibra óptica desde el comienzo de la red hasta la vivienda del suscriptor, a diferencia de otros tipos de redes [15].

La Arquitectura general consiste en:

- Headend (CO: Central Office): Es el comienzo de la red, donde parten los cables de fibra óptica hacia la red de distribución.
- Optical Line Terminal (OLT): Elemento activo, que se encuentra en el CO, encargado de transmitir la información a todos los usuarios, a través de la ODN.
- Optical Distribution Network (ODN): Es el grupo de elementos pasivos que se encargan de realizar la conexión entre el OLT y el ONT.
- Optical Network Terminal (ONT): Es la parte final de la red, que se encarga de distribuir internamente los servicios de Internet, Teléfono y Televisión con la ayuda de los enrutadores inalámbricos, decodificadores y teléfonos.

En la Figura 2.4, se puede observar que el transporte de bajada y subida de datos, se realiza en diferentes longitudes de onda. La ventana de 1490 y 1550 nm se usa para el downstream, mientras que la de 1310 nm se utiliza para el upstream.

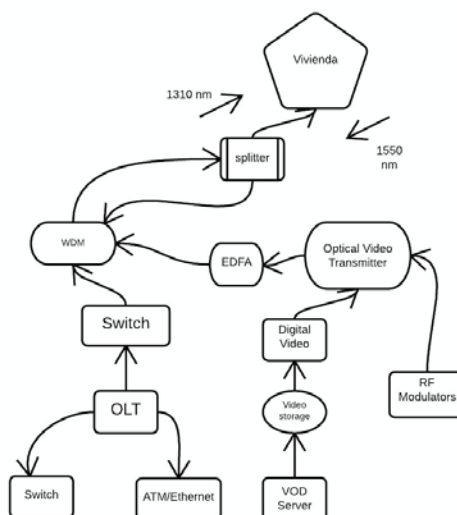


Figura 2.4: Arquitectura General de una red FTTH

La velocidad de transmisión es uno de sus atractivos y la baja atenuación de los cables de fibra óptica. Actualmente, en Ecuador existen tres empresas que proporcionan servicios de internet con esta tecnología. Netlife, la cual ofrece velocidades de 1Mbit/s hasta 100Mbit/s, en las ciudades más grandes del país. La empresa Zenix-Interactive opera con esta tecnología en la ciudad de Quito, y la empresa estatal CNT, con su nueva infraestructura GPON-FTTH, con el cual ofrece velocidades desde 4Mbit/s hasta 25Mbit/s.

2.2.2 RED HFC

La Red HFC es una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial que apareció como evolución de las redes CATV originales. Anteriormente, la red CATV se propagaba de manera unidireccional, teniendo al Headend como transmisor, y los televisores de los suscriptores como receptores.

La necesidad de proveer más servicios como Internet y Teléfono, promovió el desarrollo de una red convergente, que pueda ofrecer todo lo mencionado anteriormente y es así, como aparecieron las redes HFC.

Se puede observar en la Figura 2.5 una representación gráfica de la arquitectura general de la red.

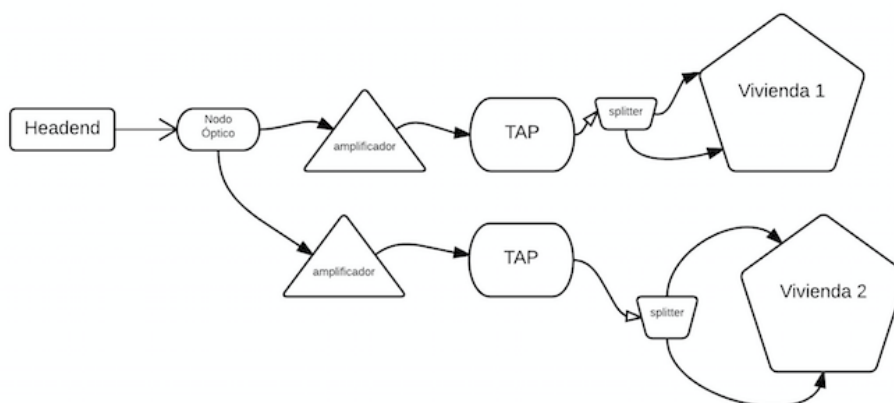


Figura 2.5: Arquitectura General de una red HFC

La Arquitectura general consiste en:

- Headend: Es el comienzo de la red y la fuente de los servicios a ofrecer.
- Red Troncal: Esta red está basada en fibra óptica y se extiende desde el Headend hasta llegar al nodo óptico que actúa como transductor, transformando la energía óptica a eléctrica para ser enviada por cable coaxial.
- Red de Distribución: Esta red se encarga de distribuir las señales eléctricas de los nodos ópticos hasta la red de acometida. Debido a la atenuación del cable coaxial, es necesario utilizar amplificadores hasta llegar al Tap del Abonado.
- Red de Acometida (Abonado): Es la red que comienza desde el Tap del Abonado hasta la residencia del suscriptor.

Más adelante en este capítulo, se profundizará la arquitectura de las redes HFC.

2.2.3 DIFERENCIAS ENTRE FTTH Y HFC

Si bien es cierto, la capacidad tecnológica FTTH es mayor que la de HFC, debido al uso completo de fibra óptica, hay que tomar en cuenta

otras variables como son: costo de instalación, costo de operación y crecimiento de la red.

El costo de operación y mantenimiento de FTTH es menor al de HFC, en cambio el costo de instalación es de alrededor 5 veces mayor que el de HFC. La gran diferencia entre costos de instalación, suele atraer a las empresas a invertir en HFC, como una tecnología rentable, y con una vida útil tecnológica considerable [19].

Sin embargo, tomando en consideración el crecimiento de la red, habrá un punto en que será más costoso agrandar la red usando HFC que FTTH, y a mayor escala, es decir, a mayor número de suscriptores, FTTH ofrece menores costos que HFC.

En la Figura 2.6, se puede observar el crecimiento de los costos de operación entre ambas tecnologías.

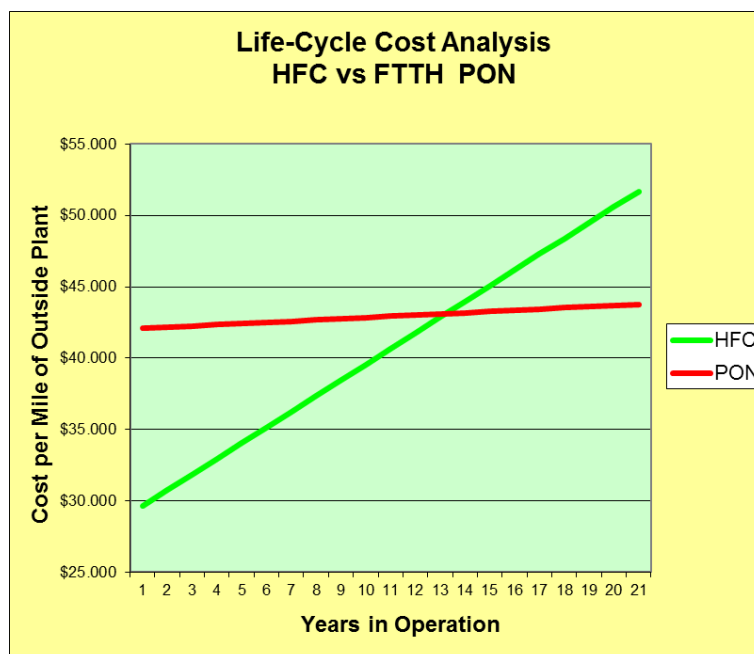


Figura 2.6: Análisis Costo por Milla-Año de Operación [16]

Se puede observar en la Figura 2.6, que el costo de operación de HFC se incrementará conforme pasen los años, en comparación con FTTH. Esto se debe a que FTTH PON, no utiliza elementos activos, los cuales

necesitan de energía eléctrica para operar, para distribuir la señal, mientras que HFC sí.

Teniendo en cuenta la población de la parroquia San José de Ancón, que es únicamente de 4800 habitantes con un total de 740 edificaciones, y una penetración de servicio del 68,29%, además de los parámetros de carácter económico y crecimiento de la red, se ha optado por escoger esta tecnología para realizar el diseño de la red de televisión digital con fines educativos y culturales.

2.3 ARQUITECTURA RED HFC

2.3.1 HEADEND

El Headend o cabecera es el comienzo de la red. Desde aquí se administra y transmite los servicios ofertados al usuario. Conforme se oferte más servicios, incrementará la complejidad en el uso, administración e interconexión de los equipos. En este centro se reciben las señales de Televisión, ya sea por antenas parabólicas con enlaces satelitales o directivas con enlaces microondas. También es el lugar donde se interconectan diferentes redes como la de Internet y la red pública telefónica conmutada (PSTN).

La cabecera está encargada del procesamiento y codificación de las señales como también de la convergencia de los servicios que se distribuirán a cada uno de los usuarios de la red. Como se mencionó antes, el Headend se encarga de la administración y monitoreo del sistema. Por ejemplo, la programación de los canales que oferta o la agregación de publicidad local.

En la Figura 2.7, se puede observar el esquema general del funcionamiento del Headend.

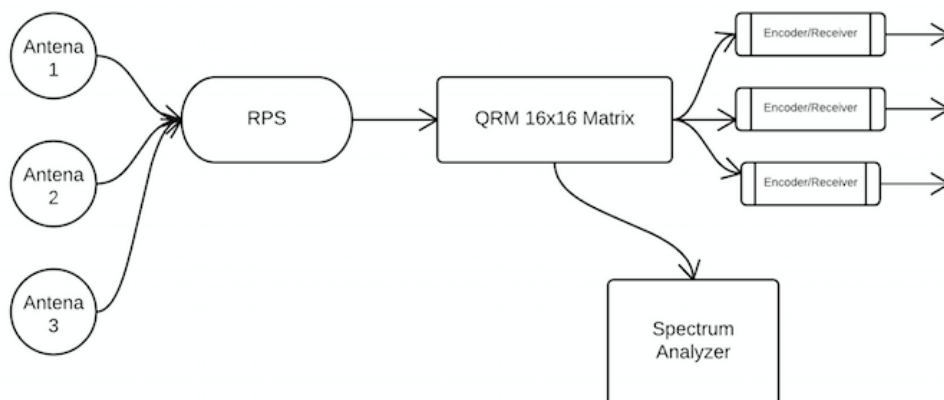


Figura 2.7: Esquema General de Funcionamiento del Headend

Todas las señales terrestres o satelitales convergen en la matriz de conmutación de video, en donde se podrá agregar grabaciones del equipo de producción y controlar la programación. Después de modular y se combinan en el multiplexor, en donde formarán un solo paquete de canales que llegará al cliente.

2.3.1.1 ELEMENTOS

Dentro de la recepción de servicios, se tiene a los siguientes elementos:

Antena Directiva: Este tipo de antena emite o recibe mayor parte de la energía en una dirección en especial, a diferencia de las antenas omnidireccionales cuyo lóbulo de radiación cubre todas las direcciones. Son utilizadas comúnmente para la captación de canales locales de señal abierta. Las más utilizadas son Yagi y Logarítmica-Periódica, las cuales brindan una alta ganancia en los canales VHF y UHF (30 MHz a 3 GHz).

Cabe destacar que para mayor confiabilidad y calidad, es posible recibir los canales de señal abierta por medios físicos, ya sea por fibra o por cable coaxial [17].

En la Figura 2.8, se puede observar una antena directiva, actualmente utilizada en ESPOLTV, en la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.



Figura 2.8: Antena Directiva de ESPOLTV

Antena Parabólica: Este tipo de antena es utilizada para la recepción de canales pagados o de señal abierta, de satélites geoestacionarios que se encuentran en órbita todo el tiempo apuntando a un lugar en específico.

Está compuestas de tres partes:

Reflector: Se encarga de reunir la radiación de las señales en el punto focal de la antena parabólica.

Dual Feed: Sirve para fijar el LNB y está colocado en el punto focal de la antena.

LNB: Es el bloque de bajo ruido que se encarga de amplificar la señal recibida del satélite. También posee un bloque "Downconverter" que realiza un cambio de frecuencias disminuyéndolas a un rango que el receptor pueda captar. Usualmente los satélites transmiten en bandas C (3.4 - 4.8 GHz), Ku (10.7 - 12.75 GHz) y Ka (19.2 - 21.2 GHz).

En la Figura 2.9, se puede observar una antena parabólica con diámetro de 3 m no utilizada, de ESPOLTV en la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.



Figura 2.9: Antena Parabólica de ESPOLTV

Receptor: Se encarga de amplificar, demodular y decodificar la señal proveniente de las antenas. En el caso de canales analógicos, en donde se transmite un canal por portadora (SCPC) se necesita un receptor por cada canal analógico. Las señales satelitales son digitales y soportan varios canales por portadora (MCPC). Con esto, sólo es necesario un receptor para varios canales.

Los receptores analógicos poseen dos salidas, una de audio y otra de video, en cambio los digitales poseen una salida en formato ASI, con el flujo de transporte MPEG-2. De esa manera, las salidas de los receptores satelitales se conectan directamente al multiplexor.

En la Figura 2.10, se puede observar ejemplos de receptores utilizados en ESPOLTV.



Figura 2.10: Receptores de ESPOLTV

2.3.2 ESQUEMA GENERAL DE LA RED HFC

La red HFC tiene una arquitectura híbrida y compuesta de sub redes, las cuales tienen funciones, materiales y equipos específicos. Comienza con el headend, donde parte la red troncal que está compuesta de fibra óptica, y llega hasta el nodo óptico, el cual se encargará de transformar las señales ópticas a eléctricas y viceversa, dando lugar inmediatamente a la red de distribución.

La red de distribución está compuesta de cable coaxial, y a través de equipos pasivos y activos, logra repartir el servicio a cada uno de los Tap en los postes, los cuales determinan el comienzo de la red de acometida.

La red de acometida, es la red que parte del Tap o repartidor del poste hasta distribuir internamente el servicio a todos los equipos terminales.

En la Tabla 2, se puede observar la clasificación y división de la red HFC, con los respectivos elementos involucrados en cada sección de la red.

Arquitectura de la red HFC	ELEMENTOS	
RED TRONCAL: Transporta la señal óptica generada en el Headend hacia la Red de Distribución	Fibra Óptica	Conduce de las señales ópticas generadas en el Headend
	Nodo Óptico	Frontera entre la Red Troncal y Red de Distribución
RED DE DISTRIBUCIÓN: Se encarga de distribuir la señal RF, desde el nodo óptico hasta los taps en los postes de cable	Cable Coaxial	Se utiliza cable 500 y 750 para llevar la señal desde el nodo óptico hasta los taps
	Amplificador de Distribución	Amplifica la señal y a su vez la distribuye en diferentes ramales
	Amplificador Extensor de Línea	Amplifica la señal contrarrestando la atenuación
RED DE ACOMETIDA: Se extiende desde el Tap hasta la vivienda del abonado.	TAP	Se encarga de derivar la señal, generalmente se coloca en los postes.
	Cable Coaxial	Se utiliza cable coaxial RG-6 y RG-11.
	Splitter	Se encarga de derivar la señal, dentro de la vivienda del suscriptor

Tabla 2: Esquema General de la Red HFC

2.4 SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

Los satélites geoestacionarios, cuya órbita circular y directa se encuentra en el plano ecuatorial de la Tierra, están fijos con respecto a la Tierra, debido a que poseen la misma velocidad angular del planeta, y su posición relativa no varía.

Su uso no sólo se aplica en las redes AVS, sino también en servicios como internet, a través de la tecnología VSAT, además de telefonía. Dentro de las redes AVS, se utilizan tanto para las redes codificadas satelitales, como las de cable y las codificadas terrestres puesto que, para la recepción de canales extranjeros, se necesita de enlaces satelitales.

2.5 ESTÁNDARES

Existen algunos estándares que definen requisitos sobre las operaciones de las comunicaciones bidireccionales por cable como DOCSIS, EURODOCSIS y SCTE. El primero es uno de los más utilizados en redes HFC, para la adecuada convergencia de servicios (Internet, Teléfono y Televisión) sobre

redes CATV, y es el que se utilizará dentro de la implementación de la red [18].

2.5.1 DOCSIS

Desde el origen de las redes de datos por Cable, distintos proveedores han tenido la necesidad de crear diferentes equipos, según los requerimientos de cada sistema de transmisión de datos. Esto generaba problemas de compatibilidad, puesto que existía la posibilidad que un determinado equipo no sea compatible con otro. A causa de esto, y la necesidad de generar redes de cable interoperables, se decidió estandarizar las especificaciones de los equipos y sus interfaces, dando lugar a DOCSIS.

DOCSIS es un conjunto de normas que estandariza la transmisión de datos por redes CATV. Fue creado por CableLabs en 1997, y aprobado como estándar internacional por UIT en 1998. Desde entonces ha ido evolucionando, desde la versión 1.0 hasta la actualidad con la versión 3.0.

DOCSIS también se ha adaptado a los estándares de codificación de canales de diferentes países, como es el caso de EURODOCSIS, que es la versión de DOCSIS para Europa, donde el sistema PAL es adoptado a diferencia de NTSC, adoptado en Sudamérica y gran parte de América del Sur.

Cabe recalcar que PAL tiene un mayor ancho de Banda que NTSC, por lo que el canal de bajada (downstream) de EURODOCSIS, tiene la posibilidad de alcanzar una mayor tasa de transmisión de bits.

2.5.2 MODULACIÓN Y ENCAPSULAMIENTO

El canal de bajada (DS) especifica modulación digital 64 y 256 QAM, a diferencia del canal de subida (US), donde la modulación es QPSK, 16QAM o 64QAM, desde DOCSIS 2.0. Esto se debe a que los usuarios descargan o requieren más información, de la que envían hacia el

proveedor, y una mayor modulación implica una mayor tasa de transmisión.

EL Encapsulamiento del flujo de datos, se realiza en MPEG-2 (Moving Picture Experts Group), el cual es un grupo de estándares de codificación de audio y video, generalmente usado para la televisión Digital en alta Definición HDTV.

En la Tabla 3, se muestra los detalles de la capa física de DOCSIS.

Subcapa TC			DOCSIS
			MPEG-2
PMD	DS	Rango RF	50/54 - 1002 MHz
		Modulación	64 y 256 QAM
		Canal	6 MHz (NTSC) 8 MHz (PAL)
	US	Rango RF	5-42 MHz
		Modulación	QPSK, 16QAM y 64QAM

Tabla 3: Capa Física DOCSIS [18]

2.5.3 ANCHO DE BANDA

El rango de frecuencias para las señales RF operables con DOCSIS, parte desde 54 a 1002 MHz en el canal de bajada, y desde 5 a 42 MHz en el canal de subida.

En la Figura 2.11, se puede observar el espectro RF, definido por DOCSIS, y sus diferentes usos.

Where Will The Channels Come From For DOCSIS 3.0 DS Channel Bonding (Wideband)?

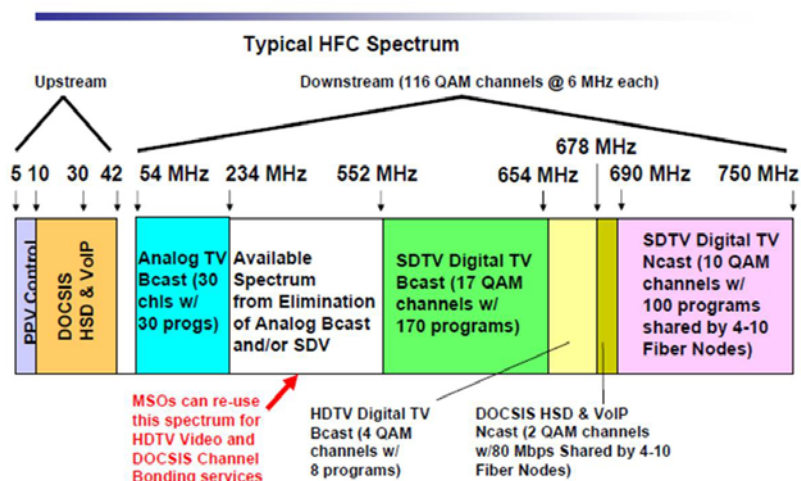


Figura 2.11: Espectro RF de DOCSIS [18]

Se puede observar que la franja de frecuencias definida para Televisión Digital parte desde 550 MHz 750 MHz, implicando un ancho de banda de 200 MHz. Además, el tráfico de subida se encuentra entre 5 MHz a 42 MHz, lo cual conlleva un ancho de banda ascendente de 37 MHz.

2.5.4 DOCSIS 3.0

Como se mencionó anteriormente DOCSIS, ha ido evolucionando con los requerimientos y necesidades de la comunicación por cable. Una de las principales mejoras en relación a las versiones anteriores, es el aumento del ancho banda en el canal de subida (US), con el uso de modulación 64 QAM, el cual se implementó desde DOCSIS 2.0. Esto generó un aumento en la velocidad de transmisión en US, llegando hasta 108 Mbps efectivamente.

Esta versión se utilizará en el proyecto, el cual ha implementado notables mejoras, en las redes HFC como:

Channel Bonding: Permite utilizar hasta 8 canales canales de bajada y 4 en subida al mismo tiempo, con una velocidad por canal de 38Mbps para DS y 27 Mbps para US.

Seguridad: encriptación de tráfico AES (Advanced Encryption Standard).

Multicast IP: uso eficiente de la red para servicios de video.

Soporte IPv6: para asegurar inversión a futuro.

En la Tabla 4, se muestra la evolución de DOCSIS Y EURODOCSIS.

Versión	DOCSIS		EURODOCSIS	
	DS	US	DS	US
1.x	38 Mbps	9 Mbps	50 Mbps	9 Mbps
2.0	38 Mbps	27 Mbps	50 Mbps	27 Mbps
3.0 (4 canales)	152 Mbps	108 Mbps	200 Mbps	108 Mbps
3.0 (8 canales)	304 Mbps	108 Mbps	400 Mbps	108 Mbps

Tabla 4: Evolución de DOCSIS y EURODOCSIS [18]

Se puede observar que las tasas de datos de EURODOCSIS son mayores a las de DOCSIS, debido a la adaptación del sistema PAL en Europa, y el NTSC en América. Con la versión 3.0, se puede alcanzar velocidades de hasta 304 Mbps en el canal de bajada, y 108 Mbps en el canal de subida.

CAPÍTULO 3

3 DISEÑO DE LA RED HFC

Previo al diseño específico de la red HFC, se realizará una descripción técnica de los equipos y materiales, así como una simulación para comprobar la funcionalidad de la red, además de analizar los aspectos generales del diseño, tales como:

- Ancho de banda de la red
- Tipo de arquitectura
- Niveles mínimos en las salidas del Tap (para frecuencias altas y bajas)

Se realizará el respectivo diseño, tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente, y se mostrará por secciones los ductos subterráneos, los tipos de cables y los equipos activos. Cabe recalcar, que el diseño abarca desde el Headend hasta la red de acometida, es decir, hasta el Tap del poste de cable.

Después, se analizará el financiamiento teniendo en cuenta que, éste será un proyecto social, para los habitantes de la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación, se describirán las especificaciones de cada uno de los equipos escogidos adecuadamente para este diseño en particular, garantizando el cumplimiento de las necesidades y requerimientos pertinentes.

3.1.1 TRANSMISOR ÓPTICO

Se utilizará el transmisor óptico MUL-1550TX-1000 de MULTICOM que ofrece una transmisión de alta calidad con los estándares NTSC, PAL, ATC, QAM, además de los estándares de televisión de digital por cable.

En la Figura 3.1, se puede observar una imagen del transmisor óptico descrito.



Figura 3.1: Multiplexor MUL-1550-TX-1000 [19]

En el Anexo 4, se puede observar las especificaciones del transmisor.

3.1.2 NODO ÓPTICO

Se utilizará el nodo óptico Motorola SG 4000, uno de los modelos más desarrollados, considerado un 4x4 por sus 4 entradas y 4 salidas, además de tener la característica de ser compatible con la última versión del estándar DOCSIS.

En la Figura 3.2, se puede observar una imagen del nodo óptico.



Figura 3.2: Nodo Óptico Motorola SG400 [20]

En el Anexo 5, se puede observar las especificaciones del nodo óptico Motorola SG4000.

3.1.3 AMPLIFICADOR DE DISTRIBUCIÓN

Para mitigar los efectos de la atenuación de la señal en el cable coaxial, además de distribuir la señal en diferentes ramales, se utilizará el

amplificador STARLINE® Series MBV3 1 GHz Mini-Bridger de Motorola, el cual brinda una alta ganancia de 42dB y una pérdida de retorno de 16dB.

En la Figura 3.3, se puede observar una imagen del amplificador de distribución.



Figura 3.3: Amplificador MBV3 1 GHz Mini-Bridger [20]

En el Anexo 6, se puede observar las especificaciones del Amplificador Mini-Bridger.

3.1.4 AMPLIFICADOR EXTENSOR DE LÍNEA

Para atenuar las pérdidas que sufra la señal a lo largo del ramal, se utilizará el amplificador Extensor de Línea BLE 100 1GHz, el cual aporta una alta ganancia de 38 dB, además de una pendiente de ecualizador de 9 dB.

Cabe recalcar, que este tipo de amplificador tiene sólo una salida, a diferencia del amplificador de distribución de la Figura 3.3, descrito en el 3.1.3.



Figura 3.4: Amplificador BLE100 1GHz Extensor de Línea [20]

En el Anexo 7, se puede observar las especificaciones del Amplificador Extensor de Línea.

3.1.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para energizar los equipos se utilizará las fuentes ALPHA XM3-HP que ofrecen alta eficiencia y optimización en la duración de las baterías, además de presentar la mejor regulación de voltaje.

En la Figura 3.5, se puede observar una imagen de la fuente de poder.



Figura 3.5: Fuente de Poder XM3-HP [20]

En la Anexo 8, se puede observar las especificaciones de la fuente de poder.

3.1.6 TAP

Se utilizará Taps o repartidores de 2, 4 y 8 bocas de la marca multicom y serie MTSG-XYP donde (X) es el número de Boca y (Y) es el valor de pérdida por derivación, ambos dados en decibelios (dB). Los repartidores con mayor pérdida por derivación se colocarán cerca del último amplificador mientras que los que posean menor pérdida podrán situarse un poco más alejados del último amplificador.

En la Figura 3.6, se puede observar una imagen de los Tap.



Figura 3.6: Tap [20]

En el Anexo 9, se encuentran las especificaciones técnicas de las pérdidas de los Tap. Se detalla tanto la pérdida por derivación y la de inserción que depende de la frecuencia de la señal. A mayor frecuencia, la pérdida por inserción es mayor y también a mayor pérdida por derivación la de inserción disminuye.

Cabe destacar que se muestra sólo los valores de frecuencia 550-750 MHz, que comprende el rango de televisión digital, según el estándar DOCSIS 3.0.

Se puede observar que los valores de pérdida de inserción son mayores en las bandas de frecuencias más altas, donde los más afectados son los últimos canales.

3.1.7 SPLITTER

Se utilizará la serie GHS-X -1GZ de la marca HOLLAND, donde X es el número de salidas o divisiones que permitirá trabajar con frecuencias de hasta 1000 MHz.

En la Figura 3.7, se puede observar el splitter de 1 entrada y 2 salidas conocido como "T".



Figura 3.7: Splitter Holland T [20]

En la Anexo 10, se puede observar las especificaciones de los splitters Holland GHS-2 y GHS-3.

3.1.8 DECODIFICADOR

Se utilizará el decodificador STB-CB de la marca PICO DIGITAL, el cual tiene salida HDMI para canales en HD para futuras aplicaciones, como también la salida analógica para SD. Decodifica MPEG-2 en video y AC-3 en audio, formatos estándares de la televisión digital.

En la Figura 3.8, se puede observar una imagen del decodificador.



Figura 3.8: Decodificador STB-Pico Digital [20]

En el Anexo 11, se puede observar las especificaciones del decodificador STB-Pico Digital.

3.2 ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO

3.2.1 ANCHO DE BANDA

Como se explicó anteriormente, se aplicará el estándar DOCSIS 3.0 en la red a diseñar. También, la señal será de tipo digital y no analógica. Además, la comunicación será full-duplex o de dos vías. Teniendo en cuenta estos tres factores, el espectro de frecuencias designado para Televisión Digital por DOCSIS se extiende desde 550 MHz a 750 MHz, además del tráfico de subida que va desde 5 MHz a 42 MHz, implicando un ancho de banda total de 237MHz.

Las redes antiguas CATV, basadas completamente en cable coaxial, eran capaces de proveer anchos de banda de hasta 450MHz. Sin embargo, la utilización de varios amplificadores en cascada era

necesaria debido a la alta atenuación de los cables coaxiales, y esto a su vez incrementaba considerablemente el ruido en los canales de mayor frecuencia. Por esta razón, al incorporar fibra óptica en la red la tecnología HFC resulta ser más eficiente que su tecnología predecesora.

3.2.2 TIPO DE ARQUITECTURA

El Tipo de Arquitectura es otro aspecto importante a considerar en el diseño, puesto que existen varios y cada uno se enfoca en factores importantes, tales como la confiabilidad y el rendimiento. La importancia de la arquitectura se destaca considerablemente, en ciudades grandes con varios sectores llenos de miles de suscriptores, en cambio la parroquia San José de Ancón apenas posee 740 edificaciones, simplificando la arquitectura de la red HFC.

Cada nodo óptico es capaz de abastecer de 500 a 2000 casas y posee cuatro salidas coaxiales. Cada una de estas salidas corresponde a una zona, que puede extenderse de 125 a 500 viviendas. Es posible deducir ahora, que el uso de un solo nodo óptico es suficiente para suplir la demanda de la parroquia San José de Ancón, e incluso abastecer a las futuras edificaciones, gracias a la escalabilidad de la red.

Cabe recalcar que se utilizarán dos hilos de fibra óptica para aplicar redundancia en la red, es decir, uno actuará como respaldo en el caso que se dañe el otro.

En la Tabla 5, se puede observar el detalle de las zonas definidas en el diseño de la red.

Zonas	Viviendas	Cap. Máxima	Escalabilidad
1	325	500	35,00%
2	215	500	57,00%
3	98	500	80,40%
4	102	500	79,60%
Total	740	2000	63,00%

Tabla 5: Designación de Zonas

La parroquia San José de Ancón posee 740 edificaciones según el catastro del 2008-2009 del Municipio de Santa Elena.

En la Figura 3.9, se muestra una vista general de la parroquia, en donde se observa la división en las zonas descritas anteriormente.

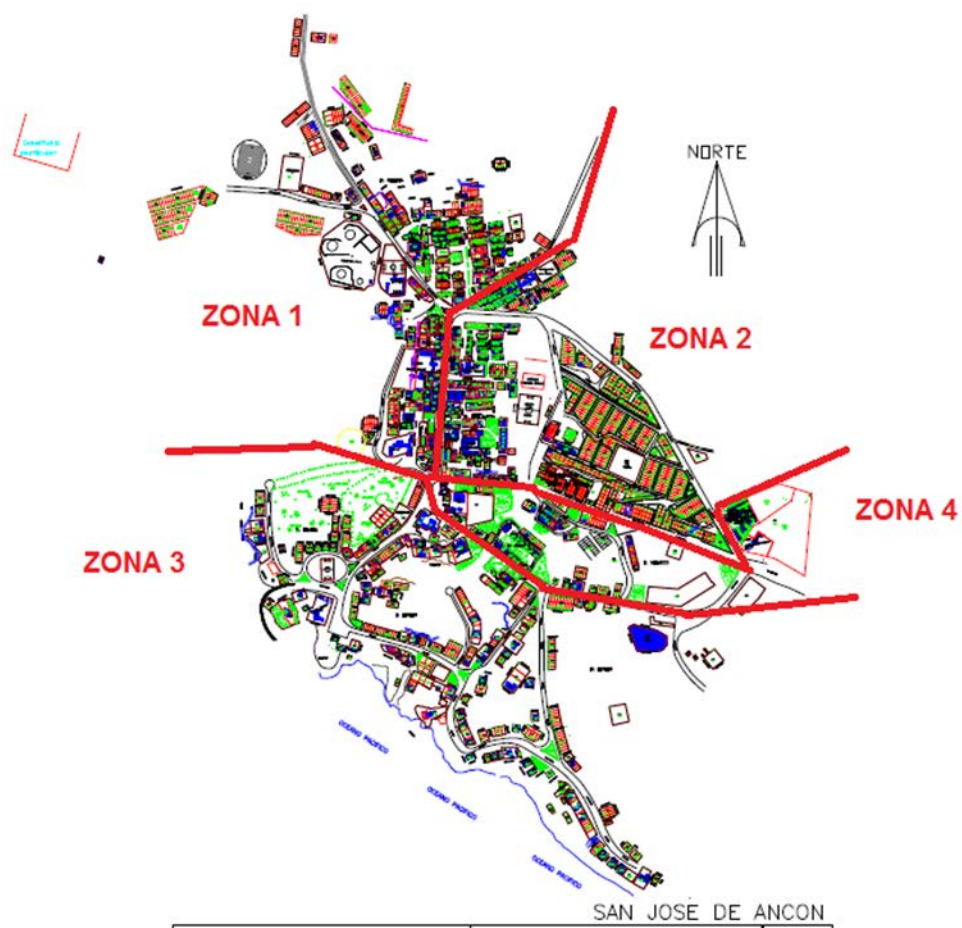


Figura 3.9: Planos Generales de la Parroquia [6]

3.2.3 NIVEL DE POTENCIA DE LOS TAP

El nivel de potencia final de los Tap es de suma importancia, puesto que debe ser capaz de abastecer todos los servicios del suscriptor. Como sólo se ofrece el servicio de Televisión, para el cálculo y análisis de potencia de la señal, se asumirá el uso de no sólo un equipo terminal sino de tres extensiones más por vivienda, implicando la distribución de la señal hacia cuatro decodificadores.

También, se asumirá el uso de los Splitter GHS-3 y GHS-2 para la instalación de las cuatro extensiones, además de las pérdidas causadas por el Cable Coaxial RG-6. Como se había explicado anteriormente, la pérdida es mayor conforme se avanza en frecuencia, debido a este fenómeno se realizará el cálculo en la frecuencia más alta del ancho de banda digital: 750 MHz.

En la Figura 3.10, se puede observar un bosquejo de la acometida y la repartición de servicios dentro de la vivienda del suscriptor.

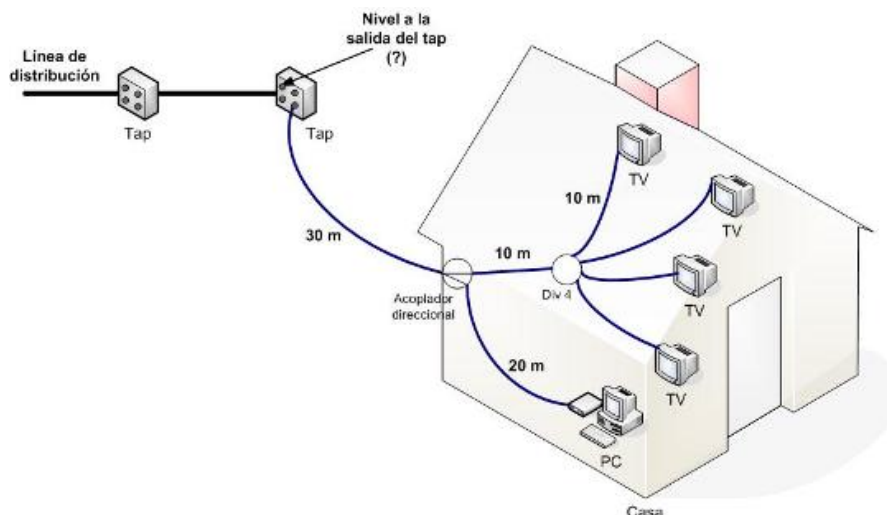


Figura 3.10: Esquema de la Acometida

En la Tabla 6, se puede observar las consideraciones de pérdidas para la determinación del nivel mínimo de potencia del repartidor.

Pérdidas en 750 MHz			
Elemento	Modelo	Cantidad	Pérdida [dB]
Cable Coaxial	RG-6	40	8
Splitter	GHS-2	1	3,9
Splitter	GHS-3	1	4
Tap	MTSAG-408P	1	8
Total			23,9

Tabla 6: Análisis del Nivel de Potencia de los Tap

Con las asunciones descritas, se ha calculado una pérdida aproximada de 23,9 *dB* desde la salida del Tap hasta la entrada RF del decodificador. El decodificador STB-CB Pico Digital acepta niveles de entrada RF que se extienden desde los -25 *dBm* hasta los -60 *dBm*, tal como se aprecia en el Anexo 11, incluida en el 3.1.8.

Entonces, se tiene la Fórmula 3.1:

$$RD = P - L \quad (3.1)$$

Donde:

RD: Rango Potencia Entrada del Decodificador

P: Nivel de Potencia del Tap

L: Pérdidas

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$(-25, -60)dBm = (P_{max}, P_{min}) - 23.9dB$$

$$(P_{max}, P_{min}) = (-25 + 23.9, -60 + 23.9)dBm$$

$$P = (-3.1, -36.1)dBm = (-33.1, -66.1)dB$$

Se puede observar que el nivel de potencia del Tap debe estar entre el rango de -3,1 *dBm* y -36,1 *dBm* para el correcto funcionamiento de cuatro extensiones. Es importante este valor, puesto que más adelante,

se simulará una parte de los ramales de la Zona 4, y se comprobará que el nivel de potencia del Tap, se encuentra dentro del rango calculado.

3.3 DISEÑO DE LA RED

Para el diseño, se utilizó AUTOCAD 2015 como Software esencial para el manejo de los planos. Cabe recalcar, que se utilizó la simbología propuesta por ANSI-SCTE 87-1 2008, para los gráficos del Headend, los Tap, amplificadores de distribución y extensores de línea.

Como se mostró anteriormente, la parroquia se dividió en 4 zonas de distribución que parten del único nodo óptico utilizado. Esto implica la instalación de cuatro ramales coaxiales, donde cada uno alimenta una zona. El uso de amplificadores de distribución, permitirá dividir los caminos principales en secundarios distribuyéndose por toda la extensión de cada una de las zonas.

Según el Art. 9 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el despliegue y tendido de nuevas redes físicas se realizará a través de ductos subterráneos. San José de Ancón, al ser una pequeña parroquia, no posee ductos instalados con fines diferentes a la canalización de agua potable. Por este motivo, se consideró como parte del diseño, el uso de ductos para el soterramiento de las redes.

3.3.1 CANALIZACIÓN

Como se mencionó anteriormente, el soterramiento de las redes es necesario, y se diseñó la canalización de los ductos, los cuales alojarán los cables, encargados de transportar la señal del Headend, a cada uno de los equipos terminales en las viviendas de los suscriptores. La canalización propuesta, abarcará la Red Troncal y la de Distribución, permitiendo que la Red de Acometida sea aérea.

Los ductos están diseñados para llegar hasta cada poste, de tal forma que permitan la conexión del cable coaxial con el Tap, en la parte alta del poste. Además, es necesario separar una cierta cantidad de cable de reserva por cada Tap. Por esta razón, se construirá un pozo, cuyo único



Figura 3.12: Canalización Sección Central [6]

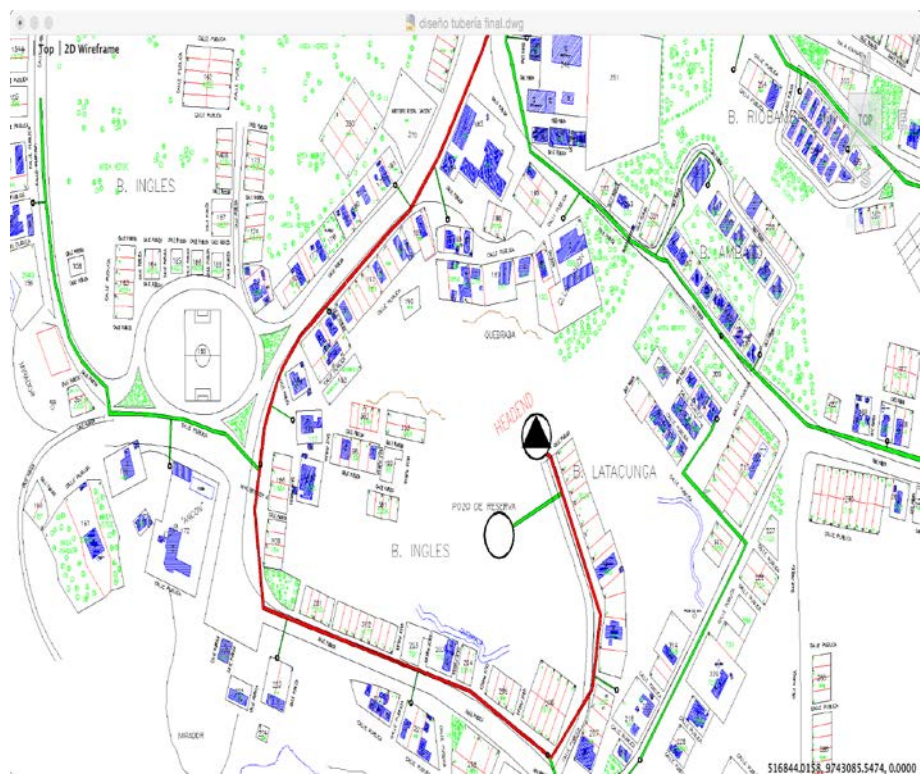


Figura 3.13: Canalización Sección Sur [6]

En la Figura 3.11, 3.12 y 3.13, se puede observar las diferentes secciones: Norte, Central y Sur, respectivamente de la parroquia San José de Ancón, donde se pueden observar cuadros delimitados por finas líneas de color rojo, que representan a los predios. También, se puede observar cuadros rellenos de color azul, que representan las edificaciones.

Las líneas verdes que se extienden por las aceras de las calles, representan los ductos que contendrán los cables coaxiales de la red de distribución. Los puntos de color blanco, son las cámaras terminales de los ductos, por donde los cables saldrían para conectarse a los Tap de los postes.

En la Figura 3.11, se puede observar una bifurcación en Y, de la cual se dividen los tramos de canales para abastecer las diferentes partes del sector.

En la Figura 3.12, se puede observar un pequeño tramo de color rojo, que representa el ducto que alojará el cable de fibra óptica de la red troncal, que partirá del Headend en ESPOLTV, y terminará en el nodo óptico.

En la Figura 3.13, se puede observar un círculo vacío conectado con el canal de la red troncal. Éste será el pozo que alojará las reservas de cada uno de los Tap.

Se puede observar en las Figuras 3.11, 3.12 y 3.13, que la canalización propuesta abarca toda la extensión de la parroquia, cubriendo todas las zonas de interés.

En el Anexo 12, se puede observar con mayor detalle los planos de la canalización.

3.3.2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

Dentro del diagrama, se mostrará el esquema de la red, desde el Headend, hasta el nodo óptico, en donde se dividirá en 4 zonas, y éstas a su vez, en sub-ramales, a partir de los amplificadores de distribución.

Se puede observar en la Figura 3.14, el diagrama esquemático de la red, el cual parte del Headend, representado por el círculo inicial. El nodo óptico está representado por el rombo, del cual parten 4 cables, los cuales abastecen a cada zona correspondiente.

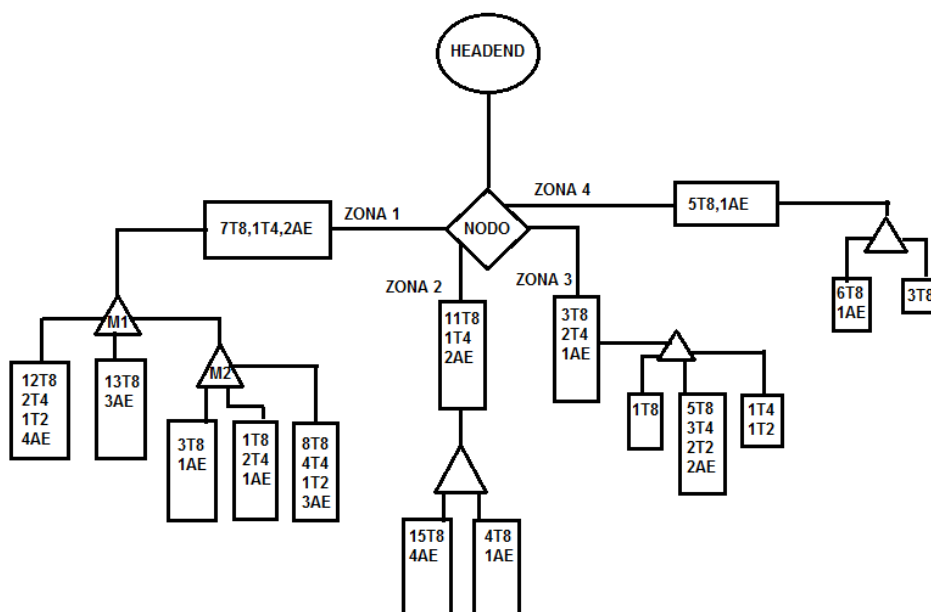


Figura 3.14: Diagrama Esquemático

Se puede observar que en cada tramo, se detalla la cantidad de equipos activos y pasivos, donde T8 simboliza un Tap de 8 salidas, T4 un Tap de 4 salidas, T2 un Tap de 2 salidas, y AE un amplificador extensor de línea.

Además, se puede visualizar unos triángulos, los cuales representan amplificadores de distribución, que se encargarán de dividir los ramales y amplificar su señal al mismo tiempo.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.

3.3.3 RED TRONCAL

En la Figura 3.15, se puede observar la red troncal, la cual está representada por la línea continua de color rojo, que corresponde al cable de Fibra Óptica SMF-28.

Esta red comienza desde el Headend, ubicado entre el Barrio Latacunga e Inglés, y termina en el Nodo Óptico, que se encuentra al comienzo de la Avenida Principal de la Parroquia San José de Ancón.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.



Figura 3.15: Red Troncal [6]

3.3.4 RED DE DISTRIBUCIÓN

3.3.4.1 ZONA 1

En la Figura 3.16, se puede observar la zona 1, la cual consta de 325 viviendas, y está ubicada al noroeste del nodo óptico. También, se muestra los Tap colocados estratégicamente en los postes, para abastecer la demanda del servicio. Además, se puede observar los amplificadores, extensores de línea, que previenen la atenuación de la señal.

Es posible observar que la ruta de cable coaxial parte desde el nodo óptico hacia el norte, donde se encuentra una bifurcación en Y. En este punto, es necesario dividir el ramal en sub-ramales, y para esto se utilizan los amplificadores de distribución Mini-Bridger, representados por los triángulos de color negro.

Para el caso de esta zona, se utilizan dos Mini-Bridger, debido a la vasta extensión del sector. También, se puede observar que la zona 1 limita en el este con la Zona 2, donde se puede ver una línea roja indicando la limitación.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.

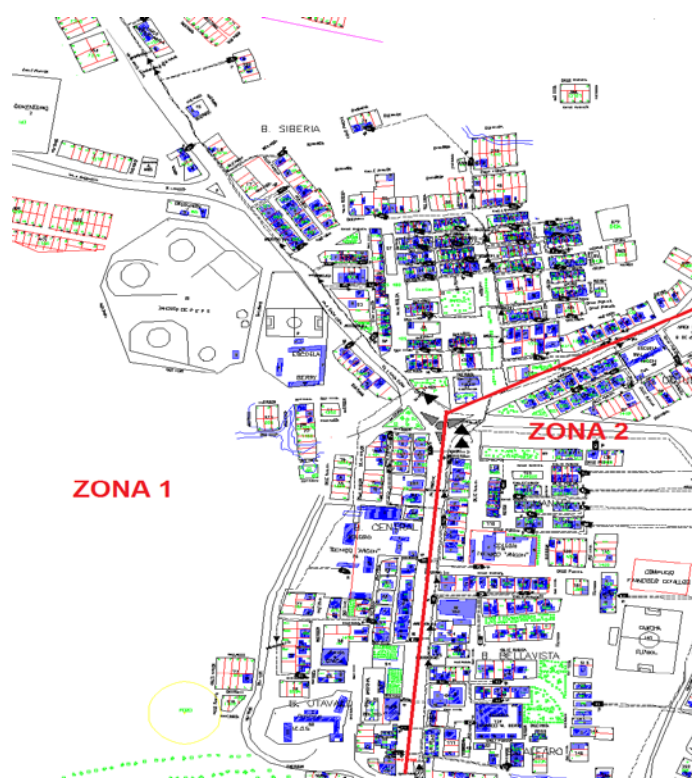


Figura 3.16: Zona 1 [6]

En la Tabla 7, se muestra los detalles finales sobre la cantidad de Taps y amplificadores, tanto de distribución como los extensores de línea.

ZONA 1		
#	DETALLE	ABASTECIMIENTO
44	TAP 8	352
9	TAP 4	36
2	TAP 2	4
14	AMP_EXT	TOTAL
2	AMP_DIST	392

Tabla 7: Tap y Amplificadores Zona 1

Al multiplicar el número de Tap por la cantidad de salidas que tiene cada uno, se obtiene el número de viviendas que pueden abastecer los repartidores, obteniendo un máximo de 392 casas.

Como en esta zona, existen 325 viviendas, es posible el abastecimiento exhaustivo del servicio.

Además de una capacidad restante del 20,62%, es decir, la posibilidad de abastecer a 70 edificaciones más de las que existen actualmente, sin necesidad de recurrir a inversiones posteriores.

3.3.4.2 ZONA 2

En la Figura 3.17, se puede observar la zona 2, la cual consta de 215 viviendas, y se encuentra al noreste del nodo óptico. También, se muestra los Tap colocados estratégicamente en los postes, para abastecer la demanda del servicio. Además, se puede observar los amplificadores, extensores de línea, que previenen la atenuación de la señal.

Se observa que al final de la Av. Principal, se encuentra una bifurcación en Y, donde estaría el único amplificador de distribución de esta zona, a diferencia de las otras.

Esto se debe a la menor extensión de la zona, y la posibilidad de abastecer de servicio a todos sus suscriptores, con menos rutas y tramos.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.

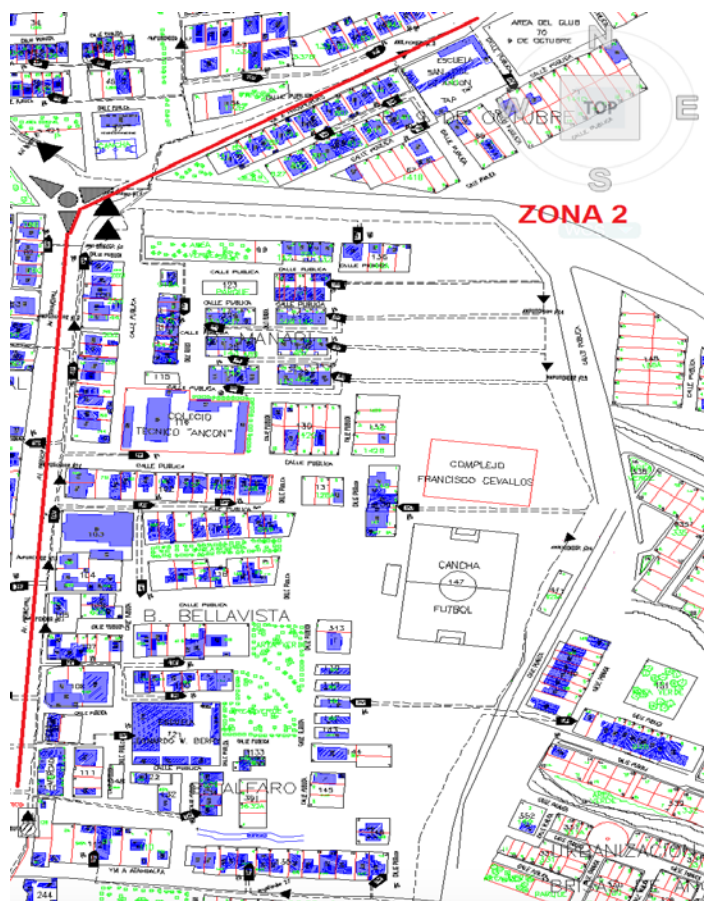


Figura 3.17: Zona 2 [6]

En la Tabla 8, se muestra los detalles finales sobre la cantidad de Taps y amplificadores, tanto de distribución como los extensores de línea.

ZONA 2		
#	DETALLE	ABASTECIMIENTO
30	TAP 8	240
1	TAP 4	4
7	AMP_EXT	TOTAL
1	AMP_DIST	244

Tabla 8: Taps y Amplificadores Zona 2

Al multiplicar el número de Tap por la cantidad de salidas que tiene cada uno, se obtiene el número de viviendas que pueden abastecer los repartidores, obteniendo un máximo de 244 casas.

Como en esta zona, existen 215 viviendas, es posible el abastecimiento exhaustivo del servicio.

Además de una capacidad restante del 13,49%, es decir, la posibilidad de abastecer a 29 edificaciones más de las que existen actualmente, sin necesidad de recurrir a inversiones posteriores.

3.3.4.3 ZONA 3

En la Figura 3.18, se puede observar la zona 3, la cual consta de 98 viviendas y se encuentra al sur del nodo óptico. También, se muestra los Tap colocados estratégicamente en los postes, para abastecer la demanda del servicio. Además, se puede observar los amplificadores, extensores de línea, que previenen la atenuación de la señal.

El ramal de cable coaxial, que parte del nodo óptico desde la esquina superior derecha, abastece la parte suroeste y sur central de la parroquia.

Se utiliza un amplificador Mini-Bridger, para distribuir los ramales, y llegar a todas las viviendas del sector, cubriendo de servicio a las partes más lejanas de la parroquia.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.



Figura 3.18: Zona 3 [6]

En la Tabla 9, se muestra los detalles finales sobre la cantidad de Taps y amplificadores, tanto de distribución como los extensores de línea.

ZONA 3		
#	DETALLE	ABASTECIMIENTO
9	TAP 8	72
6	TAP 4	24
3	TAP 2	6
3	AMP_EXT	TOTAL
1	AMP_DIST	102

Tabla 9: Taps y Amplificadores Zona 3

Al multiplicar el número de Tap por la cantidad de salidas que tiene cada uno, se obtiene el número de viviendas que pueden abastecer los repartidores, obteniendo un máximo de 102 casas.

Como en esta zona, existen 98 viviendas, es posible el abastecimiento exhaustivo del servicio.

Además de una capacidad restante del 4,08%, es decir, la posibilidad de abastecer a 4 edificaciones más de las que existen actualmente, sin necesidad de recurrir a inversiones posteriores.

3.3.4.4 ZONA 4

En la Figura 3.19, se puede observar la zona 4, la cual consta de 102 viviendas, y se encuentra ubicada al sureste del nodo óptico entre la zona 2 y 3. También, se muestra los Tap colocados estratégicamente en los postes, para abastecer la demanda del servicio. Además, se puede observar los amplificadores, extensores de línea, que previenen la atenuación de la señal.

La ruta del cable coaxial, parte del nodo óptico en la parte superior izquierda, y se extiende por toda la parte sureste de la parroquia.

Se utiliza un amplificador Mini-Bridger para distribuir los ramales, y llegar a todas las viviendas de la zona, incluyendo el conjunto residencial Fénix ubicado en el este de la zona, en el punto más lejano.

En el Anexo 13, se puede observar con mayor detalle los planos de la red HFC.

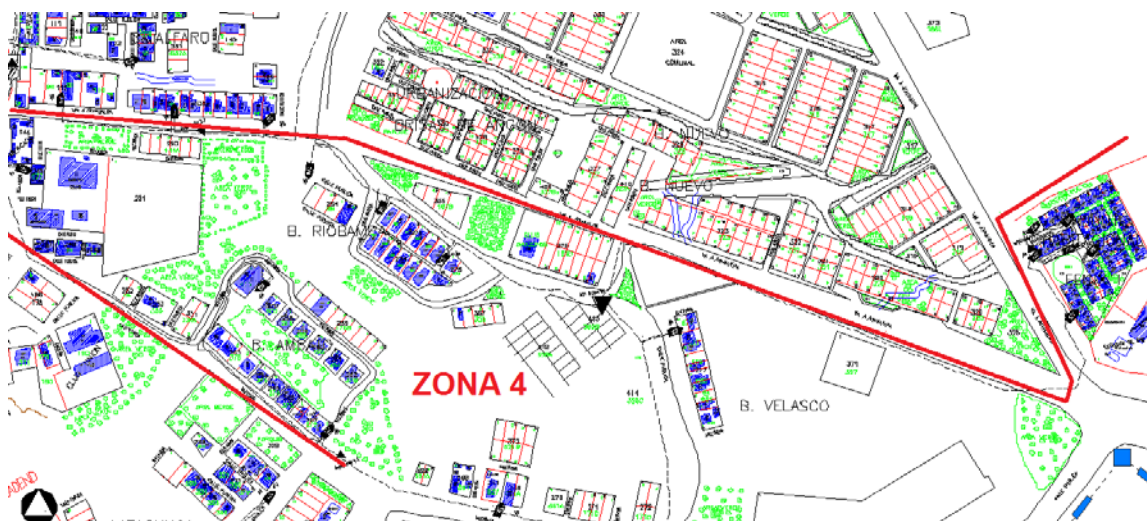


Figura 3.19: Zona 4 [6]

En la Tabla 10, se muestra los detalles finales sobre la cantidad de Taps y amplificadores, tanto de distribución como los extensores de línea.

ZONA 4		
#	DETALLE	ABASTECIMIENTO
14	TAP 8	112
2	AMP_EXT	TOTAL
1	AMP_DIST	112

Tabla 10: Taps y Amplificadores Zona 4

Al multiplicar el número de Tap por la cantidad de salidas que tiene cada uno, se obtiene el número de viviendas que pueden abastecer los repartidores, obteniendo un máximo de 112 casas.

Como en esta zona, existen 102 viviendas, es posible el abastecimiento exhaustivo del servicio.

Además de una capacidad restante del 9,80%, es decir, la posibilidad de abastecer a 10 edificaciones más de las que existen actualmente, sin necesidad de recurrir a inversiones posteriores.

En la Tabla 11, se muestra los detalles finales de los equipos a utilizar, en la red de Distribución.

RED HFC ANCÓN		
#	DETALLE	ABASTECIMIENTO
97	TAP 8	776
16	TAP 4	64
5	TAP 2	10
26	AMP_EXT	TOTAL
5	AMP_DIST	850

Tabla 11: Resumen Detallado

Al multiplicar el número de Tap por la cantidad de salidas que tiene cada uno, se obtiene el número de viviendas que pueden abastecer los repartidores, obteniendo un máximo de 850 casas.

Como la parroquia de San José de Ancón, posee apenas actualmente 740 viviendas, el diseño propuesto puede abastecer exhaustivamente de servicio a toda la parroquia.

Además, se tiene una capacidad restante del 14,86%, es decir, la posibilidad de abastecer a 110 edificaciones más de las que existen actualmente, sin necesidad de recurrir a inversiones posteriores.

3.4 SIMULACIÓN

Para la simulación del diseño, se utilizó el software SPAC de BKTel que es un programa para el uso de simulaciones de redes CATV y HFC. Si bien es cierto, se desearía simular toda la red, la versión de prueba del software SPAC permite simular tramos, más no la red completa. Debido a esto, se simulará una parte de los ramales de la Zona 4, desde su partida del Headend hasta el primer tap.

Primeramente, se mostrará la simulación completa del ramal. Después, se analizará los valores obtenidos de la simulación por secciones, desde el Headend, la red Troncal, la de Distribución y la de Acometida, con el objetivo de verificar que la potencia final esté, dentro del rango de funcionamiento del decodificador.

En la Figura 3.20, se puede observar la simulación del ramal.

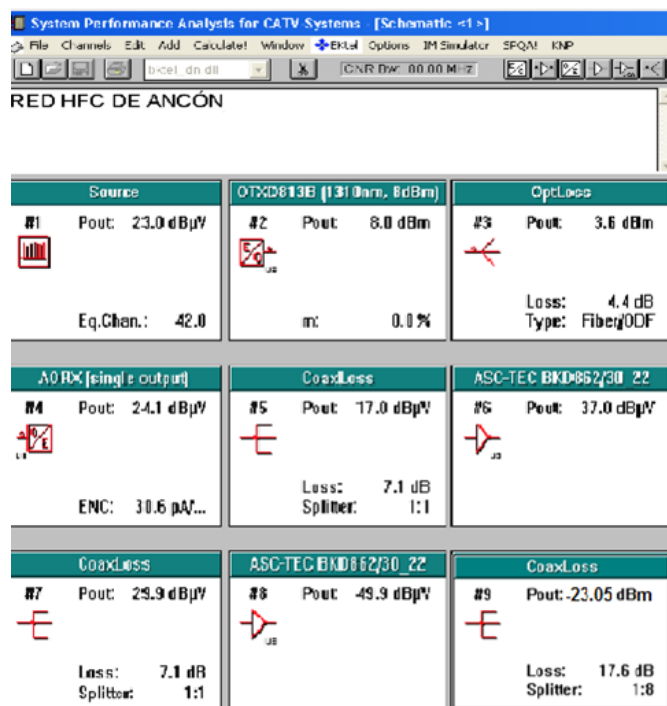


Figura 3.20: Simulación del Ramal

En la Figura 3.21, se pueden observar la simulación del Headend, constituida por dos bloques. El primero corresponde a la fuente de la señal, proveniente del receptor satelital de forma eléctrica. El segundo corresponde al Transmisor Óptico, que se encarga de transformar las señales eléctricas a ópticas para el tráfico de bajada y viceversa para el de subida. Es importante recalcar que este último dispositivo determina la frontera entre el Headend y la Red Troncal.



Source		OTXD813B (1310nm, 8dBm)	
#1	Pout: 23.0 dB μ V	#2	Pout: 8.0 dBm
			
	Eq.Chan.: 42.0	m:	0.0 %

Figura 3.21: Simulación del Headend

En la Figura 3.22, se puede observar la simulación de la Red Troncal, constituida por dos bloques. El primero corresponde al cable de fibra SMF-28 que se extiende desde el Transmisor Óptico hasta el Nodo Óptico, que se encuentra representado en el segundo bloque, y se encargará de transformar las señales ópticas para su transporte eléctrico por la red de distribución. Cabe destacar que este nodo óptico es similar al que se utilizará, sin embargo, su potencia de salida es muy baja, por lo que se usará extensores de línea para mitigar este efecto.



OptLoss		AORX (single output)	
#3	Pout: 3.6 dBm	#4	Pout: 24.1 dB μ V
			
	Loss: 4.4 dB		ENC: 30.6 pA/...
	Type: Fiber/ODF		

Figura 3.22: Simulación de la Red Troncal

En la Figura 3.23, se puede observar la simulación de la Red de Distribución, constituida por cuatro bloques. El primer bloque, corresponde al cable 500 que

se extiende desde el Nodo Óptico hasta el segundo bloque, que simboliza al primer Amplificador Extensor de Línea.

Debido a las pérdidas considerables del cable coaxial, es necesario el uso de amplificadores en cascada para llegar con la suficiente potencia a la acometida de los suscriptores. Por esta razón, se encuentra representado en el tercer bloque, otro tramo de Cable Coaxial 500, y finalmente, otro amplificador extensor de línea en el cuarto bloque.





CoaxLoss		ASC-TEC BKD862/30_22		CoaxLoss		ASC-TEC BKD862/30_22	
#5	Pout: 17.0 dBμV	#6	Pout: 37.0 dBμV	#7	Pout: 29.9 dBμV	#8	Pout: 49.9 dBμV
							
	Loss: 7.1 dB Splitter: 1:1				Loss: 7.1 dB Splitter: 1:1		

Figura 3.23: Simulación de la Red de Distribución

En la Figura 3.24, se puede observar la simulación del Tap, que repartirá y atenuará la señal en 8 salidas. Se puede destacar que la potencia de salida obtenida es de (-23.05 dBm), que se encuentra dentro del rango del nivel de potencia de Tap, calculado previamente con la Fórmula 3.1, incluida en 3.2.3.


CoaxLoss	
#9	Pout: -23.05 dBm
	
	Loss: 17.6 dB Splitter: 1:8

Figura 3.24: Tap

3.5 FINANCIAMIENTO

Dentro del financiamiento, es importante separar dos tipos de rubros: la inversión inicial y el costo de operación.

3.5.1 INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial es la que se involucrará al comienzo del proyecto, con la compra de los materiales y equipos, el soterramiento y la implementación de la red, teniendo en cuenta el valor de la mano de obra.

3.5.1.1 MATERIALES Y EQUIPOS

En la Tabla 12, se muestra detalladamente los costos de la adquisición de los materiales y equipos a implementar en la red HFC, obteniendo un costo total de \$172.602,57.

EQUIPO Y MATERIALES	VALOR UNIT	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Tansmisor Óptico	\$ 1.942,00	1	\$ 1.942,00
Receptor Óptico	\$ 792,00	1	\$ 792,00
Nodo Óptico	\$ 8.000,00	1	\$ 8.000,00
Mini Bridger	\$ 2.000,00	5	\$ 10.000,00
Amp. Ext. de Línea	\$ 1.500,00	26	\$ 39.000,00
Fuente de Poder	\$ 1.300,00	31	\$ 40.300,00
Fibra Óptica SMF-28	\$ 3,00	1600	\$ 4.800,00
Cable Coaxial#500	\$ 1,80	22100	\$ 39.780,00
Tap de 8 salidas	\$ 21,50	97	\$ 2.085,50
Tap de 4 salidas	\$ 13,67	16	\$ 218,72
Tap de 2 salidas	\$ 11,87	5	\$ 59,35
Armario Galvanizado	\$ 225,00	33	\$ 7.425,00
Decodificador	\$ 52,00	350	\$ 18.200,00
Total			\$ 172.602,57

Tabla 12: Equipos y Materiales

Se puede observar detalladamente todos los equipos y materiales que se utilizarán en la implementación de la red HFC, donde constan el nodo óptico, los amplificadores extensores de línea y de distribución, las fuentes de poder, los repartidores de 2, 4 y 8

salidas, los armarios donde se colocarán los equipos activos, y los decodificadores de televisión digital.

3.5.1.2 SOTERRAMIENTO

En la Tabla 13, se muestra detalladamente los costos del soterramiento de la red HFC, obteniendo un costo total de \$1'321.740,00.

SOTERRAMIENTO	VALOR UNIT(\$/m)	CANTIDAD(m)	VALOR TOTAL
Soterramiento por Acera	\$ 120,00	9982	\$ 1.197.840,00
Soterramiento por Calle	\$ 150,00	822	\$ 123.300,00
Pozo para Reserva	\$ 600,00	1	\$ 600,00
Total			\$1.321.740,00

Tabla 13: Costos de soterramiento

Se puede observar que el costo del soterramiento por calle es mayor que el de acera. Debido a esta razón, se trató de disminuir los ductos por calles.

3.5.1.3 COSTOS DE INSTALACIÓN

En la Tabla 14, se muestra de detalladamente los costos de instalación de la red, obteniendo un costo total de \$16.357,00.

INSTALACIÓN	VALOR UNIT	CANTIDAD(m)	VALOR TOTAL
#500	\$ 0,60	22100	\$ 13.260,00
Instalación de cable F.O.	\$ 0,85	1600	\$ 1.360,00
Calibración Amp. Ext.	\$ 20,00	26	\$ 520,00
Calibración Mini Bridger	\$ 28,00	5	\$ 140,00
Medición de Tap	\$ 9,00	118	\$ 1.062,00
Empalme de Fusión	\$ 7,50	2	\$ 15,00
Total			\$ 16.357,00

Tabla 14: Costos de Instalación de Red

En la Tabla 14, se puede observar el costo de la instalación de los cables de fibra óptica, como también de los coaxiales. Además, consta dentro del rubro, la calibración de los equipos activos, y las mediciones de los repartidores.

En la Tabla 15, se muestra de manera resumida los costos correspondientes, a la inversión inicial para la puesta en marcha del proyecto.

Detalle	Valor	Porcentaje
Equipos y Materiales	\$ 172.602,57	11,43%
Soterramiento	\$ 1.321.740,00	87,49%
Instalación	\$ 16.357,00	1,08%
Inversión Inicial	\$ 1.510.699,57	100%

Tabla 15: Inversión Inicial

El valor de la inversión es de \$1'510.699,57, y se puede observar que el 87,49% está dirigido al soterramiento de la red. El 11,43% se gastará en equipos y materiales, y apenas el 1,08% en la instalación e implementación de la red.

3.5.2 COSTOS DE OPERACIÓN

El costo de operación es el coste mensual por el mantenimiento de los equipos de la red, los sueldos de los trabajadores, la energía eléctrica, y los gastos administrativos de los contratos con las televisoras, para retransmitir su contenido educativo y cultural a la parroquia San José de Ancón.

3.5.2.1 SUELDOS

En la Tabla 16, se muestra detalladamente el cálculo de los sueldos de los trabajadores. Se contará con un secretario, dos técnicos a tiempo completos, y un gerente, responsable del proyecto, obteniendo finalmente un rubro mensual de sueldos de \$2.570,67.

CARGO	Secretario	Técnico	Gerente
Sueldo Base	354,00	450,00	650,00
Cantidad	1	2	1
Sueldo Mensual	354,00	900,00	650,00
13 avo sueldo	29,50	75,00	54,17
14 avo sueldo	29,50	59,00	29,50
IESS, IECE, SECAP	43,01	109,35	78,98
Fondo Reserva	29,50	75,00	54,17
Total	\$ 485,51	\$ 1.218,35	\$ 866,81
\$	2.570,67		

Tabla 16: Sueldos

En la Tabla 17, se muestra detalladamente los costos de operación mensuales de la red propuesta. Se ha considerado el gasto de energía eléctrica, necesaria para alimentar los elementos activos de la red, que se encuentran distribuidos por toda la parroquia, al igual que el mantenimiento de los equipos, los sueldos de los trabajadores, y gastos varios.

COSTOS DE OPERACIÓN	Valor
Energía Eléctrica	\$ 1.100,00
Sueldos	\$ 2.570,67
Mantenimiento Equipos	\$ 1.438,35
Gastos Varios	\$ 250,00
Total	\$ 5.359,02

Tabla 17: Costo de Operación Mensual

Cabe destacar, que en caso de futuras ampliaciones de la red, los costos de operación incrementarían de igual manera.

3.5.3 INSTALACIÓN AÉREA

Debido al alto costo del soterramiento, se analizará a continuación, una alternativa con la cual, la canalización se realizará sólo para la red troncal, y no la de distribución, para que esta última se instale de forma aérea.

Esta alternativa tendrá diferencias con el análisis anterior, en la parte de soterramiento, y costos de operación, dejando los demás costos iguales.

3.5.3.1 ALTERNATIVA DE SOTERRAMIENTO

En la Tabla 18, se muestra detalladamente los costos de la alternativa en el soterramiento, designado específicamente para la red Troncal, con un costo de \$135.450,00, mucho menor al anterior de \$1'321.740,00.

SOTERRAMIENTO	VALOR UNIT(\$/m)	CANTIDAD(m)	VALOR TOTAL
Soterramiento por Acera	\$ 120,00	1080	\$ 129.600,00
Soterramiento por Calle	\$ 150,00	35	\$ 5.250,00
Pozo para Reserva	\$ 600,00	1	\$ 600,00
Total			\$135.450,00

Tabla 18: Alternativa de Soterramiento

Este cambio no sólo es observable dentro de este rubro, sino también es reflejado en la Inversión Inicial, como se puede observar en la Tabla 19.

Detalle	Valor	Porcentaje
Equipos y Materiales	\$ 172.602,57	53,21%
Soterramiento	\$ 135.450,00	41,75%
Instalación	\$ 16.357,00	5,04%
Inversión Inicial	\$ 324.409,57	100%

Tabla 19: Alternativa de Inversión Inicial

El aporte del soterramiento a la inversión inicial disminuyó del 87,49% al 41,75%, implicando un ahorro de \$1'186.290,00 o del 78,53% en el valor total de la inversión inicial.

3.5.3.2 ALTERNATIVA DE COSTOS DE OPERACIÓN

El costo de operación también es afectado, dado que se debe utilizar más postes para el tendido aéreo de los amplificadores,

agregando un costo extra de alquiler a la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL).

En la Tabla 20, se puede observar los costos de operación de la alternativa aérea.

COSTOS DE OPERACIÓN	Valor
Energía Eléctrica	\$ 1.100,00
Sueldos	\$ 2.570,67
Mantenimiento Equipos	\$ 1.438,35
Gastos Varios	\$ 250,00
Alquiler extra postes	\$ 53,10
Total	\$ 5.412,12

Tabla 20: Alternativa de Costos de Operación

3.6 SELECCIÓN DE CANALES EDUCATIVOS Y CULTURALES

Para la oferta del servicio de televisión educativa y cultural, es necesario primero receptor los diferentes canales, que proveerán los programas que se transmitirán por medio de la red HFC propuesta. Es decir, la producción de programas educativos propios, no consta dentro del proyecto.

Dentro de ESPOLTV, se cuenta con una antena satelital de 3 m de diámetro mostrado anteriormente en la Figura 2.9, que se encuentra disponible y será utilizada dentro del proyecto, para la recepción de señales satelitales, que contienen programación extranjera educativa.

Además, se utilizará la antena directiva de ESPOLTV, mostrada anteriormente en la Figura 2.8, para la recepción de canales nacionales. Con esto, la programación a ofrecer, estaría compuesta tanto de canales nacionales, como también internacionales.

El satélite geoestacionario SES 6, ubicado en la posición orbital 40.5° W, fue seleccionado para el proyecto, puesto que ofrece algunos canales de señal abierta culturales, orientados a la educación. Dentro de esos canales, se tiene:

- Señal Colombia
- Encuentro Internacional
- Telesur

Si bien es cierto, los canales son de señal abierta, y no se requiere de pago alguno para la recepción de su programación, es necesario firmar convenios y contratos para su transmisión.

La grilla de programación es una representación gráfica de los canales, que se ofrecen en un determinado paquete. En redes AVS, el proveedor suele tener diferentes opciones, con sus determinados valores, sin embargo, como éste es un proyecto social, no se cobrará por el servicio, más sólo por el costo del decodificador, y el paquete de canales será el mismo para todos los abonados.

Es posible que se agreguen más canales en el futuro, conforme vaya creciendo la red, y los habitantes tengan la iniciativa.

En la Figura 3.25, se muestra la grilla de canales que se ofrecerá en el servicio, dentro de los cuales están los de señal abierta, además de los tres canales culturales mencionados en el punto anterior.




GRILLA PROPUESTA			SAN JOSÉ DE ANCÓN						
			oct-15						
									
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
									
11	12	13	14	15	16	17	18	19	

Figura 3.25: Grilla de Programación

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se logró diseñar exitosamente una red HFC de audio y video por suscripción, con fines educativos y culturales, para la parroquia San José de Ancón, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, para así mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
2. Se familiarizó con los equipos y materiales utilizados generalmente en las redes HFC. Además, se analizaron las diferencias entre cada uno de ellos, para de esa manera tomar decisiones y escoger qué equipos y materiales usar, según los requerimientos de nuestra red.
3. El costo de soterramiento resultó ser muy grande, en comparación con el costo de instalación y operación, de la red HFC, por lo que se analizó una alternativa en la que la red de distribución sea aérea, reduciendo la inversión inicial en 78,53%.
4. Se diseñó la red HFC, de tal manera que sea capaz de distribuir la señal, de programación educativa y cultural a cada una de las viviendas, hasta un máximo de 4 equipos terminales, sin necesidad de algún amplificador extra.
5. Se evitó utilizar varios amplificadores en cascada por ramal, puesto que al mismo tiempo que amplifican la señal, el ruido también se incrementa, y los últimos canales se afectan.

Recomendaciones

1. Sería conveniente utilizar redes HFC en cantones o ciudades pequeñas, que no proyecten un gran crecimiento demográfico, y redes FTTH en ciudades grandes con gran escalabilidad, puesto que presentan un menor costo de operación a largo plazo.
2. Debido al alto costo del soterramiento, se sugiere se aplique una excepción a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, permitiendo que se realicen tendidos aéreos de redes físicas en pequeños pueblos, que no poseen ductos para telecomunicaciones.
3. Sería beneficioso para el país, que se desarrolle más proyectos de esta índole, con el objetivo de cubrir el acceso a las TIC en pequeños pueblos o parroquias, y de esa manera, eliminar la brecha digital.
4. Sería conveniente que el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, participe de este proyecto, contribuyendo con el rubro de la inversión inicial. De igual manera, sería beneficioso que el GAD Municipal de Santa Elena, incluya dentro de su presupuesto mensual, el rubro de los costos de operación del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización de las Naciones Unidas, Resolución 56/183 en Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información, Ginebra, Suiza, 2001, pp. 1-10.
- [2] Organización de las Naciones Unidas, Plan de Acción en Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información, Ginebra, Suiza, 2004, pp. 1-17.
- [3] República del Ecuador, Constitución de la República del Ecuador, Ecuador, 2008.
- [4] República del Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, Ecuador, 2015.
- [5] República del Ecuador, Ley Orgánica de Comunicación, Ecuador, 2013.
- [6] GAD Municipal de Santa Elena, Catastro Predial Urbano 2008-2009, Santa Elena, 2010.
- [7] Murray R. Spiegel, Larry L. Stephens, Estadística, 4th ed. NY: McGraw-Hill, 2009.
- [8] Agrawal P., Fiber-Optic Communication Systems, 4th ed. NY: Wiley-Interscience, 2002.
- [9] Krone, Fibre-Optic Communications, 2nd ed., 2001.
- [10] Unión Internacional de Telecomunicaciones, Optical fibre, cables and systems, ITU-T Manual Ginebra, Suiza, 2009.
- [11] Corning, Corning SMF-28 Optical Fiber Product Information, NY: Corning, 2002.
- [12] Electrodo Neored (2015). Neored. [Online]. Disponible en: <http://www.electrodos.com.ar/catalogue/coaxiales-6026/cable-coaxial-75-ohms-rg-6-foam-6743.html>.
- [13] Negocios de Seguridad (2008, Julio). Informe Especial: Elementos de Transmisión para la seguridad electrónica. [Online]. Disponible en: http://www.rnds.com.ar/articulos/038/RNDS_076W.pdf
- [14] Transline CATV Cables (2015). Características Físicas y Eléctricas. [Online]. Disponible en : <http://www.indeca.com.ar>.
- [15] EXFO, FTTH PON Guide (2004). Testing Passive Optical Networks. [Online]. Disponible en: http://explore.exfo.com/ponguide.html?utm_source=adwords&utm_medium=ppc&ut

[m_campaign=ponguide&utm_term=%2Bftth&utm_content=58614009002&network=search&sitetarget=&gclid=CNPfHmbr1scCFVMXHwodSOQJ8Q](https://www.google.com/search&sitetarget=&gclid=CNPfHmbr1scCFVMXHwodSOQJ8Q).

[16] Brouse J. (2015). Fiber Access Network: A Cable Operator's Perspective. [Online]. Disponible en :

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABahUKEwjo_ZflwNfHAhWJbB4KHcefCJQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2FITU-

[T%2Fworksem%2Fasna%2Fpresentations%2FSession_2%2Fasna_0604_whitepaper_brouse.doc&usq=AFQjCNHTczKHDe3IOchucllmnLM-CNoEMw&bvm=bv.101800829,d.dmo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABahUKEwjo_ZflwNfHAhWJbB4KHcefCJQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2FITU-T%2Fworksem%2Fasna%2Fpresentations%2FSession_2%2Fasna_0604_whitepaper_brouse.doc&usq=AFQjCNHTczKHDe3IOchucllmnLM-CNoEMw&bvm=bv.101800829,d.dmo).

[17] J. Anguera, A. Pérez, Teoría de Antenas, España: La Salle, 2008.

[18] Tom Cloonan. (2007, Mayo 8). Converged Voice, Data and Video over Docsis 3.0 and M/I-CMTS. [Online]. Disponible en:

<http://www.slideshare.net/RockyS11/arris-technology-breakfast>.

[19] Multicom (2015). Multicom. [Online]. Disponible en:

<http://www.multicom.com.ec>.

[20] Cable Servicios S.A. (2015). Cable Servicios. [Online]. Disponible en:

<http://www.cableservicios.com>.

ANEXOS

1. Normas de la UIT para Fibra Óptica

Norma	Definición
G650.1	Definiciones y métodos de prueba para los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo
G650.2	Definiciones y métodos de prueba para los atributos relacionados estadísticos y no lineales de fibras monomodo y cables.
G650.3	Métodos de prueba para enlaces con cable de fibra óptica instalados.
G651.1	Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm .
G652	Características de un cable y fibra ópticos monomodo.
G653	Características de un cable y fibra ópticos monomodo con dispersión desplazada.
G654	Características de un cable y fibra ópticos monomodo con corte desplazado.
G655	Características de cable y fibra ópticos monomodo con dispersión no nula desplazada.
G656	Características de un cable y fibra ópticos con dispersión no nula para el transporte de banda ancha.
G657	Características de un cable y fibra ópticos con dispersión no nula para el transporte de banda ancha.

2. Especificaciones Técnicas Físicas de los Cables Coaxiales RG-6, RG-11, 500 y 750.

Tipo	Características Físicas				
Coax	Conductor Central	Dieléctrico	Blindaje	Cubierta Exterior	Mensajero
RG-6	Alambre bimetálico de acero cobre CCS de 1.02 mm de diámetro	Poliétileno espumado de 4.57 mm de diámetro	Lámina de aluminio adherida al dieléctrico + malla de aluminio al 60 % + lámina de aluminio	PVC color negro de 7.05 mm de diámetro	Alambre de acero 1.20 mm diám
RG-11	Alambre bimetálico de acero cobre CCS de 1.63 mm de diámetro	Poliétileno espumado de 7.11 mm de diámetro	Lámina de aluminio adherida al dieléctrico + malla de aluminio al 60 % + lámina de aluminio	PVC color negro de 10.08 mm de diámetro	Alambre de acero 1.80 mm diám
500	Alambre bimetálico de aluminio cobre CCA de 2,77 mm de diámetro	Poliétileno espumado de 11,43 mm de diámetro	Tubo liso de aluminio sin costura de 12,70 mm de diámetro y 0,60 mm de espesor de pared	Poliétileno negro 14,30 mm	Alambre de acero 2,77 mm
750	Alambre bimetálico de aluminio cobre CCA de 4.24 mm de diámetro	Poliétileno espumado de 17.22 mm de diámetro	Tubo liso de aluminio sin costura de 19.02 mm de diámetro y 0,89 mm de espesor de pared	Poliétileno negro 20.83 mm	Alambre de acero 4.78 mm

3. Atenuación de Cables Coaxiales por rangos de Frecuencia

Tabla de Atenuación				
Frecuencia en MHz	dB cada 100 metros			
	RG-6	RG-11	500	750
55	5,3	3,15	1,17	1,21
187	9,4	5,75	3,58	2,43
211	10	6,25	3,94	2,66
250	10,9	6,75	4,3	2,92
350	12,65	7,95	5,02	3,45
450	14,45	9,05	5,67	3,87
550	16,1	10	6,27	4,3
750	18,55	12	7,09	4,86
1000	21,5	14,3	NO CALC	NO CALC

4. Especificaciones Técnicas del MUL-1550-TX-1000

Especificaciones	Unidades	Valores
Temperatura de Operación.	°C	0-50
Porcentaje de Humedad relativa en la Operación	%	5 – 95
Fuente de Alimentación	Vac	90-265
Consumo de Potencia	W	25
Longitud de Onda Óptica	Nm	1530-1563
Potencia de Salida Óptica	dBm	6 y 10
Conector Óptico		SC/APC
Ancho de Banda	MHz	45-1000
Nivel de entrada RF	dbmV	18-22
Pérdidas por retorno RF	dB	16
Conector de la entrada principal RF	Tipo F	

5. Especificaciones del Motorola SG4000

Especificaciones	Unidades	Valores
Longitud de Onda Óptica	nm	1310 ± 20, 1550 ± 30
Rango de Potencia de Entrada Óptica	dBm	-3.0 to +2.0 continuo
Nivel de Salida	dBmV	55
Tipo Conector Óptico		SC/APC
Perdidas por Retorno en entradas Ópticas	dB	45 Min.
Ancho de Banda de Operación	MHZ	54 a 1002
Impedancia de Salida RF	Ohms	75
Perdidas por Retorno en Salidas RF	dB	16
Rango de Temperatura de Operación	°C	-40 a 60
Rango de Voltaje de Operación	VAC	44-90

6. Especificaciones del MBV3 1 GHz Mini-Bridger

Especificaciones	Canal de Bajada	Canal de Subida
Ancho de banda de Operación (MHz)	52-1003	5-40
Ganancia de Operación (dB)	42	20
Perdidas de Retorno (dB)	16	
Voltaje Dc (Vdc)	24 ± 0.25	
Corriente DC (mA)	1900	
Potencia de Consumo(W)	62	
Entrada de Voltaje AC (VAC)	38-90	
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 60	

7. Especificaciones técnicas del Amplificador BLE100 1GHz

Especificaciones	Canal de Bajada	Canal de Subida
Ancho de banda de Operación (MHz)	52-1003	5-40
Ganancia de Operación (dB)	34	24
Perdidas de Retorno (dB)	16	
Voltaje Dc (Vdc)	24 ± 0.25	
Corriente DC (mA)	800	
Potencia de Consumo(W)	22,6	
Entrada de Voltaje AC (VAC)	38-90	
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 60	

8. Especificaciones técnicas de la fuente XM3-HP

Especificaciones	Valores
Voltaje de Entrada de CA	120VAC
Frecuencia de Entrada	60Hz
Tolerancia Frecuencia de Entrada (%)	+3
Voltaje de Salida(VAC)	63 / 89
Rango de Tolerancia del Voltaje Operación de Entrada (%)	-2
Regulación de Voltaje de Salida	-5
Corriente Máxima de Salida Nominal	15 A
Potencia de Salida (VA)	1350
Eficiencia de Modo de Línea	38-90
Eficiencia de Modo de Respaldo	-40 a 60
Corriente Máxima del Cargador	10:00
(@ 80% de Carga y Línea Nominal)	
Voltaje de las Baterías (VCC)	36
Temperatura de Operación	-40 a 60 °C
Humedad	0-95% no condensada

9. Especificaciones Técnicas de los TAP

Modelo	Pérd. Derivación	Pérd. Inserción
		550-750 MHz
MTSAG-204P	4 dB	
MTSAG-208P	8 dB	4,1
MTSAG-211P	11 dB	2,6
MTSAG-408P	8 dB	
MTSAG-411P	11 dB	4,6
MTSAG-414P	14 dB	3
MTSAG-811P	11 dB	
MTSAG-814P	14 dB	5
MTSAG-817P	17 dB	3

10. Especificaciones de los Splitters Holland GHS-2 y GHS-3

Parámetro	Rango Frecuencia	GHS-2 [dB]	GHS-3 [dB]
Pérdida por Inserción	451-750	3,8	3,9
	751-1000	3,9	4
Pérdida por Entrada Retorno	451-750	26	28
	751-1000	25	24
Pérdida por Salida Retorno	451-750	26	25
	751-1000	25	24

11. Especificaciones del Decodificador STB Pico Digital

Especificaciones	Valores
Recepción	
Modos QAM	ITU, J.83
Constelación	4/16/32/64/128/256 QAM
Frecuencia	54 MHz-860 MHz
Nivel Entrada RF	-25 dbm a -60 dbm
Video	
Formatos	MPEG-2 MP@HL
Resolucion	480i,480p,720p,1080i
Audio	
Formatos	AC-3 Dolby Digital 5.1
Energía	
Energía Entrada	DC 12 V 1.5 A

12. Planos de la Canalización de la Parroquia San José de Ancón.

13. Planos del Cableado de la red HFC de la Parroquia San José de Ancón.