



***DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO HFC (HIBRIDO FIBRA COAXIAL) PARA
LA PRESTACIÓN DE SERVICIO TRIPLE PLAY.***

**TRABAJO INTEGRADOR PARA
OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN
TELECOMUNICACIONES**

**ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.,
2011**



***DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO HFC (HIBRIDO FIBRA COAXIAL) PARA
LA PRESTACIÓN DE SERVICIO TRIPLE PLAY***

PRESENTADO POR:

FREDIS DAVID ANGULO BELLIO

HARMENSON POLO OLIVO

ASESOR:

ING. GONZALO LÓPEZ VERGARA

**ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.,
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Yo, FREDIS DAVID ANGULO BELLIO, identificado con cedula de ciudadanía número 73.204.569 de Cartagena - Bolívar, y HARMENSON POLO OLIVO, identificado con cedula de ciudadanía número 84.087.527 de Riohacha - La Guajira, autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de nuestro Trabajo Integrador.

FREDIS DAVID ANGULO BELLIO

HARMENSON POLO OLIVO

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

La Universidad Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los Trabajos Integradores aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABLAS	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. DEFINICIÓN DE UNA RED HFC.....	11
2.1. CABECERA O HEADEND	13
2.2. RED TRONCAL.....	13
2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN	14
2.4. TRANSMISIÓN DE DATOS EN UNA RED HFC	14
2.5. TÉCNICAS DE MODULACION PARA LA TRASMISION DE DATOS EN HFC	16
2.6. DOCSIS (DATA OVER CABLE SERVICE INTERFACE SPECIFICATIONS).....	18
3. ELEMENTOS DE UNA RED HFC	20
3.1. NODO ÓPTICO ELÉCTRICO	20
3.2. AMPLIFICADOR RF.....	21
3.3. ACOPLADOR DIRECCIONAL	23
3.4. SPLITTER O DIVISORES	23
3.5. MULTITAP.....	25
3.6. ECUALIZADOR DE LÍNEA.....	26
3.7. FUENTE DE PODER	27
3.8. INSERTOR DE POTENCIA.....	28
3.9. CLEAR PATH.....	29
3.10. CARGA TERMINAL.....	30
3.11. CABLE COAXIAL	31
3.12. FIBRA ÓPTICA.....	32
3.13. CONECTORES RED HFC.	33
3.14. EQUIPOS INSTALADOS EN DOMICILIO DEL CLIENTE.....	35
CABLE MODEM.....	35
EMTA (<i>Embedded Multimedia Terminal Adapter</i>)	35
SET-TOP BOX	36
4. DISEÑO.....	37
4.1. LEVANTAMIENTO INICIAL DEL TERRENO.	37
4.2. DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA A UTILIZAR	43
4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD.....	44
4.4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO PRELIMINAR	50
4.5. DISEÑO DEFINITIVO	53
4.6. COSTOS	60

GLOSARIO	61
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 SISTEMA CATV. CABLEADO 100% COAXIAL.	12
FIGURA 2 ARQUITECTURA HFC.....	12
FIGURA 3 ESQUEMA DE UNA RED HFC.....	14
FIGURA 4 DISTRIBUCIÓN FRECUENCIAS EN RED HFC. SISTEMA NTSC.....	15
FIGURA 5 DISTRIBUCIÓN FRECUENCIAS EN RED HFC. SISTEMA PAL.....	15
FIGURA 6 EVOLUCIÓN DEL DOCSIS.	19
FIGURA 7 SÍMBOLO NODO ÓPTICO ELÉCTRICO.....	20
FIGURA 8 NODO ÓPTICO ELÉCTRICO.	20
FIGURA 9 AMPLIFICADOR RF.....	21
FIGURA 10 SÍMBOLO AMPLIFICADOR BTD.....	21
FIGURA 11 SIMBOLOGÍA MINI-BRIDGER.....	22
FIGURA 12 AMPLIFICADOR LINE EXTENDER.....	22
FIGURA 13 SÍMBOLO DE ACOPLADOR DIRECCIONAL.....	23
FIGURA 14 ACOPLADOR DIRECCIONAL.	23
FIGURA 15 SÍMBOLO SPLITTER 2 VÍAS.....	24
FIGURA 16 SPLITTER 2 VÍAS.	24
FIGURA 17 SÍMBOLO SPLITTER 3 VÍAS.....	24
FIGURA 18 SPLITTER 3 VÍAS.	25
FIGURA 19 SÍMBOLOS MULTITAP.....	25
FIGURA 20 MULTITAPS.	26
FIGURA 21 SÍMBOLO ECUALIZADOR DE LÍNEA.....	26
FIGURA 22 ECUALIZADOR DE LÍNEA.	27
FIGURA 23 SÍMBOLO FUENTE DE PODER.....	27
FIGURA 24 FUENTE DE PODER.	28
FIGURA 25 SÍMBOLO INSERTOR DE POTENCIA.....	28
FIGURA 26 INSERTOR DE POTENCIA.	29
FIGURA 27 SÍMBOLO CLEAR PATH.	29
FIGURA 28 CLEAR PATH.....	30
FIGURA 29 SÍMBOLO CARGA TERMINAL.....	30
FIGURA 30 CARGA TERMINAL.....	30
FIGURA 31 CABLE COAXIAL SIN MENSAJERO.	31
FIGURA 32 CABLE COAXIAL CON MENSAJERO O SOPORTE.....	31
FIGURA 33 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.....	32
FIGURA 34 CABLE FIBRA ÓPTICA.....	33
FIGURA 35 CONECTORES PARA CABLES COAXIALES.	34
FIGURA 36 CONECTORES RED TRONCAL.	34
FIGURA 37 CONECTOR KS KS. UNE AMPLICADORES CON SPLITTER, O ACOPLADORES. .	34
FIGURA 38 CABLE MODEM.....	35
FIGURA 39 EMTA. UTILIZADO PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET Y TELEFONÍA.	36
FIGURA 40 SET-TOP BOX.	36
FIGURA 41 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO INICIAL DEL TERRENO.....	39
FIGURA 42 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO INICIAL DEL TERRENO, SECTOR 1.....	40

FIGURA 43 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO INICIAL DEL TERRENO, SECTOR 2.....	41
FIGURA 44 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO INICIAL DEL TERRENO, SECTOR 3.....	42
FIGURA 45 TOPOLOGÍA NODO MÁS UNO.....	43
FIGURA 46 DESCRIPCIÓN DE UN RAMAL DEL NODO.....	45
FIGURA 47 CÁLCULO FORWARD Y RETORNO EN EL CABLE MODEM.	47
FIGURA 48 PLANO DISEÑO DEFINITIVO.	54
FIGURA 49 PLANO DISEÑO DEFINITIVO – NODO.	55
FIGURA 50 PLANO DISEÑO DEFINITIVO – SECTOR 1.	56
FIGURA 51 PLANO DISEÑO DEFINITIVO – SECTOR 2.	57
FIGURA 52 PLANO DISEÑO DEFINITIVO – SECTOR 3.	58
FIGURA 53 DIAGRAMA GANTT.	59

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 TÉCNICAS DE MODULACIÓN Y SU RELACIÓN SEÑAL/RUIDO MÍNIMA.	17
TABLA 2 TABLA ANCHO DE BANDA POR CADA MODULACIÓN UTILIZADA EN BAJADA Y SUBIDA.	18
TABLA 3 LEVANTAMIENTO INICIAL DE DATOS.	38
TABLA 4 CANAL RF DIRECTO.	44
TABLA 5 CANAL RF SUBIDA	44
TABLA 6 PÉRDIDAS CABLE .500.	45
TABLA 7 PÉRDIDA POR INSERCIÓN EN ELEMENTOS PASIVOS.	46
TABLA 8 MODULACIÓN QAM Y VELOCIDAD.	48
TABLA 9 VELOCIDAD MODULACIÓN 16QAM EN ASCENDENTE (UPSTREAM).	48
TABLA 10 RELACIÓN SEÑAL RUIDO MININA EN LA RED CON 16QAM Y 256QAM.	49
TABLA 11 PÉRDIDA POR INSERCIÓN. MULTITAP 2 SALIDAS MARCA SCIENTIFIC ATLANTA.	50
TABLA 12 PÉRDIDAS POR INSERCIÓN. MULTITAP 4 SALIDAS MARCA SCIENTIFIC ATLANTA.	50
TABLA 13 PÉRDIDAS POR INSERCIÓN. MULTITAP 8 SALIDAS MARCA SCIENTIFIC ATLANTA.	51
TABLA 14 PÉRDIDA INSERCIÓN EN SPLITTER DE 2 Y 3 VÍAS.	51
TABLA 15. PÉRDIDAS INSERCIÓN EN ACOPLADORES DIRECCIONALES.	51
TABLA 16 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	60

1. INTRODUCCIÓN

La televisión por cable CATV fue el sistema pionero de la banda ancha y surgió para la prestación del servicio de televisión en lugares donde las señales aéreas no llegaban. En sus orígenes fue la suma de canales de TV analógicos sobre redes de tipo “árbol y ramas” utilizando cable coaxial y amplificadores en cascadas; y solo necesitaban ancho de banda para retransmitir canales locales. Años siguientes se añadieron nuevos servicios a estos sistemas de cable como los canales Premium (Se importaba señales de TV de otros países para ofrecerlas a la comunidad cableada), y el pago por evento (PPV). Finalmente este modelo CATV evolucionó hacia una red HFC que es una combinación de fibra y coaxial en topología estrella y árbol. Donde se lleva la señal óptica desde un HEADED (Cabecera) hasta los nodos intermedios que se encargan de la conversión óptico-eléctrica; Y de allí en adelante llegar a los hogares con el uso de cable coaxial y amplificadores. Además la inclusión de un canal de retorno que permitió enviar peticiones del usuario hacía la cabecera y desde allí hacia Internet.

Actualmente los operadores de cable se enfrentan al reto de diseñar redes capaces de satisfacer servicios modernos de telecomunicaciones: Conexión a Internet masiva, conexión a Internet de alta velocidad, telefonía IP, televisión de alta definición HDTV, televisión interactiva y a la carta (IPTV), etc. Es por ello que es válido afirmar lo siguiente: “Para poder ofrecer estos servicios satisfactoriamente (y los que aún están por llegar), es preciso contar con redes robustas y buscar estrategias tecnológicas que permitan mantener la calidad de servicio y lograr que el ancho de banda disponible en un sistema de cable no se convierta en un asunto crítico”¹. Es decir, tener una red de acceso que cumpla con la exigencia del mercado, donde los clientes están demandando cada vez mayor velocidad a menor costo y haciendo uso de aplicaciones que requieren capacidad simétrica (Downstream y Upstream), como el intercambio de archivos, telefonía IP, videoconferencia y Chat. Además de aplicaciones en servidores remotos: Backup y storage, ASPs (Application service providers). Logrando de esta manera ofrecer al mercado una convergencia de servicios.

¹ CINIT. Centro de investigación e innovación en telecomunicaciones en:
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=54>

Hoy día existen redes HFC diseñadas con topología árbol – rama y con amplificadores en cascadas, lo cual las hace inapropiadas para prestar los nuevos servicios bidireccionales debido a la gran cantidad de dispositivos encadenados que genera múltiples punto de falla, baja capacidad del retorno compartida entre muchos, y la acumulación de interferencias y ruidos. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta en esta monografía una red de acceso HFC que permita brindar más y mejores servicios que demandan los clientes hoy día. Además de ser una alternativa para operadores que tienen como misión mantenerse vigentes, competitivos y actualizados frente a otras empresas de telecomunicaciones.

Es importante resaltar que un diseño de red HFC se convierte en una excelente opción ya que ofrece flexibilidad y escalabilidad para futuras migraciones a redes FTTB (Fiber To The Building), FTTC (Fiber To The Curb), FTTH (Fiber To The Home). Lo cual hace que la arquitectura HFC sea una plataforma banda ancha con mucho por explotar debido al enorme potencial que le ofrece la fibra.

2. DEFINICIÓN DE UNA RED HFC.

Es una tecnología de acceso llamada **Híbrido Fibra Coaxial (HFC)** para redes de televisión por cable que permite soportar varios servicios de telecomunicaciones de forma integrada a través de un único acceso debido a que tiene un gran ancho de banda. Se caracteriza por remplazar gran parte de la red coaxial por fibra óptica para ofrecer mayor y mejor prestación de servicios, y bidireccionalidad.

Tiene su origen en la redes CATV (Community Antenna Television) que nacieron en los Estados Unidos en 1949 para resolver problemas con la recepción de señal de televisión emitidas a barrios y ciudades. Para ello las antenas (consideradas centros emisores) fueron ubicadas en sitios elevados en donde obtenían una buena recepción y desde allí se distribuía mediante cable coaxial a los usuarios. A raíz de este modo de operación nace lo que hoy se denomina Downstream (Hacia abajo, del emisor al usuario). El cable coaxial utilizado para este tipo de redes era de 75 ohmios por ofrecer menor atenuación al cubrir largas distancias, y para mantener un nivel adecuado de señal se colocaban amplificadores cada 0.5 a 1Km.

Las redes CATV eran unidireccionales (Sentido downstream), porque el servicio de televisión solo necesita el transporte de señales visuales a los televisores de los usuarios. Por esta razón los amplificadores solo actuaban para amplificar señales en sentido descendente e impedían la propagación de señal hacia el emisor.

La arquitectura HFC nace a finales de los años 80 con el objetivo de optimizar las redes CATV y resolver los problemas de gestión y mantenimiento que estas generaban. Por ello instala tendido de fibra óptica desde la cabecera hacia cada zona o barrio de la ciudad, lugar donde hay instalado un nodo convertidor de medios (Fibra a Coaxial), que transforma señal óptica a eléctrica para la distribución final en cable coaxial con máximo 5 amplificadores hacia los abonados. Con esta implementación se logró una mejora en la calidad de señal y sencillez en el mantenimiento.

Un gran avance de este tipo de redes es la utilización de la red para el tráfico ascendente (Upstream) lo cual permitió realizar labores de monitoreo y el ofrecimiento de servicios bidireccionales como el Internet y la telefonía IP. Para

este tipo de redes el ancho de banda es distribuido en el siguiente rango de frecuencias: Televisión analógica entre 50 – 500MHz, Internet, TOIP y televisión digital, entre 500 – 750/860 MHz. Y para el retorno de datos desde el cliente entre 5 – 42 MHz.

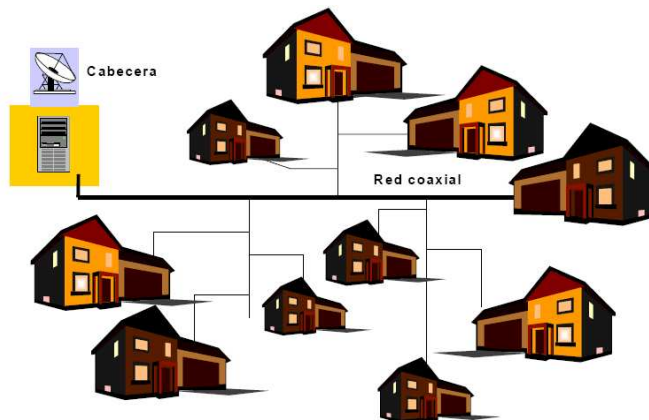


Figura 1 Sistema CATV. Cableado 100% coaxial².

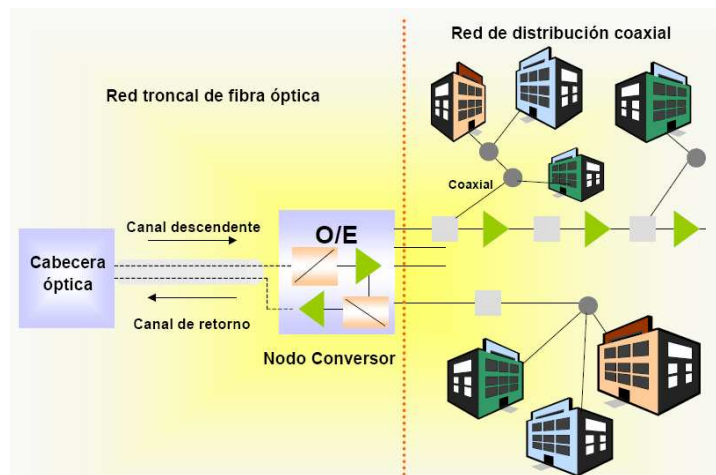


Figura 2 Arquitectura HFC³.

² Parte V. Evolución de la tecnología de acceso a Internet en:
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9156/Tavb10de23.pdf>. p.230

³ Ibíd, p. 231

Una red HFC está compuesta por tres partes; Cabecera o Headend, Red Troncal y Red de distribución o acceso. A continuación se describirán con brevedad cada una de estas.

2.1. CABECERA O HEADEND

Es el lugar en donde se reciben, procesan y adecuan todas las señales que se van a distribuir por la red HFC. Algunas de estas señales se producen en la misma cabecera, pero la mayoría llegan a ella por medio de varios sistemas de telecomunicaciones como enlaces microondas, centrales de telefonía, proveedores de servicios de Internet, televisión satelital, etc. Todas las señales recibidas por el Headend requieren un tratamiento antes de ser introducida a la red.

Para ofrecer el servicio de Internet, se instala un CMTS (Cable Modem Terminal System), que es un router que actúa como interface entre la red de datos y la red RF. Y en la instalaciones del cliente un cable módem para adaptar las señales del computador a la red.

2.2. RED TRONCAL

Está formada por una red alimentadora (primaria) y una red de transporte (secundaria). Se caracterizan por utilizar topologías en doble anillo o en estrella mediante enlaces redundantes debido a que no se puede permitir que exista corte en esta zona por donde circula toda la información.

- Red alimentadora: La componen el conjunto de cables de fibra, empalmes, herrajes y demás elementos, incluyendo las infraestructuras de obra civiles (canalizaciones, cámaras, etc), indispensables para unir la cabecera con los HUB o CDI (Centro de distribución Intermedio).
- Red de transporte: Conjunto de cables de fibra óptica, empalmes, postes, herrajes e infraestructura de canalizaciones necesaria para interconectar los HUB o CDI con los nodos óptico-eléctricos.

2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

Se encarga de llevar las señales desde los nodos óptico-eléctricos hasta los abonados. Y está formado por el conjunto de cables coaxiales, herrajes, postes, y elementos activos y pasivos entre el Nodo óptico - eléctrico y el abonado. En esta red distinguimos dispositivos como el amplificador, acopladores, splitter, multitaps, etc.

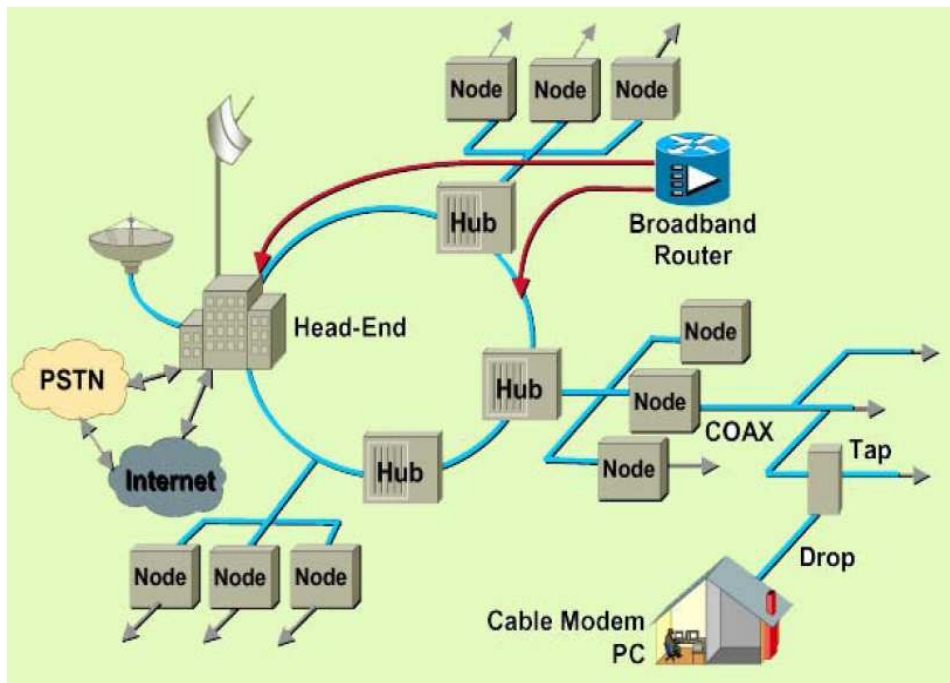


Figura 3 Esquema de una red HFC⁴.

2.4. TRANSMISIÓN DE DATOS EN UNA RED HFC

La transmisión de datos en una red HFC se realiza a través de un medio de acceso compartido, en la que un grupo de usuarios de un mismo barrio comparte un ancho de banda de 6MHz en el sistema NTSC (National Television System

⁴ Transmisión de datos mediante Cablemódems en:
<http://www.andinalink.com/es/exhibit/2003/curses/files/catv/cablemodems.ppt#284,2>, Esquema general de la Red

Committee), estándar americano, o 8MHz en el sistema PAL (Phase Alternating Line) , estándar europeo. Donde el ancho de banda disponible entre 5 – 860MHz se distribuye en canales a diferentes frecuencias utilizando multiplexación por división de frecuencia FDM.

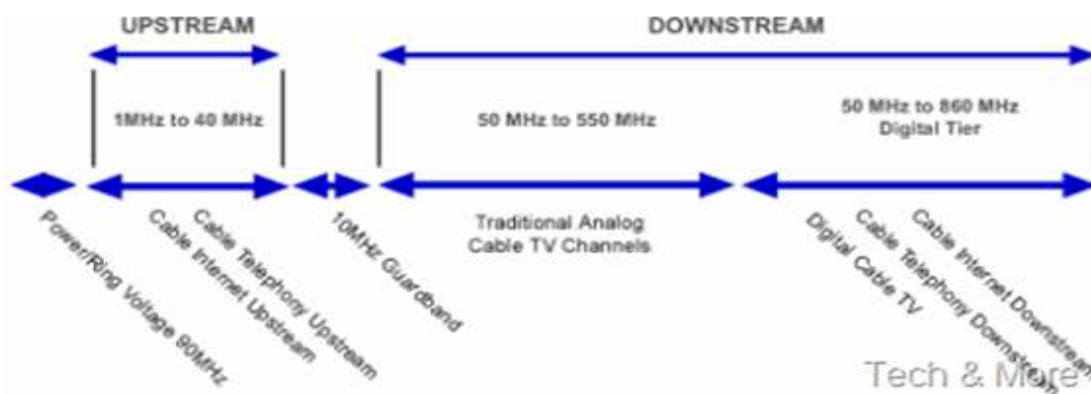


Figura 4 Distribución frecuencias en red HFC. Sistema NTSC⁵.

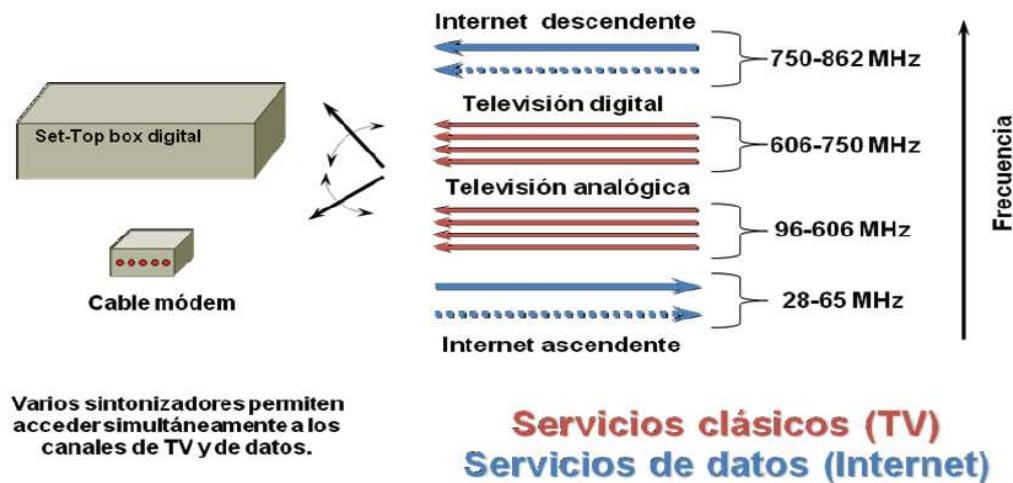


Figura 5 Distribución frecuencias en red HFC. Sistema PAL⁶.

⁵ Guía básica para el operador de cable en: <http://nuevocircuito.wordpress.com/category/hfc/>

⁶ Introducción. Red HFC en: <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC%20resumen.pdf>

En la red HFC el ancho de banda se divide en dos bandas, una para el retorno de datos desde el usuario a cabecera, es decir upstream, y una para la transmisión descendente de datos hacia el usuario, downstream.

Banda de retorno (Upstream): Carga de datos desde el abonado hacia la cabecera cuando usa los servicios de internet, telefonía, video on demand, pay per view etc. Es la banda inferior y está entre 5 a 42MHz (NTSC) con canales de 6MHz, ó 5 – 65MHz (PAL) con canales de 8MHz.

Además es una banda muy susceptible al ruido y a la interferencia. Se alcanza velocidades de hasta 10Mbps usando técnicas de modulación digital QPSK o QAM, y según el estándar DOCSIS.

En esta banda se tiene una menor relación señal/ruido debido a que este rango de frecuencias es más sucio desde el punto de vista electromagnético por la presencia de diversas señales como radiodifusión comercial de onda corta, bandas militares, banda ciudadana, navegación aérea y naval, entre otras.

Banda descendente (Downstream): Rango de frecuencias usado para el envío de señales desde la cabecera a los usuarios, ocupa la banda 54 – 860MHz (NTSC), y 96 – 864 MHz (PAL).

El rango de frecuencias de 550 a 750MHz es usado para la televisión digital con una estimación de 5 canales digitales por canal analógico de 6MHz, y entre 54 – 550MHz para los canales analógicos. Y la banda de 750 a 860MHz es para el servicio de datos. Éstos canales de 6MHz al ser modulados en 64-QAM ó 256-QAM alcanzan velocidades de hasta 38Mbps.

2.5. TÉCNICAS DE MODULACION PARA LA TRASMISION DE DATOS EN HFC

Las técnicas de modulación utilizadas en la redes HFC tienen su aplicación dependiendo si se realiza en sentido ascendente o descendente. Como el canal ascendente es susceptible al ruido y las interferencias por estar en la banda más

baja del espectro de la red, 5 - 42MHz, necesita técnicas de modulación más robustas que el canal descendente.

En el canal ascendente (retorno) se emplea habitualmente la modulación QPSK o 16QAM, lo cual se refleja en una eficiencia en bits por símbolo menor, por ser más robusta al ruido. Y en descendente (bajada) se utiliza 64QAM o 256 QAM lo cual requiere una mayor calidad del canal y una mejor relación señal/ruido por usar técnicas de modulación con mayor eficacia en bits por símbolo.

MODULACIÓN	SENTIDO	Bits / Simb.	S/R Mínima	Bits / Simb. Shannon
QPSK	Ascendente	2	> 21 dB.	7
16 QAM	Ascendente	4	> 24 dB.	8
64 QAM	Descendente	6	> 25 dB.	8,3
256 QAM	Descendente	8	> 33 dB.	10,9

Tabla 1 Técnicas de modulación y su relación señal/ruido mínima⁷.

	Freq Range MHz	Channel Width MHz	Baud Rate MSps	Raw Bit Rate Mbps	Payload Rate Mbps
QAM-256 8 b/Sym	54-860	6	5.3605	42.88	38
	54-860	8	7.15	57.2	51
QAM-64 6 b/Sym	54-860	6	5.057	30.34	27
	54-860	8	6.74	40.44	36
QAM-16 4 b/Sym	5-42	1.6	1.28	5.12	4.6
	5-42	3.2	2.56	10.24	9
QPSK 2 b/Sym	5-42	1.6	1.28	2.56	2.3
	5-42	3.2	2.56	5.12	4.6

⁷ Introducción. Red HFCen: <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC%20resumen.pdf>.

Tabla 2 Tabla ancho de banda por cada modulación utilizada en bajada y subida⁸.

2.6. DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications)

Es un conjunto de especificaciones que describe y regula la transmisión de datos en las redes HFC. Surgió con la finalidad de buscar interoperabilidad entre los equipos desarrollados por los diferentes fabricantes de cable módem y CMTS.

A parte de ser un estándar de interoperabilidad, DOCSIS recomienda parámetros para lograr un mejor desempeño para que la transmisión de datos de alta velocidad sea confiable y eficiente en la red de acceso HFC.

En la transmisión bidireccional de datos sobre la red de cable, la información descendente (Downstream), y ascendente (Upstream), ocupan bandas de frecuencias diferentes en el espectro que utiliza en cable. Entre los 50 y los 860MHz los canales analógicos y los datos de alta velocidad. Y entre 5 y 42MHz el retorno, es decir las peticiones desde el usuario a Internet. Debido a lo anterior está DOCSIS para definir las especificaciones para lograr una óptima transmisión tanto en bajada como en subida.

La norma DOCSIS ha tenido una evolución:

- Docsis 1.0 Logra la interoperabilidad entre equipos diferentes pero estaban limitados en el manejo de la calidad del servicio QoS, crítico para los servicios de voz.
- Docsis 1.1 Mejora la calidad de servicio QoS para implementar aplicaciones de VoIP y para reservar ancho de banda y dar prioridad para paquetes que lo requieran.
- Docsis 2.0. Incrementó la velocidad de transmisión en la vía de retorno, hasta 30Mbps. Empleo tecnología de acceso al medio A-TDMA (Time Division Multiple Access), todos usan la misma frecuencia, pero no al

⁸ Transmisión de datos mediante Cablemódems en:
[http://www.andinalink.com/es/exhibit/2003/curses/files/catv/cablemodems.ppt#286,11,Modulación-Velocidad - BW](http://www.andinalink.com/es/exhibit/2003/curses/files/catv/cablemodems.ppt#286,11,Modulación-Velocidad-BW)

mismo tiempo. Y S-CDMA(Synchronous Code División Multiple access), todos usan la misma frecuencia el mismo tiempo.

- Docsis 3.0. En desarrollo. Entre sus innovaciones está la unión de canales en sentido directo, channel bonding. Y la unión de canales en sentido inverso. Soporte para IPV6, IP multicast, IGMPv3

Evolución Tecnología Docsis

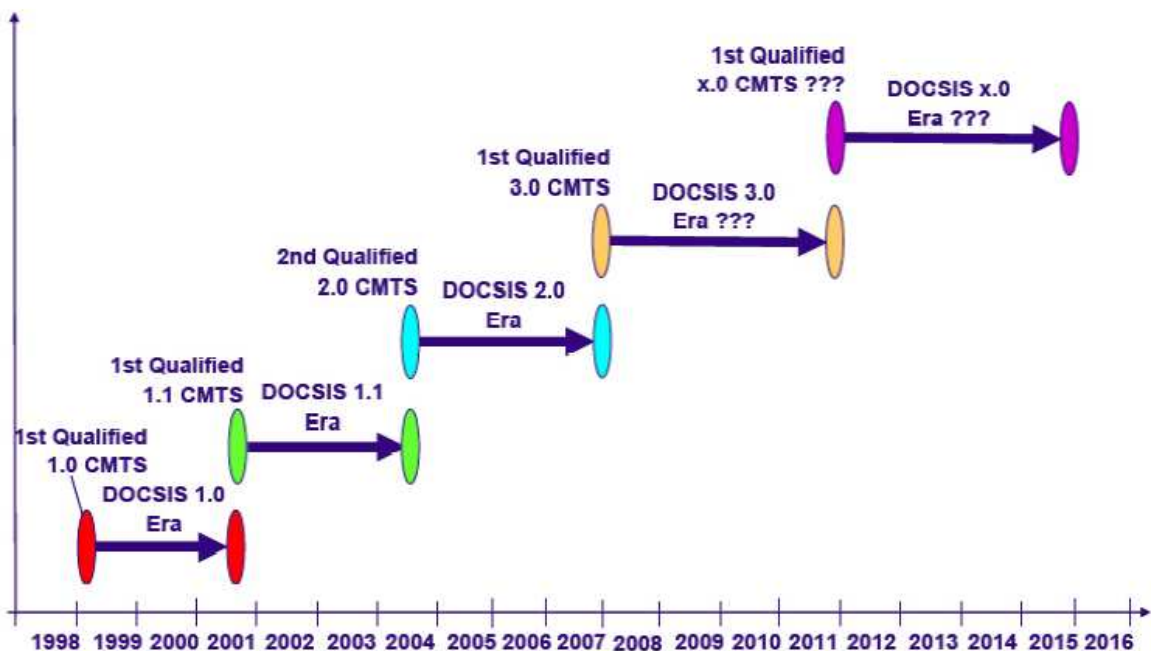


Figura 6 Evolución del Docsis⁹.

⁹ Evolución de los servicios de Internet
en: http://www.encuentrosregionales.com/13conferencias/plataforma_garciabish-rosario2009_parte2.pdf

3. ELEMENTOS DE UNA RED HFC

3.1. NODO ÓPTICO ELÉCTRICO

La función del nodo es recibir señal óptica la cual viene libre de distorsión, ruido o interferencia desde largas distancias, y convertirla en una señal RF que es transmitida hacia la red de distribución en cable coaxial. Es un componente activo en la red HFC, es decir requiere corriente eléctrica para trabajar.

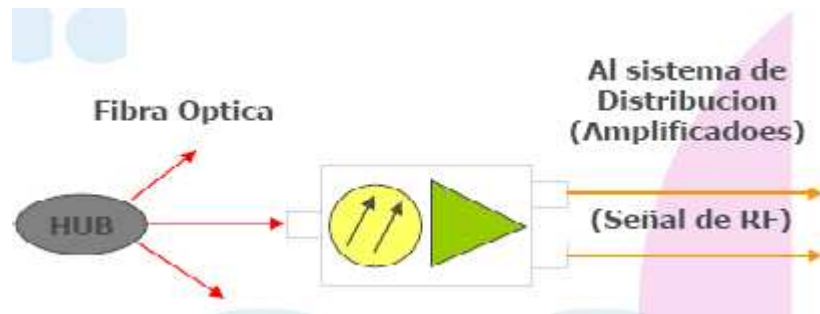


Figura 7 Símbolo nodo Óptico Eléctrico



Figura 8 Nodo Óptico eléctrico.

3.2. AMPLIFICADOR RF

Son utilizados para mantener la ganancia unitaria del sistema de distribución, y compensan las pérdidas de señal en la red ocasionadas por el cable coaxial y elementos pasivos (Acopladores, Splitters, Multitaps). Además de amplificar también cumplen la labor de ecualizar; es decir entregar una pendiente adecuada para compensar las pérdidas en altas frecuencias del cable coaxial.

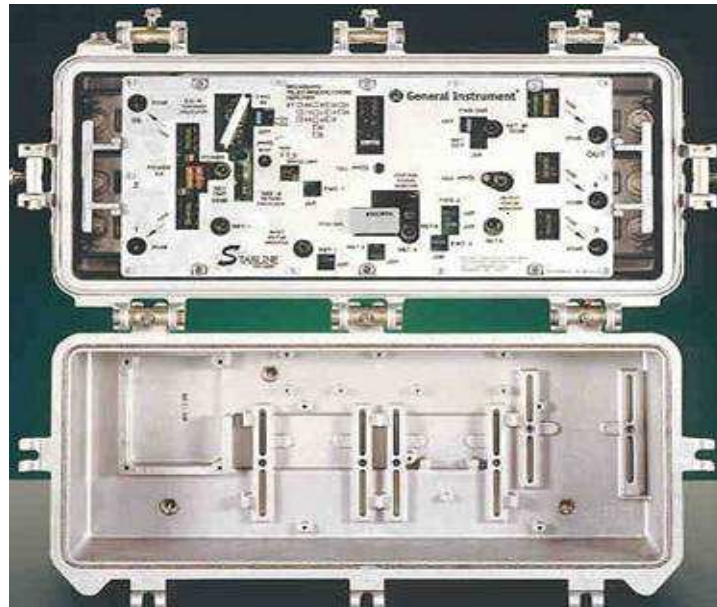


Figura 9 Amplificador RF

A continuación vemos diferentes modelos de amplificadores RF disponibles.

- Amplificador BTB: Broadband Truck Distribution. Es un amplificador que entrega cuatro salidas balanceadas. Su símbolo es el siguiente.



Figura 10 Símbolo amplificador BTB.

- Amplificador Mini-Bridger: Tiene 2 o 3 salidas. Puede ser configurado para obtener dos salidas balanceadas, en este caso se utiliza un dispositivo interno llamado JUMPER.

Para tres salidas, internamente se usa un SPLITTER X2 que da como resultado una salida principal (Ejemplo 46dBm) y dos salidas secundarias balanceadas (Ejemplo 42dBm). O se utiliza un DC-10, en cuyo caso se obtiene una salida principal (Ejemplo 46dBm), una salida secundaria (Ejemplo 43dBm), y otra salida secundaria en (Ejemplo 36dBm).

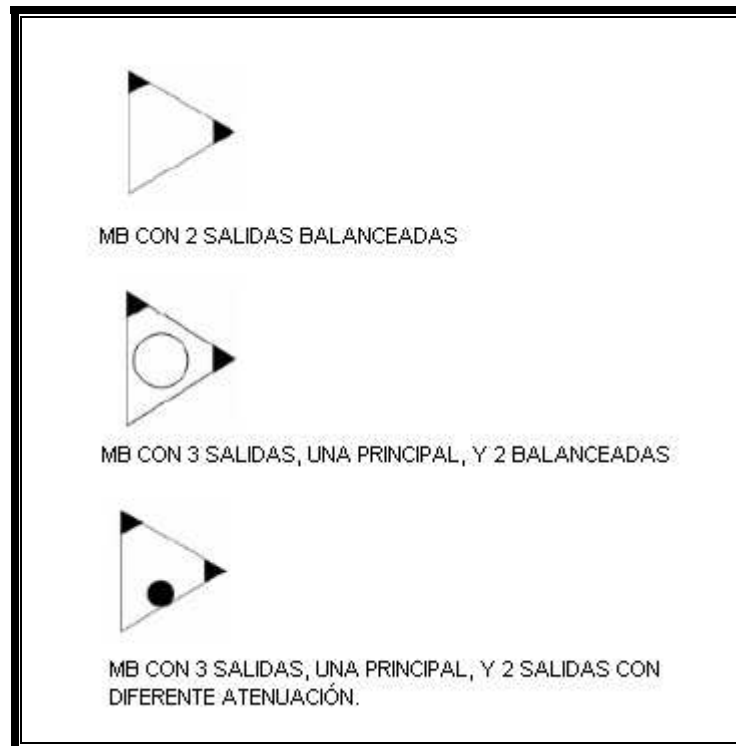


Figura 11 Simbología Mini-Bridger.

- Amplificador LE (Line Extender): Presenta la configuración más simple, tiene una sola salida. Son utilizados en la parte final de la red de distribución, y alimenta los Taps o derivadores que llevan la conexión al usuario. Su representación es la siguiente.



Figura 12 Amplificador Line Extender.

3.3. ACOPLADOR DIRECCIONAL

Es un dispositivo pasivo. Se utilizan para extraer nivel de señal de una red HFC, es implementado para derivar señal en el recorrido del cable principal o troncal y así crear puntos de distribución en la red HFC. Los parámetros de un acoplador son: Valor del Tap en dBmV, Ancho de Banda en MHz, pérdida por inserción, pérdida de retorno, aislamiento, Power Passing. Se diferencia del Splitter debido a que sus salidas manejan diferentes niveles de atenuación.



Figura 13 Símbolo de Acoplador Direccional.



Figura 14 Acoplador Direccional.

3.4. SPLITTER O DIVISORES

Es un elemento pasivo que divide la señal RF en dos o más salidas y es bidireccional. En la red troncal HFC los hay de 2 y 3 salidas. Los parámetros: números de salidas, ancho de banda, pérdida de inserción, pérdida de retorno, aislamiento.

- Splitter de dos vías: Tienes dos salidas balanceadas, es decir con la misma atenuación.



Figura 15 Símbolo Splitter 2 vías.



Figura 16 Splitter 2 vías.

- Splitter de tres vías: Tiene tres salidas, donde dos de ellas tienen mayor pérdida que la otra.



Figura 17 Símbolo splitter 3 vías.



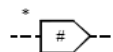
Figura 18 Splitter 3 vías.

3.5. MULTITAP

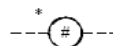
Son una combinación de un acoplador direccional y un divisor. Son los puntos terminales donde se conectan las acometidas de los usuarios. Existen de 2, 4 y 8 salidas. Estos son elementos pasivos en la red HFC.

12. SUBSCRIBER TAPS

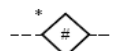
1-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



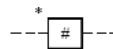
2-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



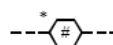
3-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



4-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



8-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



NOTES:

"#" = Represents value of tap

"*" = Represents value of pad, cable equalizer, addressable or telephony tap

Indoor taps may have additional user defined symbols.

Figura 19 Símbolos Multitap¹⁰.

¹⁰ Graphic Symbols for Cable Telecommunications Part 1: HFC Symbols en:
<http://asesorpedroperez.110mb.com/down/simbolohfc.pdf>



Figura 20 Multitaps.

3.6. ECUALIZADOR DE LÍNEA

Tiene la función de ocasionar una mayor atenuación a las señales de baja frecuencia y menor atenuación a las señales de frecuencias altas. Se instala en la línea troncal que lleva señal cuando el canal bajo excede el nivel del canal alto. Es decir, tiene como objetivo equilibrar la red o entregar una pendiente positiva. Se representa con un rombo.

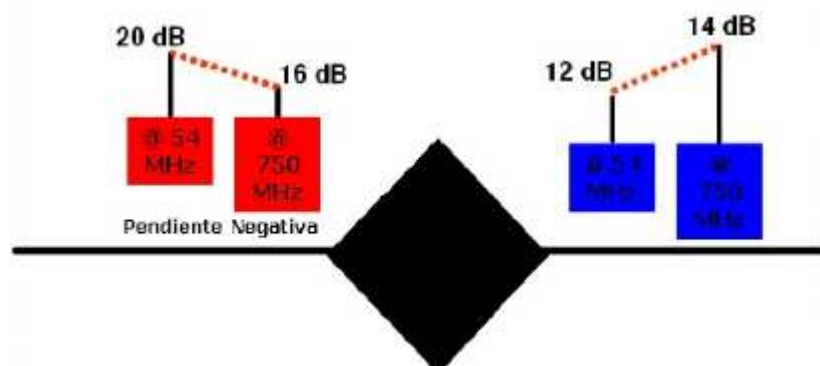


Figura 21 Símbolo ecualizador de línea.



Figura 22 Ecuador de línea.

3.7. FUENTE DE PODER

Es un elemento activo en la red HFC. Tiene como objetivo, convertir los 110 VAC de la red de energía en 60 VAC o 90 VAC para alimentar los equipos activos (Nodo óptico – eléctrico, Amplificadores) en la red HFC. Tiene un respaldo (Banco de baterías) que entran en funcionamiento en caso de falla en fluido eléctrico, lo cual evita que los usuarios que dependan del nodo queden sin los servicios de telecomunicaciones que contrató ante el proveedor.

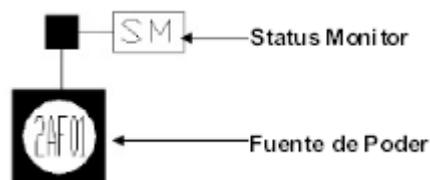


Figura 23 Símbolo fuente de poder.



Figura 24 Fuente de Poder.

3.8. INSERTOR DE POTENCIA

Tiene la función de tomar la alimentación eléctrica proveniente de la fuente y suministrarla por medio de cable coaxial al Nodo o algún amplificador.

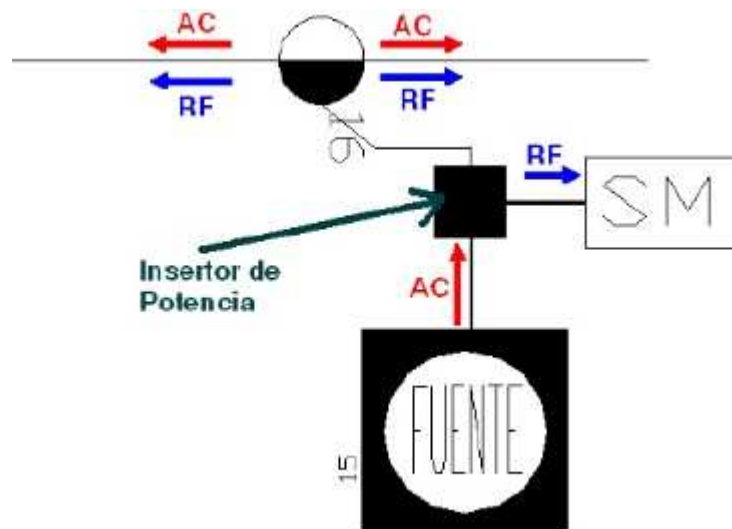


Figura 25 Símbolo insertor de potencia.



Figura 26 Insertor de potencia.

3.9. CLEAR PATH

Este dispositivo tiene el objetivo de atenuar el nivel de retorno para atacar el ruido en la red HFC. Tiene tres opciones: Retorno abierto, atenuación 6dB, y retorno cerrado.

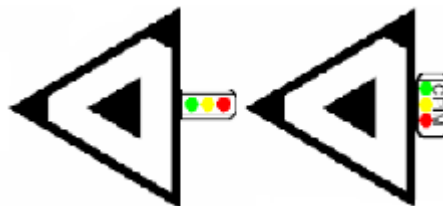


Figura 27 Símbolo clear path.



Figura 28 Clear Path.

3.10. CARGA TERMINAL

Dispositivo en forma de tapa de 75 Ohm, instalado en uno de los extremos del multitap cuando estos son de tipo no terminal y se convierten en el final del ramal de distribución.



Figura 29 Símbolo carga terminal.



Figura 30 Carga terminal.

3.11. CABLE COAXIAL

Es un medio de transmisión compuesto por los siguientes elementos: un conductor central, dieléctrico, blindaje y chaqueta. Es posible encontrarlos con mensajero (Utilizado para fijarlo o tensionarlo en tendidos aéreos). Existen varios tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro, características mecánicas, eléctricas, y atenuación RF diferentes. Puede ser usado para transmitir tanto señales analógicas como digitales. Se llama coaxial porque el conductor central y la malla externa tienen un eje común.

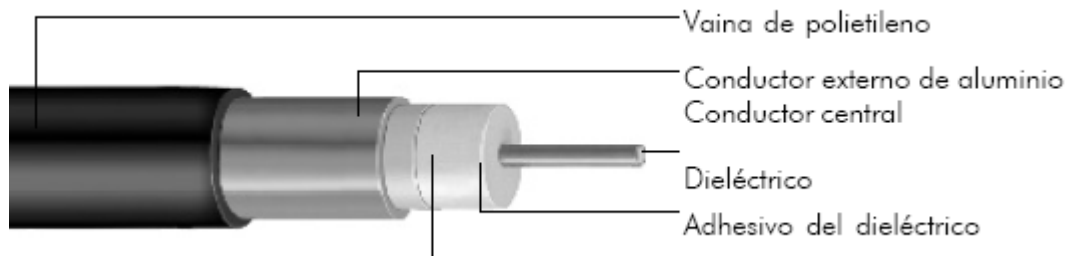


Figura 31 Cable coaxial sin mensajero.

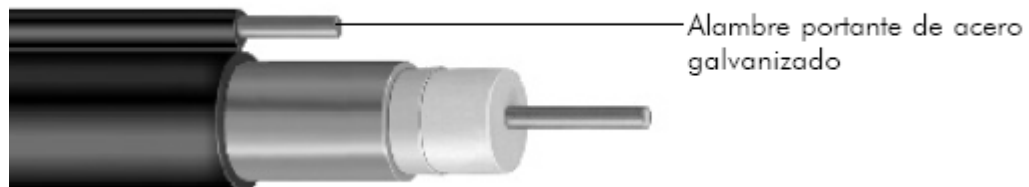


Figura 32 Cable coaxial con mensajero o soporte.

Tipos de cable coaxial utilizados en la Red HFC

- Cable coaxial .500: Cable usado para distribución de red troncal por su poca atenuación a larga distancias. Entre sus características está un diámetro del conductor central de 2.77mm, impedancia de 75 Ohm, diámetro nominal del dieléctrico 11.43mm.

- Cable coaxial RG 11: Cable utilizado para acometidas de Edificios. Diámetro conductor central 1.63mm, impedancia de 75 Ohm, diámetro del dieléctrico 7.11mm.
- Cable coaxial RG 6: Cable utilizado para acometida de casas o apartamentos. El conductor tiene un conductor de 1.0mm, impedancia de 75 Ohm, diámetro del dieléctrico 4.57 mm.

3.12. FIBRA ÓPTICA

Es un medio de transmisión compuesto por una delgada hebra de vidrio que conduce luz. El diámetro de este filamento es comparable a la de un cabello humano, es decir 0.1 mm aproximadamente. Un cable de fibra óptica está compuesto por núcleo, manta, recubrimiento, tensores y chaqueta. Se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permite enviar gran volumen de datos, y porque son un medio inmune a las interferencias electromagnéticas.

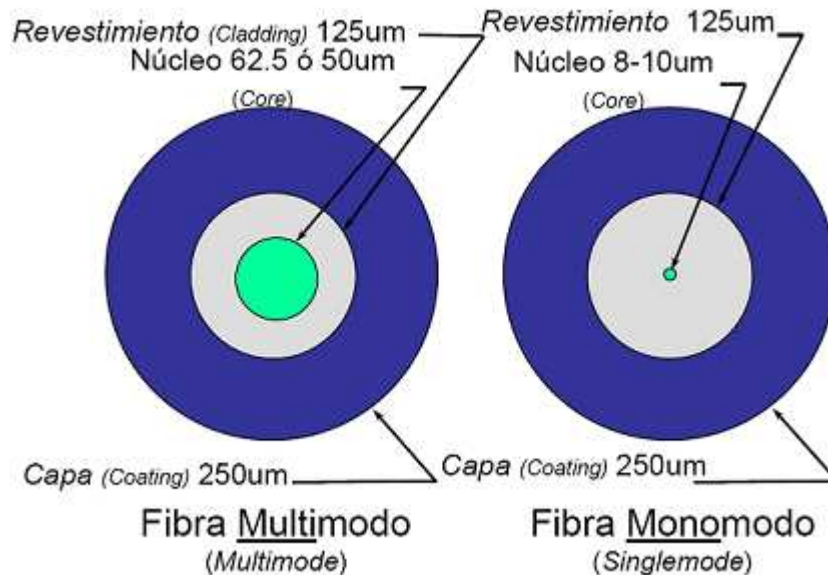


Figura 33 Tipos de fibra óptica.

A continuación se describe los tipos de fibra.

- Fibra Monomodo: Son aquellas fibras que permiten únicamente un solo modo de propagación de la luz, esto es, la luz toma una sola trayectoria, debido a su núcleo tan estrecho (5,8,9 micrones). Las dimensiones más usuales son 5/125µm, 8/125µm y 9/125µm.
- Fibra Multimodo: Son las que permiten múltiples modos de propagación de la luz, es decir las posibles trayectorias que la luz puede tomar dentro de la fibra. Se caracterizan por tener un núcleo de espesor alto. Las dimensiones más usuales son 50/125 µm, 100/125 µm, y 62.5/125 µm. No es apta para trayectos largos (distancia máxima de 2Km).



Figura 34 Cable fibra óptica.

3.13. CONECTORES RED HFC.

Los conectores son elementos utilizados con la finalidad de unir las partes que componen un sistema de CATV o HFC. Deben cumplir con los siguientes requisitos: Proporcionar acople mecánico perfecto, ser fijo y estable, contacto eléctrico de muy baja resistencia en los dos conductores, evitar la fuga e ingreso de señal, tener una impedancia de 75 Ohm, y las pérdidas de retorno deben ser muy bajas.

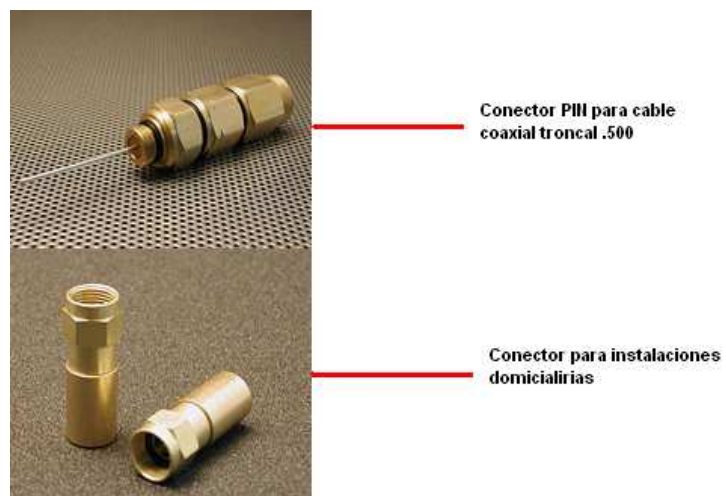


Figura 35 Conectores para cables coaxiales.



Figura 36 Conectores red Troncal.



Figura 37 Conector KS KS. Une amplificadores con splitter, o acopladores.

3.14. EQUIPOS INSTALADOS EN DOMICILIO DEL CLIENTE.

CABLE MODEM

Un cable módem es un dispositivo utilizado para dar acceso a Internet. Es instalado por los operadores que brindan el servicio de Internet a través de la red de TV por cable. Trabajan a altas velocidades y están diseñados para trabajar con el estándar DOCSIS. La puerta que usan para salir a Internet es el CMTS.



Figura 38 Cable Modem.

EMTA (Embedded Multimedia Terminal Adapter)

Es un cable módem diseñado electrónicamente dar servicio de Internet y recibir conexiones telefónicas. Es decir es un dispositivo que incorpora la prestación del servicio del Internet y telefonía.



Figura 39 EMTA. Utilizado para brindar servicio de Internet y telefonía.

SET-TOP BOX

Es un terminal instalado en el abonado. Utilizado para el servicio de TV. Tiene la función de adaptar las señales provenientes de la red HFC para que sean visibles en un televisor convencional.



Figura 40 Set-Top Box.

4. DISEÑO

4.1. LEVANTAMIENTO INICIAL DEL TERRENO.

La finalidad del levantamiento es obtener la información de área donde se va a implementar la red HFC, y su objetivo principal es validar la realidad y situación actual de la zona. Y es importante contar con esta para cuando se requiera realizar nuevos cambios que puedan ser ejecutados a la red.

Datos importantes a tener en cuenta para el levantamiento inicial

- Anotar los postes de la compañía eléctrica.
- Tomar las distancias entre postes que marcan la ruta de un tendido de cable.
- Tomar datos de casas que se puedan conectar no mayor a 40 metros desde el poste.
- Anotar si existe casas con acometidas con una distancia mayor a 80 metros desde un poste.
- Registrar si existen oficinas, hoteles, parques, centros comerciales, etc.
- Anotar todas la casa pasadas (Home pass)
- Tener presente si en la zona hay existencia de una nueva construcción de viviendas. En cuyo caso se anota la cantidad posible de casas y la cantidad en metros que llevaría en un tendido de cable.
- Anotar las líneas de alta tensión en donde halla un peligro que cause un accidente en el montaje de la red.

El levantamiento de campo para el diseño se realizó en base a planos del barrio El Rodeo en Cartagena. Analizando el plano se obtuvo la siguiente información:

Descripción	Cantidades
Casas	582
Postes	125
Distancia Postes	30 mts Promedio

Tabla 3 Levantamiento inicial de datos.

Al finalizar el levantamiento del terreno, se procede a digitalizar la información recolectada en un plano, con la herramienta AutoCAD.

A continuación se muestra un plano general de la Zona para la red HFC, en el cual observamos la cantidad de 30 Manzanas, Zonas verdes, Iglesias Etc. El plano se divide en 3 sectores para mayor facilidad a la hora de análisis, estos sectores se muestran con un poco más de claridad en las tres figuras que siguen a continuación de la figura del plano general.

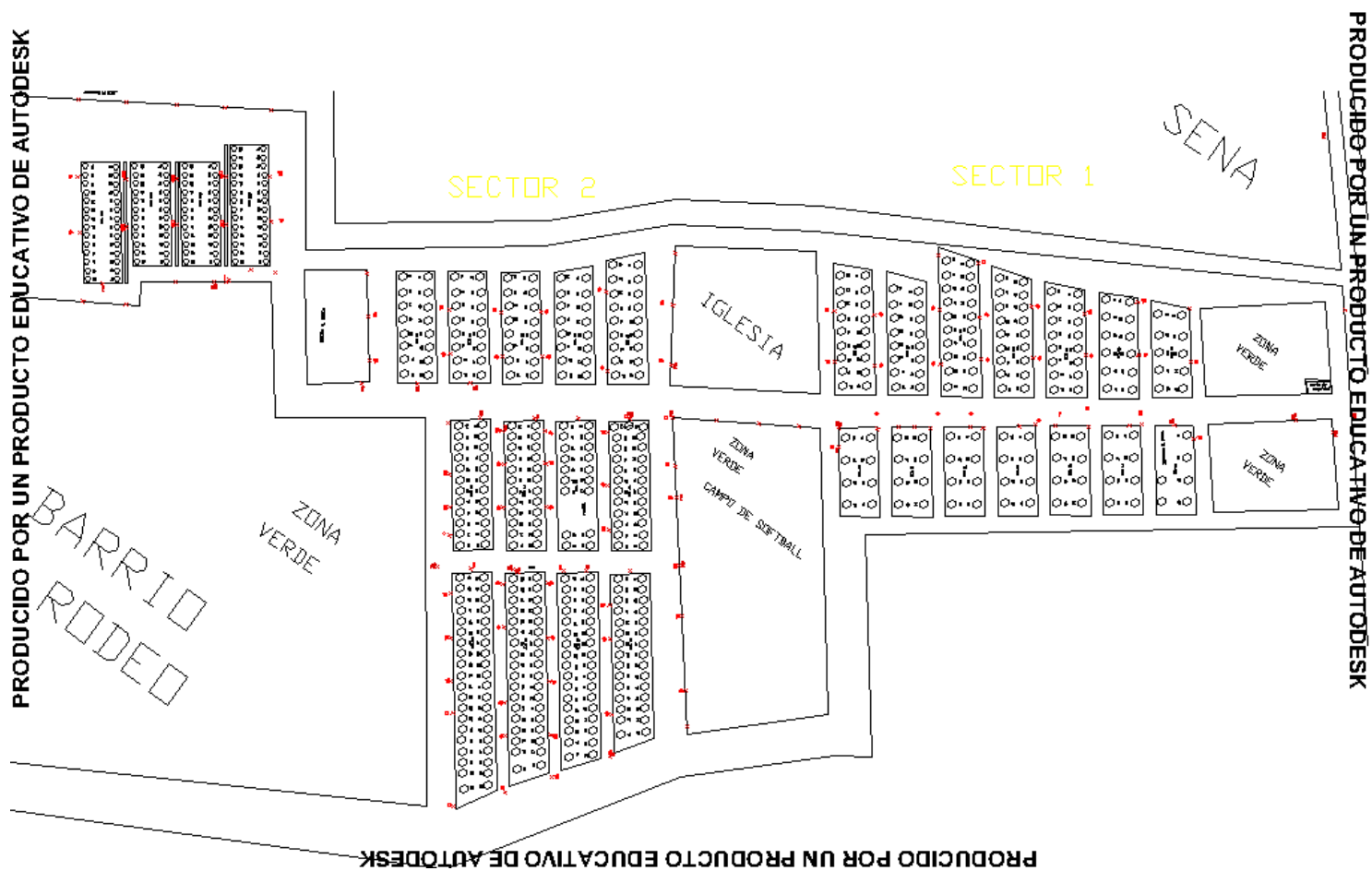


Figura 41 Levantamiento Topográfico Inicial del terreno.

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

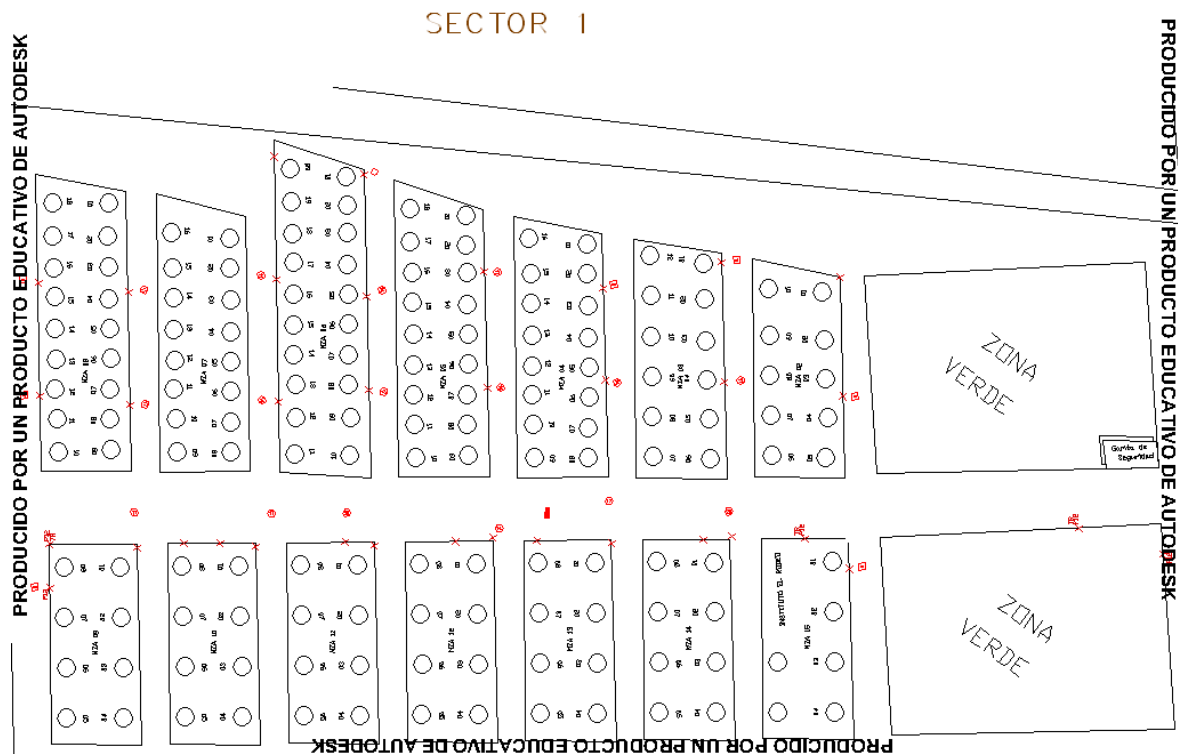


Figura 42 Levantamiento Topográfico Inicial del terreno, Sector 1.

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

SECTOR 2

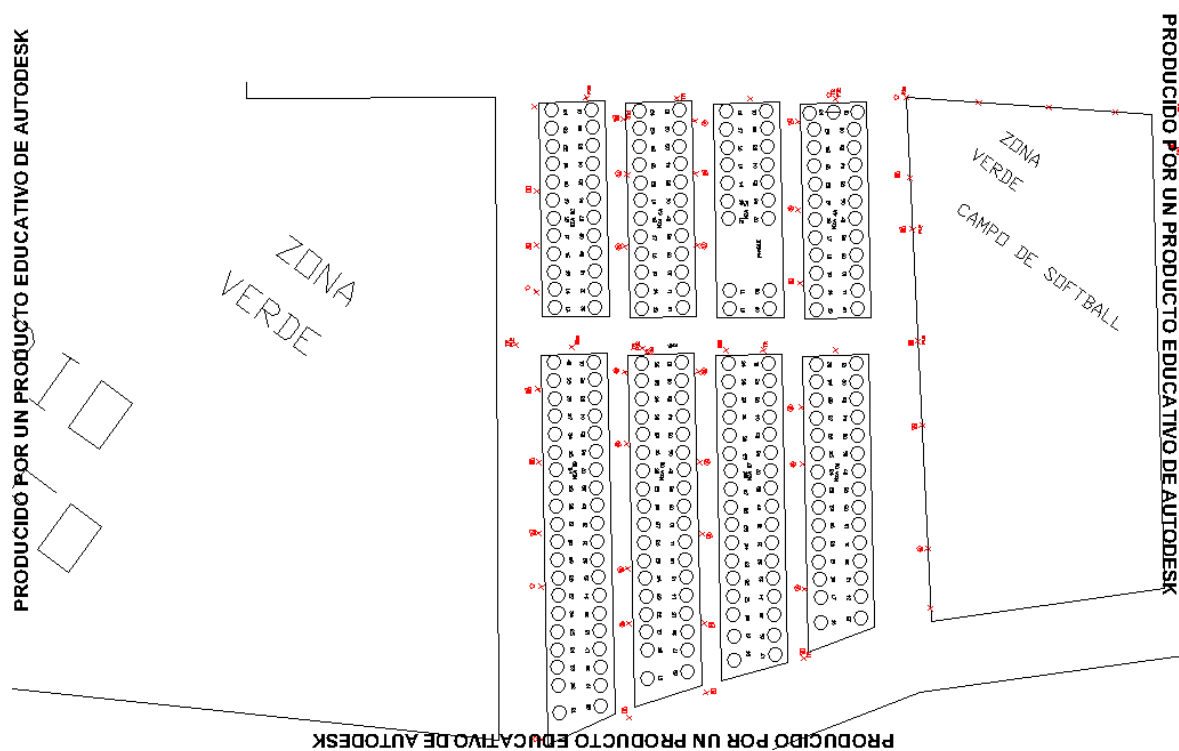


Figura 43 Levantamiento Topográfico Inicial del terreno, Sector 2.

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

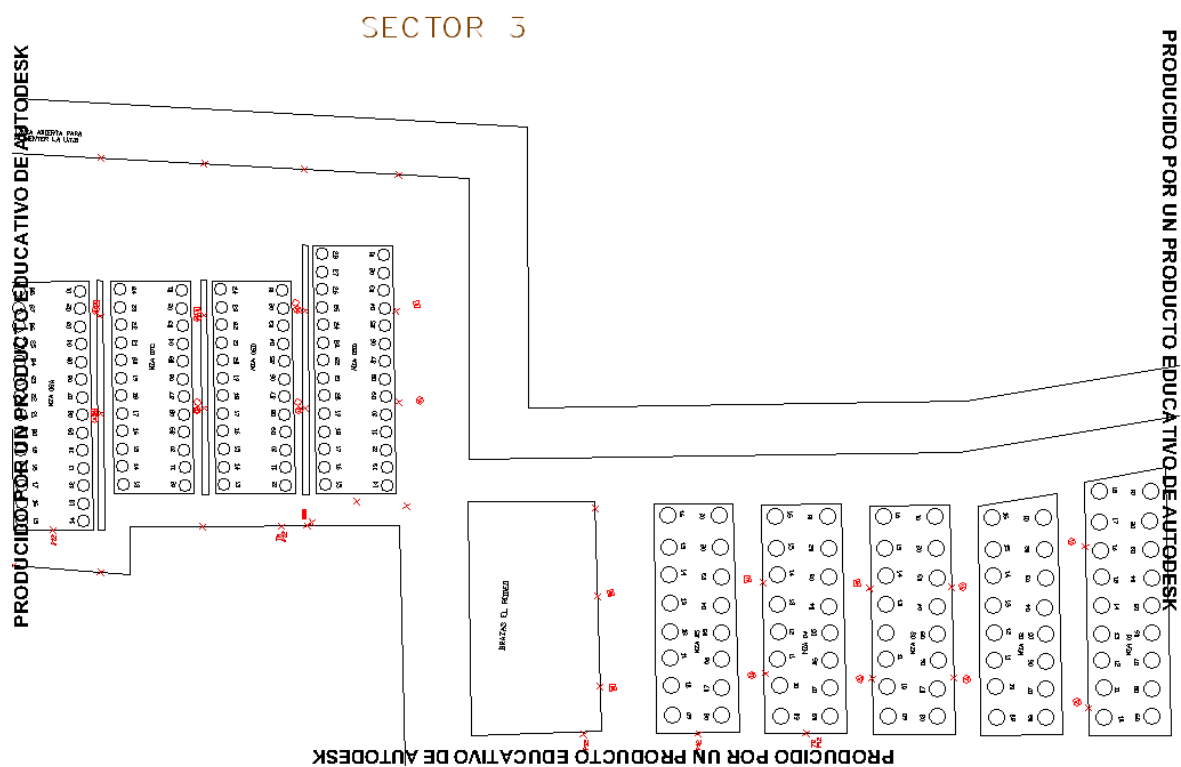


Figura 44 Levantamiento Topográfico Inicial del terreno, Sector 3.

4.2. DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA A UTILIZAR

Para el diseño de la red se utiliza una topología nodo más uno. Es decir después del Nodo óptico-eléctrico solo se encuentra un amplificador por cada ramal. Puede atender un área de 500 casas pasadas.

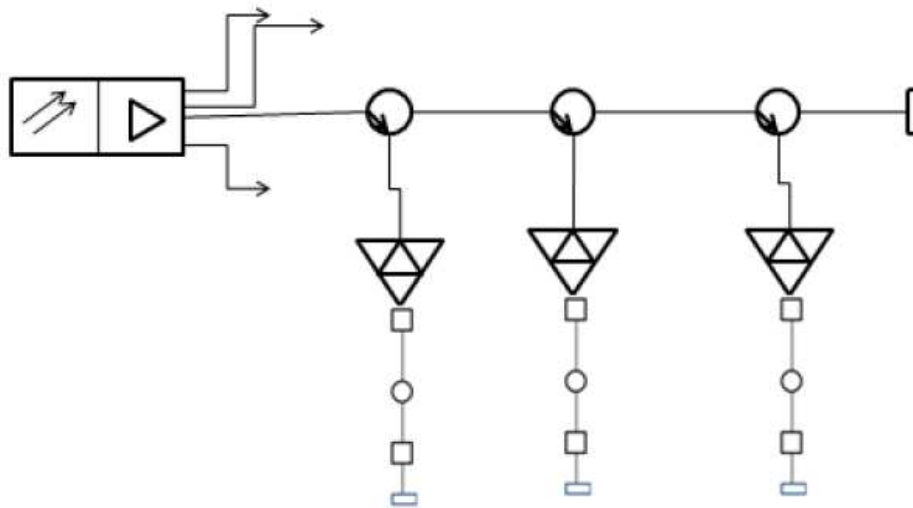


Figura 45 Topología nodo más uno.

En esta arquitectura se reduce el uso de amplificadores en cascadas lo cual permite una mejor operatividad sobre la red al momento de realizar mantenimientos, reduciendo el ingreso de ruido e interferencias. En comparación con aquellas que usan de dos hasta cinco amplificadores en cascadas.

En el diseño propuesto en la monografía se tiene un Nodo de 4 salidas RF, en donde cada una de ellas alimenta cuatro amplificadores MiniBridger de tres salidas. Es decir en cada salida del Nodo hay un amplificador o una topología nodo más uno.

4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

En el diseño de la red de distribución HFC se busca obtener en las salidas de los TAP aproximaciones a los siguientes parámetros de señal:

Rango de frecuencias	Desde 50 MHz hasta 750/860 MHz
Modulación	256QAM
Máxima entrada al CM	17dBmV
Mínima entrada al CM	-5dBmV

Tabla 4 Canal RF directo.

Rango de frecuencias	5 a 42 MHz
Modulación	QPSK – 16AQAM
Niveles de transmisión del CM	QPSK=8 a 58dBmV 16QAM=5 a 55dBmV

Tabla 5 Canal RF Subida .

A continuación se visualiza las pérdidas y distribución de una de las salidas del nodo.

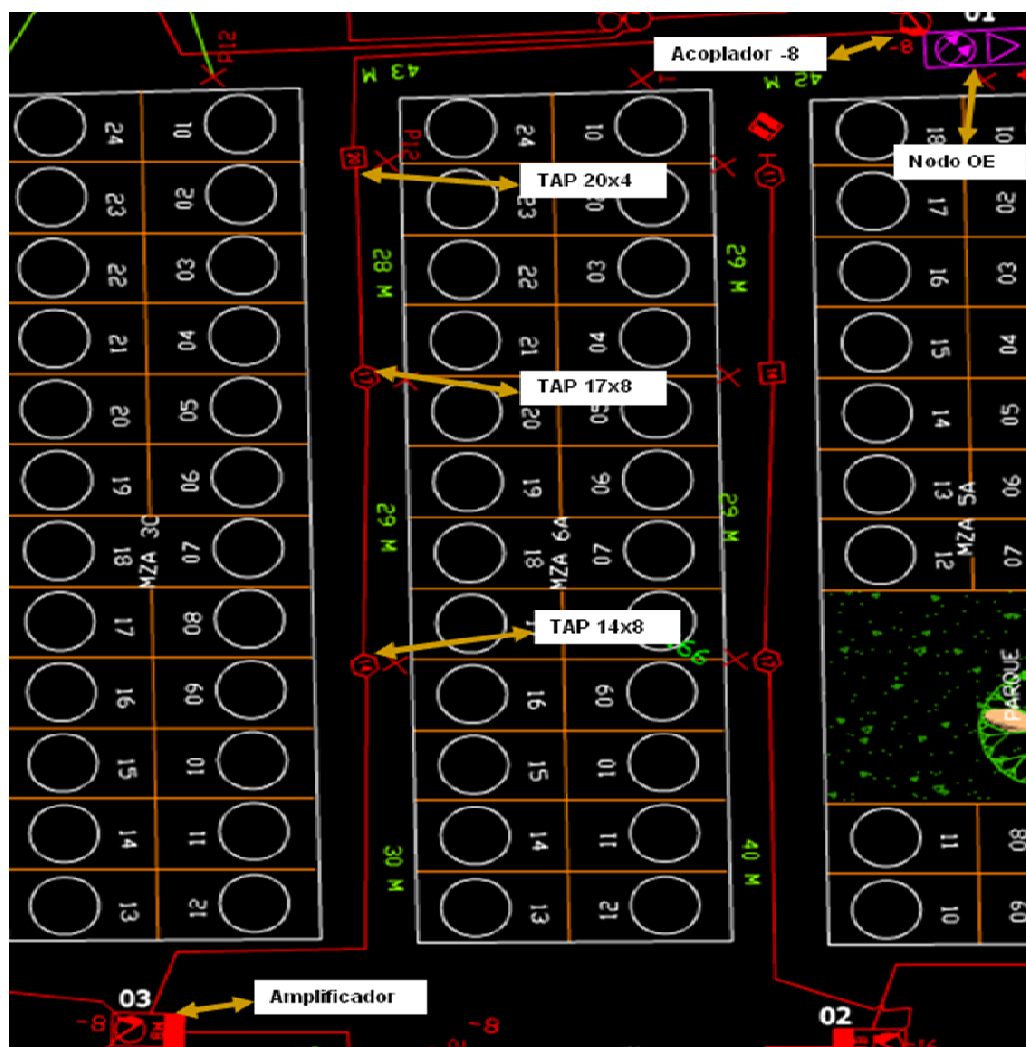


Figura 46 Descripción de un ramal del Nodo.

Pérdida a 30.5 mts. 5MHz	Pérdidas a 30.5 mts. 50MHz	30.5 mts a 750MHz
0.16	0.5dB	2.04dB

Tabla 6 Pérdidas cable .500.

Elemento pasivo	Pérdida por inserción en 5Mhz	Pérdida por inserción en 750MHz
TAP 20(4 salidas)	0.6dB	1.5dB
TAP 17(8 salidas)	1.6dB	2.6dB
TAP 14(8 salidas)	3.2dB	4.5dB
Acoplador 8	1.6dB	2.4dB

Tabla 7 Pérdida por inserción en elementos pasivos.

Con los datos anteriormente descritos se calcula la distribución de señal a los abonados. En la figura 47, se visualiza las pérdidas y los parámetros que toma el CM para el ramal que sale del acoplador de 8dB.

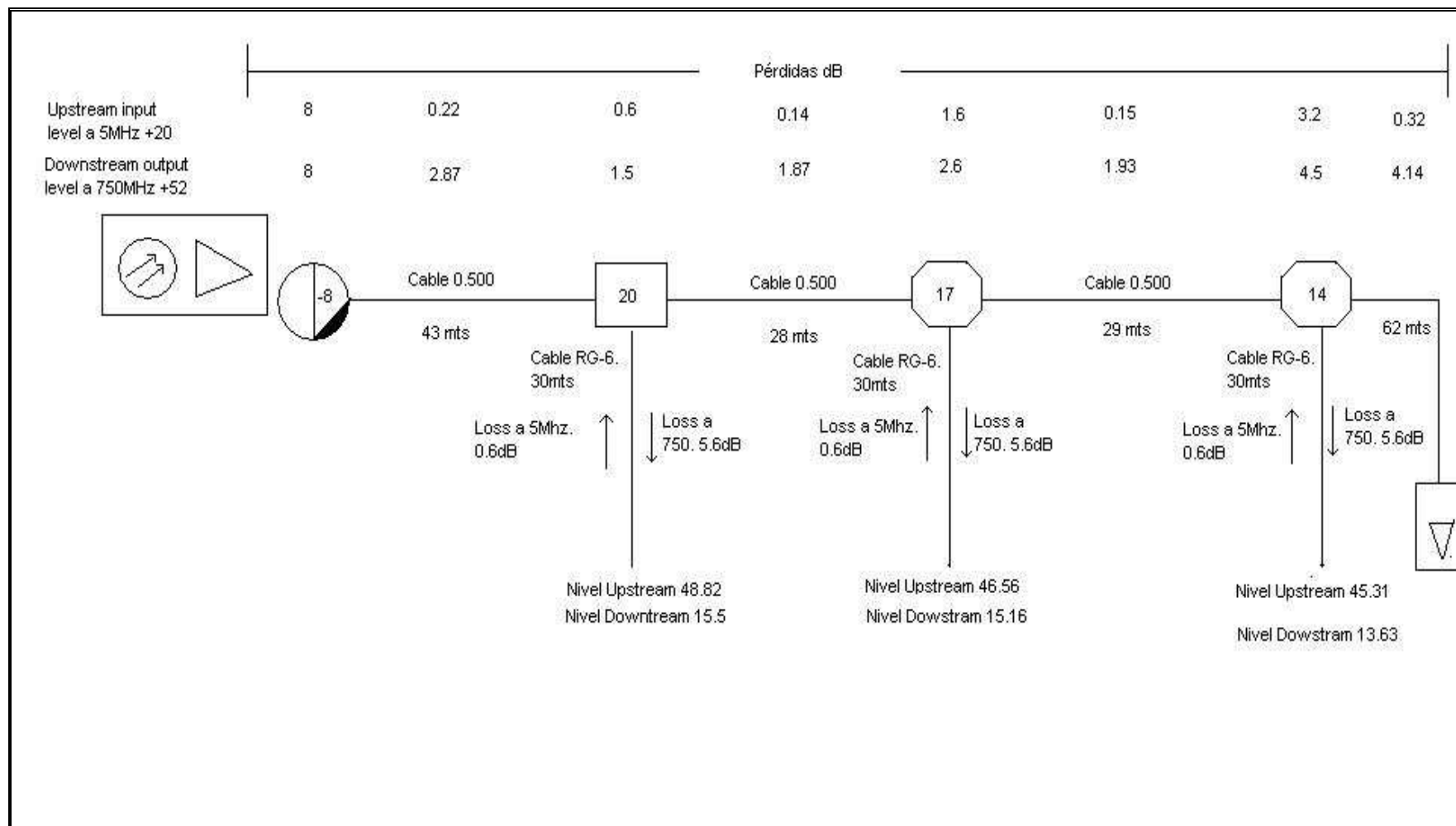


Figura 47 Cálculo forward y retorno en el cable modem.

6.4 DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS

Para que la red HFC (Topología nodo más uno) pueda prestar servicio triple play (telefonía, tv, e Internet) debe ser implementada mínimo con DOSCIS 2.0 ya que este estándar permite implementar aplicaciones de Voip y aumenta la velocidad en el retorno.

Con un canal de 6MHz es posible obtener diferentes velocidades dependiendo de la modulación utilizada. Para el diseño se propone modulación QAM 256 en el canal descendente y 16QAM en el retorno.

Las graficas que se muestran a continuación dan a conocer los anchos de banda en descendente y ascendente.

Tipo de modulación	64QAM	256QAM
Velocidad total	30.34Mbps	42.9Mbps
Velocidad efectiva	27Mbps	38Mbps

Tabla 8 Modulación QAM y Velocidad.

Ancho de banda	200KHz	400KHz	800KHz	1600KHz	3200KHz
Velocidad total	0.64Mbps	1.28Mbps	2.56Mbps	5.12Mbps	10.24Mbps
Velocidad efectiva	0.6Mbps	1.2Mbps	2.3Mbps	4.5Mbps	9Mbps

Tabla 9 Velocidad modulación 16QAM en ascendente (Upstream).

Para garantizar la eficiencia de las anteriores modulaciones en el canal descendente y ascendente se debe obtener la siguiente relación señal ruido.

Modulación	Sentido	Bits por símbolo.	S/R mínima	Bits por símb. Shannon
QPSK	Ascendente.	2	> 21dB	7
16 QAM	Ascendente.	4	> 24dB	8
64 QAM	Descendente.	6	> 25dB	8,3
256 QAM	Descendente.	8	> 33dB	10,9

Tabla 10 Relación señal ruido mínima en la red con 16QAM y 256QAM¹¹.

¹¹ Introducción. Red HFC en: <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC%20resumen.pdf>

4.4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO PRELIMINAR

Para el diseño de la red HFC, debemos tener algunas consideraciones entre las cuales tenemos los dispositivos a utilizar y sus pérdidas por inserción. Por ello a continuación veremos tablas de pérdidas de cada dispositivo.

MULTITAPS.

				Maximum Insertion Loss (dB)									Min Tap-Out Isolation
Model Number	Part Number	Tap Loss	Color Code	5 MHz	30 MHz	50 MHz	400 MHz	450 MHz	550 MHz	600 MHz	750 MHz	1000 MHz	
TWO-WAY TAPS													
SAT2G-32	506643	32	RED	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	40
SAT2G-29	506642	29	WHITE	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	37
SAT2G-26	506641	26	BLUE	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	35
SAT2G-23	506640	23	ORANGE	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	1.3	1.8	34
SAT2G-20	506639	20	BLACK	0.4	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.3	1.9	31
SAT2G-17	506638	17	PURPLE	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	1.5	2.0	28
SAT2G-14	506637	14	YELLOW	0.9	1.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6	1.8	2.4	26
SAT2G-11	506636	11	BROWN	1.7	1.7	1.7	2.0	2.0	2.2	2.2	2.6	3.1	19
SAT2G-8	506635	8.5	GRAY	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.1	4.5	18
SAT2G-4	506634	4	PINK	TERMINATING									

Tabla 11 Pérdida por inserción. Multitap 2 salidas marca Scientific Atlanta.

FOUR-WAY TAPS													
SAT4G-32	506652	32	RED	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	38
SAT4G-29	506651	29	WHITE	0.3	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.2	1.7	35
SAT4G-26	506650	26	BLUE	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	1.3	1.8	33
SAT4G-23	506649	23	ORANGE	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.4	2.0	33
SAT4G-20	506648	20	BLACK	0.6	0.7	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.5	2.0	30
SAT4G-17	506647	17	PURPLE	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8	2.5	27
SAT4G-14	506646	14.5	YELLOW	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	2.2	2.2	2.6	3.5	25
SAT4G-11	506645	11.5	BROWN	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.1	4.9	22
SAT4G-8	506644	8	GRAY	TERMINATING									

Tabla 12 Pérdidas por inserción. Multitap 4 salidas marca Scientific Atlanta.

EIGHT-WAY TAPS

SAT8G-32	506660	32	RED	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	37
SAT8G-29	506659	29	WHITE	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	1.3	1.8	36
SAT8G-26	506658	26	BLUE	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.4	1.9	33
SAT8G-23	506657	23	ORANGE	0.6	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.2	1.5	2.0	30
SAT8G-20	506656	20.5	BLACK	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8	2.7	27
SAT8G-17	506655	17.5	PURPLE	1.6	1.7	1.7	1.7	2.0	2.2	2.2	2.6	3.5	26
SAT8G-14	506654	15	YELLOW	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.5	5.3	23
SAT8G-11	506653	11	BROWN	TERMINATING									

Tabla 13 Pérdidas por inserción. Multitap 8 salidas marca Scientific Atlanta.

SPLITTERS

Maximum Insertion Loss (dB)											
Model	Part	Type/	5	10	40	50	450	550	750	870	1000
Number	Number	Tap Loss	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
SPLITTERS											
SAS2G	506664	2-way	4.0	4.0	4.1	4.1	4.3	4.3	4.9	5.3	5.5
SAS3G	506665	3-way bal.	6.3	6.3	5.9	5.9	6.0	6.4	7.2	7.8	7.9
SAS3UG	506666	3-way unbln.	4.0	4.0	3.9	3.9	4.1	4.8	4.9	5.2	5.4
SAS3UG	506666	3-way unbln.	7.5	7.5	7.4	7.4	7.9	7.9	8.2	8.4	8.7

Tabla 14 Pérdida inserción en splitter de 2 y 3 vías.

ACOPLADORES DIRECCIONALES.

DIRECTIONAL COUPLERS											
SADC8G	506661	8.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	2.4	3.0	3.5
SADC12G	506662	12	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.7
SADC16G	506663	16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4

Tabla 15. Pérdidas inserción en acopladores direccionales.

CABLE COAXIAL

Cable Loss vs. Frequency	Times Fiber T10 Drop Cable Maximum Losses @ 68 deg.F			CommScope Parameter III Nominal Cable Attenuation at 68 degrees Farenheit 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

Tabla 16. Tabla pérdidas cable coaxial. Marca CommScope.

4.5. DISEÑO DEFINITIVO

Después de realizar los cálculos y las consideraciones necesarias en el diseño preliminar, se toma el plano de levantamiento inicial, se coloca el Nodo en un lugar estratégico del terreno a cubrir, del nodo se desprenden los 7 ramales que cubren todos el territorio a servir.

A continuación vemos los elementos de red a utilizar en este diseño.

ELEMENTOS DE RED UTILIZADOS EN EL DISEÑO

Elemento de RED	Marca	Cantidad
Nodo óptico-eléctrico	Aurora Network Fiber Deep 4 salidas RF	1
Amplificador Mini-Bridger	Gainmaker 1GHz. 3 salidas RF	4
Amplificador LE	Line Extender GainMaker 1GHz	1
Splitter 2 vías	Scientific Atlanta	4
Splitter 3 vías	Scientific Atlanta	1
Acoplador direccional 8	Scientific Atlanta	7
Acoplador direccional 12	Scientific Atlanta	1
Acoplador direccional 16	Scientific Atlanta	2
Fuente 60 V	Alpha serie XM2 60VCA	1
Ecualizador de línea	Scientific Atlanta	9
Multitap (2 way)	Scientific Atlanta	9
Mutitap (4 way)	Scientific Atlanta	34
Multitap (8 way)	Scientific Atlanta	47
Carga terminal		4
Conector KS KS		26
Conector PIN .500		190
Cable coaxial .500	CommScope	4390mts

Tabla 17. Lista de equipos.

Vemos a continuación varias imágenes del Diseño definitivo, en un plano desarrollado con la ayuda de AutoCAD.



Figura 48 Plano Diseño Definitivo.

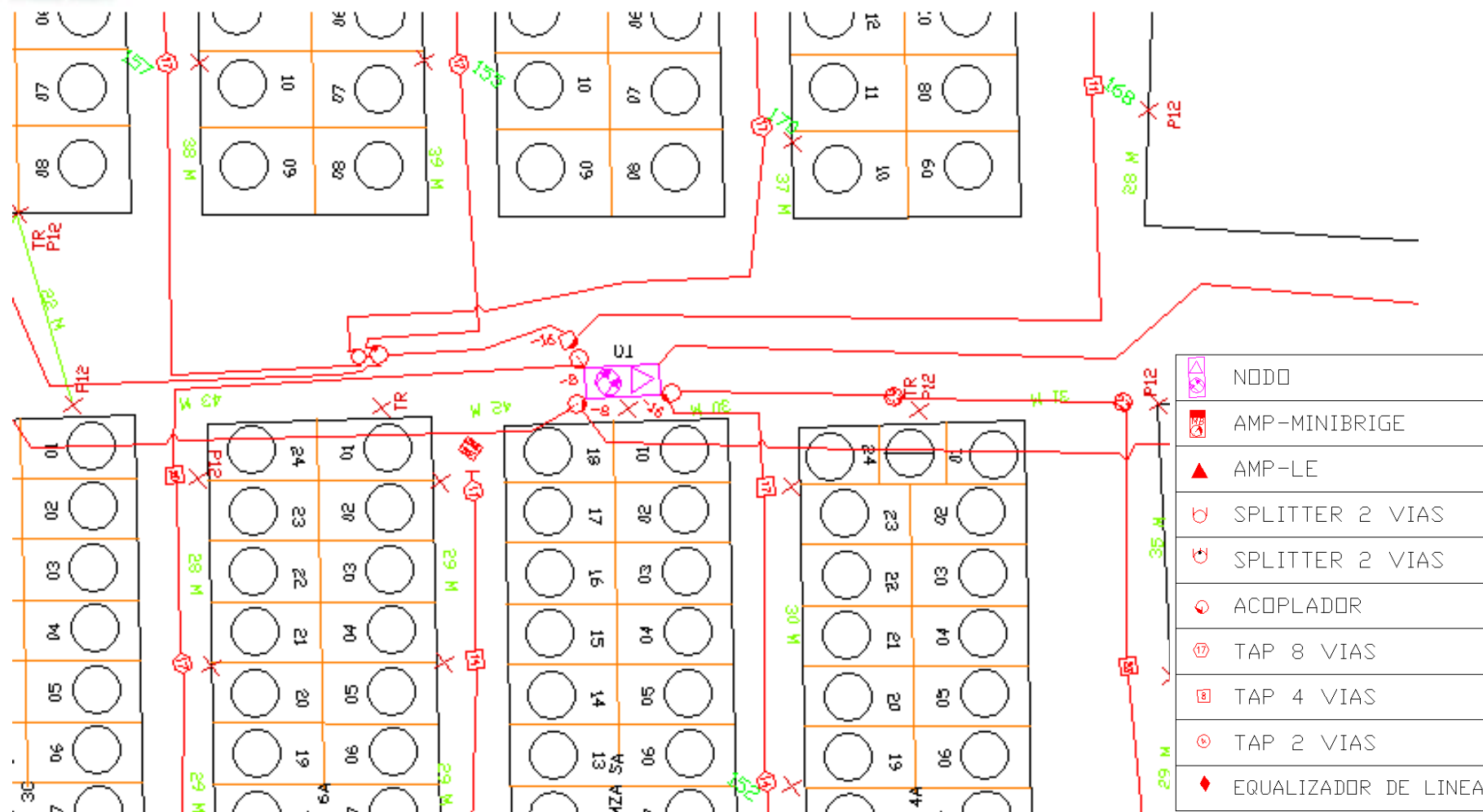


Figura 49 Plano Diseño Definitivo – Nodo.

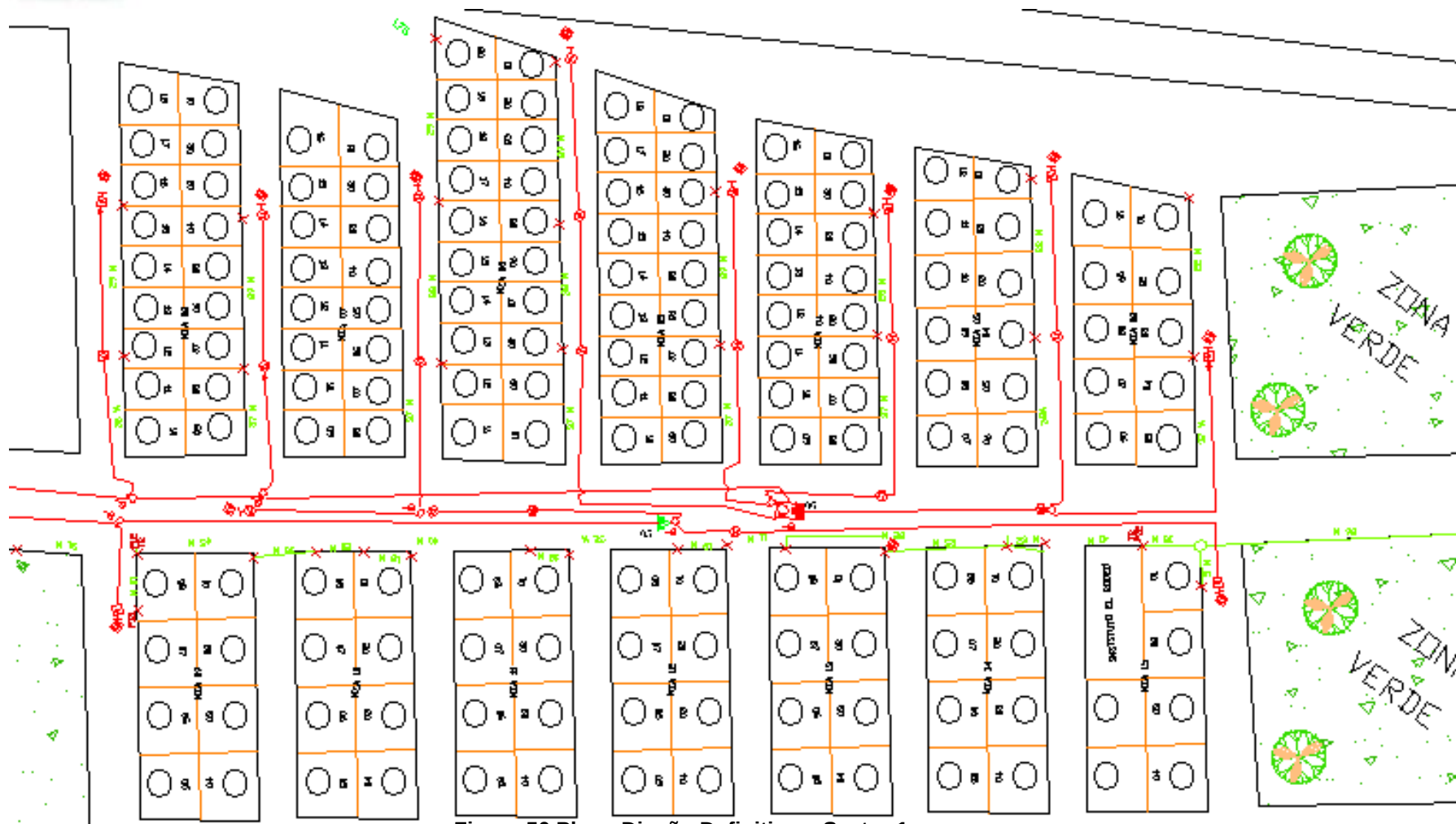


Figura 50 Plano Diseño Definitivo – Sector 1.



Figura 51 Plano Diseño Definitivo – Sector 2.

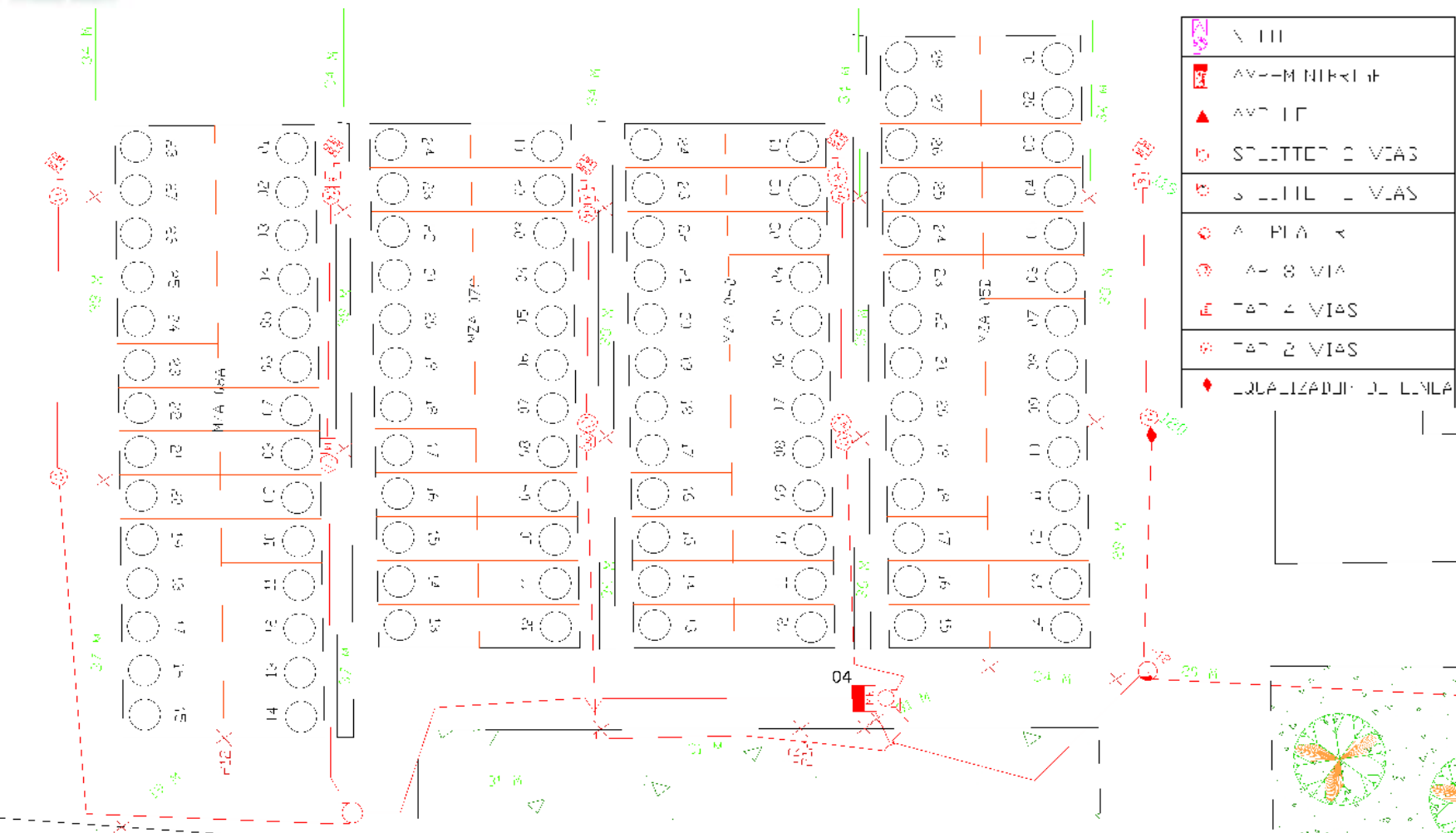


DIAGRAMA DE GANTT INSTALACIÓN DE RED HFC

Como parte del diseño definitivo, realizamos el análisis del tiempo de construcción de la red HFC, para los trabajos se toman como referencia, las siguientes 6 días a la semana de lunes a sábado, con cuadrillas de 8 hombres. Finalmente obtuvimos el siguiente diagrama de Gantt.

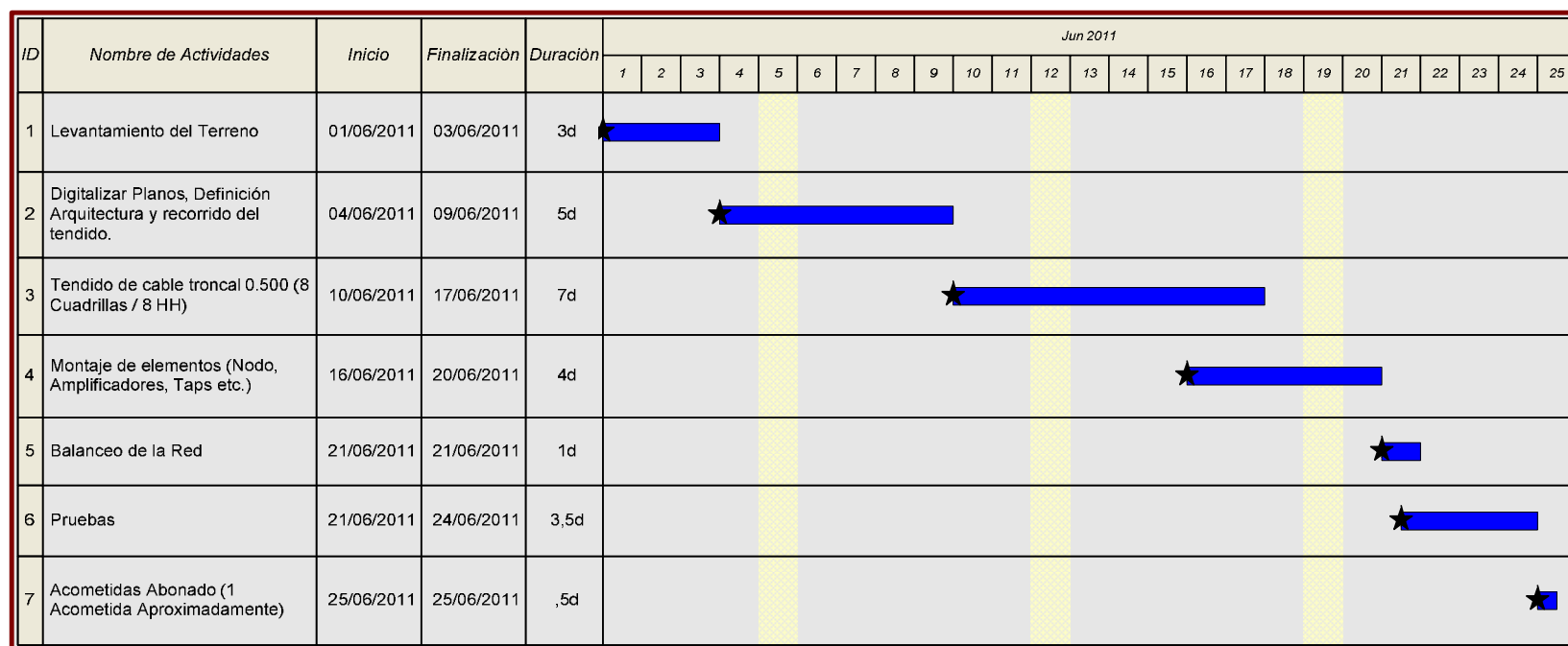


Figura 53 Diagrama Gantt.

4.6. COSTOS

Para la consecución de los valores o costos que se requerirían para la construcción de la red diseñada, se toman los valores del mercado de los diferentes elementos necesarios para ello, además se tiene en cuenta los costos de las horas hombre, para los técnicos e instaladores de la red (Cuadrillas).

Hay que aclarar que estos valores pueden variar con el tiempo; los señalados en este documento son los vigentes a la fecha de Mayo de 2011, a continuación se muestra la tabla con estos valores

Elemento de RED	Marca	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Nodo óptico-eléctrico	Aurora Network NC4000 Fiber Deep 4 salidas RF	1	\$ 10.569.000	\$ 10.569.000
Amplificador Trunk	Gainmaker 1GHz. 3 salidas RF	4	\$ 1.945.000	\$ 7.780.000
Amplificador LE	Line Extender GainMaker 1GHz	1	\$ 1.045.000	\$ 1.045.000
Splitter 2 vías	Scientific Atlanta	4	\$ 12.560	\$ 50.240
Splitter 3 vías	Scientific Atlanta	1	\$ 12.560	\$ 12.560
Acoplador direccional 8	Scientific Atlanta	7	\$ 68.250	\$ 477.750
Acoplador direccional 12	Scientific Atlanta	1	\$ 68.250	\$ 16.059
Acoplador direccional 16	Scientific Atlanta	2	\$ 68.250	\$ 136.500
Fuente 60 V	Alpha serie XM2 60VCA	1	\$8.700.000	\$8.700.000
Ecualizador de línea	Scientific Atlanta	9	\$ 40.000	\$ 360.000
Multitap (2 way)	Scientific Atlanta	9	\$ 16.059	\$ 144.531
Multitap (4 way)	Scientific Atlanta	34	\$ 16.059	\$ 546.006
Multitap (8 way)	Scientific Atlanta	47	\$ 16.059	\$ 754.773
Carga terminal		4	\$ 2.150	\$ 8.600
Conector KS KS		26	\$ 4.360	\$ 113.360
Conector PIN .500		190	\$ 6.150	\$ 1.168.500
Cable coaxial .500	CommScope	4390mts	\$2302000(Carrete de 750mts)	\$ 13.812.000
			SUB TOTAL ELEMENTOS	\$ 36.994.879
Mano de Obra	Cuadrillas de 8 Hombres (150 h por Hombre)	2	\$ 5,000 (HH)	\$ 12.000.000
			TOTAL COSTO	\$ 48.994.879

Tabla 16 Costos de Implementación

GLOSARIO

AC: Corriente Alterna

Abonado: Persona que tiene el servicios telecomunicaciones por medio de una tarifa de pago.

Amplificador: Dispositivo electrónico que tiene la finalidad de aumentar la amplitud de una señal.

ASPs: Un proveedor de servicios de aplicación o ASP (del inglés, *Application Service Provider*) es una empresa que ofrece servicios de computación a sus clientes a través de una red. El software ofertado mediante un modelo ASP es conocido también como Software a demanda o Software como Servicio (SaaS).

Banda base: Señales eléctricas sin procesar.

Bps: (Bits por segundo). Medida para determinar la cantidad de bits en un segundo.

Cabecera: También conocido como Headend. Lugar donde se reciben, procesan y adecuan todas las señales que se van a enviar a la red HFC

Cable coaxial: Es un medio de transmisión. Está formado por un conductor central que lleva la señal y está rodeado de un conductor exterior concéntrico. Es usado en los sistemas de televisión por cable.

Cable módem: Módem que accede a Internet por medio de una conexión RF (Conexión de televisión por cable). Para utilizarlo debe estar con una compañía de cable de ofrezca servicio de tv.

Canal: Medio, físico o lógico, para mover información en una dirección.

Carrier: Portadora. Señal que se usa para transportar señales en un medio de comunicación.

CATV: (Community antenna televisión). Televisión por cable.

CDMA: (Code division multiple access). Acceso múltiple por división de código.

CMTS: (Cable modem termination system). Sistema de terminación de cable módem. Equipo que se encuentra generalmente en la cabecera de la compañía de cable, y es utilizado para ofrecer servicios de datos en la red HFC.

Codificador: Equipo que toma una señal analógica a la entrada y la convierte en digital a la salida. También realiza en proceso inverso.

Downstream: Tráfico de bajado, desde la cabecera de la red hacia el cablemódem en el usuario.

DOCSIS: (Data over service interface specification). Estándar que define y regula la transmisión de datos en la red HFC.

AutoCAD: Autodesk AutoCAD es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones.

Elementos pasivos de la red: No requieren estar conectados a una fuente de energía para funcionar. Cumplen la función de dividir o equilibrar señales.

Elementos activos de la red: Necesitan energía para funcionar. Realizan algún proceso sobre la señal.

Frecuencia: Número de ciclos de una señal de corriente alterna por unidad de tiempo.

Fuente de energía: Equipo usado para la alimentación de corriente en los equipos activos en la red HFC.

FTTB: Del inglés Fiber To The Building, en español fibra hasta el edificio.

FTTC: Del inglés Fiber To The Curb, se conoce como fibra hasta la acera.

FTTH: Del inglés *Fiber To The Home*, también conocida como fibra hasta el hogar.

HDTV: iniciales del inglés high definition televisión, traduce al español, televisión de alta definición.

Hertz: Unidad de medida de la frecuencia.

HFC: Del inglés Hybrid Fibre Coaxial, híbrido entre fibra óptica y cable coaxial. Tecnología para la distribución de servicios banda ancha.

HUB o CDI: Centro de distribución Intermedio. Punto donde las señales de red convergen y son conectadas.

Impedancia: Propiedad eléctrica de un cable. Combina la capacidad y la resistencia. Se mide en ohm.

Internet: Conjunto de redes que se interconectan con la familia de protocolos TCP/IP.

IP: (Internet protocol). Protocolo de red que brinda un servicio no orientado a conexión. Tiene la finalidad de enrutar los paquetes por las redes.

IPTV: Televisión que utiliza en protocolo IP para emisión de imágenes.

PPV: El pago por visión o pago por ver; del inglés *pay per view* (PPV), también conocido como televisión a la carta o pago por evento.

Kbps: (Kilobit por segundo). Velocidad de transmisión de mil bits por segundo.

Microondas: Tecnología de transmisión que se encarga de transmitir información entre dos puntos por medio de antenas.

Modulación: Proceso por el cual se sobrepone una señal de datos a una señal portadora, para así transmitir la información sobre un medio.

MPEG: (Motion Picture Experts Group). Tecnología que especifica la compresión digital, transmisión y decodificación.

Multiplexar: Reunir información de diferentes orígenes y enviarla por un medio de comunicación alámbrico o inalámbrico.

NTSC: (National Television Standards Committee). Comité de estándares de television de Estados Unidos). Establece estandares para la televisión

Protocolo: Conjunto de procedimientos, reglas para mover la información de un lugar a otro sin errores.

QoS: (Quality of Service): Parámetro que caracteriza la calidad de tráfico en una conexión virtual.

Red de acceso: Red que está entre los nodos y los usuarios. Incluye infraestructura, medios y tecnología para el acceso a la información.

TCP/IP: Transmission control protocol/Internet protocol. Conjunto de protocolos para conectar computadores a Internet.

TDM: (Time division multiplexing). Técnica de asignación de ancho de banda, en la que cada canal accede durante un periodo determinado.

TDMA: (Time division multiple access). Acceso multiple por division de tiempo. Tecnología de acceso a las redes.

Telecomunicaciones: Proviene del griego tele, que significa distancia. Termino que incluye todas las formas de comunicación a distancia, ejemplo. TV, radio, telefonía, datos y video.

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación. Agrupa técnicas para el tratamiento y la transmisión en la información.

TOIP: Telefonía IP. Es el conjunto de tecnologías y procedimientos que permiten el transporte de voz utilizando el protocolo IP.

Triple Play: Servicio empaquetado y ofrecido por una compañía de telecomunicaciones por un mismo medio de transmisión. Incluye tres servicios, Internet, TV, y telefonía.

PAL: (Phase Alternating Line). En español, línea de fase alternada. Sistema de codificación utilizado en la transmisión de señales de televisión analógica. Es un estándar europeo.

PVR:(Personal video recorder). Es un dispositivo interactivo de grabación de televisión y video en formato digital.

QAM: (Quadrature Amplitude Modulation). Modulación de amplitud en cuadratura. Técnica de modulación digital que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. Estas ondas están desfasadas entre si 90 grados.

QPSK:(Quadrature Phase-Shift Keying). Técnica de modulación digital que desplaza 4 símbolos desfasados entre si 90 grados.

Ramal: Cada una las divisiones o distribuciones que se le realiza a la red HFC.

RF: Radio frecuencia. Porción del espectro electromagnético situada entre 3Hz y 300GHz. Las ondas de esta región se puede transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador de antena.

SM: Status Monitor. Usado para monitorear el estado de la fuente en la red HFC, para determinar cuando la fuente queda apagada. Para realizar esta tarea se busca apoyo en un cable módem.

SNR : Relación señal ruido: Es el margen que existe entre la señal transmitida y la potencia de ruido que la corrompe. Es medido en decibelios.

Upstream: Canal ascendente. Se usa para el envío de información desde el cliente hacia cabecera o Internet.

VAC: Voltios en corriente alterna.

VoD: (Video on demand): Es un sistema de televisión que permite al usuario acceso a contenidos multimedia de forma personalizada.

CONCLUSIONES

Al diseñar una red de acceso HFC usando una topología Nodo más uno se concluye lo siguiente.

- Es una topología que reduce ingreso de ruido y las interferencias en comparación con aquellas que utilizan más de 3 amplificadores en cascadas. Ya que está solo existe un amplificador por ramal.
- Es una red en la que hay menor cantidad de elementos activos en la red, a diferencia de las tradicionales redes HFC con más de 5 amplificadores en cascadas. Lo cual las hace más amigable con el medio ambiente por la reducción de costos de energía.
- Es una red que tiene mucho por explotar y ofrece flexibilidad para migrar a una red HFC sin amplificador. Es decir Nodo más cero, en la que solo existe como elemento activo el nodo óptico-eléctrico, y solo distribución coaxial con elementos pasivos como acopladores y splitters.
- Es una red apta implementar modulación 256QAM en Downstream (Ofrecer 38 MBps con un canal de 6MHz), y modulación 16QAM para el Upstream hasta 10Mbps. Esto con el estándar Docsis 2.0

BIBLIOGRAFIA

- Fiber Deep: Una alternativa para optimizar una red de cable en:
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=54>
- Arquitecturas Fiber Deep en:
http://www.encuentrosregionales.com/13conferencias/plataforma_garciabish-rosario2009_parte5.pdf
- Guía básica para el operador de cable en:
<http://www.cinit.org.mx/difusion/guias/GuiaFibraOptica.pdf>
- Evolución de la tecnología de acceso a Internet en:
http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_URL/AVAILABLE/TDX-1104104101718/Tavb08de23.pdf
- Instalaciones domiciliarias en un sistema de televisión por cable en :
http://www.netkla.com/redes_banda/Instalaciones_Domiciliarias.pdf
- Cables. Introducción en :
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/Introducables.pdf>
- Arris Javelin Innovations. FLPI 2.8 GHz Power Inserter en:
<http://www.arrisstore.com/attachments/JAVELIN-FLPI-POWERINSERTER-TS.pdf>
- Productos Motorola. Soluciones para red HFC en:
http://www.latin-broadband.com/Productos_moto_hfc.htm
- Redes de acceso HFC y BPL en:
http://www.coimbraweb.com/documentos/acceso/10.2_acceso_cable.pdf
- Guía básica para el operador de cable-Fibra Óptica en:
<http://nuevocircuito.wordpress.com/category/hfc/>

- Componentes de una red HFC en:
<http://es.scribd.com/doc/14778279/21ComponentesdeunaRedHFC>
- TV Cable S.A. Transporte HFC en:
<http://es.scribd.com/doc/7340309/Tema-11>
- Graphic Symbols For Cable Telecommunications Part 1 en:
<http://asesorpedroperez.110mb.com/down/simbolohfc.pdf>
- Unidad 5. Montaje y conexión de elementos pasivos en una red de cable coaxial en:
<http://testealo.blogia.com/>
- Inner. Equipamento de RED:
<http://www.inner.com.ar/productos/domiciliaria/domiciliaria.htm>
- Scientific Atlanta. Transmission Systems en:
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/video/ps8806/ps9075/ps9076/product_data_sheet0900aecd806c7ab0.pdf
- Actualizando la Red. El camino hacia el Nodo + 0 en:
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=84>
- Docsis. El Conjunto de Estándares Cable Módem de CableLabs en:
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=4>
- Estándar Docsis y su aplicación dentro de las redes HFC, regulación en Ecuador en:
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1085/4/T10894CAP2.pdf>
- Broadband System – A en:
<http://www.catvexpert.com/files/HFC%20A%20catv101.pdf>
- Aurora Networks. Nodes and VHubs en:
<http://www.aurora.com/site/products.an?li=87-10270#>

- Sistemas de Telecomunicaciones con Tecnología HFC en:
<http://www.cconstruccion.net/revista/articulo2.pdf>
- HFC parte 2 en:
<http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC%20resumen.pdf>
- Diferentes Arquitecturas en redes de CATV en:
www.andinalink.com/es/exhibit/.../arquitecturas_redes_catv.ppt
- Andina Link Virtual. Cursos en Línea en:
http://www.andinalink.com/es/educational/work_shops_bb/index.asp
- Elementos básicos de telecomunicaciones. Segunda edición. Mario Alberto Posada. Une EMP Telecomunicaciones S.A.
- Evolución de los servicios de Internet en:
http://www.encuentrosregionales.com/13conferencias/plataforma_garciabis_h-rosario2009_parte2.pdf

ANEXOS

Datasheet Amplificador GainMaker 1GHz.

Scientific Atlanta	Amplificador Trunk Gain Maker 1GHZ Cod. GPT GTE14401SCA-0990833001	 Presentación: unidad
---------------------------	--	--

Descripción del producto:

Amplificador (HGD) de radio frecuencia que trabaja en el ancho de banda Ida 52 a 1002 mhz y en retorno 5 a 40 mhz. Provee 2 salidas (RF) una principal y una auxiliar con capacidad para crear una tercera salida (RF) con el uso de un opcional Path auxiliar de señal. En su módulo están configurados un amplificador de retorno, filtros diplex, circuito de compensación termal, atenuadores inter-etapas y ecualizadores para el balanceo de la señal. Ganancia operacional mínima 43 db en Ida (forward) y 19.5 db en retorno (reverse).



General Station Performance	Units
Pass Band	MHz
Amplifier Type	-
Frequency Response	dB
Auto Slope and Gain Range	dB
Return Loss	dB
Max AC Through Current (continuous)	Amps
Max AC Through Current (surge)	Amps
Hum Modulation @ 12 A (over specified frequency range)	dB
Hum Modulation @ 15 A (over specified frequency range)	dB
Test Points (± 0.5 dB)	dB
Reference Output Level @... 1002 MHz	dBmV
870 MHz	
750 MHz	
650 MHz	
550 MHz	
55 MHz	
Reference Output T _{dB} (55-1002 MHz)	dB

Forward	Reverse
52-1002	May-40
GaAs FET	PP
± 0.5	± 0.4
± 5.5	n/a
16	16
15	-
25	-
70 (52-870 MHz)	60 (5-10 MHz)
60 (870-1002 MHz)	70 (11-40 MHz)
65 (52-870 MHz)	60 (5-10 MHz)
60 (870-1002 MHz)	65 (11-40 MHz)
-20	-20
49.5	35 (@40 MHz)
47.5	35 (@ 5 MHz)
45.7	
44.0	
42.5	
35.0	
14.5	-

Nodo Aurora Network NC 4000.

NC4000SG Series Scalable Node Platform for HFC Applications

The Aurora NC4000SG series outdoor optical platform is designed to support a wide range of advanced architectures and is ideal for traditional HFC applications.

With an output level of up to 53 dBmV (at 1002 MHz) available on the four RF output ports of the OA4444SG RF Output Amplifier, the NC4000SG can be used to extend the reach of the coax distribution network. Furthermore, this flexible and rugged platform has the capability of segmenting four downstream paths (each with its own receiver) and four upstream paths using Aurora's patented digital return solutions, including ITU CWDM and DWDM (on the 100 GHz-spaced ITU-grid), further expanding the deployment of advanced "bandwidth-hungry" services (including 100 Mbps Ethernet for commercial services) in fiber poor areas while reducing real estate requirements in the field.



[Click photo to enlarge](#)

The NC4000SG supports deployment of field-hardened EDFAs to cost effectively extend fiber reach into new service areas. For optimal performance and reliability in a wide range of applications, Aurora offers EDFAs at various power levels. Optical switches are available for different routing applications.

Status-monitoring capability is provided via an integrated network management plug-in, eliminating the need for added-cost status-monitoring transponders. An optional narrowcast receiver is available for split-band applications.

Product Features

- A variety of forward/return frequency split options
- Four RF outputs, two auxiliary ports for power or video, and two fiber ports
- 4x4 segmentable (forward and return)
- Output level –53 dBmV at 1002 MHz
- Optical capabilities: 1300 to 1600 nm Forward and 1310 nm, 1550 nm, DWDM or CWDM Return
- Accommodates up to 6 optical transport or Ethernet modules
- Broadcast/narrowcast receiver option
- EDFA and optical switching options available
- Forward optical or RF redundancy switching, and return redundancy options
- Return ingress switch options
- A family of advanced digital return modules
- Fast Ethernet add/drop capability for commercial business applications
- Fully integrated network management

Datasheet Multitaps. Scientific Atlanta.

1 GHz Two-way, Four-way, and Eight-way Taps

SPECIFICATIONS

Frequency range
5 MHz to 1000 MHz
Response all ports
±0.5 dB
Power passing
6 A, 60 V ac, 50/60 Hz
Return loss all ports
15 dB min, 5 MHz to 10 MHz
19 dB min, 10 MHz to 400 MHz
15 dB min, 400 MHz to 1000 MHz
Hum modulation at 6 amps
70 dB avg. across passband

				Maximum Insertion Loss (dB)									Min Tap-Out Isolation
Model Number	Part Number	Tap Loss	Color Code	5 MHz	30 MHz	50 MHz	400 MHz	450 MHz	550 MHz	600 MHz	750 MHz	1000 MHz	
TWO-WAY TAPS													
8AT2G-32	506643	32	RED	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	40
8AT2G-29	506642	29	WHITE	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	37
8AT2G-26	506641	26	BLUE	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	35
8AT2G-23	506640	23	ORANGE	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	1.3	1.8	34
8AT2G-20	506639	20	BLACK	0.4	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.3	1.9	31
8AT2G-17	506638	17	PURPLE	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	1.5	2.0	28
8AT2G-14	506637	14	YELLOW	0.9	1.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6	1.8	2.4	26
8AT2G-11	506636	11	BROWN	1.7	1.7	1.7	2.0	2.0	2.2	2.2	2.6	3.1	19
8AT2G-8	506635	8.5	GRAY	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.1	4.5	18
8AT2G-4	506634	4	PINK	TERMINATING									
FOUR-WAY TAPS													
8AT4G-32	506652	32	RED	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	38
8AT4G-29	506651	29	WHITE	0.3	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.2	1.7	35
8AT4G-26	506650	26	BLUE	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	1.3	1.8	33
8AT4G-23	506649	23	ORANGE	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.4	2.0	33
8AT4G-20	506648	20	BLACK	0.6	0.7	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.5	2.0	30
8AT4G-17	506647	17	PURPLE	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8	2.5	27
8AT4G-14	506646	14.5	YELLOW	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	2.2	2.2	2.6	3.5	25
8AT4G-11	506645	11.5	BROWN	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.1	4.9	22
8AT4G-8	506644	8	GRAY	TERMINATING									
EIGHT-WAY TAPS													
8AT8G-32	506660	32	RED	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.2	1.6	37
8AT8G-29	506659	29	WHITE	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	1.3	1.8	36
8AT8G-26	506658	26	BLUE	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.4	1.9	33
8AT8G-23	506657	23	ORANGE	0.6	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.2	1.5	2.0	30
8AT8G-20	506656	20.5	BLACK	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8	2.7	27
8AT8G-17	506655	17.5	PURPLE	1.6	1.7	1.7	1.7	2.0	2.2	2.2	2.6	3.5	26
8AT8G-14	506654	15	YELLOW	3.2	3.0	3.0	3.2	3.5	3.7	3.7	4.5	5.3	23
8AT8G-11	506653	11	BROWN	TERMINATING									

Datasheet Splitter y multitap.

Mechanical Specifications

Dimensions

5.5 in. W x 4.5 in. H x 3 in. D
139.75 mm W x 114.3 mm H x 76.2 mm D

Bolt Torque Requirements

Center conductor seizure

15 in.-lb. to 20 in.-lb. (1.7 Nm to 2.3 Nm)

Housing closure

50 in.-lb. to 60 in.-lb (5.6 Nm to 6.8 Nm)

Port plugs

50 in.-lb to 60 in.-lb (5.6 Nm to 6.8 Nm)

Connector pull-out

100 lb. min.

Maximum Insertion Loss (dB)											
Model	Part	Type/	5	10	40	50	450	550	750	870	1000
Number	Number	Tap Loss	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
SPLITTERS											
SAS2G	506664	2-way	4.0	4.0	4.1	4.1	4.3	4.3	4.9	5.3	5.5
SAS3G	506665	3-way bal.	6.3	6.3	5.9	5.9	6.0	6.4	7.2	7.8	7.9
SAS3UG	506666	3-way unbln.	4.0	4.0	3.9	3.9	4.1	4.8	4.9	5.2	5.4
SAS3UG	506666	3-way unbln.	7.5	7.5	7.4	7.4	7.9	7.9	8.2	8.4	8.7
DIRECTIONAL COUPLERS											
SADC8G	506661	8.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	2.4	3.0	3.5
SADC12G	506662	12	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.7
SADC16G	506663	16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4
POWER INSERTER											
SAIG	506667	---	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	1.2	1.3	1.4

Minimum Isolation, Tap-to-Output (dB)											
Model	Part	Type/	5	10	40	50	450	550	750	870	1000
Number	Number	Tap Loss	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
SPLITTERS											
SAS2G	506664	2-way	22	22	25	25	25	25	25	23	21
SAS3G	506665	3-way bal.	19	19	19	19	19	19	19	19	19
SAS3UG	506666	3-way unbln.	25	25	28	28	28	28	23	23	21
SAS3UG	506666	3-way unbln.	23	23	25	25	25	25	23	21	20
DIRECTIONAL COUPLERS											
SADC8G	506661	8.5	18	18	25	25	24	24	21	19	18
SADC12G	506662	12	20	20	26	26	26	26	24	22	20
SADC16G	506663	16	22	22	28	28	28	28	25	23	22
POWER INSERTER											
SAIG	506667	---	65	65	61	61	61	61	58	55	53



Scientific-Atlanta and the Scientific-Atlanta logo are registered trademarks of Scientific-Atlanta, Inc.
Specifications and product availability are subject to change without notice.
© 1999 Scientific-Atlanta, Inc. All rights reserved.

Scientific-Atlanta, Inc.
1-800-722-2009 or 770-903-6900
www.sciaatl.com

Part Number 714415 Rev A
September 1999

Data sheet cable coaxial.

Cable Loss vs. Frequency	Times Fiber T10 Drop Cable Maximum Losses @ 68 deg.F			CommScope Parameter III Nominal Cable Attenuation at 68 degrees Farenheit 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 de poder. XM2

6.1 Especificaciones

Entrada Eléctrica	Modelo 615	Modelo 915	Modelo 922	Modelo 1350
Voltaje de Entrada	± 15% de Nominal	± 15% de Nominal	± 15% de Nominal	± 15% de Nominal
Frecuencia de Entrada	60Hz +/- 3% 50Hz +/- 3%	60Hz +/- 3% 50Hz +/- 3%	60Hz +/- 3%	60Hz +/- 3%
Factor de Potencia Nominal	0.9	0.9	0.9	0.9

Salida				
Potencia de Salida	900W	1350W	2000W	1350W
Voltaje de Salida	63VCA	63, 75, 87VCA	63, 75, 87VCA	63, 75, 87VCA
Corriente de Salida	15A	15A	22A	22.5, 15, 15A
Regulación Voltaje Salida	+/- 5%	+/- 5%	+/- 5%	+/- 5%
Frecuencia Salida Inversor	+/- 0.1%	+/- 0.1%	+/- 0.1%	+/- 0.1%
Límite Corriente de Salida	150% de la capacidad máx. de salida	150% de la capacidad máx. de salida	150% de la capacidad máx. de salida	150% de la capacidad máx. de salida
Tiempo Transferencia del Inversor	Salida Ininterrumpida	Salida Ininterrumpida	Salida Ininterrumpida	Salida Ininterrumpida
Eficiencia	90+%- Modo Línea 85% Modo Inversor	90+%- Modo Línea 85% Modo Inversor	90+%- Modo Línea 85% Modo Inversor	90+%- Modo Línea 85% Modo Inversor
Opción PIM	Cant. 2 @ 3 - 30A	Cant. 2 @ 3 - 30A	Cant. 2 @ 3 - 30A	Cant. 2 @ 3 - 30A
Pantalla Inteligente	LCD de Iluminación de Fondo Std 2X20	LCD de Iluminación de Fondo Std 2X20	LCD de Iluminación de Fondo Std 2X20	LCD de Iluminación de Fondo Std 2X20

Baterías				
Voltaje de Baterías	36VCC	36VCC	48VCC	36VCC / 48VCC
Descon por Bajo Voltaje	31.5 VCC	31.5VCC	42VCC	31.5 / 42VCC
Voltaje de Flotación	39 - 41.4VCC	39 - 41.4VCC	52 - 55.2VCC	39 - 41.4VCC 52 - 55.2VCC
Compensación Voltaje	39 - 44.1VCC	39 - 44.1VCC	52 - 58.8VCC	39 - 44.1VCC 52 - 58.8VCC
Compensación Temp	0.0 - 0.005 VCC/C	0.0 - 0.005 VCC/C	0.0 - 0.005 VCC/C	0.0 - 0.005 VCC/C
Corriente del Cargador (Máx.)	10 amps	10 amps	10 amps	10 amps
Tiempo Típico de Recarga	12 horas c/batería 100Ah	12 horas c/batería 100Ah	12 horas c/batería 100Ah	12 horas c/batería 100Ah

Mecánica				
Dimensiones del Chasis	38mm X 22mm X 36mm (15"W X 8.75"H X 14.3"D)	38mm X 22mm X 36mm (15"W X 8.75"H X 14.3"D)	38mm X 22mm X 36mm (15"W X 8.75"H X 14.3"D)	38mm X 22mm X 36mm (15"W X 8.75"H X 14.3"D)
Peso Transporte	27.8 kg (60 Lbs.)	36.4 kg (80 Lbs.)	45.5 kg (100 Lbs.)	36.4 kg (80 Lbs.)
Inversor y Conexiones	Acceso Panel Frontal	Acceso Panel Frontal	Acceso Panel Frontal	Acceso Panel Frontal

Medio				
Temperatura Operación	-40°C a +55°C	-40°C a +55°C	-40°C a +55°C	-40°C a +55°C
Humedad	0 a 90% Sin Condensación	0 a 90% Sin Condensación	0 a 90% Sin Condensación	0 a 90% Sin Condensación

Cuadro 6-1: Serie XM2, Especificaciones