

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



## **INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

### **IMPLEMENTACIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL PARA EL CENTRO COMERCIAL PARQUE LAMBRAMANI DE LA CIUDAD DE AREQUIPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**CIRO JESÚS MEDINA VALDIVIA**

**PROMOCIÓN**

**2003-II**

**LIMA-PERÚ**

**2014**

**IMPLEMENTACIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL  
PARA EL CENTRO COMERCIAL PARQUE LAMBRAMANI DE LA  
CIUDAD DE AREQUIPA**

A mi padre y madre que con su esfuerzo, sacrificio y preocupación han podido sacar adelante a mis hermanas y a mí. Y con esa enorme cuota y envión ayudarnos a realizar cada uno de nuestros sueños y deseos.

## **SUMARIO**

En el presente informe se describe la implementación de una red de distribución coaxial basada en la tecnología HFC, la cual provee de los servicios de cable, telefonía e Internet a las diferentes tiendas y negocios al interior del Centro Comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa.

La particularidad que presenta esta implementación y que lo diferencia a otras, es que se realiza en un espacio cerrado como lo es un centro comercial, ya que actualmente los despliegues de planta de red coaxial generalmente se aplican a un ámbito urbano y sus cálculos se realizan vía software. Aparte están los requerimientos del cliente de llevarlo a cabo en el menor plazo posible, con toda la complejidad que conlleva a nivel de instalación de cableado y equipos dentro de un centro comercial en operación y funcionamiento.

Asimismo los cálculos realizados analíticamente para la implementación de la red, serán verificados por los valores de señal medidos en campo una vez construida la red, finalmente se presentan las conclusiones así como recomendaciones a seguir.



## ÍNDICE

<b>SUMARIO</b> .....	V
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1 Antecedentes del problema .....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Objetivos del trabajo .....	3
1.4 Evaluación del problema.....	3
1.5 Síntesis del documento.....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONCEPTOS TEÓRICOS DE REDES HÍBRIDO FIBRA COAXIAL</b> .....	6
2.1 Red Híbrido Fibra Coaxial - HFC .....	6
2.2 DOCSIS.....	10
2.2.1 DOCSIS 1.0.....	13
2.2.2 DOCSIS 1.1.....	17
2.2.3 DOCSIS 2.0.....	19
2.2.4 DOCSIS 3.0.....	21
2.2.5 Mejoras y futuro de DOCSIS .....	23
2.2.6 Intercambio de mensajes entre CMTS y cable módems en DOCSIS.....	24
2.3 Procedimiento para la implementación de red de distribución coaxial.....	26
2.3.1 Levantamiento de información .....	27
2.3.2 Criterios de diseño.....	28
2.3.3 Equipamiento a utilizar .....	29
2.3.4 Balanceo de la señal .....	38
2.3.5 Simbología del diseño de red .....	40
2.4 Cálculo teórico de los niveles de señal de la red .....	43
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	49
3.1 Elección de la topología de la red de distribución .....	49
3.2 Recopilación de información para la implementación.....	50
3.3 Despliegue de la red de distribución.....	58

3.4 Cálculo de los niveles de señal y especificación de los componentes pasivos de la red coaxial .....	58
3.5 Mediciones realizadas en campo una vez implementada la red .....	67
3.6 Recursos humanos y equipamiento .....	68
3.6.1 Levantamiento .....	68
3.6.2 Implementación .....	69
3.7 Tiempo de ejecución .....	72
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	73
4.1 Descripción y comparación de resultados .....	73
4.1.1 Comparación de niveles teóricos con los medidos en campo .....	73
4.2 Resumen y apreciaciones relevantes .....	75
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
Conclusiones .....	76
Recomendaciones .....	77
<b>ANEXO A</b> .....	78
PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL AL INTERIOR DEL CENTRO COMERCIAL PARQUE LAMBRAMANI	
<b>ANEXO B</b> .....	83
REPORTE FOTOGRÁFICO DE LOS EQUIPOS ACTIVOS INSTALADOS	
<b>ANEXO C</b> .....	80
HOJAS TÉCNICAS DE EQUIPOS INSTALADOS Y EQUIPO DE MEDICIÓN	
<b>ANEXO D</b> .....	118
PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE LA RED - (ATP)	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de una Red HFC, compuesta por redes troncales de fibra óptica en configuración de anillo y redes de distribución coaxial asociadas a cada nodo.....	7
Figura 2.2 Distribución de frecuencias para el espectro de redes HFC.....	7
Figura 2.3 Esquema de anillo óptico redundante.....	8
Figura 2.4 Distribución general de la red y sus componentes. ....	10
Figura 2.5 Componentes de una red que opera bajo el estándar DOCSIS. ....	11
Figura 2.6 Banda de frecuencias para DOCSIS.....	14
Figura 2.7 Ubicación de la distorsión CSO, donde $w$ es la frecuencia principal de la señal portadora.. ....	15
Figura 2.8 Ubicación de la distorsión CTB, donde $w$ es la frecuencia principal de la señal portadora. ....	16
Figura 2.9 Cantidad de señales CTB generadas en diferentes sistemas de canales.....	17
Figura 2.10 Comparación de flujos de servicio entre DOCSIS 1.0 y 1.1.....	17
Figura 2.11 Compatibilidad entre DOCSIS 1.x y 2.0.....	20
Figura 2.12 Diagrama de la unión de cuatro canales en DOCSIS 3.0.. ....	22
Figura 2.13 Levantamiento de Información. ....	27
Figura 2.14 Instalación típica del servicio de Triple Play para abonado.....	29
Figura 2.15 Amplificador troncal en su forma más simple.. ....	30
Figura 2.16 Amplificador troncal de doble vía (downstream y upstream).....	31
Figura 2.17 Amplificador troncal con control automático de ganancia.. ....	31
Figura 2.18 Amplificador de línea con vía de retorno.....	32
Figura 2.19 Insertor de potencia instalado en una fuente de alimentación .....	33
Figura 2.20 Divisor de dos vías. ....	34
Figura 2.21 Divisor de tres vías. ....	34
Figura 2.22 Divisor de cuatro vías. ....	35
Figura 2.23 Acoplador direccional.. ....	35
Figura 2.24 Símbolo del acoplador direccional y ejemplo de niveles. ....	36
Figura 2.25 Direccionalidad del acoplador direccional.....	36
Figura 2.26 Acoplador direccional en términos de aislación.....	36
Figura 2.27 Sumador o combinador de señales.....	37
Figura 2.28 Tap de cuatro salidas.. ....	37

Figura 2.29 Tap de 23 dB. ....	38
Figura 2.30 Cálculo de niveles para los abonados. ....	39
Figura 2.31 Pendiente de entrada y salida de los amplificadores.. ....	39
Figura 2.32 Ruta de retorno.....	40
Figura 2.33 Simbología de tipos de amplificadores y nodo .....	40
Figura 2.34 Simbología de Fuente de Alimentación.. ....	40
Figura 2.35 Especificación del nodo óptico en un diseño de red.....	41
Figura 2.36 Especificación de amplificadores en un diseño de red.....	41
Figura 2.37 Simbología de Taps.....	42
Figura 2.38 Simbología de Cable Simulares y Ecualizadores de Taps.....	42
Figura 2.39 Simbología de acopladores, divisores, ecualizador e insertor de poder.....	42
Figura 2.40 Plano típico de una Red Coaxial. ....	43
Figura 2.41 Corrida de cálculos para la distribución de la red coaxial.. ....	46
Figura 3.1 Topología de una red tipo BLASTER.....	50
Figura 3.2 Plano de la primera planta del C.C. Comercial Parque Lambramani.....	52
Figura 3.3 Plano de la segunda planta del C.C. Comercial Parque Lambramani.. ....	52
Figura 3.4 Plano del primer piso del C.C. Parque Lambramani, con ubicación de los elementos de la red.....	54
Figura 3.5 Plano del segundo piso del C.C. Comercial Parque Lambramani, donde se muestra la sectorización realizada.....	54
Figura 3.6 Planta baja del sector sur del C.C. Comercial Parque Lambramani. ....	55
Figura 3.7 Planta baja del sector norte del C.C. Comercial Parque Lambramani.....	56
Figura 3.8 Planta alta, sector sur del C.C. Comercial Parque Lambramani.. ....	57
Figura 3.9 Planta alta, sector norte del C.C. Comercial Parque Lambramani.....	57
Figura 3.10 Zona del Amplificador N°1 correspondiente al sector norte primer piso.. ....	59
Figura 3.11 Zona del Amplificador N°1 correspondiente al sector norte segundo piso.. ..	60
Figura 3.12 Zona del Amplificador N°2 correspondiente al Sector Sur, primer piso. ....	60
Figura 3.13 Zona del Amplificador N°2 correspondiente al Sector Sur, segundo piso.. ...	61
Figura 3.14 Diseño de red coaxial correspondiente al sector norte primer piso.. ....	65
Figura 3.15 Diseño de red coaxial correspondiente al sector norte segundo piso.....	66
Figura 3.16 Diseño de red coaxial correspondiente al sector sur primer piso.....	66
Figura 3.17 Diseño de red coaxial correspondiente al sector sur segundo piso.....	67
Figura 3.18 Equipo DSAM.. ....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 1.x.....	18
Tabla 2.2 Compatibilidad entre DOCSIS 1.0 y 1.1.....	19
Tabla 2.3 Esquemas de modulación y tasas de transmisión del canal ascendente en DOCSIS 2.0.....	20
Tabla 2.4 Características generales de cada versión DOCSIS.....	21
Tabla 2.5 Muestra los coeficientes de atenuación del cable coaxial RG500 a utilizar en el diseño de red.....	44
Tabla 2.6 Muestra pérdidas de inserción en los taps de 2, 4 y 8 puertos de salida, así como sus distintos valores existentes. ....	45
Tabla 2.7 Muestra pérdidas de inserción en los acopladores y divisores de acuerdo a la pérdida presentada en sus salidas. ....	46
Tabla 2.8 Muestra los niveles de señal obtenidos teóricamente en boca de los taps final	48
Tabla 3.1 Muestra los niveles de señal y valores de los equipos pasivos de la red. ....	64
Tabla 3.2 Muestra los niveles de señal en boca de los tap final medidos una vez finalizada la implementación de la red.....	68
Tabla 3.3 Relación de personal necesario para tendido de cable coaxial.....	69
Tabla 3.4 Relación de personal necesario para conexonado e instalación de equipos...	69
Tabla 3.5 Relación de personal necesario para activación y balanceo de red.. ....	69
Tabla 3.6 Relación de herramientas a usarse en la implementación de la red.....	70
Tabla 3.7 Relación de materiales consumibles.....	71
Tabla 3.8 Relación de equipos y complementos a instalarse.....	71
Tabla 3.9 Cronograma de actividades para implementación de red coaxiala.....	72
Tabla 4.1 Comparación de los niveles en boca de tap final, calculados analíticamente y medidos en campo.....	73
Tabla 4.2 Pérdidas en dB por distancia en un cable coaxial RG500.....	74

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Activo:** Es aquel equipo que para su funcionamiento requiere de suministro de energía. En las redes de HFC, el voltaje de alimentación es de 90 VAC.

**Acometida:** Es la línea de cable coaxial que lleva la señal de los taps a los usuarios. Normalmente el cable coaxial que se utiliza en los bajantes es el tipo RG.

**Acoplador:** Es un componente pasivo que se utiliza para dividir la señal en forma desigual, quiere decir que, las salidas de un acoplador no tienen el mismo nivel de señal.

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line, que significa en castellano Línea de Abonado Digital Asimétrica, el cual consiste en una transmisión analógica de datos digitales sobre el par de cobre que representa la línea telefónica.

**Amplificador:** Es un equipo activo que aumenta el nivel de la señal que llega a su entrada. La relación entre el nivel de salida entre el nivel de entrada se denomina ganancia y normalmente se expresa en decibeles (dB).

**Ancho de Banda:** Es la diferencia de frecuencias (mayor y menor) de interés. Es la banda en el espectro de frecuencia en la que responde un dispositivo que interesa analizar.

**BLASTER:** Broadband Layered Architecture Strategy to Enhance Reliability o en español, Arquitectura Estratégica de Niveles de Banda Ancha para Aumentar Confiabilidad.

**Canal:** Espectro de frecuencia ocupado por una señal.

**CATV:** Cable Televisión o que es lo mismo televisión por cable.

**CMTS:** Cable Modem Termination System (Sistema de Terminación de Cable Módems). Es un equipo que se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable o Voz sobre IP, a los abonados.

**Concesionario:** Es la persona u organismo a la que se le han otorgado una cierta zona para que proporcione servicios de telecomunicaciones. Para el presente caso será América Móvil (Claro).

**Decibel:** Es una medida logarítmica relativa entre dos cantidades. Se define como  $10 \log(P_1/P_2)$ , o como  $20 \log(V_1/V_2)$ , siendo  $P$  = potencia o  $V$  = voltaje, aplicados sobre la misma carga. El dBm representa una medida logarítmica absoluta, ya que se toma una referencia fija de un miliwatt (mW). El dBm se define como  $10 \log(P/1 \text{ mW})$ . Ya que en los sistemas de Televisión por cable se utiliza una impedancia de carga constante de 75 ohms, es posible establecer una medida logarítmica absoluta en base a los voltajes: el

dBmV. En el caso de dBmV se toma como referencia un valor de 1 mV de forma que quede definido como  $20 \text{ Log } (V/1 \text{ mV})$ .

**Ecualizador:** Es un componente que presenta diferente nivel de atenuación a diferentes frecuencias. Se utiliza para compensar la no uniformidad de los cables coaxiales a diferentes frecuencias.

**Head End:** Es el punto de inicio de la red. Es donde se concentran las señales que serán distribuidas por el sistema. También se conoce como Cabecera.

**HFC:** Híbrido Fibra Coaxial, la cual se entiende como una red híbrida que tiene cables de fibra óptica y cables coaxiales; donde los cables de fibra óptica se utilizan normalmente para llevar la señal del Head End a los nodos y el cable coaxial para distribuir de los nodos a los usuarios.

**MAC:** Media Access Control, que en castellano significa Control de Acceso al Medio.

**MTA:** Multimedia Terminal Adapter, que en castellano significa Adaptador de Terminal Multimedia.

**PAD:** Es un atenuador con respuesta uniforme en todo el espectro de interés. Se utiliza para adecuar el nivel de señal a la entrada de los amplificadores y evitar así distorsiones.

**QAM:** Es un método de modulación digital de señales sobre portadoras de RF en el cual se usa la amplitud y la fase para la codificación.

**QPSK:** Es un método de modulación de señal digital sobre señales RF que usa cuatro estados de fases para dos bits digitales.

## INTRODUCCIÓN

En la última década se ha experimentado un gran desarrollo en el mercado de las telecomunicaciones debido a varios factores, entre los más importantes: la apertura del mercado de telecomunicaciones, la cual permite la competencia entre empresas y la aparición de nuevos servicios de banda ancha sobre plataformas de pares de cobre, cable coaxial y hasta radiofrecuencia. Como resultado de estos importantes factores se observa la necesidad de más y mejores redes de telecomunicaciones con capacidad de ofrecer un mayor ancho de banda a un menor precio para los usuarios.

La demanda cada vez mayor de los usuarios de un mayor ancho de banda con mayor contenido de aplicaciones ha hecho replantear las estrategias de los operadores de telecomunicaciones, comenzando así una carrera por el incremento de la velocidad de sus líneas. Frente a este desafío entre operadores por brindar la mayor velocidad al mejor precio, se ha optado por utilizar tecnologías que compriman la información cada vez más, a fin de ocupar el menor ancho de banda posible.

Por otro lado, se puede observar que el aumento significativo de centros comerciales, tiendas por departamento, supermercados y otros tipos de establecimientos de venta directa al público, está relacionado con el crecimiento económico que ha tenido el país en los últimos años.

De esta forma, el panorama de las ciudades ha variado notablemente apreciándose un mayor movimiento comercial, convirtiéndose estas grandes superficies en puntos de concentración de personas o de encuentro entre las mismas y en donde las comunicaciones se hacen sumamente necesarias. Asimismo existe también la necesidad de las tiendas y comercios que conforman estos grandes conglomerados de estar conectados a las redes de telecomunicaciones ya que son una herramienta fundamental en su cadena productiva y de negocios.

El presente informe responde a esto último, que es proveer de los lineamientos para el despliegue de un medio de transmisión al interior del Centro Comercial Parque Lambamani, que permitirá acceder a todas las tiendas y negocios dentro de dicho centro comercial, así como al público en general, a los servicios de cable, telefonía e Internet, provisto por el operador América Móvil, todo ello bajo las prestaciones y performances que brinda la tecnología HFC (Hibryd Fiber Coaxial).



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se realiza el planteamiento del problema, para ello inicialmente se menciona los antecedentes del problema, posteriormente se hace una descripción del mismo, luego se expone el objetivo del trabajo y finalmente se evaluará la problemática de manera general.

#### **1.1 Antecedentes del problema**

En el año de 1998, se adelantó el período de concurrencia limitada, que tenía Telefónica del Perú S.A.A. lo que permitió la apertura del mercado de las telecomunicaciones en el Perú, creando las condiciones necesarias para la entrada de nuevos operadores con una variedad de productos y servicios que irían a satisfacer la demanda de los consumidores sobre todo en lo que se refería a servicios de voz; con el transcurrir del tiempo y el avance rápido de la tecnología se vio que se podía sacar provecho a las redes existentes y poder pasar a través de ellas una mayor cantidad de servicios de las que originalmente se había planeado, es así que el advenimiento del ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) permitió la entrega de datos a través del par de cobre y por ende el aumento de usuarios de Internet, otro ejemplo válido y con el mismo efecto, sería el paso de datos a alta velocidad por las redes de CATV, ello gracias al estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). Es bajo este esquema de tecnologías actualmente presentes y una economía en crecimiento que se dan las condiciones para una libre competencia entre las diferentes empresas de telecomunicaciones que operan en el Perú, a fin de hacer llegar sus productos y servicios a la mayor cantidad de usuarios, comercios y/o clientes corporativos.

Bajo este contexto es que surge la oferta por parte del operador América Móvil<sup>1</sup> del servicio de Triple Play, el cual consiste en la distribución de los servicios de voz, video y datos, bajo una misma plataforma de comunicaciones basada en redes HFC, las mismas que empezaron a desplegarse en el país a partir del año 2008, inicialmente en la ciudad de Lima y posteriormente se introdujo a las ciudades de provincia, llegando a la ciudad de Arequipa a mediados del año 2010, coincidiendo con el “Boom” de la construcción civil que se vivía, en ese momento en dicha ciudad, lo que hizo posible la construcción no solo

---

<sup>1</sup> América Móvil, en adelante Claro, por ser la denominación que usa dicha empresa en el Perú, desde que empezó a operar en el año 2005.

de más viviendas sino también de grandes centros comerciales como el Real Plaza, Mall Aventura Plaza y Parque Lambramani, siendo este último objeto del presente informe.

Es en ese sentido y a fin que de atender la demanda, de las diferentes tiendas y comercios alojados al interior del Centro Comercial Parque Lambramani, del servicio de Triple Play provisto por Claro, que se hace necesaria la implementación de una red de distribución coaxial, basada en tecnología HFC, que permita atender la mencionada demanda.

## **1.2 Descripción del problema**

Falta de un medio de transmisión para una red de comunicaciones en el Centro Comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa, que permita al operador Claro, brindar los servicios de TV, datos y voz a las diversas tiendas y negocios existentes en dicho centro comercial.

## **1.3 Objetivos del trabajo**

Plantear la implementación de una red de distribución coaxial, la cual formará parte de la red HFC del operador Claro, al interior del Centro Comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa, que permita proveer de los servicios de TV, datos (banda ancha) y voz, en un solo paquete llamado Triple Play<sup>2</sup>, brindados por el mencionado operador, a las diversas tiendas y negocios existentes en dicho centro comercial, no limitándose solo a los servicios antes mencionados sino que esta red sirva como plataforma de otros servicios como telefonía pública y servicios de valor agregado como por ejemplo conectividad POS IP, cuentas de correo y dominio propio, alojamiento web, fax virtual entre otros.

## **1.4 Evaluación del problema**

Hoy en día se puede ver y sentir el rápido avance de la tecnología y de esto no son ajeno las telecomunicaciones, ya que ello trae consigo una mayor demanda de servicios los mismos que a su vez requieren grandes anchos de banda a fin de satisfacer las expectativas de los clientes que pueden ser empresas, corporaciones, pasando por las PYMES, MYPES y llegando al ciudadano de a pie.

Asimismo actualmente el país vive un auge económico, con ello el poder adquisitivo de la gente ha aumentado, propiciando la obtención de nuevos productos y servicios, un reflejo de lo que se menciona, es que actualmente se vive el “Boom” de la construcción de centros comerciales, los cuales irán a justamente a satisfacer las demandas de la población.

Por otro lado el desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) ha propiciado el uso de esta como herramienta fundamental en la cadena productiva y de

---

<sup>2</sup> Triple Play; conjunto de servicios que se entregan en un solo paquete, consistente en televisión por cable, telefonía fija e Internet.

negocio de la mayoría de tiendas y comercios interesados en promocionar y vender sus productos y/o servicios.

Es en este escenario en el que se combinan los 03 factores: a) aumento del poder adquisitivo de una gran parte de la población debido al crecimiento económico del país lo cual trae consigo; b) la construcción de nuevos centros comerciales con tiendas y comercios dispuestos a satisfacer las demandas del ciudadano en cuanto a bienes y/o servicios y finalmente c) el desarrollo y uso de las TICs como herramienta productiva y de negocio.

Dicho contexto requiere de una infraestructura de telecomunicaciones robusta, moderna y confiable en la cual puedan interactuar de alguna manera los 03 factores antes señalados, operando bajo una tecnología de comunicaciones que permita el despliegue de servicios de banda ancha, que a su vez permitirá satisfacer las demandas y deseos de los usuarios.

Hoy en día existen varias tecnologías que permiten a las operadoras, brindar los servicios de voz, video y datos al público en general. Una de ellas es el DBS o Direct Broadcast Satellite<sup>3</sup>, con la cual es posible dar servicios de telecomunicaciones, a través del satélite operando en la banda Ku. A los usuarios que desean este tipo de servicio se les instala una antena en su hogar a fin de recepcionar la señal proveniente del satélite. Otros sistemas inalámbricos como el MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y LMDS (Local Multipoint Distribution System), permiten también brindar servicios de video y datos, pero se encuentran limitados por el hecho de que debe haber línea de vista entre la estación repetidora y el local del usuario, aparte de la atenuación que sufre la señal por efecto de la lluvia<sup>4</sup>, ya que se trabaja en la banda de frecuencia de 2.5 GHz a 2.7 GHz, para lo que es MMDS y 27.5 GHz a 29.25 GHz para LMDS, sin contar posibles interferencias externas y disminución de la tasa de transmisión con la distancia.

Finalmente se tiene también disponible las tecnologías alámbricas, como el ADSL y DOCSIS que permiten el paso de información a través de las líneas telefónicas y las redes de cable respectivamente; las cuales se encuentran desplegadas en la mayor cantidad de ciudades (sobre todo capitales de Departamento) del país y constituyen la alternativa de solución al problema planteado ya que no presentan las limitaciones de las tecnologías inalámbricas aparte de poseer mayores tasas de transmisión en lo que a distribución de servicios se refiere.

### **1.5 Síntesis del documento**

En el presente se informe se da los lineamientos necesarios para poder implementar una red distribución coaxial dentro de una superficie cerrada, como lo es un centro co-

---

<sup>3</sup> En el Perú es brindado por la empresa Direct TV.

<sup>4</sup> Por lo general las lluvias se presentan en la ciudad de Arequipa entre los meses de Diciembre a Marzo.

mercial, con la complejidad que conlleva que este se encuentra en funcionamiento y abierto al público. Asimismo la particularidad del diseño es que se tiene que realizar de manera teórica, ya que al momento de la implementación no se dispone del software correspondiente. No esta demás decir que este tipo de redes generalmente se diseñan usando programas u aplicaciones computacionales, en ese sentido es que se hace necesario realizar in situ un diseño a fin de implementar la red que atenderá la demanda del servicio de Triple Play por parte del Centro Comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa. Cabe señalar que este diseño teórico será verificado por las mediciones que se obtengan de la red una vez que este implementada.

El presente informe contiene en total 4 capítulos, cada capítulo se detalla a continuación:

- El capítulo I explica el planteamiento de ingeniería del problema.
- El capítulo II es el marco teórico conceptual, el cual presenta los conceptos necesarios para el correcto entendimiento del presente informe de competencia profesional. Asimismo se explica teóricamente como diseñar una red de distribución coaxial, valiéndose del puro cálculo matemático.
- El capítulo III describe los parámetros, acciones, recursos y tiempos a tener en cuenta para llevar a cabo en la práctica la implementación de la red.
- En el capítulo IV se compara los resultados obtenidos teóricamente con los medidos en campo una vez implementada la red, se analizan y se explica la causa principal de la diferencia de dichos resultados.
- Finalmente se presenta las conclusiones y las recomendaciones referentes a la implementación realizada.

## **CAPÍTULO II**

### **CONCEPTOS TEÓRICOS DE REDES HÍBRIDO FIBRA COAXIAL**

En este capítulo se hace una descripción de los fundamentos teóricos que se utilizarán para llevar a cabo inicialmente el diseño y luego la implementación de la red de distribución coaxial al interior del centro comercial Parque Lambramani.

Cabe señalar que para el despliegue de una red que provea el servicio de Triple Play en el centro comercial, es necesario conocer el tipo de red sobre la cual se está trabajando, los elementos que la componen y la tecnología de banda ancha que permita que los servicios de Triple Play lleguen a las personas o empresas que así lo soliciten.

#### **2.1 Red Híbrido Fibra Coaxial - HFC**

Es una red de telecomunicaciones bidireccional que básicamente está conformada por una red troncal de fibra óptica y una red de distribución coaxial (la cual será objeto de este informe), las mismas que servirán como soportes de la transmisión de las señales, constituyéndose en una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicaciones como por ejemplo el de Triple Play.

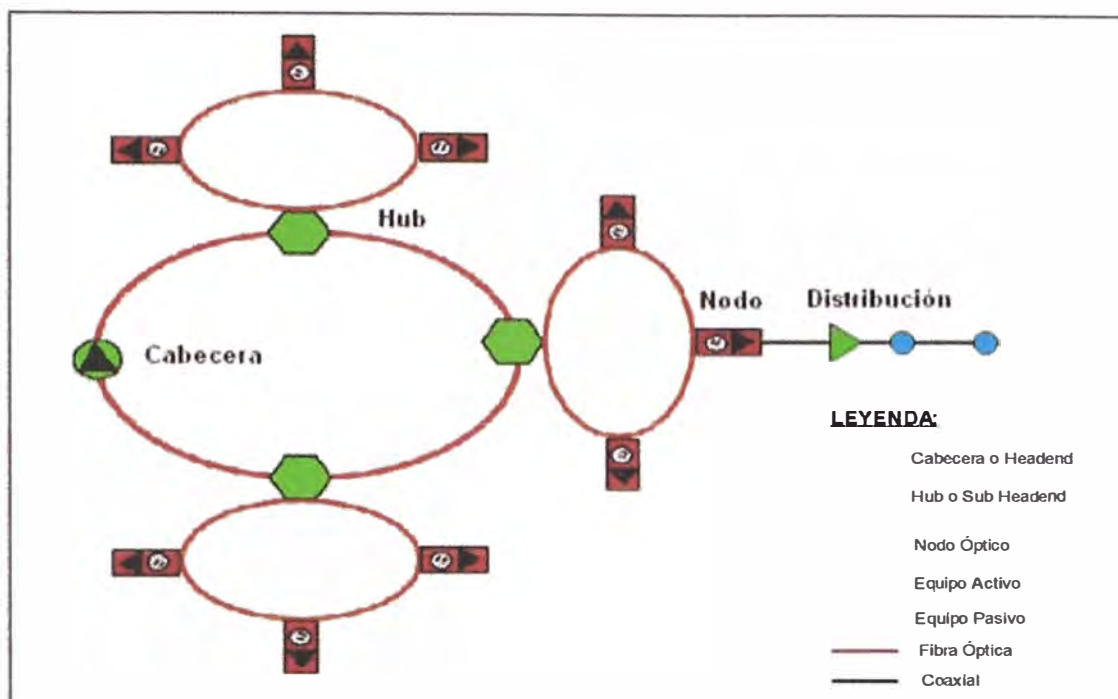
Este tipo de redes nacen como evolución de las antiguas redes de CATV<sup>5</sup>, las cuales constan de dividir las zonas de servicios en grupos de 500 a 2000 viviendas llamados nodos. La señal llega a cada nodo a través de cables de fibra óptica (que por lo general se despliega en una configuración tipo anillo) y esta a su vez es repartida dentro de los nodos por medio de cable coaxial, tal como se muestra en la figura 2.1.

Como ya se mencionó anteriormente, en la red HFC se combina la fibra óptica y el coaxial para aprovechar las cualidades que ambos presentan; por un lado las bajas pérdidas e interferencias de la fibra óptica y por el otro lado el bajo costo, la sencillez de instalación y conexiones de los cables coaxiales.

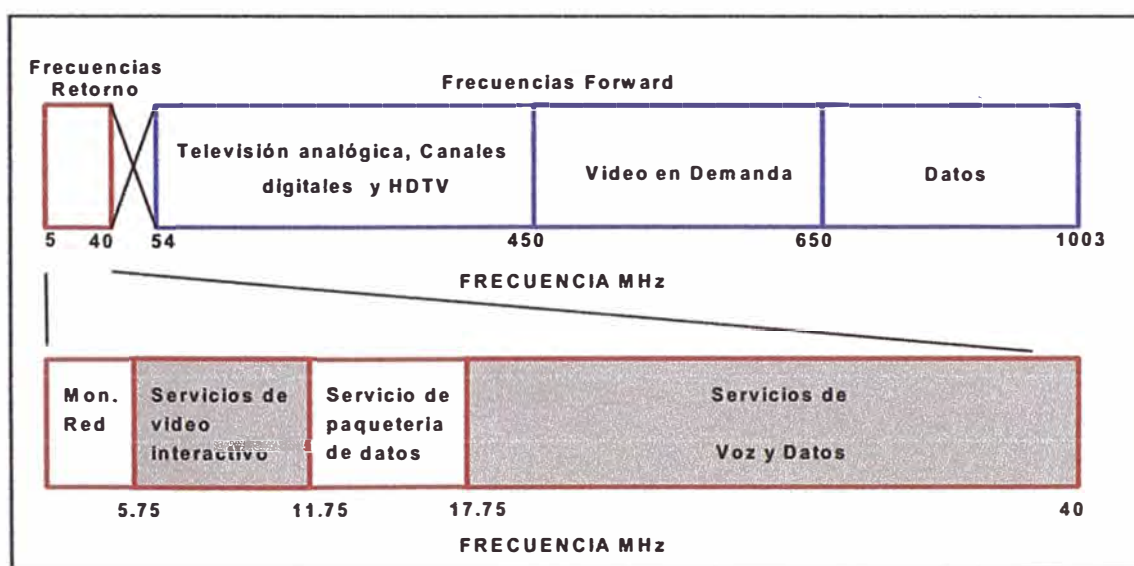
Es en ese sentido que la red híbrida permite a los operadores ofrecer los servicios de televisión por cable, así como el servicio de banda ancha (Internet). El ancho de banda a utilizarse es de 1 GHz, lo que posibilita ofrecer mejor calidad en cuanto a los servicios integrados. En la figura 2.2 se muestra la distribución de las frecuencias del espectro para redes HFC.

---

<sup>5</sup> CATV, Cable Televisión o televisión por cable.



**Figura 2.1** Esquema de una Red HFC, compuesta por redes troncales de fibra óptica en configuración de anillo y redes de distribución coaxial asociadas a cada nodo. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.2** Distribución de frecuencias para el espectro de redes HFC. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>

Cabe señalar que la estandarización de las redes HFC se ha hecho mediante el conjunto de especificaciones DOCSIS<sup>6</sup>, el cual se tratará a detalle más adelante.

Los principales componentes de una red HFC son: cabecera, red troncal, nodo, red de distribución y equipo de abonado

<sup>6</sup> DOCSIS: Data Over Cable Services Interface Specification, en español es, Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable.



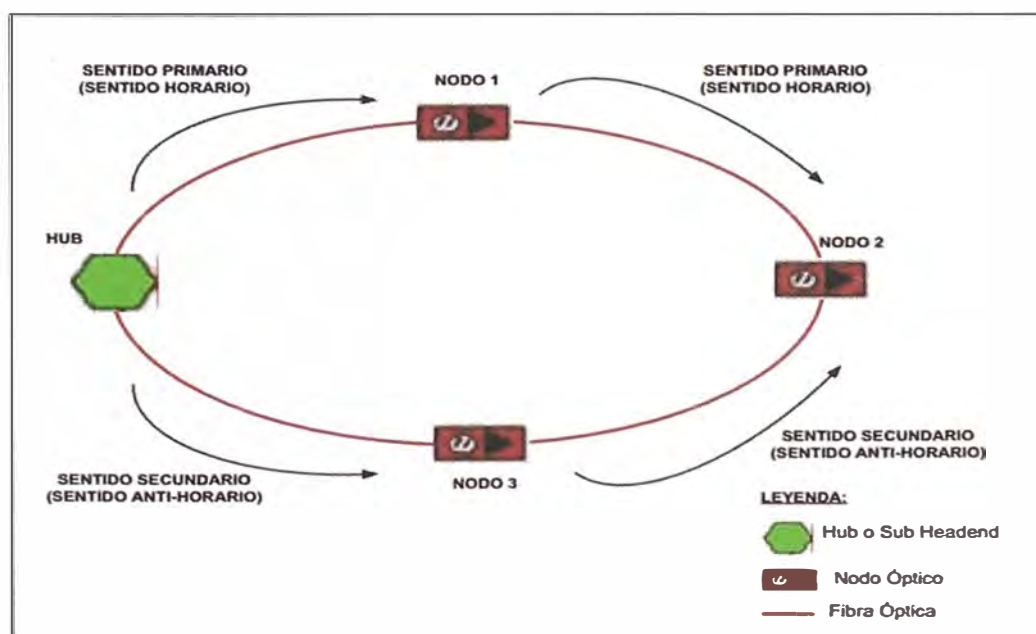
### a) Cabecera

También llamado Head End, constituye el núcleo y parte principal de todo el sistema. Es donde se generan, distribuyen y reciben las señales (que van hacia los abonados) que luego van a ser distribuidas por toda la red. Por lo general en ella se encuentran los servidores principales que dan acceso al resto de la red (Internet). Dispone de una serie de equipos de recepción terrenal, vía satélite y de microondas (antenas, moduladores, codificadores receptores, divisores), así como de enlaces con otras cabeceras. La cabecera es también la encargada de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento.

### b) Red troncal

Conforma la primera parte de la red, que va desde la cabecera hasta los nodos, que es como se suele llamar, a este último, al equipo opto electrónico que transforma las señales ópticas (luz) a señales de RF que serán repartidas a través de la red de distribución coaxial. No está demás decir que el nodo constituye la "frontera" entre ambas redes la troncal y la de distribución.

Esta red se presenta en una configuración en forma de anillo redundante de fibra óptica (FO) que une a un conjunto de nodos. En la figura 2.3, se puede apreciar que los nodos se alimentan en ambos sentidos, horario (llamado también primario) y anti-horario (llamado también secundario), por lo que si la señal del sentido primario, por algún motivo no llegase al nodo, entonces automáticamente conmutara al lado secundario, lo cual demuestra la robustez de este tipo de configuración en anillo, ya que al nodo óptico le seguirá llegando señal, para distribuir a los usuarios del servicio.



**Figura 2.3** Esquema de anillo óptico redundante. Fuente: Elaboración propia.

### **c) Nodo**

Anteriormente se había definido al nodo como el equipo que convierte la señal óptica proveniente de la cabecera o Hub en señal de RF, la cual se distribuirá hacia los abonados de los servicios de telecomunicaciones.

Pero el concepto de nodo, en el presente informe, va mucho más allá pudiéndose entender también, como una concentración geográfica con un número determinado de casas que de acuerdo a las necesidades de los servicios de telecomunicaciones podrían ser de 200 a 700, unidas a través de una red de cable coaxial (distribución) conformada tanto por elementos activos, pasivos y el cable coaxial propiamente dicho.

Como se mencionó antes, en un nodo existen elementos activos y elementos pasivos, donde los elementos activos son aquellos que de alguna manera elevan los niveles de potencia de la señal y requieren de alimentación de AC para su funcionamiento; mientras que los elementos pasivos son aquellos que no requieren de alimentación o fuente de energía para operar.

Asimismo también se mencionó que en un nodo hay una red troncal y una red de distribución. En este caso la red troncal la conforman cables coaxiales calibre .500 (versión comercial P3 500 y RG500) que se enlazara a la red de distribución por medio de un solo amplificador, donde a partir de éste empieza la red de distribución, formada también por cable coaxial RG500, acopladores direccionales, divisores, así como también de taps que es el elemento final de conexión al usuario.

En resumen, un nodo equivale a una red de cable coaxial que da servicio a un cierto número de usuarios, con origen en un receptor óptico. Un conjunto de varios nodos se concentran a través de cables de fibra óptica en un Hub, mientras que los Hubs se conectan a la cabecera mediante cables de fibra óptica, tal como se mostró en la figura 2.1.

### **d) Red de distribución**

Es la parte de la red que comienza desde las salidas del nodo (por lo general son 04) y está formada por cables coaxiales, en este caso se usara el cable coaxial RG500, que servirá como medio para alimentar a los equipos amplificadores de señal y estos últimos a su vez a los equipos de derivación de la señal hacia los abonados llamados taps, de estos taps se hará la distribución de la señal hacia los suscriptores del servicio mediante un cable coaxial de acometida, que en este caso será el RG6.

Cabe señalar que los cables coaxiales que unen equipos activos llámese Nodo-Amplificador o Amplificador-Amplificador se denominan cables coaxiales troncales o cables expresos; mientras que los cables coaxiales que van de los amplificadores hacia los taps, acopladores y divisores (elementos pasivos) o que conecten equipos pasivos entre sí, se denominan cables coaxiales de distribución.

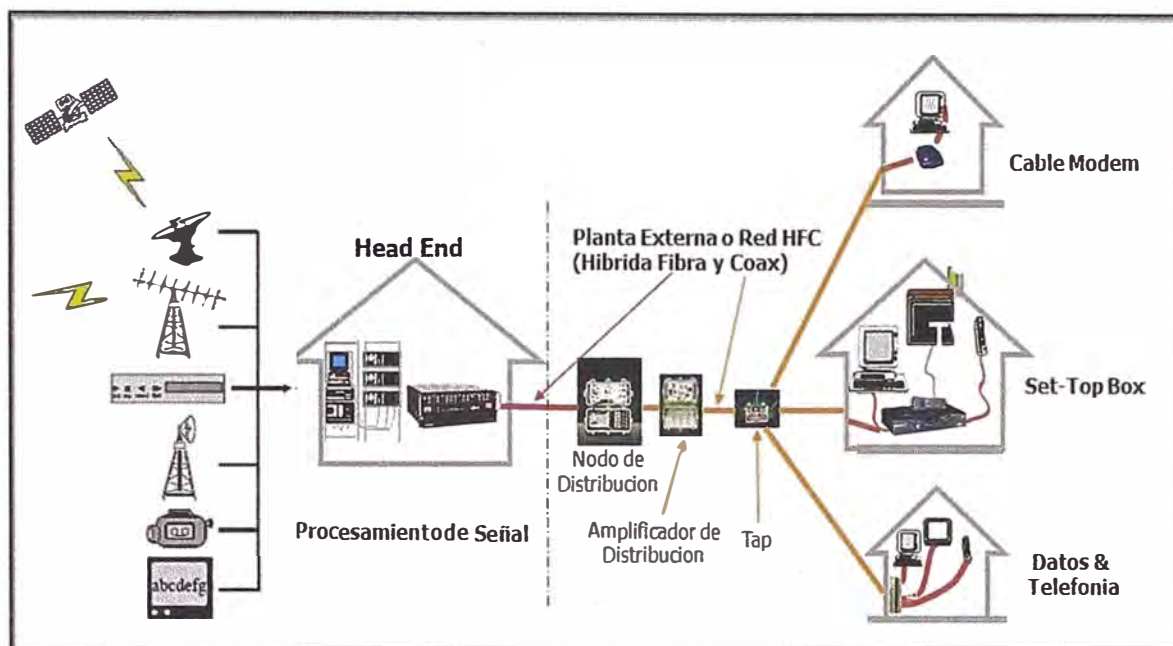


### e) Equipo de abonado

Básicamente se refiere al cable modem que se encuentra en las residencias de los abonados y que hace posible la distribución de los servicios de banda ancha, como por ejemplo el Internet de alta velocidad.

Asimismo se debe considerar el Set Top Box<sup>7</sup> que se encargara de recibir la señal de TV proveniente de la cabecera, la cual demodulará y enviará al aparato de televisión.

La figura 2.4, muestra de manera más clara el esquema general de una red HFC. [1]



**Figura 2.4** Distribución general de la red y sus componentes. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>

## 2.2 DOCSIS

Hasta ahora se ha definido lo que es una red HFC, asimismo se ha ampliado el concepto de nodo, pero todo ello no sería posible o en tal caso no se podría brindar los servicios de banda ancha a través de ellos, sin mencionar antes el estándar DOCSIS, el cual define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, lo cual permite a su vez añadir transferencias de datos de alta velocidad sobre una infraestructura HFC existente.

De igual forma que ocurre en una red de par trenzado de cobre (telefonía), no se podría hablar de los servicios de banda ancha (Internet) que podrían pasarse a través de la misma, sin antes definir a la tecnología que permite dichos servicios, que en este caso es el ADSL<sup>8</sup>.

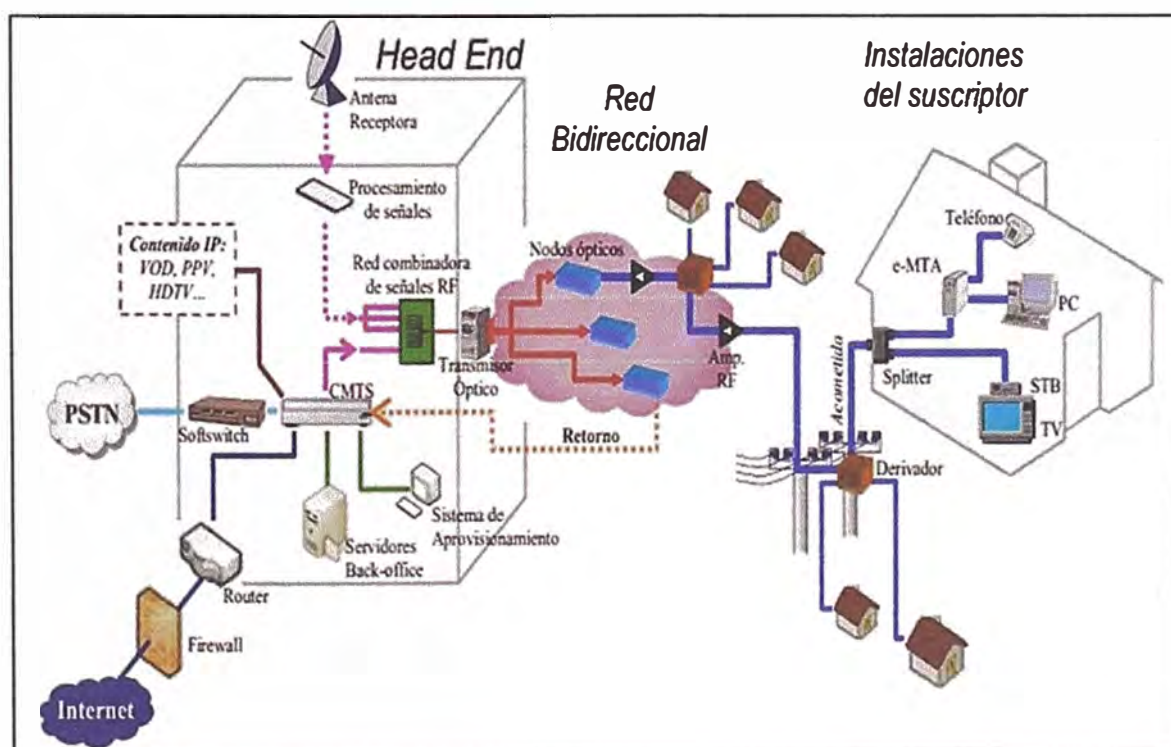
<sup>7</sup>Set Top Box, es el equipo electrónico se encarga de recibir una señal digital de video y de comprobar que se tenga permiso para ver esta señal, la demodulará y enviará al televisor analógico.

<sup>8</sup> ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line, en español, Línea de Abonado Digital Asimétrica, es una tecnología que consiste en la transmisión analógica de datos digitales sobre el par de cobre que representa la línea telefónica.

Para poder hacer una definición del estándar DOCSIS en sus diferentes versiones hasta la fecha, es preciso remontarse a su origen. En los años anteriores a 1997, antes que el estándar DOCSIS existiera, cada proveedor de CATV implementaba su propia forma de transportar datos a través de su red coaxial. Estas eran soluciones propietarias y no eran interoperables entre sí. Entre más conocidos y exitosos se volvieron estos sistemas, surgió la necesidad de crear un estándar, el cual traería muchos beneficios a la industria del cable, ya que habría interoperabilidad y los costos se reducirían.

Desarrollado por CableLabs en conjunto con el grupo Multimedia Cable Network System Partners (MCNS), cuyos miembros incluían a las empresas TCI, Time Warner, Cox, Comcast, Continental, Rogers, entre otros, fue aprobada su primera versión por la ITU en marzo de 1997, en esta se definía las interfaces estándar para los cables módems y el equipo de soporte en cabecera o Hub. Cabe señalar que con la certificación de CableLabs, los proveedores serían capaces de producir cable módems para venta al consumidor final, y los consumidores no tendrían que depender más de los cables módems “prestados” por los operadores.

La norma DOCSIS establece funciones que permite transmitir paquetes IP transparentemente entre la Cabecera o Hub y el suscriptor del servicio. A continuación se enunciarán los elementos principales que componen una red que opera bajo las especificaciones de DOCSIS, los mismos que se muestran en la figura 2.5.



**Figura 2.5** Componentes de una red que opera bajo el estándar DOCSIS. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>

### **a) Componentes en el Head End o Cabecera**

- **Cable Modem Termination System (CMTS):** Es el equipo que se encuentra en la cabecera de la red HFC y es el responsable del acceso a los servicios de datos de alta velocidad, así como también a los recursos de la red, los cuales serán reservados únicamente cuando exista una petición de servicio. Asimismo tiene como función administrar a todos a los cables módems de la red.
- **Servidores de Back Office:** Es la parte del sistema que se encarga de administrar tanto a la red como al servicio que esta presta, incluido el proceso comercial ya que se encargan de áreas estratégicas como administración de fallas, rendimiento, seguridad, tarificación y configuración.
- **Softswitch:** Es un dispositivo que provee control de llamadas y servicios inteligentes en redes de conmutación de paquetes (como lo es IP).
- **Servidores de aprovisionamiento:** Se tiene los servidores DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), DNS (Domain Name Server) y TFTP (Trivial File Transfer Protocol), necesarios para el aprovisionamiento de dispositivos terminales de usuario (Cable modem, Set Top Box y MTA).
- **Combinador de señales RF:** Encargado de juntar todas las señales de RF generadas en la cabecera, a fin de enviarlas a través del transmisor óptico a la red.

### **b) Componentes de la red bidireccional**

- **Red HFC:** La cual está compuesta por una red troncal de fibra óptica (por lo general en una configuración de anillo) y redes de distribución coaxial.
- **Equipos activos de la red:** Básicamente se refiere al nodo, fuente y amplificadores de señal, los cuales necesitan de energía AC para poder operar.
- **Equipos pasivos de la red:** Son los encargados de derivar la señal hacia los usuarios, estos equipos son básicamente los divisores, acopladores, taps y splitters<sup>9</sup>.

### **c) Componentes en las instalaciones del suscriptor del servicio**

- **Cable Modem (CM):** Es el equipo localizado en el sitio del cliente y se utiliza principalmente para distribuir los servicios de banda ancha al usuario, aprovechando el ancho de banda que no se utiliza en la red de TV por cable
- **Set Top Box (STB):** Es el equipo receptor o caja decodificadora encargado de la recepción y decodificación de la señal digital de televisión, para luego ser mostrada en un televisor convencional analógico.
- **Adaptador Terminal Multimedia (MTA):** Es un adaptador que permite convertir la voz

---

<sup>9</sup> Splitter: Es un componente pasivo que se utiliza para dividir la señal en partes iguales, en caso de tener 02 salidas y por lo general se instala al interior de la vivienda de los abonados.

en paquetes IP. El algoritmo de codificación/decodificación que emplea de manera obligatoria corresponde al estándar G.711<sup>10</sup> y se encuentra dentro del cable módem.

- **Equipo local del cliente (CPE):** Es el equipo electrónico usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. Se encuentra del lado del cliente, pudiendo ser el televisor, computadora, fax, laptop, etc.

Cabe señalar que CableLabs, se encarga actualmente de establecer un control para la actualización y revisión estricta de las versiones de DOCSIS, las cuales se pasarán a detallar a continuación. [2]

### 2.2.1 DOCSIS 1.0

Fue la primera versión del estándar de interoperabilidad que básicamente establece las características del equipo de Cabecera y de Suscriptor, así como el protocolo de la transmisión de datos. Sus componentes, además de la red de cable acondicionada según recomendaciones de la misma especificación, son el Sistema de Terminación de Cable Módems (CMTS), el cable modem (CM) y servidores de “back office”.

Como se vio en la figura 2.5, el CMTS es el componente de la cabecera que administra los cable módems de la red, mientras que el cable modem es el equipo de abonado que modula la señal digital proveniente de la computadora sobre una portadora analógica para transmitirla a través de la red de cable; los servidores de “back office” son aquellos requeridos para establecer la comunicación y definir los servicios que cada cable modem ofrecerá al suscriptor o abonado del servicio. Como ya se mencionó anteriormente son tres los servidores “back office” indispensables:

- Servidor DHCP** (Protocolo de Configuración Dinámica de Anfitrión): El cual asigna de manera dinámica las direcciones IP entre los cables módems.
- Servidor TFTP** (Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos): El cual habilita la transferencia del archivo de configuración al cable modem y la descarga de actualizaciones de software.
- Servidor DNS** (Servidor de nombre de dominio): Cuya función principal es dar nombre a las direcciones IP en la red.

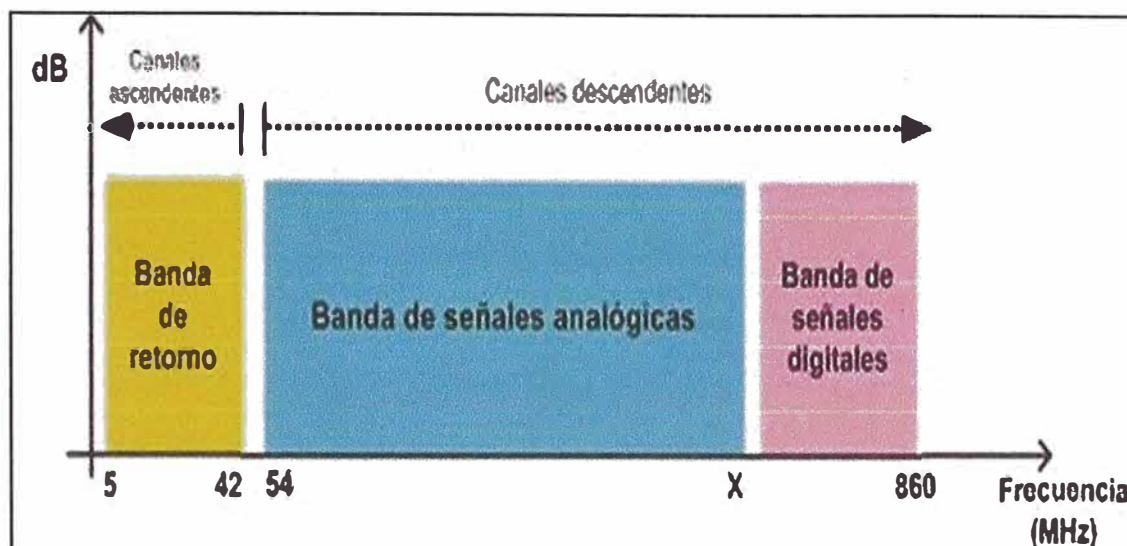
El acondicionamiento de la red de cable, también se define en las especificaciones de las interfaces de radiofrecuencia para que, tanto el fabricante del equipo como el operador de cable, las consideren en la implementación del sistema y se garantice con ello el óptimo funcionamiento de la red.

---

<sup>10</sup> G.711, es un estándar de la ITU-T para la codificación digital de una señal de audio en frecuencias de la voz humana, mediante palabras de 8 bits de resolución, con una tasa de 8000 muestras por segundo, proporcionando un flujo de datos de 64 Kbit/s.



Entre los parámetros definidos en las especificaciones de radiofrecuencia, se encuentra el rango de frecuencias empleado por cada enlace de transmisión; el rango comprendido entre 5 - 42 MHz para el retorno o upstream (usuario-cabecera) y 54 - 860 MHz para el canal descendente o downstream (cabecera-usuario), tal como se aprecia en la figura 2.6:



**Figura 2.6** Banda de frecuencias para DOCSIS. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

Otros parámetros importantes detallados en la especificación de cada versión de DOCSIS, son el ancho de banda del canal de radiofrecuencia (6 MHz), el tiempo de transmisión entre la cabecera y el equipo de abonado más lejano (0.8 msec), la relación portadora a ruido (CNR), no menor a 35 dB, la relación portadora a batido de segundo orden (CSO), no menor a 41 dB y la relación portadora a batido de tercer orden (CTB), no menor a 41 dB. Estos 03 últimos conceptos se definen a continuación:

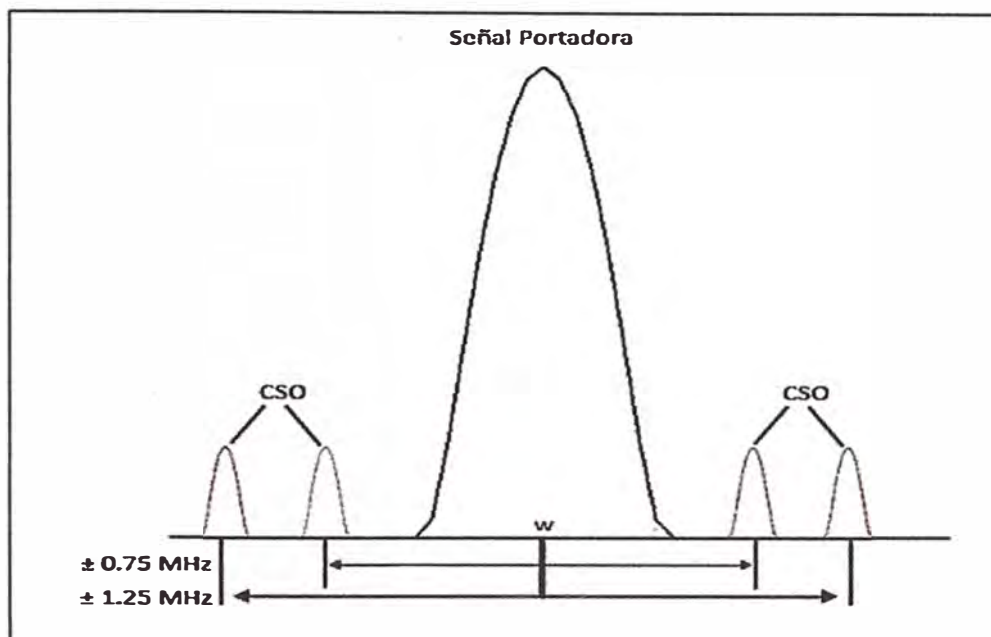
**a) Relación de portadora a ruido (Carrier to Noise Rate o CNR):** Es un parámetro utilizado en la medición de la relación de la potencia de la portadora y el ruido blanco<sup>11</sup> en un ancho de banda específico. Comúnmente esta relación se da en dB. Usualmente se confunden los términos SNR y CNR, pero es necesario tomar en cuenta que son diferentes, dado que el CNR es una relación de la señal a ruido pero en una señal modulada.

**b) Batido compuesto de segundo orden (Composite Second Order Beat o CSO):** También llamado distorsión de segundo orden compuesto, es una interferencia causada por la mezcla no deseada de portadoras en el sistema, debido a las no linealidades de segundo orden presentes en los equipos del sistema de difusión de televisión por cable.

<sup>11</sup> El ruido blanco, es conocido como ruido térmico, dado que depende de la temperatura, o ruido gaussiano puesto que sigue una distribución gaussiana.

Esta combinación de señales en el medio de transmisión y su amplificación generan otras portadoras que caen en algunas posiciones del espectro. En el caso de la distorsión de segundo orden compuesto éstas caen alrededor de la frecuencia de las portadoras de video.

Como se observa en la figura 2.7, en el peor de los casos para un sistema de televisión por cable que posea el sistema estándar de ubicación de frecuencias, la CSO se encuentra en  $\pm 0.75$  MHz y en  $\pm 1.25$  MHz de la señal portadora de video.



**Figura 2.7** Ubicación de la distorsión CSO, donde  $w$  es la frecuencia principal de la señal portadora. Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010\\_038.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_038.pdf).

Un fenómeno que se puede presentar es la ubicación de varios batidos dentro de la banda de un canal, lo que provoca una mayor degradación de la señal. También, se debe tomar en cuenta que, entre mayor sea cantidad de canales, mayor será la cantidad de batidos posibles, con lo que, de acuerdo con el número de canales, existirá la posibilidad de que un canal sea el más afectado por el CSO.

Cuando se muestra un nivel muy elevado a la salida de los amplificadores mayor es la posibilidad de batidos y a causa de ello se presenta una variación en el CSO

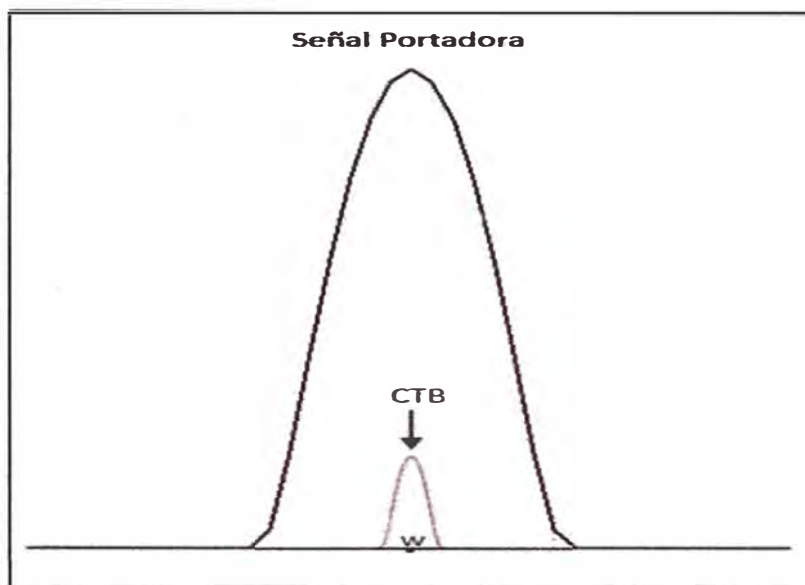
Cabe señalar que el efecto de la CSO se presenta como ondulaciones diagonales en la pantalla.

**c) Batido compuesto triple (Composite Triple Beat o CTB):** También llamado batido compuesto de tercer orden, es un tipo de distorsión ocasionada por la mezcla no deseada de tres portadoras o una armónica y una portadora que, a diferencia del CSO cae directamente en la posición de la portadora de video.

El CTB se presenta debido a las no linealidades de tercer orden en los equipos del sistema de televisión por cable.

Si las frecuencias de las tres señales portadoras se representaran como  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  y su segundo armónico se representara como  $2F_1$ ,  $2F_2$  y  $2F_3$  respectivamente, se tendrán muchas posibles combinaciones de batidos diferentes que al final afectarían al sistema, estas combinaciones vendrían a ser:  $\pm F_1 \pm F_2 \pm F_3$ ,  $\pm 2F_1 \pm F_2$ ,  $\pm 2F_1 \pm F_3$ ,  $\pm 2F_2 \pm F_1$ ,  $\pm 2F_2 \pm F_3$ ,  $\pm 2F_3 \pm F_1$ ,  $\pm 2F_3 \pm F_2$ .

Sin importar las múltiples combinaciones que se puedan formar, es importante tener en cuenta que las únicas que afectarían al sistema de cable son las que se encuentran dentro de su rango de frecuencia. En la figura 2.8 se observa la ubicación de la distorsión CTB, la cual está ubicada en la frecuencia central de la señal portadora de video.

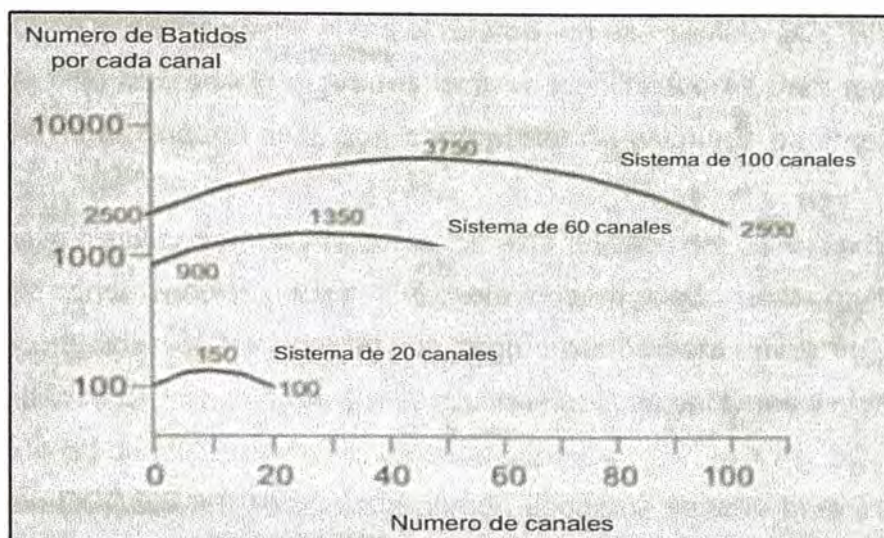


**Figura 2.8** Ubicación de la distorsión CTB, donde  $w$  es la frecuencia principal de la señal portadora. Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010\\_038.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_038.pdf).

Es importante tener en cuenta que, para sistemas entre 13 y 20 canales, el efecto producido por el CTB o el CSO es mucho menor que para sistemas de más canales.

Conforme aumenta la cantidad de canales en un sistema, el número de señales producidas por el CTB crece rápidamente; por ejemplo, en el caso de un sistema de 100 canales la cantidad de señales CTB generadas será mayor o igual a 3750, tal como se observa en la figura 2.9. Algunos de los efectos sobre la señal del cliente son líneas delgadas horizontales en la imagen.

Cabe señalar que la primera versión de DOCSIS ofrecía muy baja calidad de servicio en la transmisión de datos, un solo identificador y una clase de servicio para ambos enlaces, pero ello no era suficiente para manejar tráfico en tiempo real en determinados servicios de voz y video, como por ejemplo la telefonía. De hecho, DOCSIS 1.0 se conoce como una tecnología del "mejor esfuerzo" o "best effort" en vista de que no garantizaba la calidad de servicio en la transmisión. Por esta razón fue necesario modificar la primera versión para generar una revisión del estándar. [3]



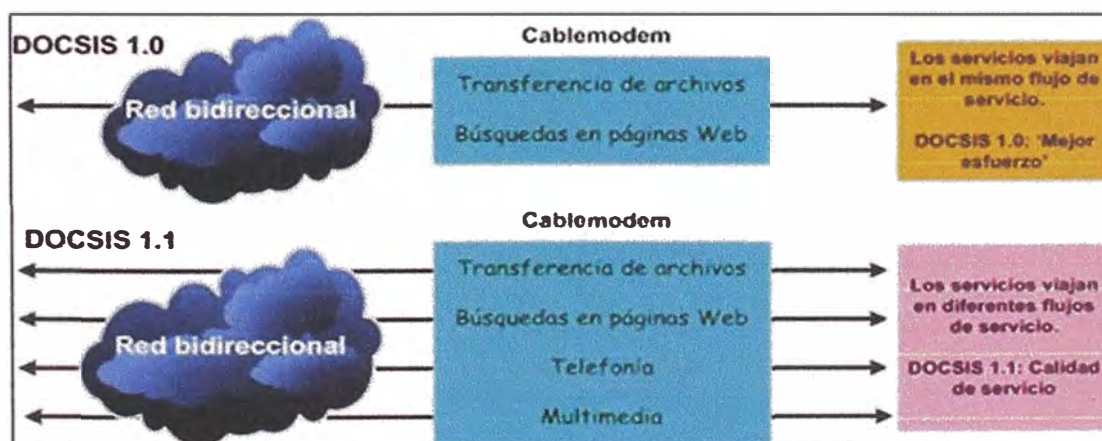
**Figura 2.9** Cantidad de señales CTB generadas en diferentes sistemas de canales.

Fuente: [http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010\\_038.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_038.pdf)

### 2.2.2 DOCSIS 1.1

Para esta versión se realizaron ajustes en la calidad de servicio (QoS), en la clasificación de paquetes tanto en el canal ascendente (upstream) como en el descendente (downstream), en los flujos de servicio, en el establecimiento dinámico y calendarización del servicio, además de agregarle una Interfaz de Privacidad Básica (BPI+) para dar seguridad al sistema, entre otras nuevas funcionalidades.

Como se muestra en la figura 2.10, un flujo de servicio es la unidad fundamental en DOCSIS 1.1 para aprovisionar servicios con determinada calidad; es decir, los diferentes tipos de tráfico como voz, datos y video, pueden identificarse por separado (identificador de servicio) en el mismo cable modem con el propósito de dar trato especial en cuanto a calidad a cada tipo de tráfico.



**Figura 2.10** Comparación de flujos de servicio entre DOCSIS 1.0 y 1.1. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

En DOCSIS 1.0, un cable modem estaba asociado a un solo Identificador de Servicio y este identificador podía estar asociado con un solo nivel de calidad de servicio para am-



bos canales, tanto el descendente como el retorno, en ese sentido DOCSIS 1.1 introduce el concepto de flujo de servicio y sus respectivos identificadores para representar flujos de datos sobre determinado canal, con el propósito de asignarle parámetros de calidad de servicio.

En cuanto a la clasificación de paquetes, en esta revisión del estándar se agregan funcionalidades de concatenación para que el cable modem pueda enviar múltiples paquetes en una sola oportunidad de transmisión y la fragmentación para enviar una trama en múltiples oportunidades de transmisión. Con estas dos nuevas opciones se hizo más eficiente la transmisión de paquetes en la red de cable.

Asimismo en DOCSIS 1.0 se contaba con un esquema sencillo para encriptar el tráfico, denominado Privacidad Básica (BPI). Este esquema ofrecía una seguridad muy limitada. Fue por eso que hubo la necesidad de mejorarlo en la versión DOCSIS 1.1 con el nombre de BPI+, con el cual se agregaron certificados digitales para evitar que el usuario final falsificara la identidad del cable modem y pudiera robar o interrumpir el servicio. Uno de los certificados digitales se instala físicamente en el cable modem en el momento de su fabricación.

Las versiones 1.0 y 1.1 en conjunto se conocen como DOCSIS 1.x, soportan dos esquemas de modulación para cada enlace, así como diferentes anchos de banda de canal y tasas de transmisión, como se detalla en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 1.x. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

Enlace	Modulación	Rango de frecuencias (MHz)	Ancho de banda del canal (MHz)	Tasa total de transmisión (Mbps)	Tasa nominal de transmisión (Mbps)
<b>Descendente</b>	<b>256-QAM</b>	88-860	6.0	42.88	~38.0
	<b>64-QAM</b>	88-860	6.0	30.34	~27.0
<b>Ascendente (retorno)</b>	<b>16-QAM</b>	5-42	0.2	0.64	~0.6
			0.4	1.28	~1.2
			0.8	2.56	~2.3
			1.6	5.12	~4.6
			3.2	10.24	~9.0
	<b>QPSK</b>	5-42	0.2	0.32	~0.3
			0.4	0.64	~0.6
			0.8	1.28	~1.2
			1.6	2.56	~2.3
			3.2	5.12	~4.6

Se considera tasa nominal de transmisión a la tasa efectiva de datos de información que se pueden transferir, sin considerar los que se agregan (encabezado u overhead) para realizar el proceso de detección y corrección de errores que garantiza una transmisión libre de errores hacia el destino. Mientras que la tasa total se refiere a la capacidad

potencial de transmisión bajo ese formato de modulación, si no hubiera que destinar parte de ese total a incluir información relativa a la detección y corrección de errores.

Como se pudo ver en la tabla anterior, la máxima tasa de transmisión del enlace descendente es de 42.88 Mbps y del ascendente, de 10.24 Mbps.

Cabe señalar que la mayoría de sistemas en los que se ha considerado la transmisión de datos de alta velocidad a través de su red de cable, ya han desarrollado una arquitectura de red híbrida de fibra óptica y coaxial (HFC).

Si bien DOCSIS 1.0 y 1.1 no son mutuamente excluyentes, la compatibilidad entre estas dos versiones depende del cuidado que se dedique a su implantación así como para deshabilitar ciertas funciones, restringir el aprovechamiento a determinados parámetros y modificar el archivo de configuración del cable modem para lograr un desempeño exitoso.

La compatibilidad entre estas dos versiones se resume en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2** Compatibilidad entre DOCSIS 1.0 y 1.1. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

<b>CMTS</b>	<b>Cable Módems</b>	<b>Funcionamiento</b>
<b>Versión 1.0</b>	<b>Versión 1.0</b>	Totalmente compatibles
	<b>Versión 1.1</b>	Versiones compatibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>El CMTS 1.0 puede administrar cable módems 1.1 aunque el funcionamiento de éstos últimos está limitado a las características de la primera versión de la especificación.</li> </ul>
<b>Versión 1.1</b>	<b>Versión 1.0</b>	Versiones incompatibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>Un CMTS 1.1 no puede administrar cable módems que operan bajo una especificación anterior.</li> <li>El cable {modem 1.0 no cuenta con funcionalidades contempladas en la versión 1.1.</li> </ul>
	<b>Versión 1.1</b>	Totalmente compatibles.

El formato y contenido del archivo de configuración de un cable modem DOCSIS 1.1 es diferente al de un cable modem DOCSIS 1.0, por lo mismo, es importante no mezclar atributos en cable módems 1.0 y 1.1.

### 2.2.3 DOCSIS 2.0

Aprovechando todas las capacidades de DOCSIS 1.1, a principios de 2002 se publicó la segunda versión de esta especificación: DOCSIS 2.0, con la cual la industria pudo ofrecer mayores tasas de transmisión de datos en el canal ascendente o upstream. En ese sentido a través de canales de 6.4 MHz, se lograron las tasas de transmisión que se muestran en la Tabla 2.3.

Esta versión de DOCSIS agrega el uso de 32-QAM, 64-QAM y 128-QAM junto con una técnica de corrección de errores en el retorno llamada "Modulación por Codificación Tre-

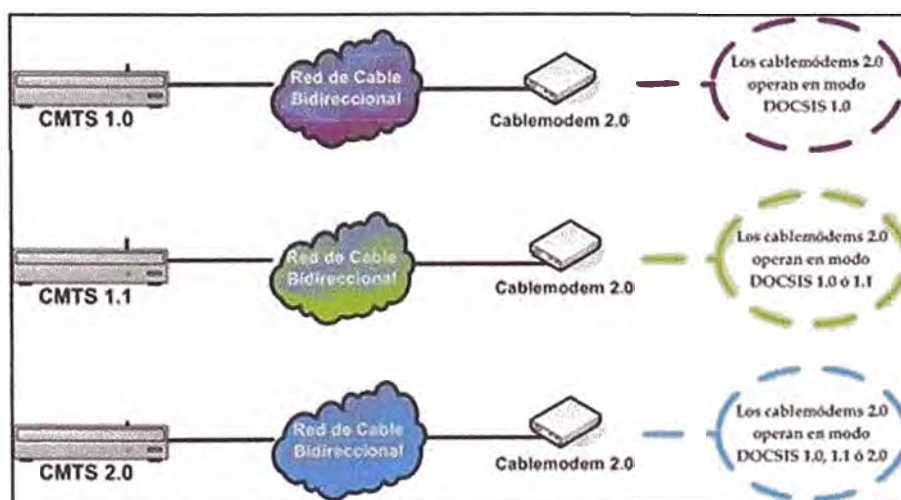
llis (TCM)"; mientras que para el enlace descendente, la tasa de transmisión no varió, continuando con los esquemas de modulación de 64 y 256 QAM.

Entre las ventajas más notables, se encuentra un significativo incremento en la capacidad del retorno (de 10 Mbps a 30 Mbps) debido al uso de esquemas de modulación de orden superior, mayor inmunidad al ruido, compatibilidad con versiones anteriores de DOCSIS y una mejor corrección de errores, entre otros. La adopción de este estándar también implica que la planta externa de la red de cable deba cumplir con ciertos requisitos para minimizar el ruido, evitar problemas de interferencia e incorporar monitoreo en la red para su eficaz operación y mantenimiento.

**Tabla 2.3** Esquemas de modulación y tasas de transmisión del canal ascendente en DOCSIS 2.0. Fuente: <http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

Enlace	Modulación	Rango de frecuencias (MHz)	Ancho de banda del canal (MHz)	Tasa total de transmisión (Mbps)
Ascendente (retorno)	32-QAM	5-42	3.2	12.80
	64-QAM	5-42	3.2	15.36
	16-QAM	5-42	6.4	20.48
	32-QAM	5-42	6.4	25.60
	64-QAM	5-42	6.4	30.72
	128-QAM	5-42	6.4	35.84

Asimismo en la figura 2.11, se muestra la compatibilidad que existe entre los cable módems DOCSIS 2.0 con los CMTS de versiones anteriores.



**Figura 2.11** Compatibilidad entre DOCSIS 1.x y 2.0. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

Por otro lado, las primeras versiones de cable módems difícilmente podrían operar de manera eficiente en los estándares modificados, porque carecen de funcionalidades que se agregaron conforme se hacían las nuevas revisiones.

A manera de resumen, las características más importantes de las primeras tres versiones de DOCSIS se definen en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Características generales de cada versión DOCSIS. Fuente: <http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

DOCSIS	Servicio	Característica
1.0	Acceso a Internet de alta velocidad	Especificación base
1.1	Telefonía	Calidad de servicio
2.0	Servicios simétricos	Mayor capacidad de transmisión

### 2.2.4 DOCSIS 3.0

A pesar de las mejoras que ha presentado la evolución de DOCSIS hasta la segunda versión, para manejar tráfico en tiempo real, las máximas tasas de transmisión desde y hacia el cable modem ya han encontrado un límite, si se desea incursionar en los servicios convergentes sobre las redes de cable.

La competencia y el deseo de ofrecer nuevos servicios por parte de los operadores, han generado la necesidad de contar con mayores tasas de transmisión en las redes DOCSIS. Aunque se utilicen mayores órdenes de modulación a 64-QAM y 256-QAM, como 1024-QAM en el enlace descendente, todavía existe un límite debido a que la máxima tasa de transmisión desde y hacia los cable módems está totalmente restringida por el ancho de canal de 6 MHz en el enlace descendente y de 6.4 MHz en el retorno.

Fue así como CableLabs comenzó a trabajar conjuntamente con varios fabricantes de equipos para proponer mejoras a las versiones anteriores de DOCSIS y en el mes de Setiembre de 2005 publicó las especificaciones de un CMTS modular (M-CMTS) basado en la tercera versión de DOCSIS que revolucionó la transmisión de datos en las redes de cable: DOCSIS 3.0. La fortaleza de esta versión radica básicamente en dos importantes innovaciones: la “unión de canales” y el “soporte de IPv6”, el protocolo de Internet de la próxima generación.

El propósito es que el operador de telecomunicaciones cuente con una forma más flexible de aumentar las tasas de transmisión de datos de ambos enlaces, con rangos que oscilarán entre los cientos y potencialmente, miles de millones de bits por segundo (Gbps).

Actualmente IPv4 es el protocolo de Internet que se viene utilizando ampliamente, pero de manera precipitada cada vez se acerca más a su límite; el número disponible de direcciones IP con formato de 32 bits que se traducen en un máximo de 4.2 billones de direcciones, están a punto de agotarse. Una gran variedad de artificios se han utilizado para extender la vida de este protocolo, pero no importa lo que se haga, IPv4 está llegando

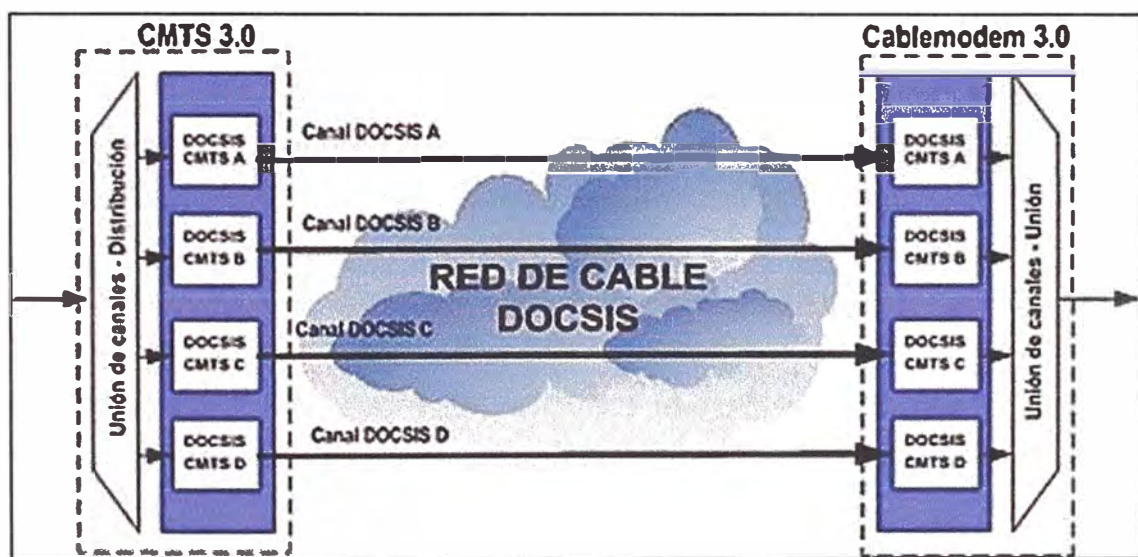


do a su fin porque el número de direcciones disponibles ya no es suficiente para enfrentar el crecimiento desproporcionado que ha tenido, tiene y tendrá Internet en los próximos años.

En ese sentido IPv6 trae consigo una amplia gama de mejoras al protocolo, entre ellos el uso de direcciones de 128 bits que arroja  $3.4 \times 10^{38}$  de direcciones IP disponibles; por lo que DOCSIS 3.0 está preparado para soportar IPv6 para beneficio de las redes de datos administradas por los operadores de cable.

La unión de canales (channel bonding, en inglés), por otra parte, es también de gran importancia en esta versión; el término se refiere a que los datos se transmitirán desde y hacia los cables módems utilizando múltiples canales de RF en vez de uno sólo, como suele hacerse en las versiones anteriores de DOCSIS.

Como se muestra en la figura 2.12, los canales no están físicamente unidos para transmitir la señal modulada digitalmente, sino que se unen de manera lógica para ensanchar el canal de comunicación. En el CMTS se distribuye la información para que viaje por diferentes canales y en el cable modem se recolecta y se ordena.



**Figura 2.12** Diagrama de la unión de cuatro canales en DOCSIS 3.0. Fuente:

<http://es.scribd.com/doc/225709201/DOCSIS-Definicion-y-Evolucion>.

Por ejemplo, hasta antes de DOCSIS 3.0, la tasa de transmisión del enlace descendente que comunica al CMTS con los cables módems, en un canal de 6 MHz de ancho y con un formato de modulación 256-QAM, es de 42.88 Mbps. Si tan sólo se unieran cuatro de estos canales, la tasa de datos combinada sería de  $42.88 \text{ Mbps} \times 4 = 171.52 \text{ Mbps}$  para el mismo enlace descendente. El cable modem DOCSIS 3.0 será capaz de recibir datos de manera simultánea provenientes de estos cuatro canales lógicos, que corresponden a un solo canal de mayor capacidad, aunque estén separados físicamente; es decir, ni siquiera deben ser canales de RF adyacentes.

La importancia de este desarrollo indica que, al unir 10 canales convencionales, el enlace sería de  $42.88 \text{ Mbps} \times 10 = 420.88 \text{ Mbps}$  y al unir 24 canales, el enlace tendría una capacidad de  $1,024.12 \text{ Mbps}$ , o lo que es lo mismo,  $1 \text{ Gbps}$ , algo antes inimaginable para la transmisión de datos en una red de cable.

Los mismos resultados se pueden aplicar al canal de retorno, elevando significativamente la máxima tasa de transmisión del enlace en DOCSIS 2.0 que es de  $30.72 \text{ Mbps}$ .

En términos generales, DOCSIS 3.0 contempla las siguientes mejoras sobre las versiones anteriores:

- Capacidad de transmisión muy elevada a través de la unión de múltiples canales de  $6 \text{ MHz}$ .
- Arquitectura de cabecera escalable y flexible con el CMTS modular.
- Capacidad para servicios convergentes.
- Soporte del Protocolo de Internet IPv6.
- Multidifusión IP para soportar aplicaciones IPTV. [4]

### 2.2.5 Mejoras y futuro de DOCSIS

Es preciso señalar que las versiones de DOCSIS hasta ahora descritas, fueron creadas para cable módems individuales que habilitan el servicio de banda ancha a través de la infraestructura de la red de cable. Sin embargo, con el tiempo han surgido dispositivos que integran funcionalidades adicionales al cable modem convencional, como la telefonía IP, redes caseras y otras opciones de distribución de video, que han planteado la necesidad de agregar requerimientos extras a los modelos de interfaces, administración y aprovisionamiento previamente establecidos.

Para ello se creó la especificación **eDOCSIS** (del inglés embedded DOCSIS), cuyo propósito es la definición de funcionalidades adicionales que deben agregarse al cable modem DOCSIS para ofrecer otro tipo de servicios y/o aplicaciones, tales como por ejemplo la telefonía IP a través de un Adaptador Terminal Multimedia (MTA) bajo la especificación PacketCable<sup>12</sup>.

Por otro lado es preciso indicar que desde hace más de un año que las empresas tecnológicas vienen trabajando en una nueva versión del estándar, **DOCSIS 3.1**, con la que pretenden poner a las conexiones de cable a un nivel similar (o por lo menos con respecto a sus capacidades actuales) al de las redes de fibra óptica.

Entre las principales mejoras que presentará la nueva versión respecto de su predecesor la versión 3.0 se tiene:

<sup>12</sup> PacketCable, define las bases para la prestación de nuevos servicios de banda ancha basados en IP; tales como Internet, telefonía, videoconferencia y servicios multimedia.

- Incremento de la velocidad hasta 10 Gbps para el canal de bajada y hasta 1 Gbps para el de subida.
- Utilización de “System Active Queue Management” (gestión activa de colas) para reducir los retardos en la red a medida que se incrementa el volumen global de tráfico.
- Mayor eficiencia espectral (con respecto a la anterior versión 3.0) al ser capaz de transmitir hasta un 50% más de datos sobre el mismo ancho de banda, gracias en parte al uso de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencias (OFDM)<sup>13</sup> con bloques de 192 MHz, formados por microcanales de 20-50 KHz con modulaciones de hasta 4096 QAM.
- Mejor eficiencia energética en los equipos de la red, incluidos los cables módems.
- Flexibilidad a la hora de realizar las migraciones a la nueva versión, ya que los módems DOCSIS 3.1 serán compatibles con las versiones anteriores y podrán coexistir en las redes 3.0.

Finalmente se espera que los primeros productos comerciales totalmente compatibles salgan en el 2014, siendo el siguiente año (2015) el punto de partida para el despliegue masivo de la tecnología [9, 10, 11].

#### **2.2.6 Intercambio de mensajes entre CMTS y cable módems en DOCSIS**

La transmisión del cable modem al CMTS se realiza a través de la ranuración de los canales de retorno, permitiendo optimizar el uso de los recursos disponibles.

Una ranura (o time slot) es una medida de tiempo que tiene que ser seleccionada, la cual es usada para sincronizar la tasa de transmisión del canal de retorno. Existen dos modalidades en los sistemas ranurados. En la primera modalidad, el tamaño de la ranura es el mismo que el de una ráfaga de transmisión en retorno (la ráfaga es de longitud fija). En la segunda modalidad, el tamaño de la ranura es más pequeño que cualquier ráfaga en retorno, en este caso se hace uso de múltiples ranuras para la asignación de tiempo en la ráfaga. En las ráfagas se incluye el preámbulo, FEC y tiempo de guarda.

Para que un sistema ranurado funcione correctamente, dos ajustes fundamentales deben de realizarse después de que el CMTS ha establecido el tamaño de la ranura. Primer paso, el cable modem deberá realizar un proceso denominado escalamiento (ranging). Segundo paso, es necesario que en todos los cables módems se distribuya la misma noción temporal de enumeración de las ranuras.

El CMTS ejecutará el proceso de escalamiento, estableciendo un tiempo de referencia en el canal de descenso (uso de marcas de tiempo). El CMTS luego ajustará un tempori-

---

<sup>13</sup> OFDM, es un esquema de modulación digital en el cual se divide el espectro disponible en varios subcanales de reducido ancho de banda, cada uno centrado en una portadora, todas cercanas y ortogonales entre sí.

zador en el cable modem para sincronizarlo con la ranura. El receptor de cada canal en el CMTS es responsable por la sincronización con respecto al reloj maestro usado por él. Los mensajes de gestión MAC son usados para establecer las condiciones necesarias para la comunicación del cable modem con el CMTS. El CMTS deberá ajustar de forma precisa la sincronización de un cable modem con la multicanalización de times slots (ranuración) de la red de cable.

Después que el ajuste de la ranura es realizada, el CMTS sincroniza cada cable modem con un esquema de enumeración de ranuras. Un número de ranura es un entero que incrementa con cada ranura. La numeración es reiniciada durante cada cierto tiempo por el CMTS.

Durante el proceso de escalamiento inicial, el receptor del CMTS medirá los niveles de potencia de la señal RF. La gestión MAC realizará los ajustes necesarios en los niveles de potencia de salida del cable modem para asegurar que el mismo se encuentre dentro de los valores apropiados.

Cada vez que el cable modem necesite enviar datos a través de la red de cable, generará una solicitud de ancho de banda hacia el CMTS, estas solicitudes estarán bajo un formato de mensaje MAC específico de gestión. La solicitud notificará que el cable modem ha recibido del host del usuario una información el cual requiere ser enviada en el canal de retorno. Una vez que la solicitud es recibida por el CMTS, la unidad de planificación de tareas del CMTS procesará la solicitud. El planificador de tareas revisará todas las solicitudes provenientes de los cables módems de la red de cable y enviará unos mensajes denominados concesiones, en el canal descendente.

Existen tres formas básicas de otorgar concesiones en la red de cable:

- i) **Concesión directa:** Autoriza a un único cable modem para que transmita en el canal de retorno. La asignación directa incluye un identificador del cable modem, un número de ranura de inicio y el número de ranuras concedidas.
- ii) **Concesión por contención:** Permite que múltiples cable modems en la red de cable intenten transmitir en la misma ranura, distintas solicitudes de petición de ancho de banda.
- iii) **Concesión de administración:** Reserva una porción de las ranuras de retorno para el uso de la gestión MAC, típicamente usado para el proceso de escalamiento de nuevos cables módems en la red de cable.

Al igual que el CMTS el cable modem tiene un pequeño planificador de tareas (disponible para las ranuras del canal de retorno), una cola de concesiones y uno o más colas de datos para almacenar temporalmente los paquetes que llegan desde el host del usuario al cable modem.



En ese sentido el proceso para la transmisión de un paquete es el siguiente:

- i) Un paquete del host del usuario (por ejemplo: trama Ethernet) llega a una cola de datos en el cable modem, el cual está destinado a la transmisión en el canal de retorno.
- ii) El planificador del cable modem de cable calcula el número de ranuras necesarias para transmitir el paquete en el canal de retorno y prepara un mensaje de solicitud de ancho de banda.
- iii) El cable modem esperará por una oportunidad para participar en la contienda y luego transmitirá la solicitud de ancho de banda al CMTS.
- iv) El cable modem entra al modo de contienda y calcula cuanto debe de esperar antes de intentar enviar otra solicitud de ancho de banda.
- v) El CMTS recibe la solicitud de ancho de banda desde el cable modem y planifica la asignación del ancho de banda para el canal de retorno.
- vi) Si el CMTS puede planificar inmediatamente la asignación de ancho de banda, se originará una asignación directa al cable modem y luego transmitirá la concesión en el canal de descenso. Si el CMTS observa que el proceso de asignación no es factible en los momentos actuales, enviará sólo una notificación de reconocimiento al cable modem, para que éste último tenga conocimiento que su solicitud ha sido recibida más aún no está procesada la reservación de los canales para el retorno.
- vii) El cable modem recibirá la concesión directa o el reconocimiento de la solicitud realizada previamente. La recepción de cualquiera de estos dos mensajes obligará al cable modem salir del proceso de contención. Si recibe solamente un mensaje de reconocimiento, el cable modem esperará por una concesión directa posterior. Si el cable modem recibe una concesión directa del CMTS, preparará los paquetes para la transmisión. Cuando el número de la ranura actual es igual al número de la ranura inicial contenida en el mensaje de concesión directa del CMTS, entonces el cable modem procederá a transmitir el paquete [5].

### **2.3 Procedimiento para la implementación de red de distribución coaxial**

Para llevar a cabo la implementación de una red de distribución coaxial, es necesario realizar algunas actividades así como tener en cuenta ciertas consideraciones, previas al despliegue de la mencionada red, ya que generalmente este tipo de redes de distribución son concebidas para desplegarse en un ámbito abierto, con esto se refiere a lo largo de avenidas, calles, urbanizaciones, etc., con el fin de llegar a la mayor cantidad de potenciales usuarios del servicio (casas y edificios), mientras que la implementación que se plantea en el presente informe, responde a un caso particular por realizarse dentro de un ambiente o infraestructura cerrada como es un centro comercial.



### 2.3.2 Criterios de diseño

A continuación se presentan algunos de los criterios más utilizados para el diseño de redes de distribución coaxial dentro de una red HFC.

#### a) Nivel de potencia de la señal

El nivel de potencia de la señal a la salida del nodo es de 51/39 dBmV, esto quiere decir 51 dBmV en el canal alto (860~870 MHz) y 39 dBmV en el canal bajo (50 MHz), el cual disminuye dependiendo de la longitud del cable hasta la entrada al amplificador.

Asimismo el nivel de salida de los amplificadores es de 51/39 dBmV en Forward. En el caso de la señal de Retorno o Bajada el nivel de entrada mínima al amplificador es de 24dBmV. No esta demás decir que el cable coaxial empleado es el RG500.

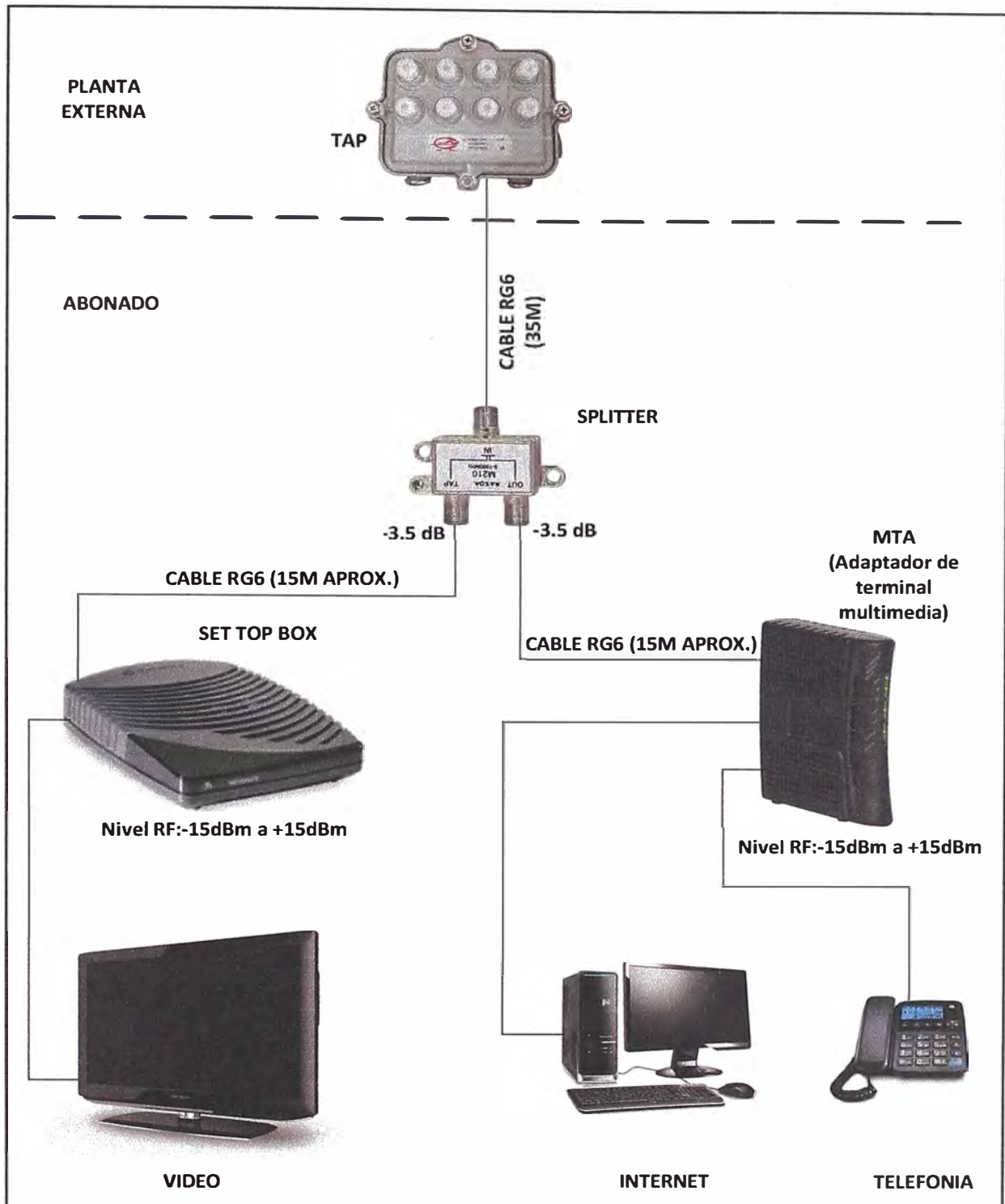
Es importante recordar que el nivel de entrada en un televisor debe ser de 0 dBmV como mínimo para garantizar la calidad de imagen y para el caso de los cable módems o MTA (indispensables para el servicio de Internet y telefonía) así como STB (necesario para la decodificación de la señal de TV), el rango de entrada va de los -15 dBmV a los +15 dBmV. Por lo general en las instalaciones de abonado se usan tanto el MTA (adaptador de terminal multimedia) como el STB, ya que para la distribución de los servicios de Triple Play, son necesarios ambos equipos o por lo menos uno de ellos, lo cual dependerá del tipo de servicio que haya contratado el usuario

Como se mencionó, en caso de usar solamente televisor se manejara en boca de tap niveles de 18/10 dBmV esto para compensar la pérdida de señal que se presenta en la acometida. Mientras que en caso de usar equipos (MTA y/o STB), los niveles podrán ser mayores o menores a 18/10 dBmV, ya que dichos equipos manejan rangos de niveles en su entrada, como ya se indicó, pero solo hasta ciertos valores, ya que un diseño donde la señal sea baja necesitará de un replanteo forzoso, con todo lo que ello implique, mientras que por el contrario si hay exceso en el nivel de señal está aún se puede rectificar mediante el empleo (como última opción) de atenuadores de RF. La figura 2.14, muestra la configuración general de instalación que se hace a un abonado del servicio, donde el cable coaxial empleado para la acometida es del tipo RG6, tratando en lo posible que no tenga una longitud mayor a 50 metros desde la boca del tap hasta el equipo MTA y/o STB. [1]

#### b) Nivel de ruido y distorsión

Es necesario, que a fin de asegurar la calidad de la señal transmitida, se tenga en cuenta los siguientes valores en boca de taps:

- Se debe garantizar un CNR mínimo de 48 dB.
- Se debe garantizar un CSO mínimo de 51 dB.
- Se debe garantizar un CTB mínimo de 51 dB [1].



**Figura 2.14** Instalación típica del servicio de Triple Play para abonado. Fuente: Elaboración propia.

### c) Número de activos/kilometro

Se debe utilizar el menor número posible de activos. De esta forma se mejora el CNR, el CSO y CTB y de paso se reduce el número de fuentes de energía. La construcción de la red debe realizarse en base a la reglamentación local, requerimientos de calidad del cliente así como estándares internacionales. [1]

### 2.3.3 Equipamiento a utilizar

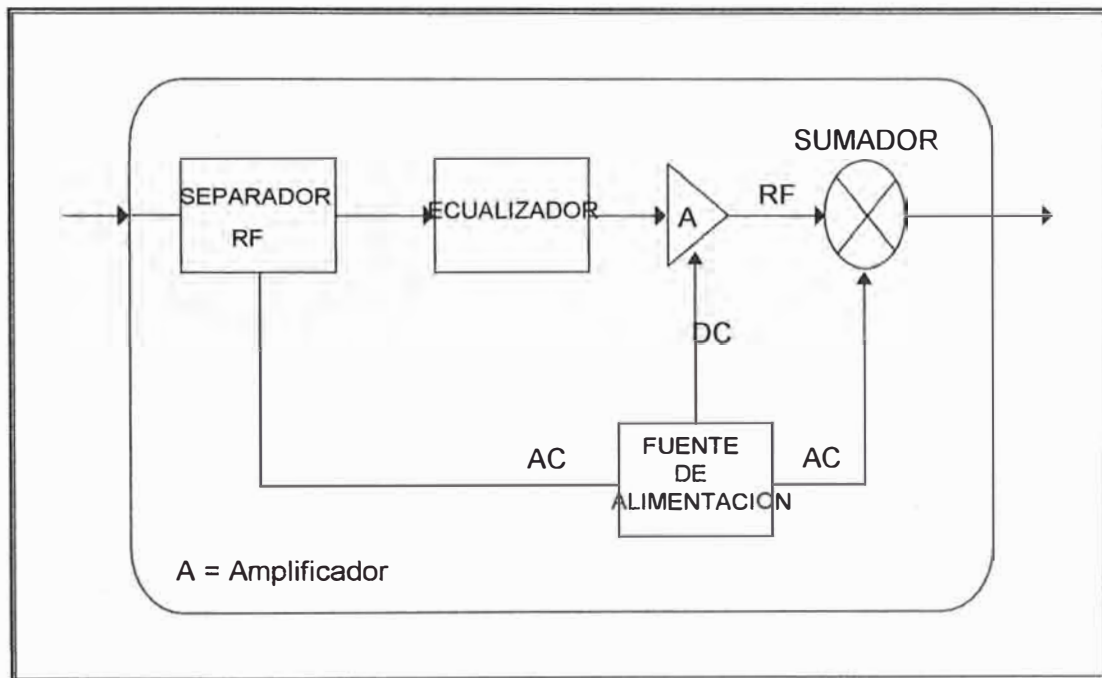
En cuanto al equipamiento a utilizar, este puede clasificarse en dos grandes grupos: equipos activos y por otro lado los equipos pasivos. A continuación se hace una explicación de cada uno de ellos:

#### a) Equipos activos

Se refiere básicamente a los amplificadores, que como se sabe son elementos capaces de aceptar un bajo nivel de potencia de entrada y entregar a la salida un nivel de potencia más alto. Su función principal es compensar las pérdidas que se produce en el medio de transmisión que en este caso es el cable coaxial.

Poseen como es natural un cierto consumo de energía además de introducir ruido y distorsión, factores que afecta la calidad de la señal.

En el mercado existe una gran variedad de amplificadores. La figura 2.15, muestra el diagrama en bloques típico de un amplificador en su forma más simple.



**Figura 2.15** Amplificador troncal en su forma más simple. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

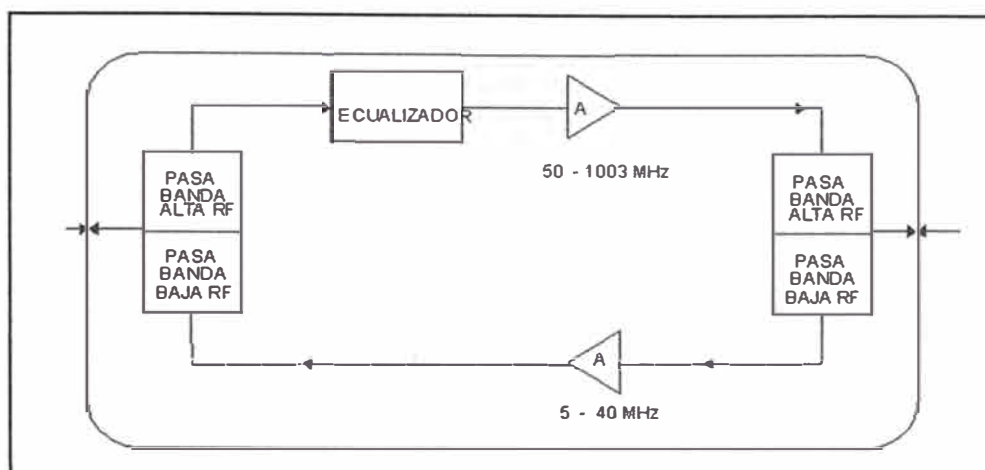
Los amplificadores de la red HFC, se alimentan directamente de la línea coaxial, por lo tanto parte de su circuitería está destinada a separar del coaxial su alimentación de AC que normalmente es de 90 VAC.

Asimismo se puede apreciar claramente los dos caminos diferentes, uno de AC y otro de RF; asimismo dicho dispositivo admite circulación de señales de RF en un solo sentido.

En la figura 2.16, se observa un amplificador que permite la utilización bidireccional de una red, siendo la distribución de frecuencias:

- Downstream (Forward o Directa) → de 50 a 1003 MHz (Frecuencia Alta).

- Upstream (Return o Retorno) → de 5 a 40 MHz (Frecuencia Baja).



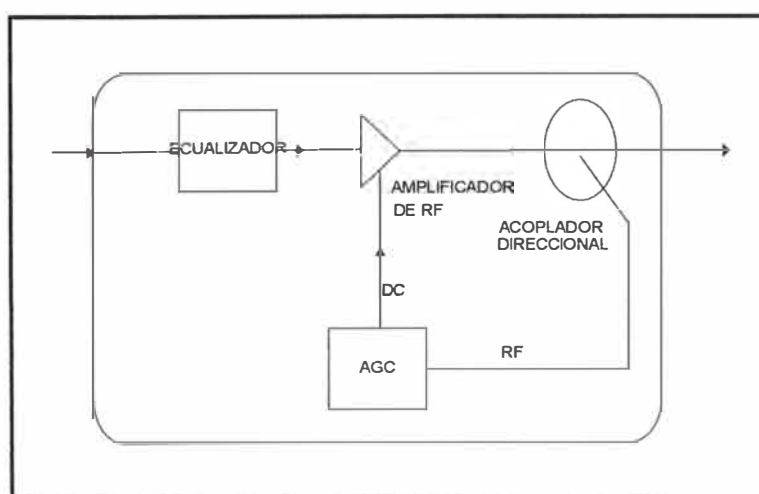
**Figura 2.16** Amplificador troncal de doble vía (downstream y upstream). Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Para una mejor comprensión de la figura 2.16, se han omitido los circuitos de alimentación. Las etapas que separan las frecuencias altas y bajas son filtros pasabandas, los cuales actúan como direccionadores de señal, enviando cada una de estas a su circuito correspondiente.

En sistemas de cierta longitud, se requiere el funcionamiento de amplificadores con capacidad de control automático de ganancia, AGC y/o pendiente.

Ello es debido fundamentalmente a la necesidad de compensar las variaciones de atenuación en los cables coaxiales frente a los cambios térmicos del medio.

La figura 2.17 muestra un amplificador con control automático de ganancia, AGC. Se toma una muestra de la señal de RF de salida, se detecta y se obtiene una corriente DC que comanda la ganancia de RF.



**Figura 2.17** Amplificador troncal con control automático de ganancia. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

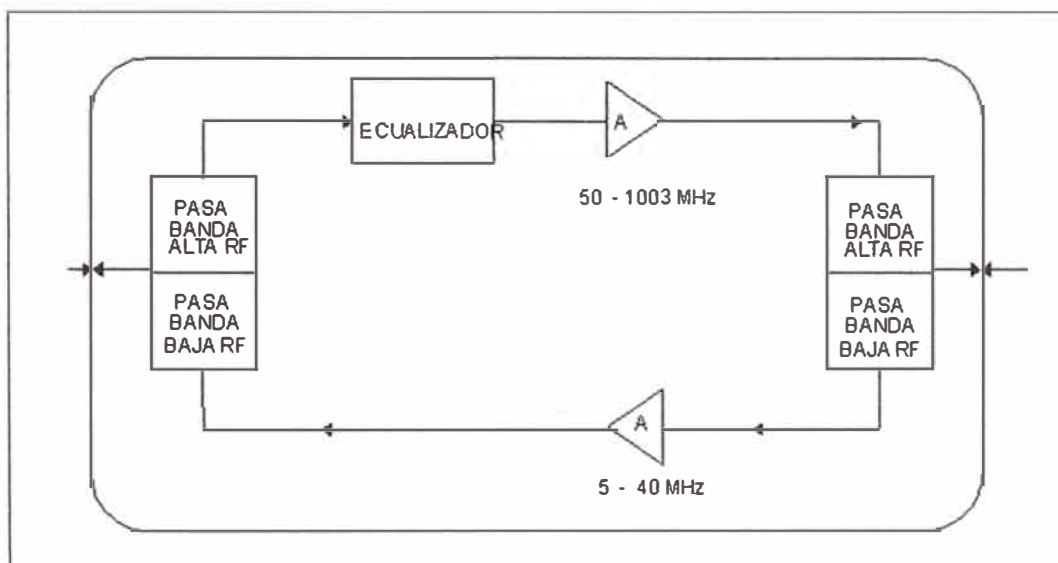


En las redes de distribución coaxial por lo general se tienen 04 tipos de amplificadores, según el número de salidas que se necesite:

- **Line Extender (BLE):** Se trata de un amplificador de una sola salida. Asimismo las características de linealidad indican que el máximo número de estos amplificadores en cascada es limitado. Casi todas las marcas y especificaciones de diseño sugieren como máximo dos. En la figura 2.18, se muestra un “extensor de línea” típico con vía de retorno.

Asimismo los niveles usados por dicho equipo son:

- Nivel de Entrada (Forward): 18 dBmV.
- Nivel de Salida (Forward): 51/39 dBmV.
- Nivel de Entrada (Retorno): 24 dBmV.



**Figura 2.18** Amplificador de línea con vía de retorno. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

- **Mini Bridger Express (MB):** Se trata de un amplificador de 3 salidas (1 Salida troncal y 2 salidas de distribución). Asimismo los niveles usados por dicho equipo son:

- Nivel de Entrada (Forward): 14 dBmV.
- Nivel de Salida (Forward): 51/39 dBmV.
- Nivel de Entrada (Retorno): 24 dBmV.

- **Broadband Telecommunications Amplifier (BTx):** Se trata de un amplificador de 3 o 4 salidas de distribución y dependiendo del número de dichas salidas tendrá cualquiera de las siguientes denominaciones:

- BT3: Amplificador de 3 salidas.
- BT4 o BTD: Amplificador de 4 salidas.

Asimismo los niveles usados por dicho equipo son:

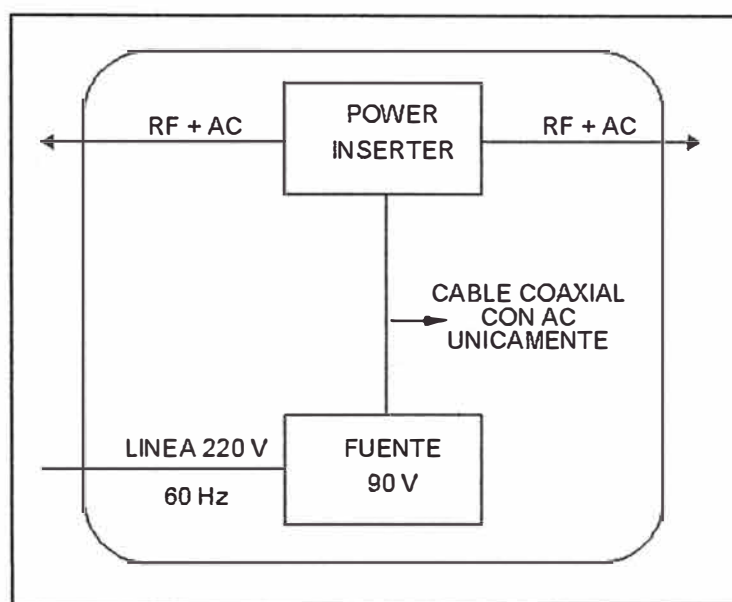
- Nivel de Entrada (Forward): 14 dBmV.

- Nivel de Salida (Forward): 51/39 dBmV.
- Nivel de Entrada (Retorno): 24 dBmV.

Finalmente es importante considerar la fuente de poder, la cual brinda la energía necesaria para alimentar a los amplificadores encargados de la regeneración de la señal.

Los equipos o estaciones amplificadoras, necesitan para su funcionamiento ser alimentados por energía AC. El nivel de tensión usado es de 90 VAC y suele ser de forma de onda cuasi cuadrada, lo que permite una transmisión de potencia más efectiva. Además debe proveer un cierto grado de regulación de línea ya que la alimentación primaria está sujeta a variaciones y perturbaciones.

Cabe mencionar que en cada fuente interviene un insertor de potencia que mezcla eléctricamente las señales RF del coaxial y la AC que proviene de la fuente, tal como se muestra en la figura 2.19.



**Figura 2.19** Insertor de potencia instalado en una fuente de alimentación. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

La pérdida de RF entre las puntas del insertor de potencia es muy baja, siendo despreciable su presencia desde el punto de vista de RF.

Finalmente es preciso indicar que todas las fuentes de potencia deben de cumplir con la normativa nacional que regula este aspecto así como los códigos de la compañía eléctrica en cuanto a su instalación, cableado y mantenimiento.

## b) Equipos pasivos

En la transmisión de señales vía red coaxial, se necesita una variedad importante de dispositivos para conducir la señal hasta el domicilio del abonado.

Se consideran pasivos a aquellos elementos que no proveen ganancia y no requieren para su funcionamiento estar alimentados con tensión o voltaje alguno. Pero si deben de

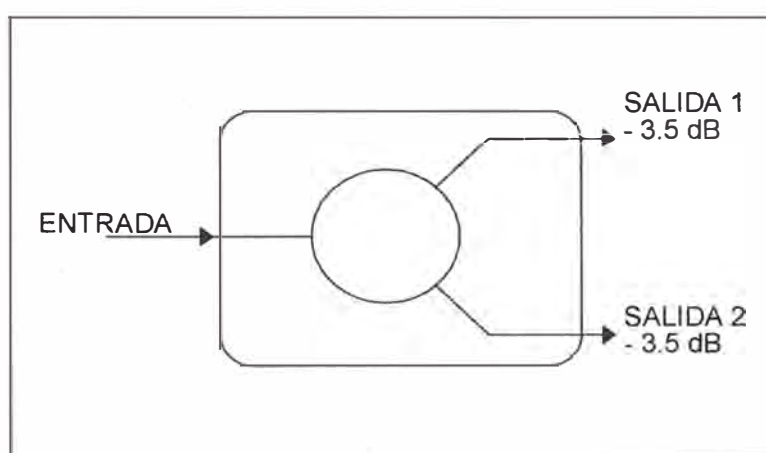


tener la capacidad de permitir el paso de corriente AC a través de ellos para alimentar los elementos activos que están más adelante en la cadena.

Estos dispositivos pueden clasificarse en: divisores, acopladores direccionales y taps. Todos ellos deben de poseer la capacidad bidireccional, es decir que permitan el paso de las señales en ambos sentidos tanto en Forward como en Retorno.

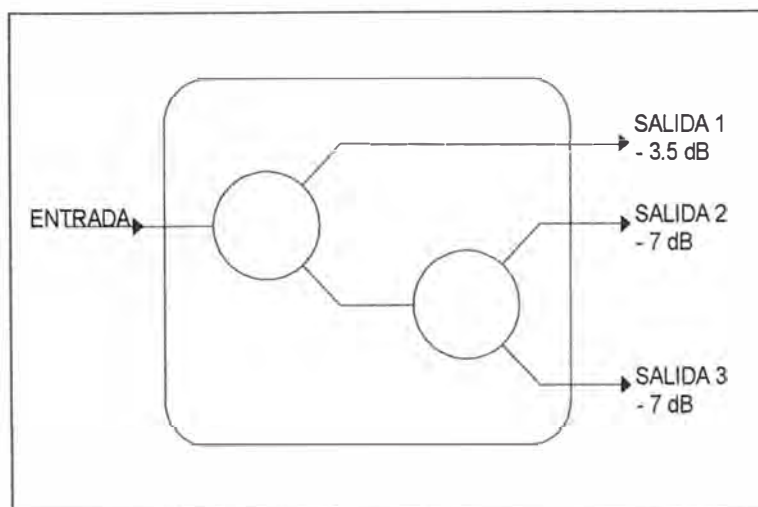
- **Divisor:** Un divisor es un dispositivo que divide la energía de RF de la entrada, en dos partes iguales. Conviene caracterizarlo por su pérdida de inserción en dB, ya que hablar de la mitad de potencia en dB, es hablar de menos 3 dB. Este valor es teórico, ya que en la práctica normalmente se obtiene como valor típico 3.5 dB.

En la figura 2.20 se muestra la pérdida entre la entrada y cualquiera de las dos salidas.

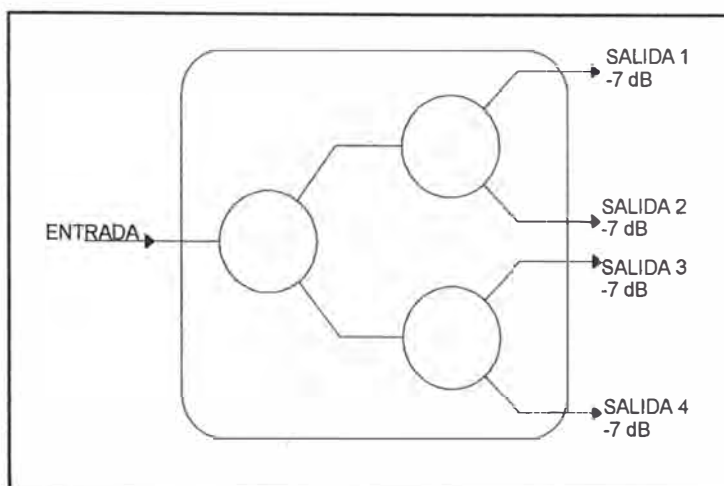


**Figura 2.20** Divisor de dos vías. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Asimismo la combinación de divisores de dos vías, permite conseguir divisores de 3 y 4 vías. Se debe recordar que cada paso por un divisor introduce 3.5 dB de pérdida. Este tipo de divisores se puede apreciar en las siguientes figuras 2.21 y 2.22:



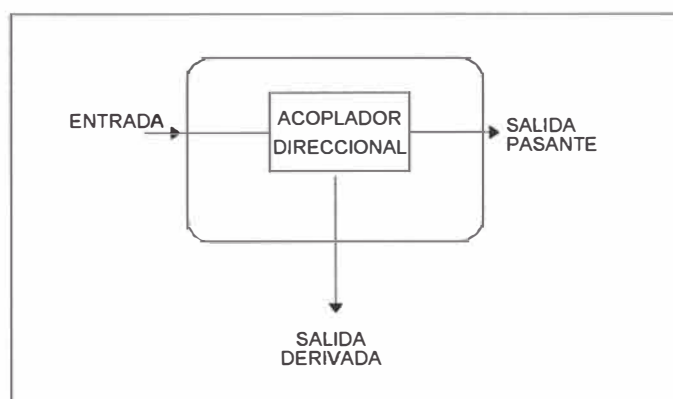
**Figura 2.21** Divisor de tres vías. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.



**Figura 2.22** Divisor de cuatro vías. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Los parámetros normalmente especificados en los divisores son: número de salidas, ancho de banda, pérdida de inserción, pérdida de retorno, aislación de salidas, capacidad de manejo de AC y porcentaje de modulación de RF por la señal de AC.

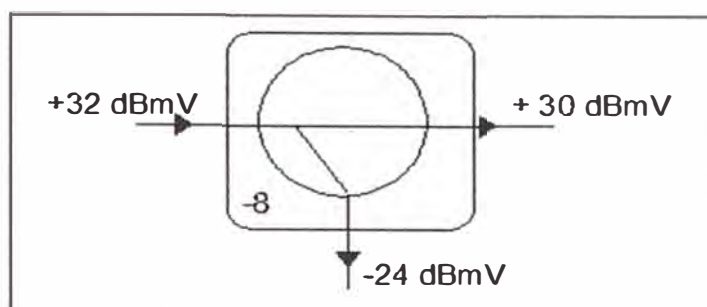
- **Acoplador direccional:** Un acoplador direccional se emplea cuando solo una fracción de la energía principal de RF necesita ser dirigida en otro sentido. Al seleccionar el valor en dB del acoplador, se está diciendo cuantos dB por debajo de esa energía principal se está extrayendo. Por ejemplo un acoplador de menos 8 dB conectado en una red donde a la entrada del mismo existen más 32 dBmV, enviará hacia la salida derivada más 24 dBmV, tal como se ve en las siguientes figuras 2.23 y 2.24:



**Figura 2.23** Acoplador direccional. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

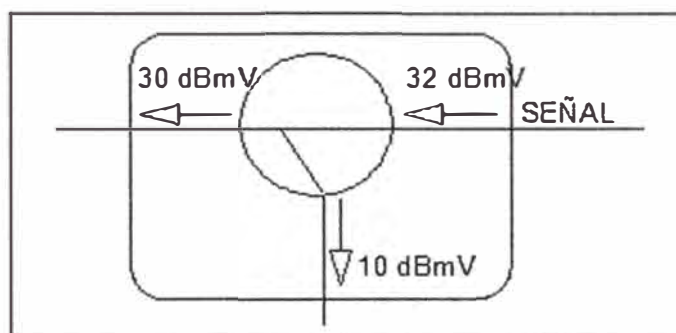
Como se vio en la figura 2.23, existe también como es obvio, la salida pasante que atenuará lo menos posible. Típicamente para un acoplador de menos 8 dB, este valor de inserción es de aproximadamente 2 dB. En la figura 2.24 se puede apreciar el ejemplo numérico anterior y el símbolo del acoplador direccional.

Cabe señalar que cuanto mayor es la energía derivada, mayor será la pérdida de inserción del acoplador.



**Figura 2.24** Símbolo del acoplador direccional y ejemplo de niveles. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

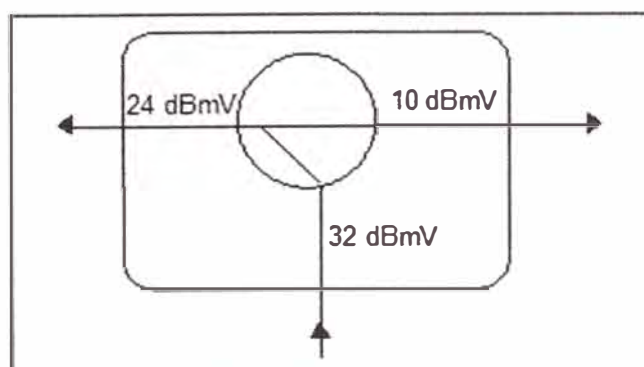
La principal característica de este dispositivo, es la direccionalidad, ello significa que si la salida derivada, por ejemplo menos 8 dB respecto de la señal de entrada, pero, si ahora se ingresa con esa señal por lo que era salida pasante, la señal presente en la salida derivada, será ahora muy baja, idealmente nula. La figura 2.25, ayudará en la comprensión de lo antes indicado:



**Figura 2.25** Direccionalidad del acoplador direccional. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

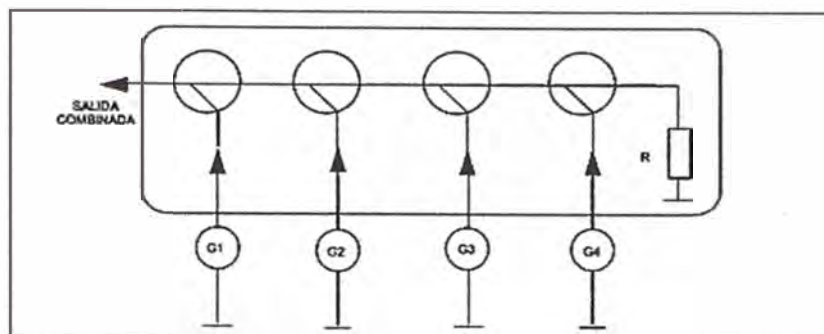
Se puede apreciar que la señal por la salida derivada, esta 22 dB por debajo de la ingresante. Precisamente esos 22 dB de diferencia son los que se conoce como “Aislación”.

De igual manera, señales ingresantes por la salida derivada verán mucha aislación en el terminal de salida pasante, tal como lo ilustra la figura 2.26.



**Figura 2.26** Acoplador direccional en términos de aislación. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Cuando por ejemplo, en un control de emisión de televisión por cable hay que sumar o combinar varias señales, se usan acopladores direccionales que proveen un importante grado de aislación entre generadores. La figura 2.27, muestra un ejemplo de este tipo.



**Figura 2.27** Sumador o combinador de señales. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

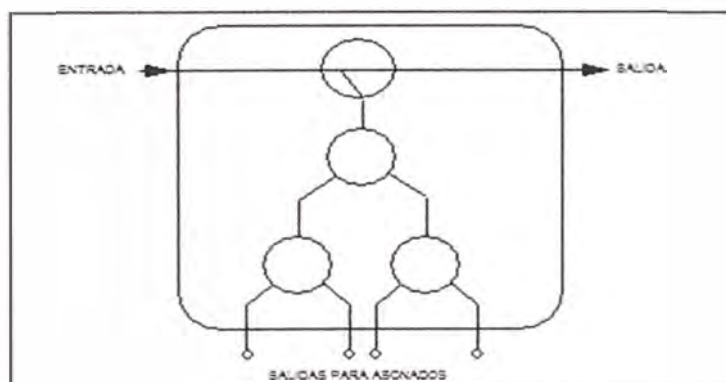
Los parámetros usuales para un acoplador direccional son:

- Valor en dB de la derivación.
- Ancho de banda.

Valor en dB de la pérdida de inserción.

- Pérdida de retorno.
- Aislación en dB.
- Capacidad de corriente AC.
- Porcentaje de modulación de señal de RF por alterna.

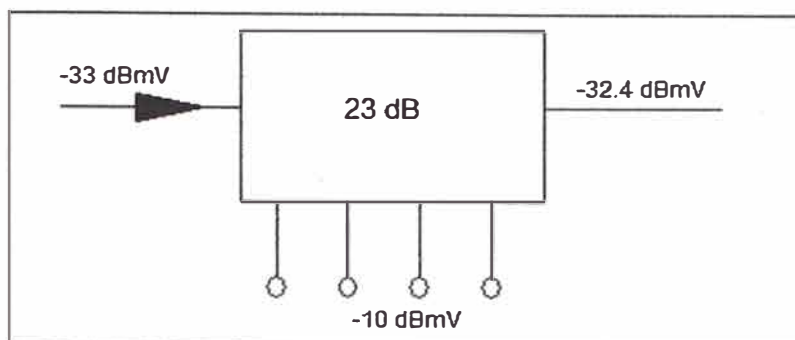
- **Tap:** Una combinación de los elementos anteriormente descritos, da lugar al tap. Este dispositivo es el nexo entre la red de distribución y el abonado vía la cometida del cable coaxial RG6 hasta el receptor o televisor. Esquemáticamente, la figura 2.28, muestra un tap de cuatro salidas.



**Figura 2.28** Tap de cuatro salidas. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

El acoplador direccional garantiza baja inserción en sentido pasante y alta aislación entre derivaciones y salida y viceversa. Así también, los divisores presentan importante aislación entre salidas del abonado.

Los taps, se caracterizan por un valor en dB que corresponde a la atenuación total entre la entrada y la salida del abonado. Por ejemplo, se pretende tener más 10 dBmV en las terminales de abonado del tap. En ese sitio, la red de distribución tiene más 33 dBmV de nivel de señal, entonces, el valor de tap a instalar sería de 23 dB, tal como se observa en la figura 2.29:



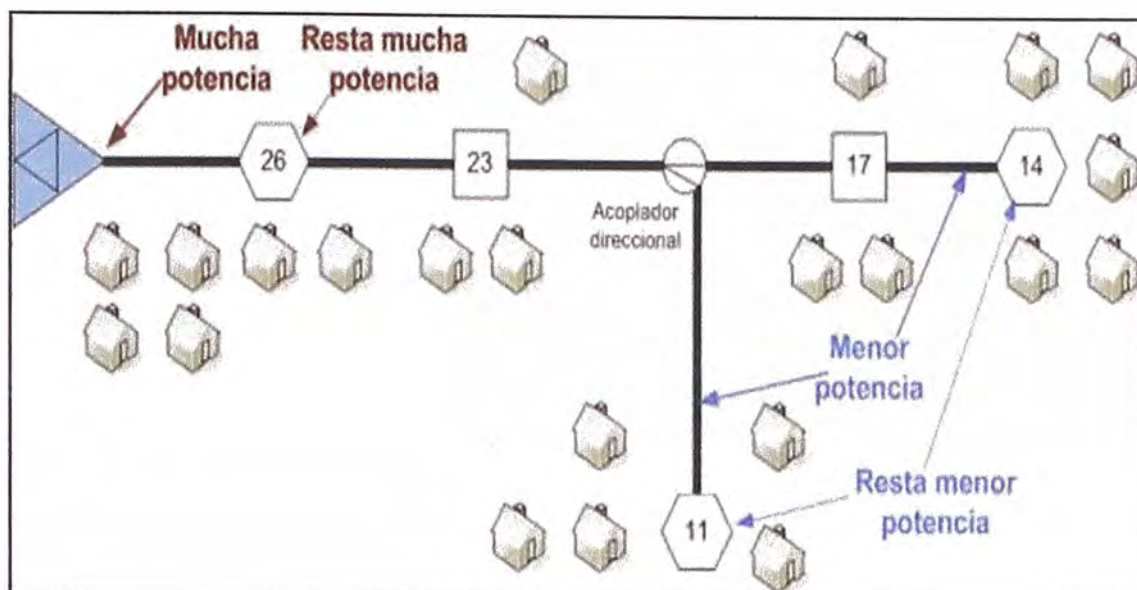
**Figura 2.29** Tap de 23 dB. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Es preciso señalar que existen variados valores de tap y además modelos con dos, cuatro y ocho salidas.

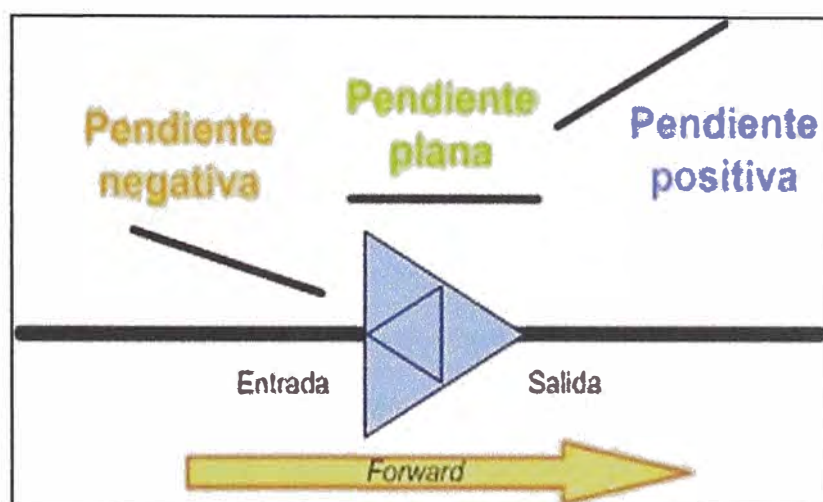
#### 2.3.4 Balanceo de la señal

Como se había mencionado anteriormente un diseño de RF tiene como objetivo distribuir las señales a la mayor cantidad posible de usuarios. Partiendo de los niveles de salida del amplificador (definidos previamente) y de la pérdida de señal por pasivos y el medio de transmisión (cable coaxial), se va calculando el nivel de señal disponible para repartirse a cada uno de los abonados. Los taps tienen distintos valores de atenuación debido a que no todos reciben la misma potencia de señal. Los más cercanos al amplificador reciben mayor potencia y los más alejados reciben menor potencia, tal como se observa en la figura 2.30; asimismo los más próximos al amplificador deberán restar más potencia a la señal, mientras que los más alejados, deberán restar menor potencia a la señal recibida para llegar con el nivel adecuado al abonado.

Cuando la potencia de las señales ha disminuido a tal punto que ya no es posible dar servicio a más abonados, se coloca un amplificador. Éste recibe las señales, incrementa su potencia y les da la pendiente adecuada (51/39 dBmV) para ser distribuidas nuevamente a las casas tal como se muestra en la figura 2.31. Las señales que el amplificador recibe en sus puertos de entrada no siempre tienen la misma potencia ni pendiente, por lo tanto, se emplean atenuadores y ecualizadores (que se insertan dentro del amplificador) para dar el nivel y la pendiente requerida en el proceso de amplificación. Los atenuadores reducen el nivel de las señales y los ecualizadores les proporcionan la pendiente requerida.



**Figura 2.30** Cálculo de niveles para los abonados. Fuente: Motorola, "Introducción a las redes de banda ancha HFC", Estados Unidos, 2007.

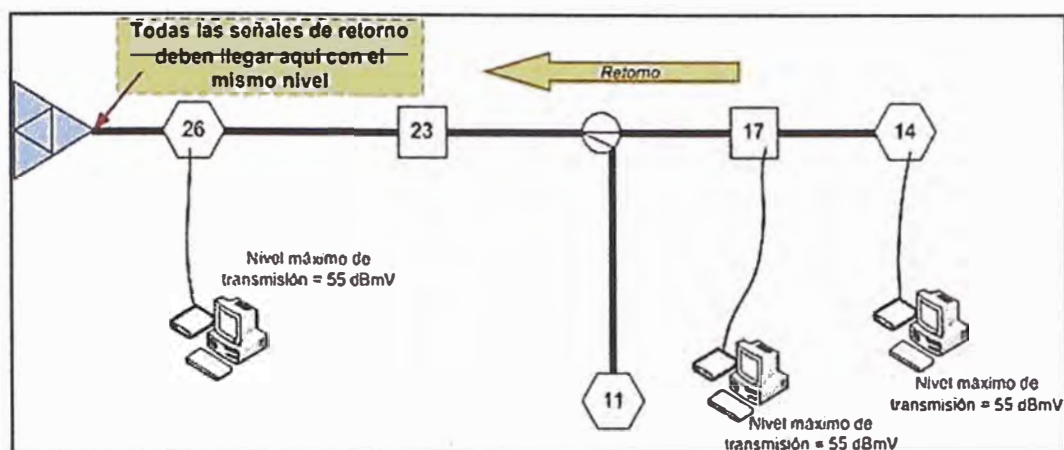


**Figura 2.31** Pendiente de entrada y salida de los amplificadores. Fuente: Motorola, "Introducción a las redes de banda ancha HFC", Estados Unidos, 2007.

Cabe indicar que el nivel de la señal a la entrada de un amplificador suele ser muy variable, de modo que normalmente hay casos en el que la pendiente no es negativa y se tienen que utilizar cable simuladores en lugar de ecualizadores; eso quiere decir que los ecualizadores se utilizarán para reducir el nivel de señal de las frecuencias bajas (pendiente negativa), mientras que los cable simuladores se utilizarán para reducir el nivel de las frecuencias altas (pendiente positiva); finalmente los atenuadores disminuirán los niveles de señal por igual a lo largo de todo el espectro de frecuencias.

Este mismo procedimiento se realiza en las redes bidireccionales para la ruta de retorno, sólo que, en este caso, se toma el máximo nivel de potencia de transmisión del cable modem y se sigue la trayectoria inversa para los cálculos, desde las instalaciones del suscriptor hacia los amplificadores, tal como se observa en la figura 2.32.





**Figura 2.32** Ruta de retorno. Fuente: Motorola, "Introducción a las redes de banda ancha HFC", Estados Unidos, 2007.

### 2.3.5 Simbología del diseño de red

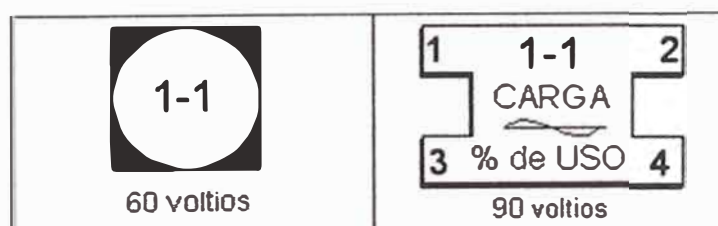
Para poder interpretar un plano de diseño de una red de distribución coaxial es preciso familiarizarse con la simbología que se va a utilizar, a fin de tener un mayor entendimiento del plano.

#### a) Simbología de equipos activos

Las siguientes figuras 2.33, 2.34, 2.35 y 2.36, muestran la simbología a usarse en este informe, para señalar y diferenciar a los equipos activos:

	BTD - AMPLIF. DE 4 SALIDAS
	BT3 - AMPLIF. 3 SALIDAS
	MB - AMPLIF. 2 SALIDAS
	MB CON ACOPLADOR INTERNO
	MB CON DIVISOR INTERNO
	AMPLIF. LINE EXTENDER
	NODO

**Figura 2.33** Simbología de tipos de amplificadores y nodo. Fuente: Telmex Perú, "Manual de Procedimiento de Construcción HFC", Perú, 2008.



**Figura 2.34** Simbología de Fuente de Alimentación. Fuente: Telmex Perú, "Manual de Procedimiento de Construcción HFC", Perú, 2008.

MODELO SG4-100SS	
FORWARD	
ENTRADA 1 Ghz	SALIDA 1 Ghz
-	53
ENTRADA 870 Mhz	SALIDA 870 Mhz
-	51
ENTRADA 750 Mhz	SALIDA 750 Mhz
-	49.3
ENTRADA 550 Mhz	SALIDA 550 Mhz
-	46.3
ENTRADA 54 Mhz	SALIDA 54 Mhz
-	39
F-PAD 00	F-EQ 00
RETORNO	
ENTRADA 42 Mhz	SALIDA 42 Mhz
24.0	-
ENTRADA 5 MHZ	SALIDA 5 Mhz
24.0	-
R-PAD 00	R-EQ 00
FUENTE DE PODER N27-A	
VTG 90.0	COR. 2.15
CASCADA 1	
DIRECCION DE PODER Out	
DISTANCIA ULTIMO ACTIVO 0	
CASAS PASADO 707	

**Figura 2.35** Especificación del nodo óptico en un diseño de red. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.




















NUMERO P-N27-2	
MODELO MB100-2HQXH	
FORWARD	
ENTRADA 1 Ghz	SALIDA 1 Ghz
31.7	53
ENTRADA 870 Mhz	SALIDA 870 Mhz
31.4	51
ENTRADA 750 Mhz	SALIDA 750 Mhz
30.6	49.3
ENTRADA 550 Mhz	SALIDA 550 Mhz
29.3	46.3
ENTRADA 54 Mhz	SALIDA 54 Mhz
25.8	39
F-PAD JXP-13B	F-EQ SFE-100CS6
RETORNO	
ENTRADA 42 Mhz	SALIDA 42 Mhz
24.0	37.0
ENTRADA 5 MHZ	SALIDA 5 Mhz
24.0	36.4
R-PAD RJXP-5B	R-EQ SRE-S-1
FUENTE DE PODER N27-A	
VTG 89.7	COR. 0.68
CASCADA 1	
DIRECCION DE PODER In	
DISTANCIA ULTIMO ACTIVO 89	
CASAS PASADO 78	

NUMERO P-N27-3	
MODELO BT100S-3HQXH	
FORWARD	
ENTRADA 1 Ghz	SALIDA 1 Ghz
28.8	53
ENTRADA 870 Mhz	SALIDA 870 Mhz
29.5	51
ENTRADA 750 Mhz	SALIDA 750 Mhz
28.6	49.3
ENTRADA 550 Mhz	SALIDA 550 Mhz
29.7	46.3
ENTRADA 54 Mhz	SALIDA 54 Mhz
33.8	39
F-PAD JXP-15B	F-EQ SFE-1006
RETORNO	
ENTRADA 42 Mhz	SALIDA 42 Mhz
24.0	28.5
ENTRADA 5 MHZ	SALIDA 5 Mhz
24.0	25.5
R-PAD RJXP-11B	R-EQ SRE-S-5
FUENTE DE PODER N27-A	
VTG 85.5	COR. 2.74
CASCADA 1	
DIRECCION DE PODER Thru	
DISTANCIA ULTIMO ACTIVO 291	
CASAS PASADO 185	

























**Figura 2.36** Especificación de amplificadores en un diseño de red. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

### b) Simbología de equipos pasivos

Las siguientes figuras 2.37, 2.38 y 2.39, muestran la simbología a usar en este informe, para señalar y diferenciar a los equipos pasivos y sus componentes:

2 TAP	4 TAP	8 TAP
		
		
		
		
		
		
		
		

**Figura 2.37** Simbología de Taps. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

FORWARD			RETORNO		
			<b>SIMUL. 3 dB</b>		
			<b>SIMUL. 6 dB</b>		
			<b>SIMUL. 9 dB</b>		
			<b>SIMUL. 12 dB</b>		
			<b>ECUALIZ. 2 dB</b>		
			<b>ECUALIZ. 4 dB</b>		
			<b>ECUALIZ. 6 dB</b>		
			<b>ECUALIZ. 8 dB</b>		

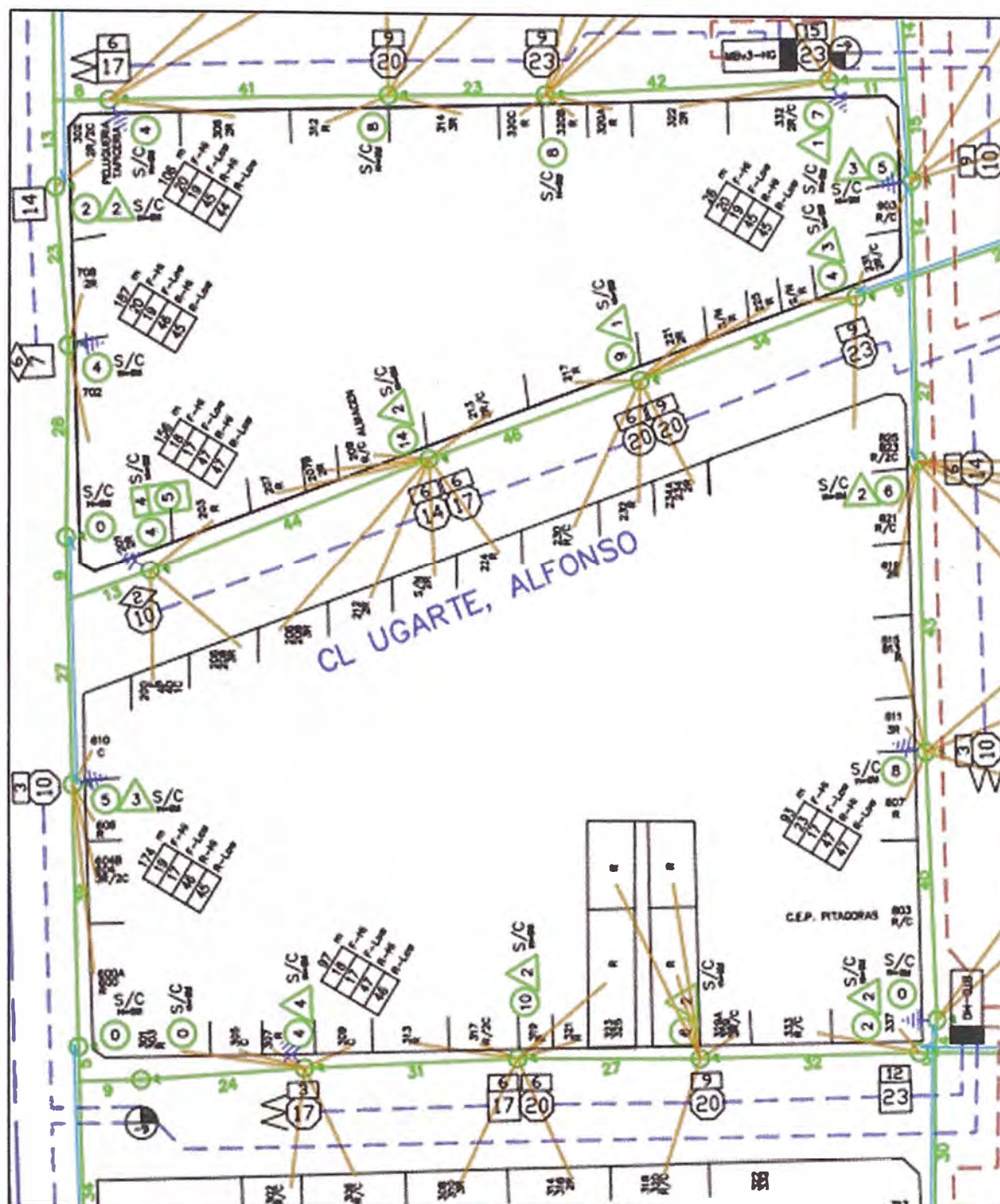
**Figura 2.38** Simbología de Cable Simulares y Ecualizadores de Taps. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

	<b>DIVISOR 2 SALIDAS</b>		<b>DIVISOR MINIBRIDGER</b>
	<b>DIVISOR 3 SALIDAS</b>		<b>ACOPLADOR MINIBRIDGER 8 dB</b>
	<b>ACOPLADOR 7 dB</b>		<b>ACOPLADOR MINIBRIDGER 10 dB</b>
	<b>ACOPLADOR 9 dB</b>		<b>ACOPLADOR MINIBRIDGER 12 dB</b>
	<b>ACOPLADOR 12 dB</b>		<b>ECUALIZADOR DE LINEA</b>
	<b>ACOPLADOR 16 dB</b>		<b>INSERTOR DE PODER</b>

**Figura 2.39** Simbología de acopladores, divisores, ecualizador e insertor de poder. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

Finalmente la figura 2.40, muestra la distribución de la red desde un Nodo Óptico hacia los amplificadores (MB, BTB y BT3) y de estos últimos hacia los taps. [1, 6, 7, 8]





**Figura 2.40** Plano típico de una Red Coaxial. Fuente: Telmex Perú, “Manual de Procedimiento de Construcción HFC”, Perú, 2008.

## 2.4 Cálculo teórico de los niveles de señal de la red

Para obtener de manera teórica el valor del nivel de señal del elemento que se desee en cualquier punto de la red, es necesario plantear una serie de ecuaciones que permitirán lograr dicho objetivo. Asimismo antes de llevar a cabo los cálculos respectivos es importante conocer parámetros tales como el coeficiente atenuación del cable coaxial y la pérdida de inserción de los equipos pasivos, ya que estos factores son determinantes al momento de hallar el nivel de señal en un componente de la red. A continuación se pre-

sentan unas tablas que ayudarán entender el valor de cada uno de los parámetros antes mencionados.

La tabla 2.5, muestra el coeficiente atenuación del cable coaxial RG500, el cual está dado en dB/100ft o su equivalente dB/30.5m (donde 100 pies es aproximadamente 30.5 metros).

**Tabla 2.5** Muestra los coeficientes de atenuación del cable coaxial RG500 a utilizar en el diseño de red. Fuente: Motorola, "Introduction to HFC Design Basics", Estados Unidos, 2003.

Frequency (MHz)	Series				
	500	625	750	875	1000
	Maximum Loss at 68° F (dB/100 ft)				
5	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
30	0.40	0.32	0.26	0.23	0.21
40	0.46	0.39	0.31	0.26	0.24
50	0.52	0.42	0.35	0.30	0.27
110	0.76	0.63	0.52	0.45	0.41
174	0.98	0.83	0.67	0.59	0.56
220	1.11	0.94	0.76	0.67	0.62
300	1.31	1.08	0.89	0.78	0.72
350	1.43	1.18	0.97	0.84	0.78
400	1.53	1.27	1.05	0.91	0.84
450	1.63	1.35	1.12	0.97	0.90
550	1.82	1.50	1.24	1.08	1.01
600	1.91	1.59	1.31	1.14	1.06
750	2.16	1.78	1.48	1.29	1.21
865	2.34	1.93	1.61	1.41	1.34
1000	2.52	2.07	1.74	1.53	1.44

La siguiente tabla 2.6, muestra la pérdida de inserción en taps, de acuerdo al valor nominal de pérdida a la salida y al número de puertos del mismo.

Mientras que la tabla 2.7, muestra la pérdida de inserción en los acopladores y divisores (de 2 y 3 vías) de acuerdo al valor de la salida desbalanceada que presentan.

Con el fin de explicar cómo se realiza el cálculo teórico de los niveles de señal en los componentes de una red coaxial es que se muestra en la figura 2.41 una corrida de distribución coaxial típica, la cual servirá como base para plantear las ecuaciones y por ende a través del cálculo analítico, obtener los niveles de señal teóricos así como los valores de los componentes pasivos que se desee en cualquier punto de la red. Cabe señalar que para efectos prácticos, el valor a hallar en todos los casos será el nivel de señal en boca de los tap final de cada corrida de distribución en la figura 2.41. La razón fundamental de tomar esta variable para el análisis, es que al ser una red del tipo interdependiente, esto quiere decir, que los elementos que se encuentran después dependerán de sus pares que se encuentran antes, ello en el sentido de alimentación de la red, puesto que si se puede llegar a los equipos más lejanos de la red (que son los taps final) con los valo-



res adecuados podremos asegurar rápidamente que los demás elementos pasivos de la red también tendrán dichos valores adecuados, obviamente que no se descarta que puedan presentarse problemas más que todo por falla en el hardware de la red.

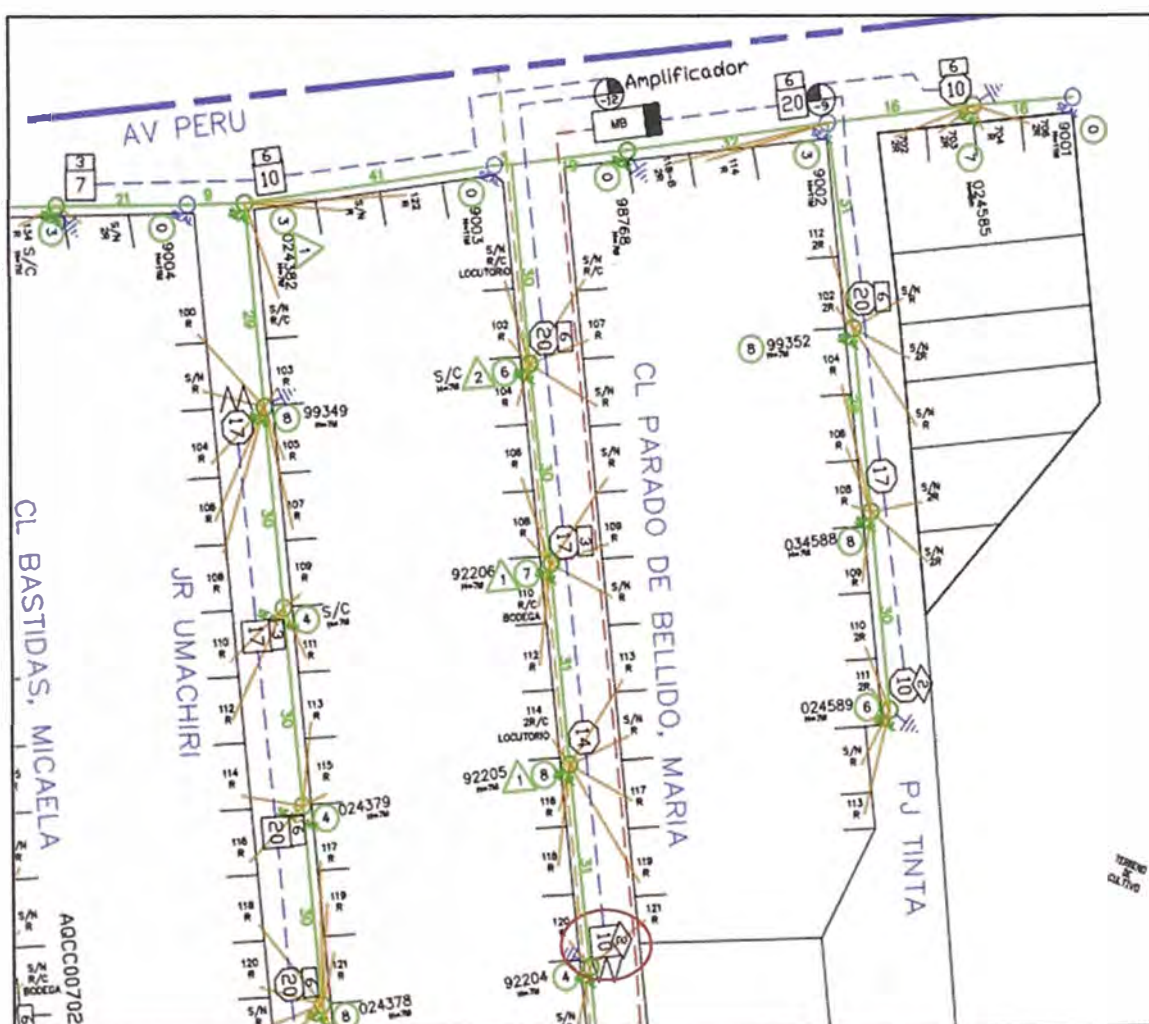
**Tabla 2.6** Muestra pérdidas de inserción en los taps de 2, 4 y 8 puertos de salida, así como sus distintos valores existentes. Fuente: Motorola, “Introduction to HFC Design Basics”, Estados Unidos, 2003.

MODEL	INSERTION LOSS (db)															
	NOM TAP LOSS	5 MHz		10 MHz		50 MHz		550 MHz		750 MHz		860 MHz		1000 MHz		
		NOM	MAX	NOM	MAX	NOM	MAX	NOM	MAX	NOM	MAX	NOM	MAX	NOM	MAX	
FFT2																
4TK	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7K	7.5	3.4	3.6	3.3	3.5	3.3	3.5	4.2	4.4	4.3	4.5	4.5	4.7	4.7	5.0	
10K	10.5	1.7	2.0	1.3	1.5	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	3.2	3.5	
12K	12.0	1.4	1.6	1.1	1.3	1.0	1.2	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.6	2.7	2.9	
14K	14.0	1.1	1.4	0.9	1.1	0.9	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.9	
17K	17.0	1.0	1.2	0.9	1.1	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	2.0	2.0	2.2	
20K	20.0	0.6	0.9	0.5	0.7	0.5	0.7	1.1	1.3	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	
23K	23.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	
26K	26.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	
29K	29.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	
32K	32.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	
35K	35.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	
FFT4																
7TK	6.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10K	10.3	3.3	3.6	3.3	3.5	3.3	3.5	4.1	4.3	4.3	4.5	4.5	4.7	4.2	4.5	
14K	14.4	1.6	1.9	1.3	1.5	1.3	2.1	1.9	2.1	2.4	2.6	2.6	2.8	3.2	3.5	
15.5K	15.5	1.3	1.6	1.1	1.3	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.9	3.1	
17K	17.0	1.1	1.4	0.9	1.1	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	
20K	20.0	0.8	1.1	0.7	0.9	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.8	2.0	2.1	2.4	
23K	23.0	0.5	0.8	0.5	0.7	0.5	0.7	1.0	1.2	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.2	
26K	26.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.9	2.1	
29K	29.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.9	2.1	
32K	32.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.9	2.1	
35K	35.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.9	2.1	
FFT8																
10TK	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14K	14.2	3.9	4.2	3.4	3.6	3.3	3.5	4.0	4.2	4.4	4.6	4.6	4.8	5.0	5.3	
17K	17.8	1.8	2.1	1.8	2.0	1.6	1.8	2.3	2.5	2.7	2.9	2.8	3.0	3.5	3.8	
20K	20.0	1.2	1.3	1.0	1.2	0.8	1.0	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1	2.3	2.6	2.9	
23K	22.5	1.0	1.3	0.9	1.1	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.9	2.1	2.4	
26K	26.1	0.6	0.9	0.5	0.7	0.4	0.6	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	2.0	2.2	
29K	29.2	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.9	2.2	
32K	32.2	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.9	2.2	
35K	35.0	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.9	2.2	



**Tabla 2.7** Muestra pérdidas de inserción en los acopladores y divisores de acuerdo a la pérdida presentada en sus salidas. Fuente: Motorola, "Introduction to HFC Design Basics", Estados Unidos, 2003.

MODEL	SSP		MAXIMUM INSERTION LOSS (dB)						
			5 MHz	10 MHz	50 MHz	550 MHz	750 MHz	860 MHz	1000 MHz
3K*	THRU:		4.2	3.9	3.8	4.4	4.6	4.9	5.5
	TAP:		4.2	3.9	3.8	4.4	4.6	4.9	5.5
7K*	THRU:		2.3	2.0	1.9	2.6	3.0	3.4	4.2
	TAP:		7.5	7.5	7.5	7.8	8.1	8.4	8.6
9K*	THRU:		1.8	1.5	1.4	2.0	2.2	2.5	3.0
	TAP:		9.5	9.3	9.4	9.3	9.3	9.9	10.3
12K*	THRU:		1.4	1.2	1.2	1.6	1.8	2.0	2.4
	TAP:		12.0	11.6	11.6	11.8	12.2	12.7	13.5
16K*	THRU:		1.2	1.1	1.1	1.5	1.7	1.9	2.4
	TAP:		16.2	15.7	15.7	15.8	16.2	16.8	17.2
3-636*	THRU:		4.2	3.8	3.8	4.3	4.7	5.1	5.8
	TAP:		7.5	7.2	7.2	7.9	8.3	8.9	10.0
	TAP:		7.5	7.2	7.2	7.6	8.0	8.6	10.0



**Figura 2.41** Corrida de cálculos para la distribución de la red coaxial. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se realizará el cálculo teórico de los niveles de señal en boca del tap final 4x10 EQ2, que se encuentra en la figura 2.41. En ese sentido se plantea la siguiente ecuación la cual es válida para cualquier frecuencia en la cual se desee hacer un análisis, así como para hallar el nivel de señal en cualquier punto y elemento de la red:

$$\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10} = \text{Nivel}_{\text{Salida}} - \alpha \cdot d - P_{i \text{ DC-12}} - P_{i \text{ Tap } 8 \times 20} - P_{i \text{ Tap } 8 \times 17} - P_{i \text{ Tap } 8 \times 14} - P_{\text{Tap } 4 \times 10} \quad (2.1)$$

Dónde:

- $\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10}$ : Nivel de señal en dBmV a boca de tap.
- $\text{Nivel}_{\text{Salida}}$ : Nivel de salida en dBmV del amplificador.
- $\alpha$ : Coeficiente de atenuación del cable coaxial RG500 en dB/30.5m<sup>14</sup>.
- $d$ : Distancia en metros del cable coaxial que une el tap con el amplificador que lo alimenta (MB).
- $P_{i \text{ DC-12}}$ : Pérdida de inserción en dB del acoplador<sup>15</sup> de 12 dB de pérdida.
- $P_{i \text{ Tap } 8 \times 20}$ : Pérdida de inserción en dB del Tap 8x20.
- $P_{i \text{ Tap } 8 \times 17}$ : Pérdida de inserción en dB del Tap 8x17.
- $P_{i \text{ Tap } 8 \times 14}$ : Pérdida de inserción en dB del Tap 8x14.
- $P_{\text{Tap } 4 \times 10}$ : Valor de pérdida (de salida hacia abonado) nominal en dB del tap 4x10.

Asimismo se sabe que los niveles de salida del amplificador son de 39 dBmV y 51 dBmV para las frecuencias de trabajo de 50 MHz y 860 MHz respectivamente. En ese sentido reemplazando estos valores con los correspondientes de las tablas 2.5, 2.6 y 2.7 en la ecuación 2.1, se tendrán los siguientes resultados en dBmV:

$$\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10(50 \text{ MHz})} = 18.8$$

$$\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10(860 \text{ MHz})} = 17.74$$

Se puede apreciar que la señal del canal bajo se encuentra por encima que la del canal alto<sup>16</sup>, por lo que debe ajustarse con el uso de un ecualizador<sup>17</sup> de 2 dB de pérdida, obteniéndose el siguiente resultado final:

$$\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10(50 \text{ MHz})} = 16.8$$

$$\text{Nivel}_{\text{Tap } 4 \times 10(860 \text{ MHz})} = 17.74$$

<sup>14</sup> Los coeficientes están dados en dB/100 pies, pero dado que se trabaja en metros y sabiendo que 100 pies es aproximadamente 30.5 metros (redondeando a un decimal) se tendrá el cambio a dB/30.5 metros.

<sup>15</sup> Los acopladores más comunes y que encuentran en el mercado son los que tienen los valores de pérdida de: -7dB, -9 dB o -12 dB.

<sup>16</sup> La señal del canal bajo en todo momento debe ser menor o igual que la del canal alto, esto porque la señal a las frecuencias bajas se atenúa siempre en menor proporción que a las frecuencias altas en una misma trayectoria de cable coaxial.

<sup>17</sup> Los ecualizadores, tal como se explicó, reducen los niveles de señal en las frecuencias bajas, a diferencia de los cables simuladores que hacen el mismo trabajo pero para las frecuencias altas.

Asimismo, después de aplicar la ecuación 2.1 para los demás taps final de la corrida presentada en la figura 2.41 se obtiene los resultados mostrados en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8** Muestra los niveles de señal obtenidos teóricamente en boca de los taps final.

Fuente: Elaboración propia

ITEM	VALOR DE TAP	DISTANCIA DESDE EL AMPLIFICADOR (METROS)	NIVEL DE SEÑAL A BOCA DE TAP (dBmV)		OBSERVACIÓN
			Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)	
1	4x10 EQ2	141.0	16.80	17.74	Tap Final
2	8x10 EQ2	121.0	19.34	21.48	Tap Final
3	4x7 SIM3	93.0	15.52	16.64	Tap Final
4	8x10 SIM6	48.0	17.38	19.00	Tap Final

## CAPÍTULO III

### IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

En este capítulo se detalla el despliegue de la red coaxial al interior del centro comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa, la cual servirá como plataforma para la distribución del servicio de Triple Play suministrado por el operador Claro.

#### **3.1 Elección de la topología de la red de distribución**

Para llevar a cabo la solución al problema planteado, es necesario mencionar primeramente la topología de red a utilizar, la cual será del tipo BLASTER<sup>18</sup>, la misma que se desplegará a lo largo y ancho del sistema canalizado para telecomunicaciones existente, el cual consiste en ductos, bandejas y escalerillas, los mismos que se encuentran instalados en los falso techo, montantes y piso técnico al interior del centro comercial.

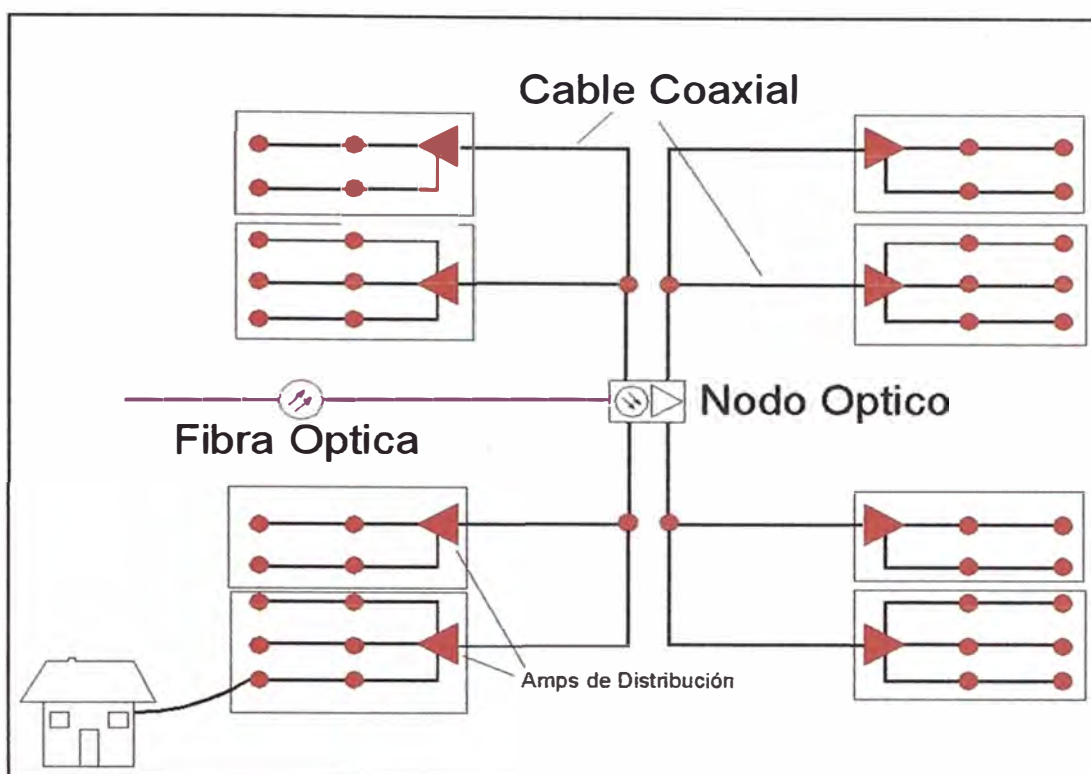
La estructura BLASTER está conformada por niveles de distribución. Cada uno de estos niveles es independiente al otro y su única función es la de llevar señal a un área determinada. Esta arquitectura permite balancear la carga del nodo, asignando un número de usuarios por salida del nodo lo que facilita los procesos de segmentación y rendimiento de la red.

En la figura 3.1, se aprecia la topología tipo BLASTER en la cual se puede ver que cada salida del nodo óptico se encuentra balanceada respecto de la carga de amplificadores que lleva; tal como se mencionó en el anterior capítulo de este informe, el cable coaxial que se encuentra entre las salidas del nodo y la entrada a los amplificadores, corresponde al cableado troncal (también llamado “expreso”), mientras que el cableado de distribución es el que se encuentra a la salida de los amplificadores y va hacia los dispositivos pasivos de la red (acopladores, taps, etc.).

Finalmente se debe considerar que en el diseño de redes HFC, se tiene en cuenta además de los factores técnicos, los factores comerciales como el porcentaje de penetración, lo que significa que el diseño propuesto no cubrirá el 100 por ciento de lo que realmente se podría cubrir con un nodo (Homepassed o Casa Pasada), sino solamente el porcentaje potencial de usuarios, dato que por lo general es suministrado por el área comercial en este caso de Claro [12].

---

<sup>18</sup> BLASTER, Broadband Layered Architecture Strategy to Enhance Reliability, en español Arquitectura Estratégica de Niveles de Banda Ancha para Aumentar Confiabilidad.



**Figura 3.1** Topología de una red tipo BLASTER. Fuente:

<http://www.slideshare.net/guest754d6ab/redes-hibridas-de-fibra-ptica-y-cable-coaxial>.

### 3.2 Recopilación de información para la implementación

La solución planteada en el presente informe, reviste cierto tipo de problemas e inconvenientes en cuanto al diseño y construcción en sí de la red, ya que dichas labores deben hacerse sobre una infraestructura ya construida y en pleno funcionamiento como es un centro comercial, lo cual difiere de los diseños que normalmente se hacen para las casas y/o edificios ya que el despliegue de redes para estos últimos se hace a campo abierto sobre postería o canalización existente en calles o avenidas.

En ese sentido la implementación de la red presenta la particularidad, que se llevará a cabo al interior del C.C. Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa, por lo que todo lo señalado en el Capítulo 2 al parecer no aplica o en el mejor caso aplica poco, ya que los diseños de planta de telecomunicaciones se hacen generalmente para desplegarse en un ámbito urbano (calles, avenidas, urbanizaciones, etc.) y aparte actualmente se elaboran vía software.

Como se mencionó anteriormente, los diseños de red se llevan a cabo normalmente, obteniendo primero la información de levantamiento (postería, casa, edificios, etc.) la cual se traslada a un plano en formato de dibujo que por lo general es CAD<sup>19</sup>, mientras que en el software se cargan los parámetros de diseño (criterios) conjuntamente con dicho plano de levantamiento, lo cual después de un análisis da como resultado final un diseño preli-

<sup>19</sup> CAD, diseño asistido por computadora.



minar y en “papel”, se dice así porque previamente se debe corroborar en campo a fin de ver si todo lo que se indica es factible en la realidad, como por ejemplo: ver que el poste donde se ubique la fuente o nodo este en buen estado o que el nodo o fuente no vaya a quedar frente y cerca de una ventana, ello a fin de no crear incomodidad a los vecinos, por el tema de impacto visual.

En ese sentido, los criterios de diseño descritos hasta ahora no podrían aplicarse en este caso en particular, pero tomando en cuenta que la base teórica y la tecnología es una sola, se puede hacer una analogía y obtener un diseño con sus propias características; por lo tanto se puede ver que:

- En el tema del levantamiento en lugar de tener postes se tendrán bandejas y/o escalerillas sobre los cuales descansaran los cables coaxiales, asimismo en lugar de tener casas y/o edificios se tendrán tiendas y/o comercios para atender con el servicio.
- En cuanto a los criterios de diseño, serán los mismos que se indicaron en el Capítulo II, ya que el cumplimiento de los mismos garantizará que se tenga una red que permita transmitir los servicios hacia los abonados con los niveles de señal adecuados.

Para empezar, partimos con que Claro ya tiene instalada la fibra óptica que alimentará al nodo a instalarse dentro del centro comercial, por lo que el tema del diseño del enlace de fibra óptica así como su implementación no será materia de estudio en el presente informe.

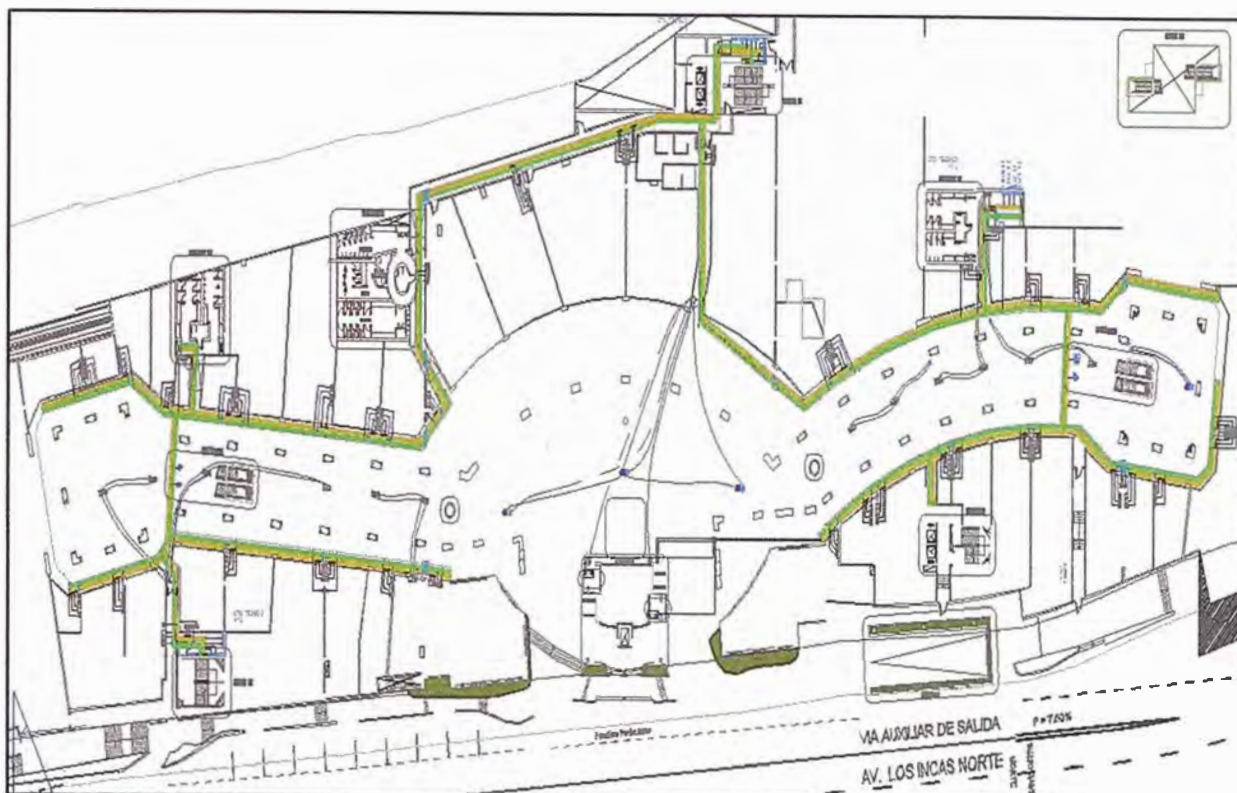
Por otro lado, para implementar la red de distribución coaxial es necesario realizar las siguientes actividades:

- Solicitar previamente al cliente (en este caso el Centro Comercial), los planos del inmueble donde se va a trabajar, haciendo llegar este último, solamente los planos de planta sin escala.
- Realizar una visita a las instalaciones a fin de levantar la mayor cantidad de información que permita hacer el diseño más óptimo en este caso. A continuación se muestran en las figuras 3.2 y 3.3, los planos de planta del primer y segundo piso respetivamente. Como ya se mencionó en ambas figuras, se puede apreciar tanto el primero como el segundo piso del centro comercial, asimismo en dichos planos se puede ver de color verde el sistema de bandejas existente en ambos pisos las cuales se encuentran instaladas en el “falso techo<sup>20</sup>” y permiten llevar servicios básicos tales como iluminación, energía, climatización y telecomunicaciones a todas las tiendas y negocios del centro comercial.

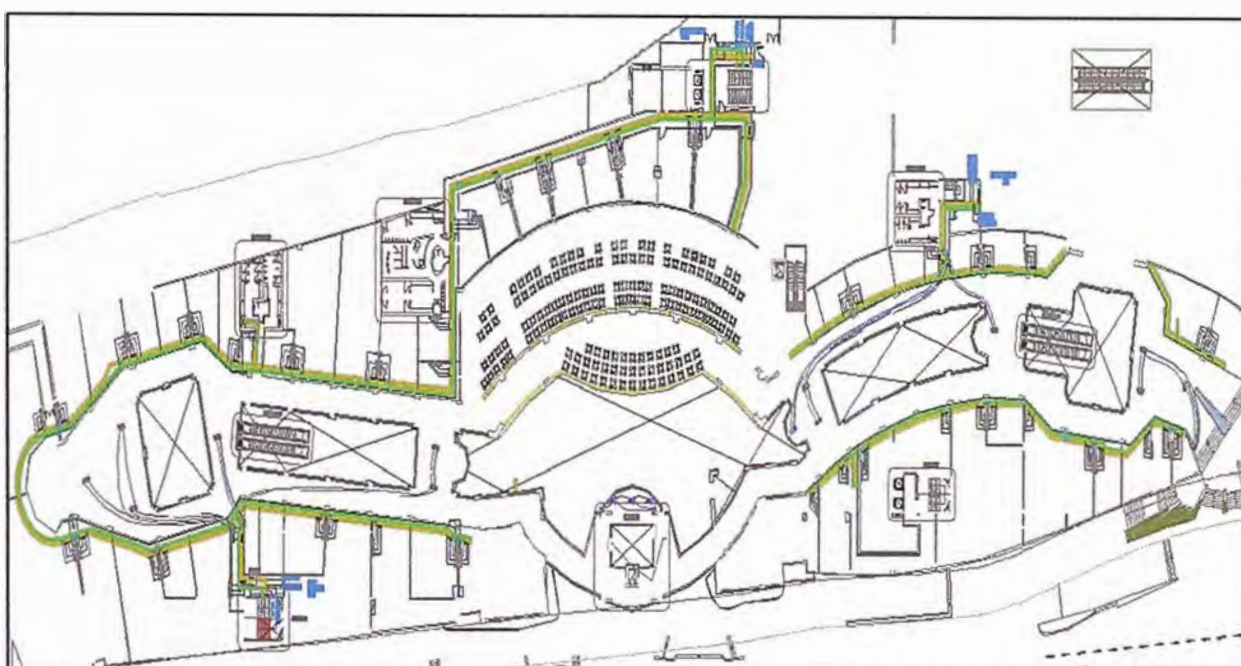
---

<sup>20</sup> Falso Techo o también llamado cielo raso, es el elemento constructivo situado a cierta distancia del techo propiamente dicho, el cual permite la incorporación de instalaciones a fin de desplegar físicamente servicios tales como iluminación, energía, telecomunicaciones y climatización.





**Figura 3.2** Plano de la primera planta del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.3** Plano de la segunda planta del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.

Es en esta infraestructura donde se instalarán los cables coaxiales (tanto troncal como de distribución) así como los equipos pasivos. Asimismo este plano de planta también da a conocer, de alguna manera, los ambientes correspondientes a las tiendas y negocios, los cuales al final serán los usuarios del servicio. Cabe señalar que en el Anexo A: Planos

de la Red de Distribución Coaxial al Interior del Centro Comercial Parque Lambramani; se puede apreciar con mayor claridad los planos mostrados en las figuras 3.2 y 3.3.

Una vez realizada la visita técnica se determinó:

- **Las zonas de servicio;** viendo la disposición arquitectónica que tiene el centro comercial, se hace necesario por un tema de conveniencia hacer la segmentación de la red en 02 grandes zonas o sectores: Sector Norte y Sector Sur (considerando en cada uno la planta alta y baja), por lo que se dispondrá de un amplificador para alimentar a cada zona o sector.
- **Ruta del cableado coaxial;** tanto del troncal como el de distribución. Así como ruta de interconexión entre la planta baja y la planta alta del centro comercial.
- **Se definieron los metrados** que habrá entre dispositivos pasivos, entre pasivos y activos y entre activos; este dato de la longitud es importante ya que permitirá conocer la atenuación producida en el cable coaxial (la cual como sabemos difiere para las frecuencias bajas y altas) y por ende determinar los valores de taps y acopladores al momento de realizar el diseño a mano.
- **Ubicación de los equipos pasivos y activos** (llámese nodo, fuente así como amplificadores); donde estos últimos quedaran confinados en cuartos técnicos ubicados en la primera planta de cada sector (norte y sur), mientras que el nodo y la fuente se ubicara en el cuarto de telecomunicaciones del centro comercial, el cual se encuentra en el sótano N°3 de dicho inmueble. Asimismo la ubicación de los taps (que será dentro de las bandejas) se ha considerado, de tal forma que el cable de acometida RG6 no supere los 50 metros de longitud hasta el cable modem del usuario, esto para no afectar los niveles de señal.

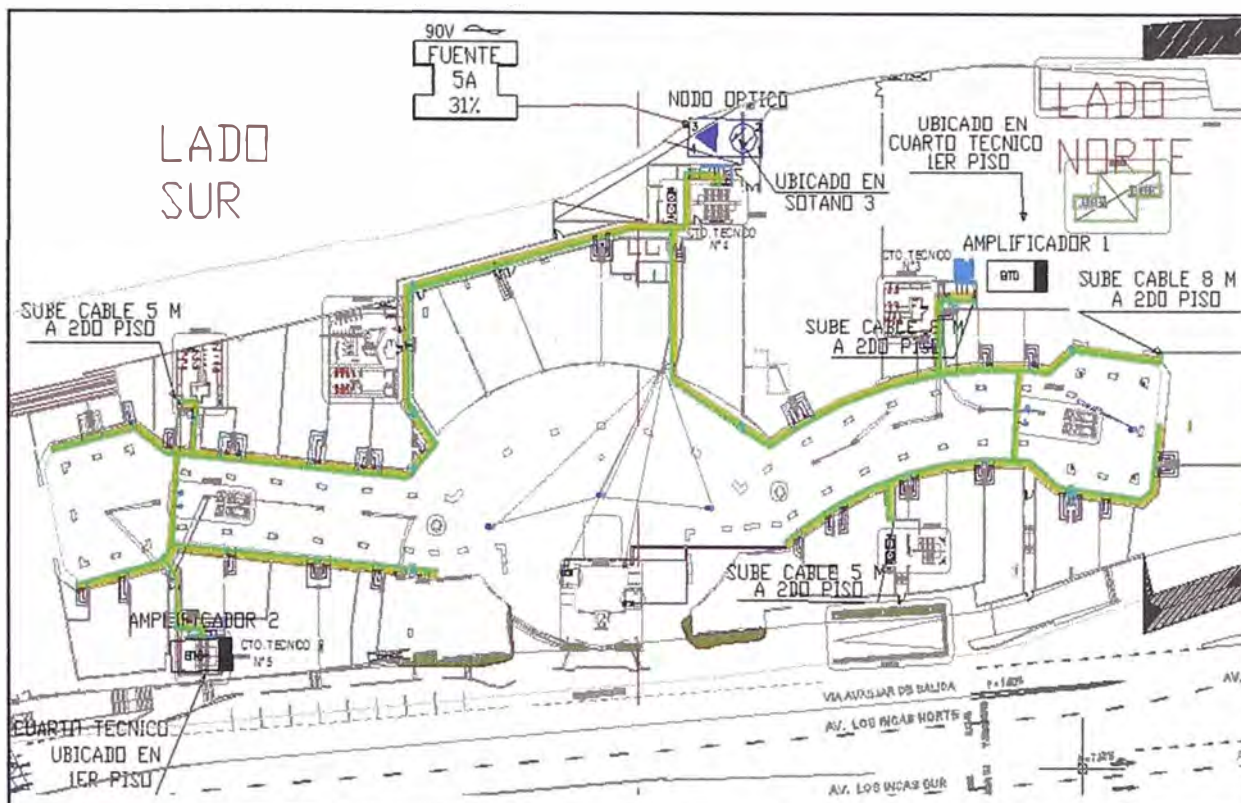
Después de recabada la información en la visita técnica, esta se traslada al plano, para obtener un panorama más claro de las zonas donde se implementará la red coaxial, lo cual se puede apreciar en las figuras 3.4 y 3.5.

Cabe señalar que en las figuras 3.4 y 3.5 se muestra la sectorización norte y sur, que se ha hecho, aparte de la ubicación de los equipos activos así como las vías de interconexión entre la planta baja con la planta alta.

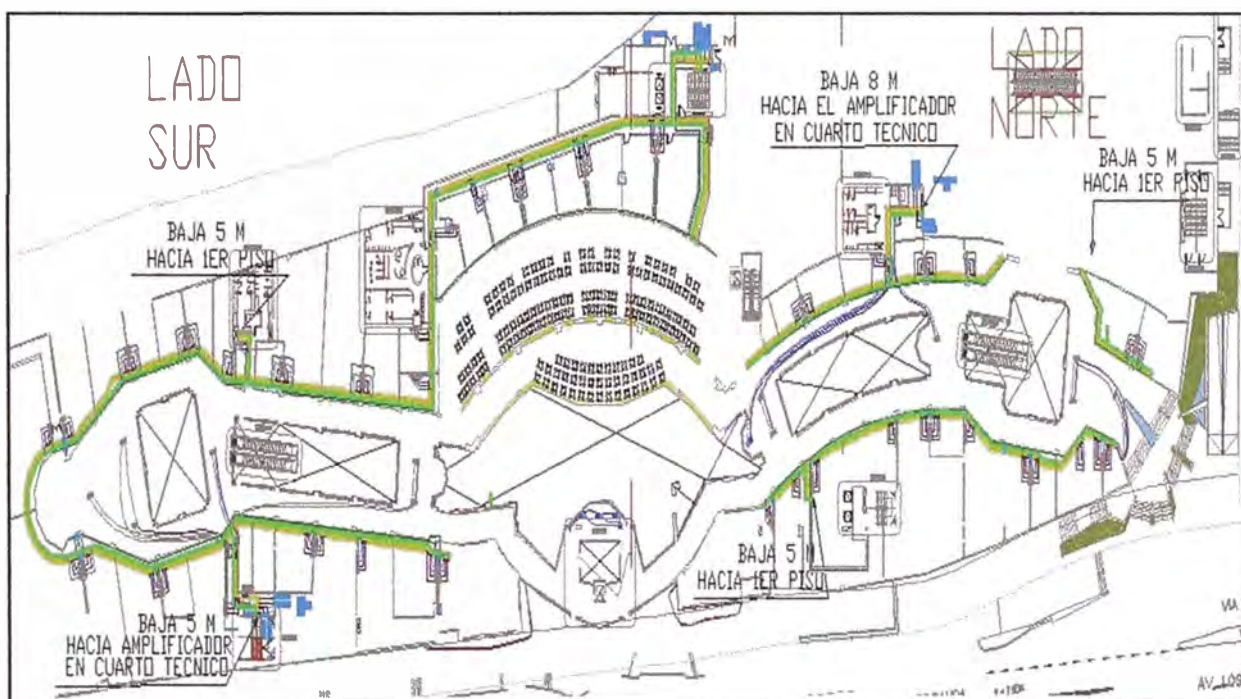
De la misma forma, con ayuda del plano y la información obtenida en la visita técnica se ha definido la ruta del cableado coaxial tanto de los cables troncales como los de distribución a lo largo del centro comercial, los mismos que están representados en los planos o figuras con líneas de color rojo y azul respectivamente. Asimismo también se ha determinado la ubicación de los equipos pasivos (taps, acopladores y divisores) así como el número de puertos que tendrá cada tap, este último se ha basado en el número de tiendas que hay en la vecindad del tap en un radio no mayor a 35 metros, tal cual se



muestra en las figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 tanto para la planta baja como para la planta alta.



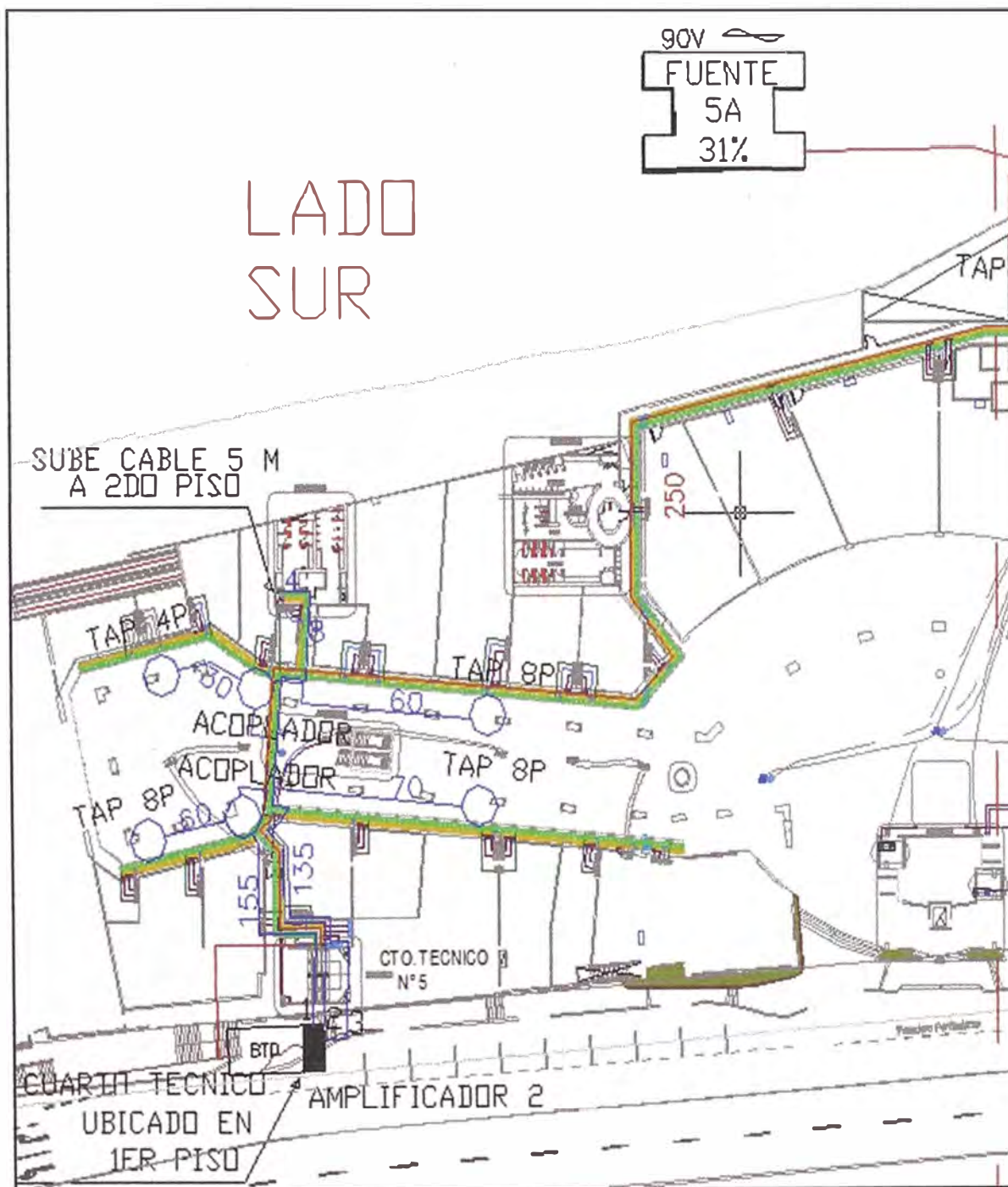
**Figura 3.4** Plano del primer piso del C.C. Parque Lambramani, con ubicación de los elementos de la red. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.5** Plano del segundo piso del C.C. Comercial Parque Lambramani, donde se muestra la sectorización realizada. Fuente: Elaboración propia.

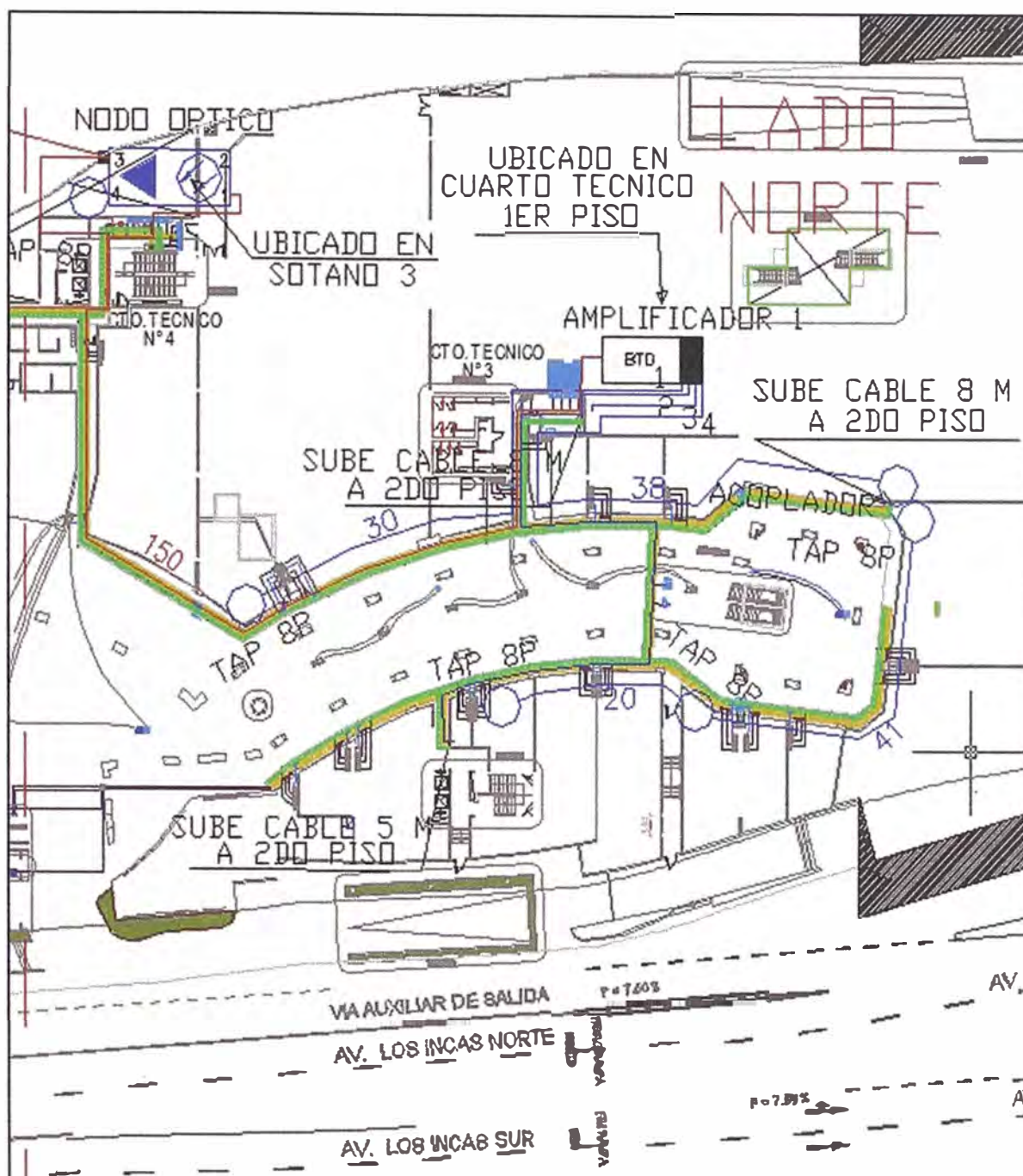
### - Planta Baja

Para una mejor visualización de la distribución de cables y equipos se ha visto por conveniente desdoblar el plano de la planta baja del centro comercial en sectores, tal como se puede apreciar en las figuras 3.6 y 3.7, que muestran con mayor claridad la ubicación de los tap (con su respectivo número de puertos), acopladores y cableado coaxial tanto del troncal (de color rojo) como el de distribución (de color azul) con sus respectivas distancias.



**Figura 3.6** Planta baja del sector sur del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.



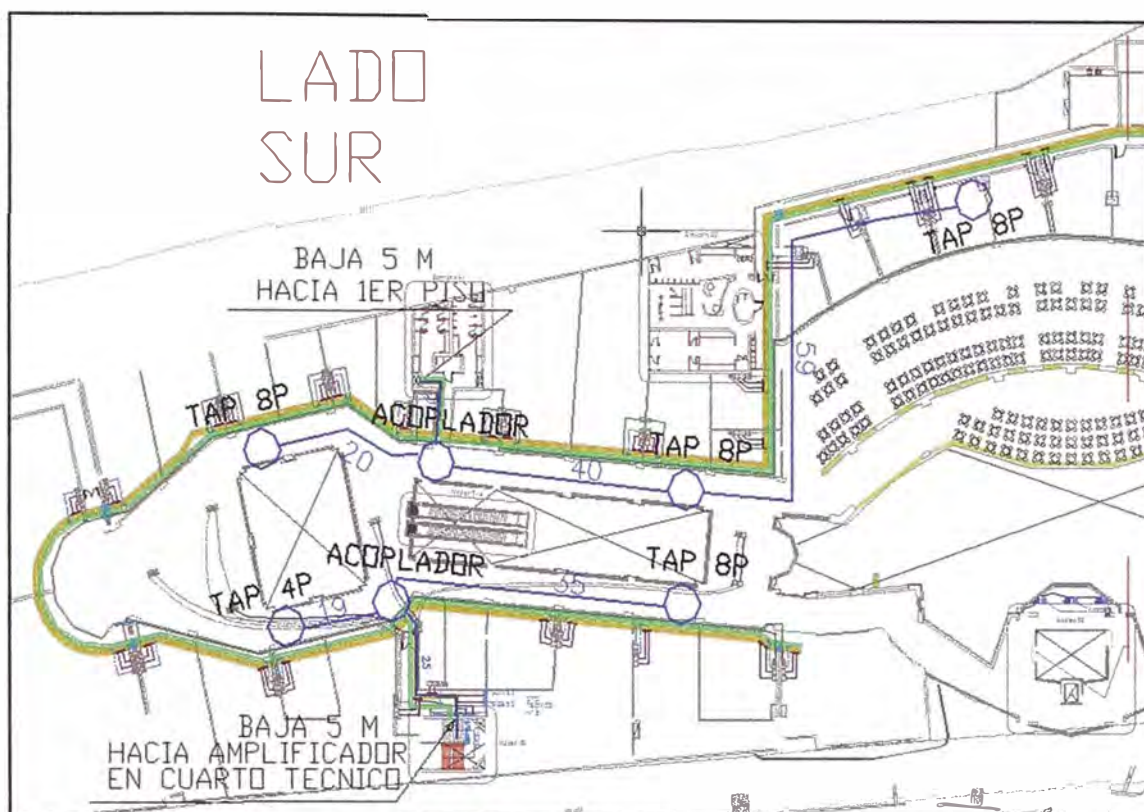


**Figura 3.7** Planta baja del sector norte del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.

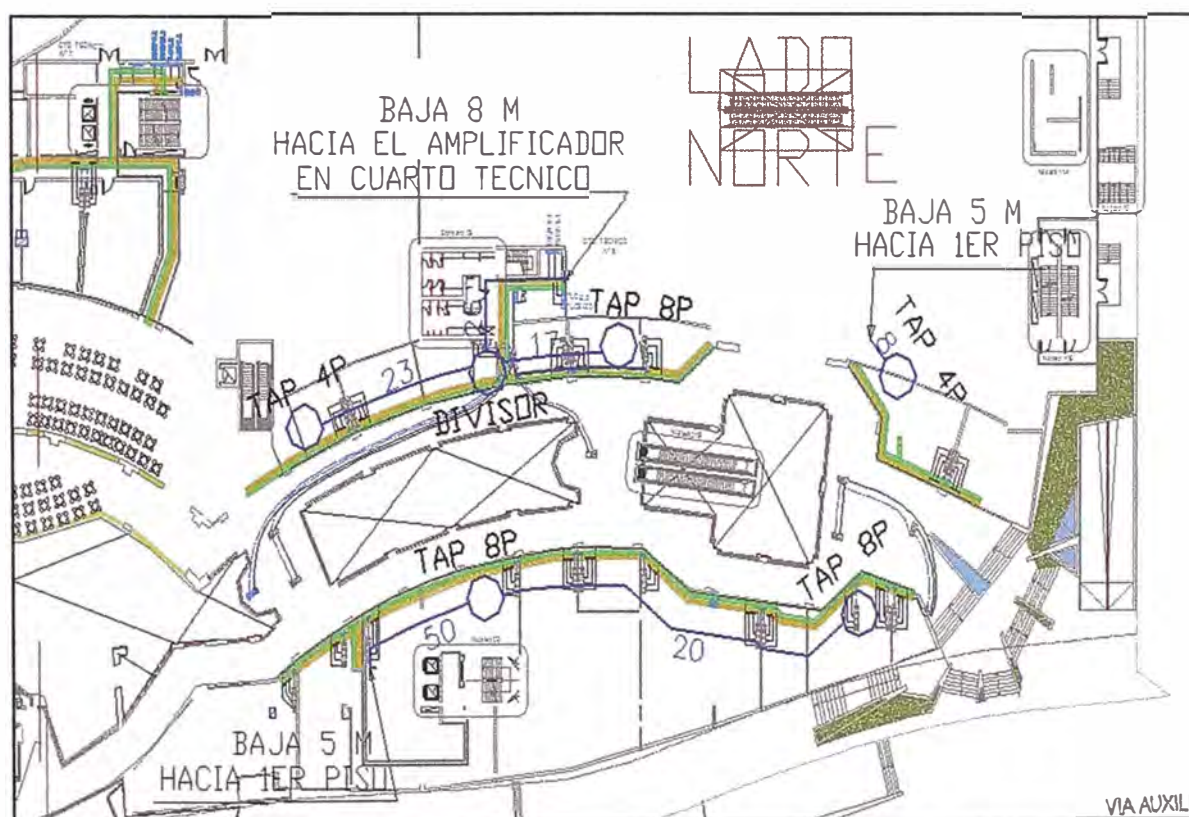
#### - Planta Alta

Igualmente que en el caso anterior, para una mejor visualización de la distribución de cables y equipos se ha visto por conveniente desdoblar el plano de la planta alta del centro comercial en sectores, mostrados en las figuras 3.8 y 3.9.

En ambas figuras se muestra con mayor claridad la ubicación de los tap (con su respectivo número de puertos), acopladores, divisor y cableado coaxial tanto del troncal (de color rojo) como el de distribución (de color azul) con sus respectivas distancias.



**Figura 3.8** Planta alta, sector sur del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.9** Planta alta, sector norte del C.C. Comercial Parque Lambramani. Fuente: Elaboración propia.



### 3.3 Despliegue de la red de distribución

Después de realizada la visita técnica, con la información entregada por el centro comercial, se ha podido determinar lo siguiente:

- Ruta y distancias de cableado sobre las bandejas y escalerillas; cabe señalar que estas distancias son aproximadas ya que para empezar el plano dado no estaba a escala y la mayoría de mediciones se han hecho en el piso, en paralelo a las rutas de dichas bandejas y en otros casos se ha calculado las distancias debido a que no había las facilidades para realizar estas mediciones, de todas maneras, esta información sirve de referencia para determinar si se llega a la salida de los taps con los niveles adecuados para brindar el servicio.
- Ubicación de equipos activos, llámese, nodo y fuente así como tipo y cantidad de amplificadores, que serán 02 BTD con 04 salidas troncales cada uno.
- Elección y número de los equipos activos a utilizar, lo propio se ha hecho con los equipos pasivos, llámese, divisor, acoplador y taps, sobre todo con estos últimos se ha definido tanto su ubicación como el número de puertos que tendrán en sus salidas hacia los abonados, por lo que queda por averiguar, cuál serán los valores que permitan especificar los taps y acopladores.

Para especificar los taps y acopladores, es necesario tener en cuenta la siguiente información:

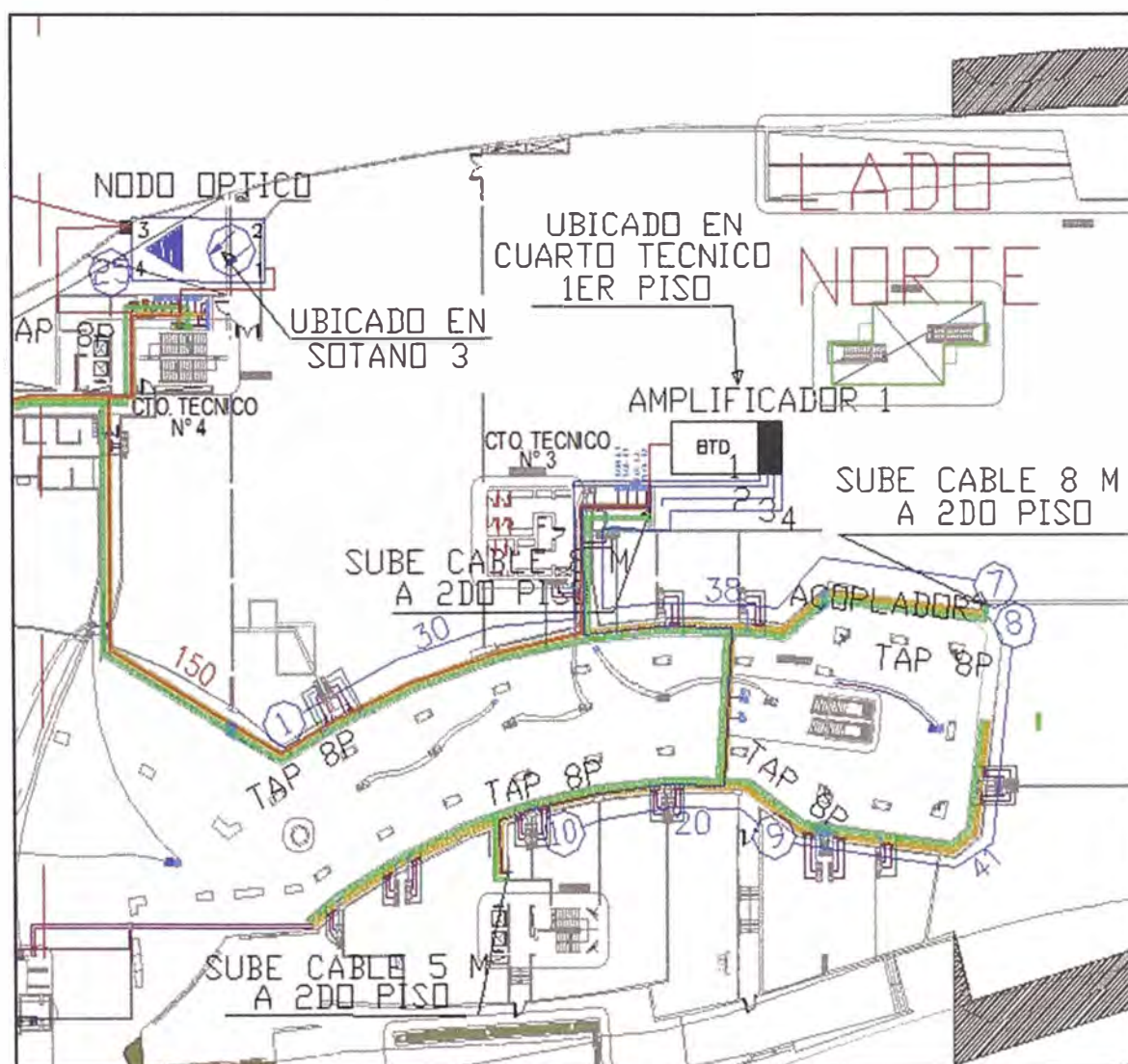
- Lo especificado en este informe, que los niveles de señal utilizados por un amplificador BTD (4 salidas) deben ser:
  - Nivel de entrada (Forward): 14 dB.
  - Nivel de salida (Forward): 51/39 dBmV (igual que en la salida RF del nodo óptico) a 860 MHz y 50 MHz respectivamente.
  - Nivel de entrada (Retorno): 24 dB.
- Los coeficientes de atenuación del cable coaxial RG500 así como las pérdidas de inserción de los equipos pasivos. Se considerara la pérdida de inserción de los conectores como despreciable en comparación con las pérdidas anteriormente mencionadas (cable y pasivos).

### 3.4 Cálculo de los niveles de señal y especificación de los componentes pasivos de la red coaxial

Para hallar los niveles de señal en boca de tap así como los valores de los elementos pasivos (tap, acoplador y divisor) de la red de distribución del centro comercial es necesario plantear en cada elemento de red la ecuación 2.1, planteada en la Sección 2.4 del presente informe. Cabe señalar que el cálculo se iniciará con los elementos pasivos que se encuentren al “comienzo” de la red, es decir con los equipos que se encuentran más

cerca del amplificador que los alimenta y luego se continuara los cálculos con los que están más lejos hasta llegar al dispositivo pasivo final de la red. Adicionalmente se hará el cálculo del nivel señal de entrada a los equipos de abonado (tanto MTA y/o set top box) a fin de verificar que esta se encuentra dentro del rango de señal de entrada que aceptan dichos equipos (de -15 dBmV a +15 dBmV). Este análisis también permitirá determinar los valores de cada uno de los equipos pasivos presentados en las figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 que permita su especificación y así completar el diseño de la red.

A fin de tener un mejor orden y comprensión respecto de los cálculos a realizar, que permitan especificar los equipos pasivos de la red, se ha convenido en enumerar cada uno de los mencionados equipos pasivos. En las figuras 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13 se presentan de acuerdo al sector y planta a la que pertenecen, los taps, acopladores y divisor numerados a fin de identificarlos al momento de realizar los cálculos respectivos.

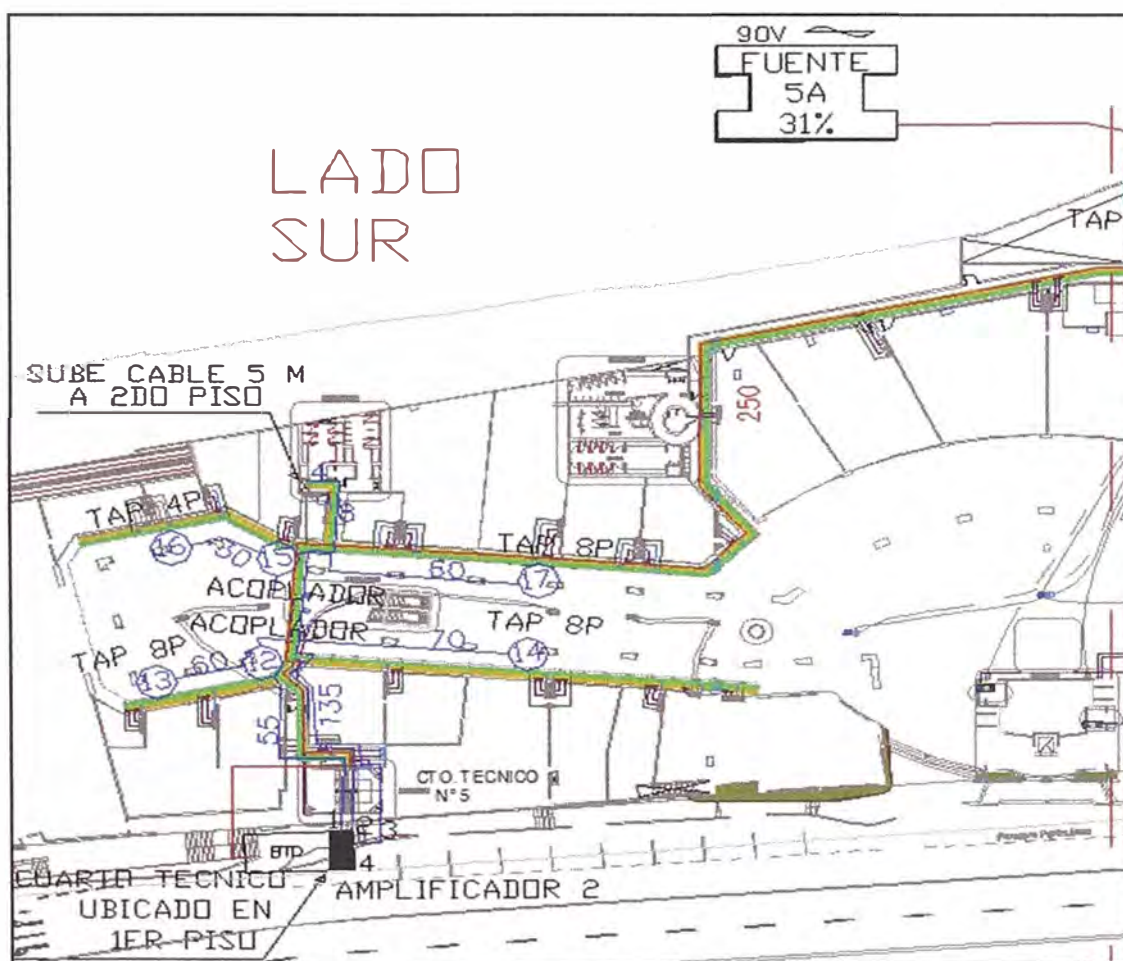


**Figura 3.10** Zona del Amplificador N°1 correspondiente al sector norte primer piso. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.11** Zona del Amplificador N°1 correspondiente al sector norte segundo piso.

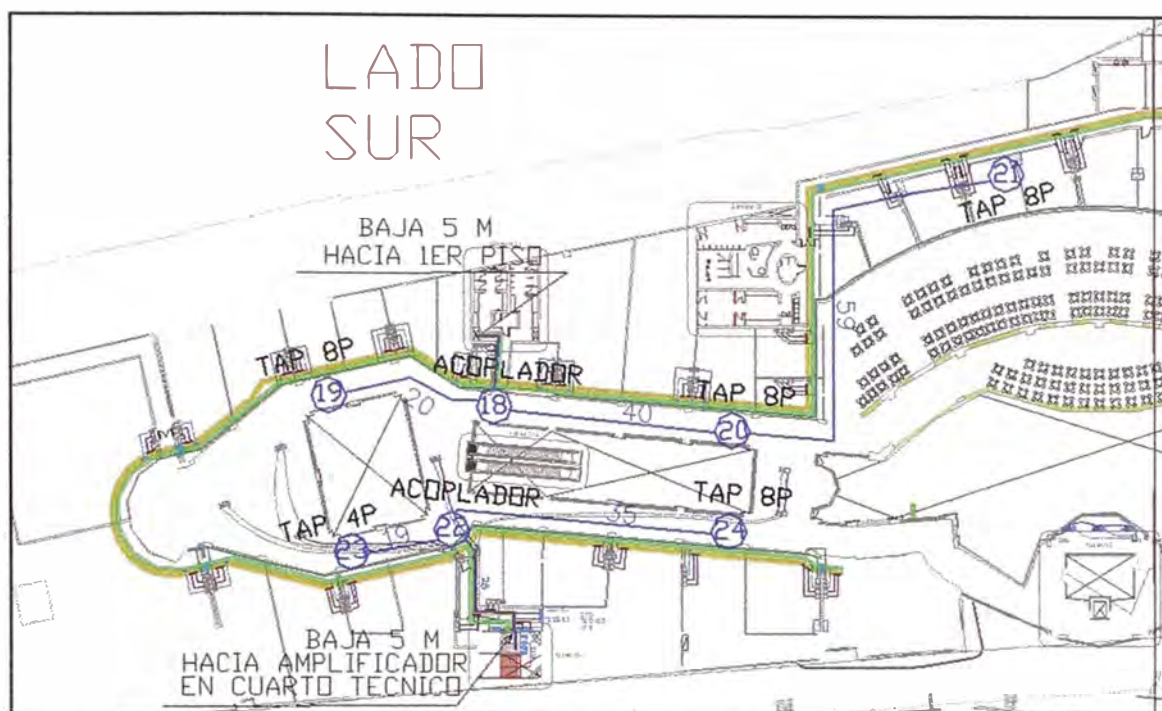
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.12** Zona del Amplificador N°2 correspondiente al Sector Sur, primer piso. Fuen-

te: Elaboración propia.





**Figura 3.13** Zona del Amplificador N°2 correspondiente al Sector Sur, segundo piso.

Fuente: Elaboración propia.

Como ya se mencionó, la ecuación 2.1 se aplicará a todos los pasivos de la red, y para evitar muchos cálculos repetitivos, solo se presentarán 03 casos de como hallar los niveles y valores. Los demás resultados se presentaran en la tabla 3.1 una vez finalizado los cálculos respectivos.

- **Tap N°1:** Correspondiente al puerto N°1 del amplificador del sector norte:

Se sabe que los coeficientes de atenuación en el cable coaxial RG500 son:

- $\alpha_{(50 \text{ MHz})} \rightarrow 0.52 \text{ dB}/30.5 \text{ m}$
- $\alpha_{(860 \text{ MHz})} \rightarrow 2.34 \text{ dB}/30.5 \text{ m}$

Asimismo los valores de salida del amplificador son 51/39 dBmV, entonces para la distancia que se indica en el plano (30 m), que va desde la salida del amplificador hasta el tap, se tendrá la siguiente pérdida por trayectoria:

$$\text{Pérdida (50 MHz)} = \frac{0.52 \text{ dB}}{30.5 \text{ m}} * 30 \text{ m} = 0.51 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdida (865 MHz)} = \frac{2.34 \text{ dB}}{30.5 \text{ m}} * 30 \text{ m} = 2.30 \text{ dB}$$

Aplicando la ecuación 2.1 (definida en la Sección 2.4) se tendrá en boca de tap los siguientes niveles (en dBmV):

$$N'_{1 (50 \text{ MHz})} = 39 \text{ dBmV} - 0.51 \text{ dB} - T_1 \text{ dB} \quad (3.1)$$

$$N'_{1 (860 \text{ MHz})} = 51 \text{ dBmV} - 2.30 \text{ dB} - T_1 \text{ dB} \quad (3.2)$$

En este caso se opta por usar un tap de 20 dB, entonces reemplazando el valor de  $T_1$  en las ecuaciones 3.1 y 3.2 se tendrá los siguientes valores:

$$N'_1 (50 \text{ MHz}) = 18.49 \text{ dBmV}$$

$$N'_1 (860 \text{ MHz}) = 28.7 \text{ dBmV}$$

Se observa que la señal del canal alto está un poco elevada por lo que se usará un cable simulador de 6 dB a fin de ajustar el valor de dicha señal. Al final se tendrán los siguientes niveles de señal en boca de tap:

$$N'_1 (50 \text{ MHz}) = 18.49 \text{ dBmV}$$

$$N'_1 (860 \text{ MHz}) = 22.7 \text{ dBmV}$$

Ahora se verificará que estos valores que llegan a los equipos MTA y/o Set Top Box estén dentro del rango de niveles que exigen (de -15 dBmV a +15 dBmV); tomando como base que para llegar a estos equipos desde el tap, que se encuentra fuera de las premisas del abonado, (es decir en la planta externa de telecomunicaciones), es necesario usar un cable de acometida RG6 con una longitud máxima de 50 metros, así como en la parte intermedia de esta acometida se usará un splitter de dos vías con el objetivo de dividir la señal en partes iguales, a fin de que cada parte vaya a cada uno de los equipos. Haciendo cálculos se tendrá que:

Los coeficientes de atenuación en el cable coaxial RG6 son:

$$- \beta_{(50 \text{ MHz})} \rightarrow 1.48 \text{ dB/ } 30.5 \text{ m}$$

$$\beta_{(860 \text{ MHz})} \rightarrow 6.09 \text{ dB/ } 30.5 \text{ m}$$

Cabe señalar que en el mercado existe una gran variedad fabricantes de splitter de dos vías, con diferentes valores de pérdida de inserción, por lo que se asumirá el más común del mercado con una pérdida aproximada de 4.5 dB ( $L_{\text{splitter}}$ ), por lo tanto, para la distancia máxima que se indica de 50 metros, se tendrán los siguientes niveles de señal a la entrada de los equipos de abonado:

$$N''_1 (50 \text{ MHz}) = 18.49 \text{ dBmV} - 0.048 \text{ dB/M}^*(50 \text{ M}) - 4.5 \text{ dB} = 11.56 \text{ dBmV}$$

$$N''_1 (860 \text{ MHz}) = 22.7 \text{ dBmV} - 0.200 \text{ dB/M}^*(50 \text{ M}) - 4.5 \text{ dB} = 8.22 \text{ dBmV}$$

Los cuales están dentro del rango de valores (de -15 dBmV a +15 dBmV) que aceptan tanto el MTA como el Set Top Box.

Por lo tanto, la especificación para el tap N°1 es: Tap (de 8 puertos) 20 dB con cable simulador de 6 dB. Es decir se tendrá un tap de 8 puertos con atenuación de 20 dB y simulador de 6 dB o comúnmente como se le llama un tap de "8x20 sim6".

- **Acoplador N°15:** Corresponde al puerto N°2 del amplificador del sector sur y es el primer equipo pasivo que se encuentra a la salida de dicho amplificador, como se había indicado anteriormente, un acoplador entrega parte de su señal en una dirección y el resto en otra, en este caso la salida donde se produzca la mayor pérdida corresponderá a

una corrida corta mientras que la otra donde no se produce pérdidas (salvo por inserción) corresponderá a la corrida más larga (que necesita mayor nivel de señal), en ese sentido para obtener el valor del acoplador se necesita hallar primero el nivel de señal a la entrada del tap N°16, el cual se alimenta de la salida más atenuada de dicho acoplador.

- **Tap N°16:** Corresponde al puerto N°2 del amplificador del sector sur y se encuentra después del acoplador N°15:

A fin de conocer el nivel de la señal en boca del tap N°16 es necesario restar al nivel de salida del amplificador (51/39 dBmV), la pérdida por trayectoria que se da en el cable (165 M), esto también permitirá obtener el valor del acoplador N°15, utilizando nuevamente la ecuación 2.1 se tendrá lo siguiente:

$$N'_{16 (50 \text{ MHz})} = 39 \text{ dBmV} - 0.017 \text{ dB/M} \cdot (165 \text{ M}) - P_{\text{DC-X}} \text{ dB} - T_{16} \text{ dB}$$

$$N'_{16 (860 \text{ MHz})} = 51 \text{ dBmV} - 0.077 \text{ dB/M} \cdot (165 \text{ M}) - P_{\text{DC-X}} \text{ dB} - T_{16} \text{ dB}$$

A este resultado se le agrega la pérdida del acoplador, el cual se tiene hasta de tres valores: 7 dB, 9dB y 12 dB. Se opta por usar el acoplador de 7 dB ( $P_{\text{DC-X}}$ ), asimismo se elige usar un tap de 17 dB ( $T_{16}$ ), por lo que se tendrán los siguientes niveles de señal en boca de tap:

$$N'_{16 (50 \text{ MHz})} = 11.69 \text{ dBmV}$$

$$N'_{16 (860 \text{ MHz})} = 12.94 \text{ dBmV}$$

Nuevamente se verificarán los niveles de señal (en dBmV) a la entrada de los equipos de abonado, obteniendo el siguiente resultado:

$$N''_{16 (50 \text{ MHz})} = 11.69 \text{ dBmV} - 0.048 \text{ dB/M} \cdot (50 \text{ M}) - 4.5 \text{ dB} = 4.76 \text{ dBmV}$$

$$N''_{16 (860 \text{ MHz})} = 12.94 \text{ dBmV} - 0.200 \text{ dB/M} \cdot (50 \text{ M}) - 4.5 \text{ dB} = -1.55 \text{ dBmV}$$

Los valores obtenidos también están dentro del rango de valores aceptables tanto para el MTA y el Set Top Box (de -15 dBmV a +15 dBmV).

Por lo tanto la especificación para el tap N°16 es: Tap (de 4 puertos) 17 dB (4x17).

Asimismo la especificación del acoplador N°15 es: acoplador de 7 dB de pérdida (DC-7).

- **Tap N°21:** Correspondiente al puerto N°3 del amplificador del sector sur y se encuentra después del Tap N°20:

Para hallar el nivel en boca del tap N°21, primero se debe restar al nivel de salida del amplificador, las pérdidas por trayectoria (del amplificador al tap) del cable coaxial (267 m) y las pérdidas de inserción del acoplador de 7 dB y tap 8x17 (especificado anteriormente por estar antes del tap N°21), entonces aplicando nuevamente la ecuación 2.1 se tendrá lo siguiente:

$$N'_{21 (50 \text{ MHz})} = 39 \text{ dBmV} - 0.017 \text{ dB/m} \cdot (267 \text{ m}) - 1.9 \text{ dB} - 1.8 \text{ dB} - T_{21} \text{ dB}$$

$$N'_{21 (860 \text{ MHz})} = 51 \text{ dBmV} - 0.077 \text{ dB/m} \cdot (267 \text{ m}) - 1.9 \text{ dB} - 1.8 \text{ dB} - T_{21} \text{ dB}$$



Con estos valores, se opta por especificar un tap de 10 dB ( $T_{21}$ ), por lo que se obtendrán los siguientes niveles de señal:

$$N'_{21} (50 \text{ MHz}) = 20.75 \text{ dBmV}$$

$$N'_{21} (860 \text{ MHz}) = 14.12 \text{ dBmV}$$

Se puede ver que la señal del canal bajo está muy por encima que de la del canal alto, por lo que en este caso se utilizará un ecualizador de 6 dB a fin de reducirla en la cantidad mencionada, obteniéndose los niveles de señal en boca de tap:

$$N'_{21} (50 \text{ MHz}) = 14.75 \text{ dBmV}$$

$$N'_{21} (860 \text{ MHz}) = 14.12 \text{ dBmV}$$

Finalmente se verificarán los niveles de señal a la entrada de los equipos de abonado:

$$N''_{21} (50 \text{ MHz}) = 14.75 \text{ dBmV} - 0.048 \text{ dB/m} \cdot (50 \text{ m}) - 4.5 \text{ dB} = 7.82 \text{ dBmV}$$

$$N''_{21} (860 \text{ MHz}) = 14.12 \text{ dBmV} - 0.200 \text{ dB/m} \cdot (50 \text{ m}) - 4.5 \text{ dB} = -0.37 \text{ dBmV}$$

Los cuales están dentro del rango de valores (en dBmV) que aceptan tanto el MTA y el Set Top Box (de -15 dBmV a +15 dBmV).

Por lo tanto la especificación para el tap N°21 es: Tap (de 8 puertos) 10 dB con ecualizador de 6 dB (8x10 ecu6).

De la misma forma que se hallaron los niveles de señal y valores de los taps N°1, N°16 y N°21 así como del acoplador N°15, se ha procedido para el resto de los elementos pasivos de la red, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.1:

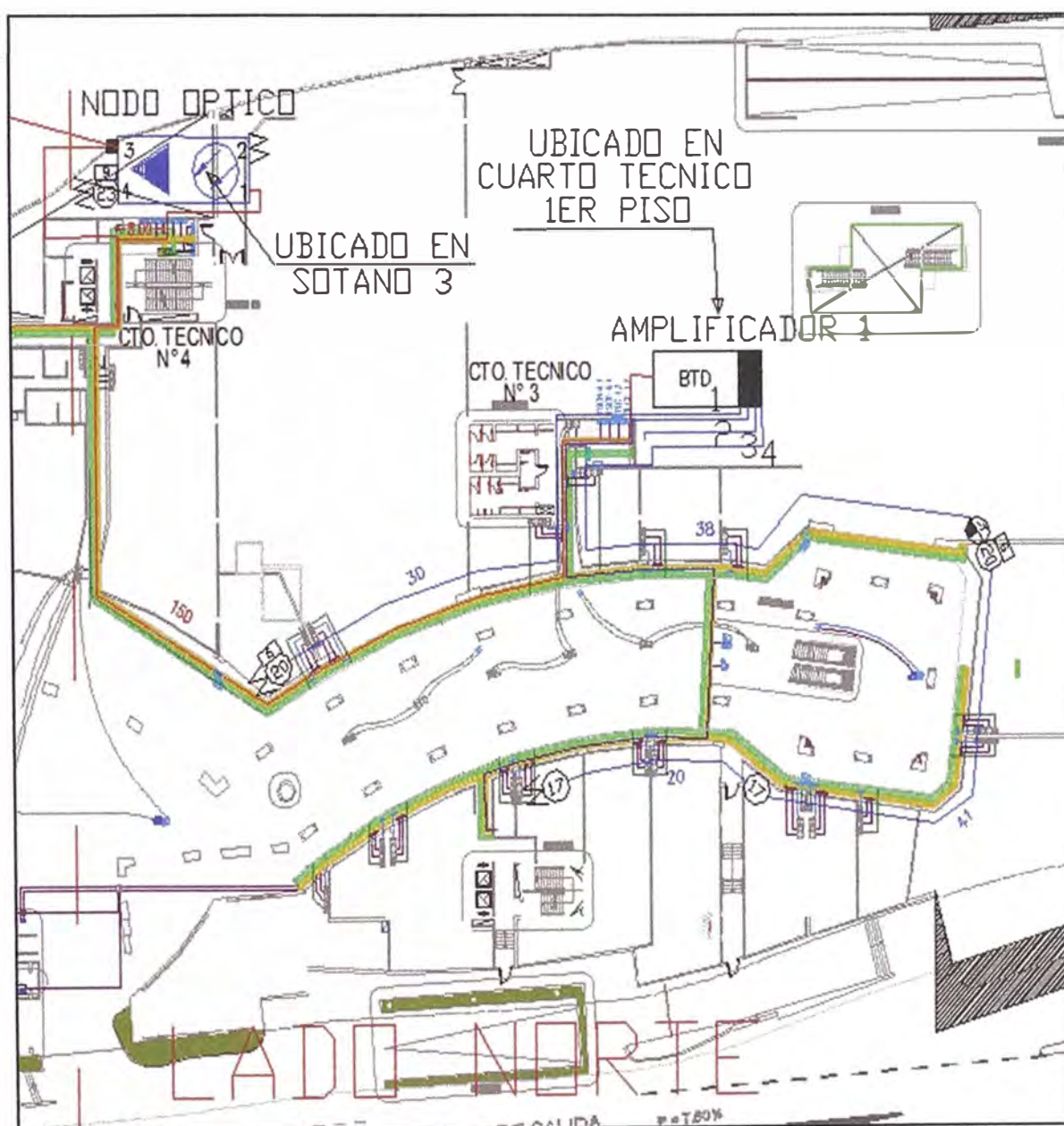
**Tabla 3.1** Muestra los niveles de señal y valores de los equipos pasivos de la red. Fuente: Elaboración propia.

N° EQUIPO PASIVO (SEGÚN FIGURAS)	NIVEL EN BOCA DE TAP (N') en dBmV		NIVEL A LA ENTRADA DE EQUIPO DE ABONADO (N'') en dBmV		VALOR DE EQUIPO PASIVO	OBSERVACION
	Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)	Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)		
1	18.49	22.70	11.56	8.22	8x20 Sim6	Tap Final
2	18.15	24.16	11.22	9.67	8x20 Sim3	Tap Pasante
3	16.81	23.33	11.22	9.67	8x20	Tap Final
4	—	—	—	—	Divisor 2 dB	Divisor
5	14.21	21.73	7.30	7.24	4x20	Tap Final
6	14.33	22.19	7.40	7.70	8x20	Tap Final
7	—	—	—	—	DC -7 dB	Acoplador
8	16.45	18.68	9.52	4.19	8x20 Sim6	Tap Pasante
9	17.75	22.24	10.82	7.75	8x17	Tap Pasante
10	15.61	17.70	8.68	3.21	8x17	Tap Final
11	20.63	25.69	13.70	11.20	4x10 Sim3	Tap Final
12	—	—	—	—	DC -7 dB	Acoplador
13	15.54	19.78	8.61	5.29	8x14	Tap Final
14	14.97	18.01	8.04	3.52	8x20	Tap Final
15	—	—	—	—	DC -7 dB	Acoplador
16	11.69	12.94	4.76	-1.55	4x17	Tap Final
17	13.77	12.64	6.84	-1.85	8x20	Tap Final
18	—	—	—	—	DC -7 dB	Acoplador
19	14.29	14.18	7.36	-0.31	8x14	Tap Final
20	16.55	14.64	9.62	0.15	8x17	Tap Pasante
21	14.75	14.12	7.82	-0.37	8x10 Ecu6	Tap Final
22	—	—	—	—	DC -7 dB	Acoplador
23	15.66	17.84	8.73	3.35	4x15 Sim6	Tap Final
24	15.99	16.61	9.06	2.12	8x20 Sim6	Tap Final
25	16.00	19.00	9.07	4.51	8x23 Sim9	Tap Pasante

Con respecto a la tabla 3.1 mostrada se ha hecho la salvedad al indicar cuales son los taps finales (son 14), ya que los niveles de señal en boca de tap de estos últimos pasarán al análisis comparativo (en el Capítulo IV) con los niveles en boca de los tap final de la red medidos en campo una vez implementada la red.

El hecho de calcular el nivel de señal de entrada en los equipos de abonado, permite verificar que la especificación realizada del componente pasivo fue la adecuada.

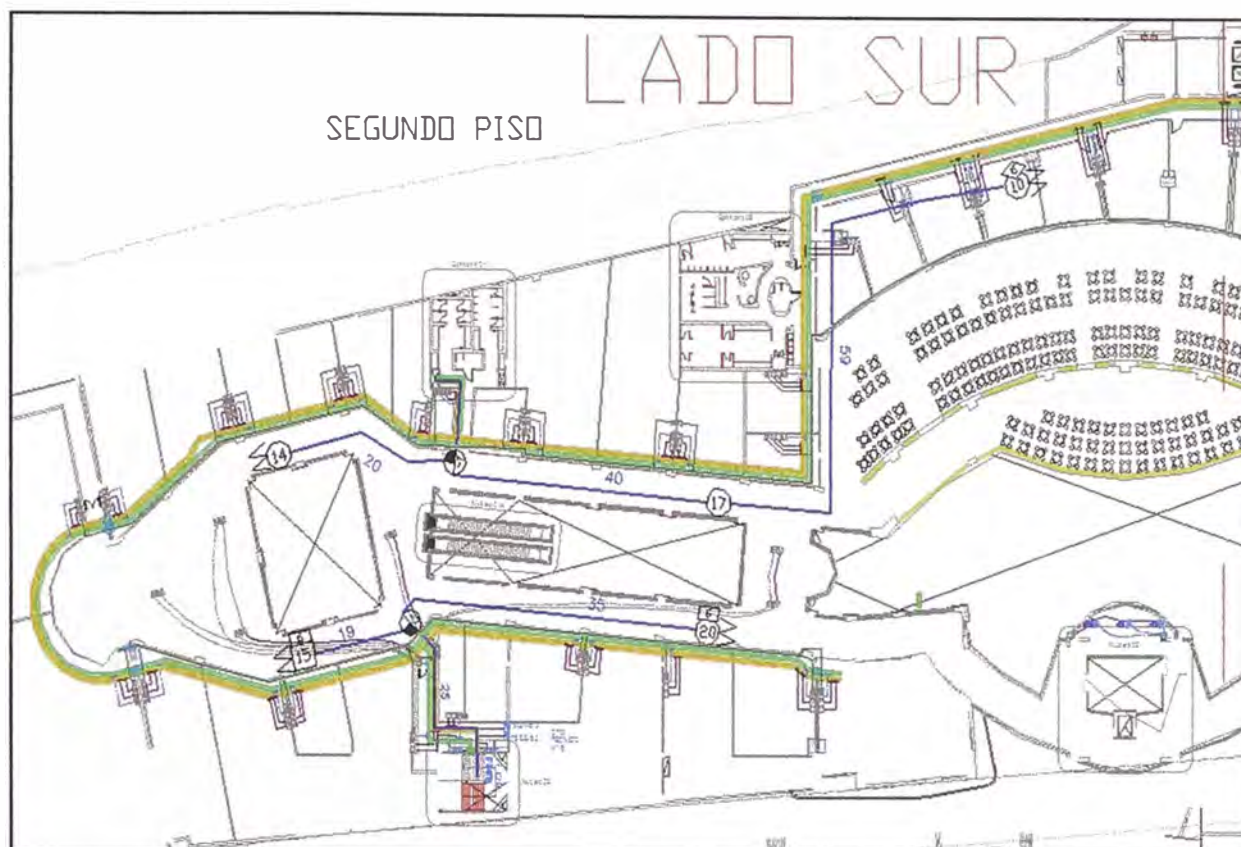
En ese sentido, con estos valores obtenidos se genera un plano de diseño teórico de la red de distribución coaxial, que servirá para la implementación de la red al interior del centro comercial, tal como se indica en las siguientes figuras 3.14, 3.15, 3.16 y 3.17 dadas por sector.



**Figura. 3.14** Diseño de red coaxial correspondiente al sector norte primer piso. Fuente: Elaboración propia.







**Figura 3.17** Diseño de red coaxial correspondiente al sector sur segundo piso. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Mediciones realizadas en campo una vez implementada la red

En la presente sección se muestran también los niveles de señal en boca de tap obtenidos en campo, una vez implementada la red, ello como parte del ATP<sup>21</sup> o protocolo de pruebas que se debe hacer a toda red de distribución coaxial cuando finaliza su implementación, a fin de verificar que todos los taps (sobre todo los que están al final de cada corrida) tengan el nivel de señal adecuado y con ello asegurar que los abonados tengan el servicio contratado con la calidad debida. En el Anexo D: Protocolo de Pruebas de Aceptación de la Red - (ATP), se puede ver a detalle las mediciones realizadas a cada uno de los tap final de la red.

Asimismo el equipo de medición utilizado para llevar a cabo tanto la calibración como la medición de la red una vez desplegada es el:

- Medidor de activación de servicios digitales - DSAM<sup>22</sup>, marca JDSU, modelo 6000.

Cabe señalar que las principales características y funciones del equipo DSAM se encuentran descritas en el Anexo C: Hojas Técnicas de Equipos Instalados y Equipo de Medición.

<sup>21</sup> ATP, Acceptance Test Protocol, en español, Protocolo de Pruebas de Aceptación.

<sup>22</sup> DSAM, Digital Service Activation Meter, en español, Medidor de Activación de Servicios Digitales.



**Figura 3.18** Equipo DSAM. Fuente: <http://dsam6000.com/>.

En la tabla 3.2 se presentan los valores de las señales medidas con el equipo DSAM al concluir la implementación la red al interior del centro comercial.

En el siguiente capítulo se hace la comparación entre los resultados obtenidos con el cálculo teórico con los medidos en campo una vez construida la red [13].

**Tabla 3.2** Muestra los niveles de señal en boca de los tap final medidos una vez finalizada la implementación de la red. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	VALOR DE TAP FINAL	EQUIPO ACTIVO AL QUE PERTENECE	PUERTO O SALIDA DE AMPLIFICADOR	SECTOR DEL CENTRO COMERCIAL	PLANTA DEL CENTRO COMERCIAL	DISTANCIA DESDE EL AMPLIFICADOR (METROS)	NIVEL MEDIDO CON EQUIPO DSAM (en dBmV)	
							Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)
1	8x20 Sim6	AMPLIFICADOR 1	Nº1	NORTE	Baja	30.00	19.00	23.20
2	8x20	AMPLIFICADOR 1	Nº2	NORTE	Alta	70.00	19.00	24.00
3	4x20	AMPLIFICADOR 1	Nº3	NORTE	Alta	57.00	15.00	22.80
4	8x20	AMPLIFICADOR 1	Nº3	NORTE	Alta	51.00	15.00	22.70
5	8x17	AMPLIFICADOR 1	Nº4	NORTE	Baja	99.00	17.50	19.20
6	4x10 Sim3	AMPLIFICADOR 1	Nº4	NORTE	Alta	51.00	21.20	26.20
7	8x14	AMPLIFICADOR 2	Nº1	SUR	Baja	115.00	17.20	20.40
8	8x20	AMPLIFICADOR 2	Nº1	SUR	Baja	125.00	16.90	19.30
9	4x17	AMPLIFICADOR 2	Nº2	SUR	Baja	165.00	13.10	14.80
10	8x20	AMPLIFICADOR 2	Nº2	SUR	Baja	195.00	14.00	15.00
11	8x10 Ecu6	AMPLIFICADOR 2	Nº3	SUR	Alta	267.00	16.90	17.90
12	8x14	AMPLIFICADOR 2	Nº3	SUR	Alta	188.00	16.70	17.20
13	4x15 Sim6	AMPLIFICADOR 2	Nº4	SUR	Alta	49.00	15.00	20.60
14	8x20 Sim6	AMPLIFICADOR 2	Nº4	SUR	Alta	65.00	17.10	20.20

### 3.6 Recursos humanos y equipamiento

Para llevar a cabo la implementación de la red coaxial es necesaria la utilización de los siguientes recursos que se detalla a continuación:

#### 3.6.1 Levantamiento

Esta etapa no requiere de mucho consumo de recursos tanto materiales como humanos por lo que se puede enunciar de la siguiente manera:



- Recurso material: plano, wincha métrica y odómetro (para etapa de levantamiento de información) y una computadora o laptop (para etapa de diseño).
- Recurso humano: dos personas, que son el supervisor y el capataz de la obra en cuestión.

### 3.6.2 Implementación

Esta es la etapa que demanda la mayor cantidad de recursos tanto humanos como materiales, llámese este último, herramientas, materiales consumibles y equipos de red, los cuales se indican a continuación:

#### a) Recurso humano

Para señalar el recurso necesario para esta tarea, es preciso indicar también el tipo de labor a realizar, la cual consta de las siguientes tres actividades:

i) **Tendido de cable coaxial:** La siguiente tabla 3.3, muestra a detalle el personal necesario para este trabajo.

**Tabla 3.3** Relación de personal necesario para tendido de cable coaxial. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	TIPO DE PERSONAL	Cantidad
1	Supervisor	1
2	Capataz	1
3	Técnico	2
4	Ayudante	3
TOTAL		7

ii) **Conexión e instalación de equipos:** La siguiente tabla 3.4, muestra a detalle el personal necesario para este trabajo:

**Tabla 3.4** Relación de personal necesario para conexión e instalación de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

ITEM	TIPO DE PERSONAL	Cantidad
1	Técnico	1
2	Ayudante	1
TOTAL		2

iii) **Activación y balanceo de red:** A continuación la tabla 3.5, muestra a detalle el personal necesario para este trabajo:

**Tabla 3.5** Relación de personal necesario para activación y balanceo de red. Fuente:

Elaboración propia.

ITEM	TIPO DE PERSONAL	Cantidad
1	Técnico Balanceador	1
2	Ayudante	1
TOTAL		2



Cabe señalar que en cuanto al supervisor este es el mismo para las tres actividades, mientras que por lo general, el personal señalado en las tablas 3.4 y 3.5, suele ser el mismo y por lo tanto realiza ambas tareas o labores.

#### **b) Recurso material**

Como en el caso anterior, es necesario disgregar los materiales y equipos a utilizar, comenzando por las herramientas, los materiales consumibles y equipos a instalarse:

- **Herramientas:** La tabla 3.6, muestra las herramientas a utilizarse para los diferentes tipos de actividades a realizar en la implementación de la red.
- **Materiales consumibles:** Son aquellos que formarán parte de la instalación de la red coaxial de manera permanente. La tabla 3.7, muestra a detalle los materiales a usarse en este trabajo:
- **Equipos:** Son los equipos que instalarán en la red dentro del centro comercial. La tabla 3.8, muestra a detalle los equipos a utilizarse en este trabajo.

**Tabla 3.6** Relación de herramientas a usarse en la implementación de la red. Fuente:  
Elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Escalera de 7 metros (28 pasos)	Und	1
2	Escalera tipo tijera	Und	1
3	Bolsa de lona para herramientas	Und	2
4	Llave francesa	Und	2
5	Alicate	Und	2
6	Desarmador plano	Und	2
7	Desarmador estrella	Und	2
8	Arco y hoja de sierra	Und	2
9	Cortadora de cable coaxial tipo banana	Und	1
10	Deslizador o bota	Und	1
11	Martillo de bola de 500 Gr.	Und	2
12	Separador y rasurador de guía y cable	Und	1
13	Cuchillo curvo	Und	2
14	Preparador de cable coaxial	Und	1
15	Limpiador de conductor	Und	1
16	Taladro de baterías	Und	1
17	Cizalla de 18"	Und	1
18	Wincha de 5 metros	Und	1
19	Balón de gas de 4 Kg.	Und	1
20	Chispero para soplete	Und	1
21	Soplete de manguera con boquilla	Und	1
22	Cinta aislante	Und	5

**Tabla 3.7** Relación de materiales consumibles. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Cable Coaxial RG500	Metros	1420
2	Cable Coaxial RG6	Metros	7
3	Conector RG500	Und	52
4	Conector RG6	Und	4
5	Conector Chasis-Chasis o Rotacional	Und	3
6	Carga Terminal 75 Ohm	Und	15
7	Conector terminal F	Und	132
8	Adaptador 90° corto	Und	1
9	Remate preformado para guía diámetro 6.3 mm	Und	3

**Tabla 3.8** Relación de equipos y complementos a instalarse. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Nodo Óptico - Implementos Motorola SG4-100-HK/SXX-ANN-S	Und	1
2	Amplificador Motorola BT100K-4HXXH-F	Und	2
3	Tap Motorola FFT4-10P	Und	1
4	Tap Motorola FFT4-15.5P	Und	1
5	Tap Motorola FFT4-17P	Und	1
6	Tap Motorola FFT4-20P	Und	1
7	Tap Motorola FFT8-10P	Und	1
8	Tap Motorola FFT8-14P	Und	2
9	Tap Motorola FFT8-17P	Und	3
10	Tap Motorola FFT8-20P	Und	8
11	Tap Motorola FFT8-23P	Und	1
12	Divisor de 2 vías Motorola SSP-3N	Und	1
13	Acoplador Motorola SSP-7N	Und	5
14	Insertor de potencia Motorola SSP-PIN	Und	1
15	Fuente de poder Alpha - Implementos (Incluye gabinete y candado)	Und	1
16	Baterías para fuente de poder Alpha	Und	3
17	Simulador Motorola T-CS-03	Und	2
18	Simulador Motorola T-CS-06	Und	4
19	Simulador Motorola T-CS-09	Und	1
20	Ecualizador Motorola T-EQ-06	Und	1
21	Cable simulador Motorola SCS-02	Und	1
22	Ecualizador de retorno Motorola SRE-S-2	Und	1
23	Ecualizador de retorno Motorola SRE-S-6	Und	1
24	Ecualizador de forward Motorola SFE-0	Und	1
25	Atenuador Motorola JXP-0B	Und	4
26	Atenuador Motorola JXP-1B	Und	1
27	Atenuador Motorola JXP-2B	Und	3
28	Atenuador Motorola JXP-3B	Und	3
29	Atenuador Motorola JXP-4B	Und	1

30	Atenuador Motorola JXP-6B	Und	2
31	Atenuador Motorola JXP-7B	Und	2
32	Atenuador Motorola JXP-11B	Und	2
33	Atenuador Motorola JXP-22B	Und	1
34	Atenuador Motorola JXP-23B	Und	1

### 3.7 Tiempo de ejecución

Cabe señalar que es en diciembre del año 2010, en el cual el C.C. Parque Lambramani, solicita a Claro le dé la capacidad de brindar los servicios tanto de telefonía como de Internet a las diferentes tiendas y negocios dentro de dicho centro comercial, que a esa fecha aproximadamente eran 90, por lo que considerando un margen de crecimiento inmediato del 40% (a fin de atender futuros requerimientos), se diseñó e implementó una red para atender potencialmente a 132 abonados del servicio de Triple Play.

En lo que respecta a los tiempos de ejecución estos están muy ligados a la planificación que se hizo del despliegue de la red, así como al requerimiento del cliente (centro comercial). La tabla 3.9 muestra por actividad los plazos necesarios para la ejecución de los trabajos:

**Tabla 3.9** Cronograma de actividades para implementación de red coaxial. Fuente: Elaboración propia.

TRABAJOS O ACTIVIDADES	CRONOGRAMA DE TRABAJO IMPLEMENTACION DE RED COAXIAL - C.C. PARQUE LAMBRAMANI									
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
Visita Técnica y Levantamiento de Información										
Instalación de Cable Coaxial .500										
Conectorizado e Instalación de Equipos Pasivos										
Conectorizado e Instalación de Equipos Activos										
Activación y Balanceo de Red										
Pruebas de Aceptación y Liberación de Nodo al Cliente										

El tema de presupuestos no será desarrollado en este informe, ya que como se mencionó antes el objetivo es corroborar el diseño teórico (a mano) realizado en el presente informe con los resultados medidos en campo una vez finalizada la implementación de la red.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Descripción y comparación de resultados

El presente análisis se basa en la comparación de los resultados obtenidos teóricamente vía cálculo matemático con los datos medidos con el equipo DSAM al final de la implementación de la red.

Tal como se explicó anteriormente en el presente informe, los valores a comparar serán los niveles en boca de los tap final calculados matemáticamente y los obtenidos en campo con el equipo de medición una vez desplegada la red al interior del centro comercial Parque Lambramani de la ciudad de Arequipa.

##### 4.1.1 Comparación de niveles teóricos con los medidos en campo

La tabla 4.1, muestra los niveles de señal obtenidos en los tap finales, teóricamente y los obtenidos en campo con el equipo medidor de análisis de servicios digitales. Asimismo se muestra la diferencia entre ambos valores tanto en los canales bajo y alto.

**Tabla 4.1** Comparación de los niveles en boca de tap final, calculados analíticamente y medidos en campo. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	VALOR DE TAP FINAL	EQUIPO ACTIVO AL QUE PERTENECE	PUERTO O SALIDA DE AMPLIFICADOR	SECTOR DEL CENTRO COMERCIAL	PLANTA DEL CENTRO COMERCIAL	NIVEL OBTENIDO TEÓRICAMENTE (dBmV) = A		NIVEL MEDIDO CON EQUIPO DSAM (dBmV) = B		DIFERENCIA (A - B)	
						Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)	Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)	Canal Bajo (50 MHz)	Canal Alto (860 MHz)
1	8x20 Sim6	AMPLIFICADOR 1	Nº1	NORTE	Baja	18.49	22.70	19.00	23.20	-0.51	-0.50
2	8x20	AMPLIFICADOR 1	Nº2	NORTE	Alta	16.81	23.33	19.00	24.00	-2.19	-0.67
3	4x20	AMPLIFICADOR 1	Nº3	NORTE	Alta	14.23	21.73	15.00	22.80	-0.77	-1.07
4	8x20	AMPLIFICADOR 1	Nº3	NORTE	Alta	14.33	22.19	15.00	22.70	-0.67	-0.51
5	8x17	AMPLIFICADOR 1	Nº4	NORTE	Baja	15.61	17.70	17.50	19.20	-1.89	-1.50
6	4x10 Sim3	AMPLIFICADOR 1	Nº4	NORTE	Alta	20.63	25.69	21.20	26.20	-0.57	-0.51
7	8x14	AMPLIFICADOR 2	Nº1	SUR	Baja	15.54	19.78	17.20	20.40	-1.66	-0.62
8	8x20	AMPLIFICADOR 2	Nº1	SUR	Baja	14.97	18.01	16.90	19.30	-1.93	-1.29
9	4x17	AMPLIFICADOR 2	Nº2	SUR	Baja	11.69	12.94	13.10	14.80	-1.41	-1.86
10	8x20	AMPLIFICADOR 2	Nº2	SUR	Baja	13.77	12.64	14.00	15.00	-0.23	-2.36
11	8x10 Ecu6	AMPLIFICADOR 2	Nº4	SUR	Alta	14.75	14.12	16.90	17.90	-2.15	-3.78
12	8x14	AMPLIFICADOR 2	Nº4	SUR	Alta	14.29	14.18	16.70	17.20	-2.41	-3.02
13	4x15 Sim6	AMPLIFICADOR 2	Nº3	SUR	Alta	15.66	17.84	15.00	20.60	0.66	-2.76
14	8x20 Sim6	AMPLIFICADOR 2	Nº3	SUR	Alta	15.99	16.61	17.10	20.20	-1.11	-3.59



En la comparación de la tabla 4.1, se observa que casi todos los niveles de señal medidos en campo son superiores a los que arroja el cálculo analítico, estas diferencias van de -2.41 a 0.66 para el canal bajo y de -3.59 a -0.50. La razón de tales diferencias radica básicamente en el que el diseño teórico se basa en las distancias recabadas al momento de hacer el levantamiento de información, previo a la implementación de la red en sí. Cabe señalar que muchas distancias que se han tenido que calcular “al ojo<sup>23</sup>” en la realidad, en vista de la dificultad de poder realizar mediciones de las trayectorias de los cables coaxiales de manera exacta, ya que la infraestructura sobre la que descansan dichos cables coaxiales, es decir las bandejas existentes que se encuentran en el “falso techo”, son de difícil acceso aparte están las bajadas, dobleces y curvas que tienen que hacer los cables en su ruta y todo ello dentro un centro comercial en pleno funcionamiento. En ese sentido se tuvieron que asumir (con cierto margen de guarda) muchas distancias con valores mayores a las que son realmente (el equipo DSAM si toma en cuenta la distancia real, pues hace la medida sobre el propio cable coaxial) a fin de no quedar cortos en ese aspecto. Se corrobora que los niveles de señal medidos en campo son casi en su totalidad mayores a los obtenidos vía cálculo analítico (quiere decir que se atenuó más porque se consideró distancias más largas para los cables coaxiales).

Esto se debe, a que como ya se indicó, en la práctica se ha considerado mayores distancias en los recorridos de los cables por la dificultad presentada y por ende se obtuvo mayor atenuación, reflejada al momento de obtener los niveles de señal en los taps finales. En la tabla 4.2, se puede ver el impacto en términos de pérdida de señal que se produce en un cable RG500 con la distancia tanto para el canal bajo como para el canal alto.

**Tabla 4.2** Pérdidas en dB por distancia en un cable coaxial RG500. Fuente: Elaboración propia.

ITEM	DISTANCIA (METROS)	ATENUACIÓN A 50 MHz (dB)	ATENUACIÓN A 860 MHz (dB)
1	5	0.09	0.38
2	10	0.17	0.77
3	15	0.26	1.15
4	20	0.34	1.53
5	25	0.43	1.92
6	30	0.51	2.30
7	35	0.60	2.69
8	40	0.68	3.07
9	45	0.77	3.45
10	50	0.85	3.84

<sup>23</sup> “Al ojo”, se refiere al cálculo de las dimensiones de un objeto o longitud de un tramo usando solo la visión.



## 4.2 Resumen y apreciaciones relevantes

Por lo ya indicado en la sección anterior fue necesario tomar ciertos márgenes en cuanto a las distancias de las trayectorias de los cables coaxiales, que en este caso se tomaron por exceso (es decir mayor a lo real). Ello por las dificultades de poder hacer una medición exacta de las distancias de las rutas de cables, en un centro comercial en pleno funcionamiento y con la premura del cliente, a menos que se tenga un plano a escala, es por ello la mencionada diferencia entre lo obtenido teóricamente y lo medido en campo.

Por otro lado hay que tener mucho cuidado al asumir valores, ya que como se mencionó anteriormente un diseño donde “falte” señal es más difícil de corregir que a uno que le sobre, ya que en el primer caso se deberá hacer un replanteo total de la red, pudiéndose volver crítico si ya se hizo el cableado así como la instalación de los equipos activos y pasivos, ya que esto implicaría un costo no proyectado en recursos y tiempos. Por otro lado, si “sobra” señal se podrían usar valores tanto de taps, como de simulares y/o ecualizadores para disminuir la señal o en el peor caso, sino hay stock de los componentes antes mencionados, recurrir a dispositivos atenuadores de señal los cuales se pueden colocar en boca de tap o a la entrada de los equipos de abonado.

Cabe señalar que estas diferencias si bien son mayores con respecto a las que se indica la teoría (vía calculo), no descarta que la red este bien diseñada y se llegue a los taps y equipos de abonado (cable modem, MTA o set top box) con la señal adecuada, debido a que estos últimos aceptan un rango amplio de nivel de señal en el puerto de entrada (-15 dBmV a + 15 dBmV).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1) Se ha visto que la arquitectura BLASTER, permite llevar a cabo crecimientos y ampliaciones de la red de la manera más óptima, al utilizar el balanceo de carga (en este caso los usuarios), puesto que cada una de las salidas del nodo óptico será capaz de manejar similar número de abonados del servicio.
- 2) Los resultados obtenidos teóricamente en este caso los niveles en boca de tap final, han sido corroborados, salvando las diferencias, con los resultados obtenidos con el equipo de medición una vez implementada la red. Por otro lado las redes coaxiales han demostrado que son flexibles ya que los valores de sus componentes no se restringen a uno solo, pudiéndose tener más de una alternativa al momento de elegir un valor adecuado para un dispositivo pasivo, ya que en este caso los equipos de abonado manejan rangos de nivel de señal de entrada con los que se puede alimentar dichos equipos.
- 3) Por lo indicado en el ítem anterior, al tener un intervalo de valores en los que pueden estar los niveles de señal en el abonado, es factible hacer un diseño, sino se tiene toda la información completa en cuanto a las distancias de los cables coaxiales, incluso asumir valores que sean aproximados tomando sus guardas respectivas y aun así tener un diseño, que permita tener una red con los valores de señal apropiados. No es lo recomendable, pero si en la práctica se presentan este tipo de dificultades en cuanto a la información, se puede proceder de la manera indicada con mucho cuidado de no exagerar en demasía las distancias o longitudes de interés.
- 4) Los criterios presentados en este informe para la realización del diseño de red de distribución coaxial al interior del centro comercial, también pueden ser aplicados en cualquier tipo de ambiente cerrado, llámese, edificios, campus y urbanizaciones cerradas, donde la infraestructura que soporte la red sean sistemas canalizados, sistemas de bandejas y escalerillas entre otros. Como se indicó anteriormente la tecnología al final es una sola y si se tiene los conceptos claros es factible hacer la analogía con las redes urbanas y por lo tanto llevar a cabo diseños de redes coaxiales, en estos tipos de entornos particulares.

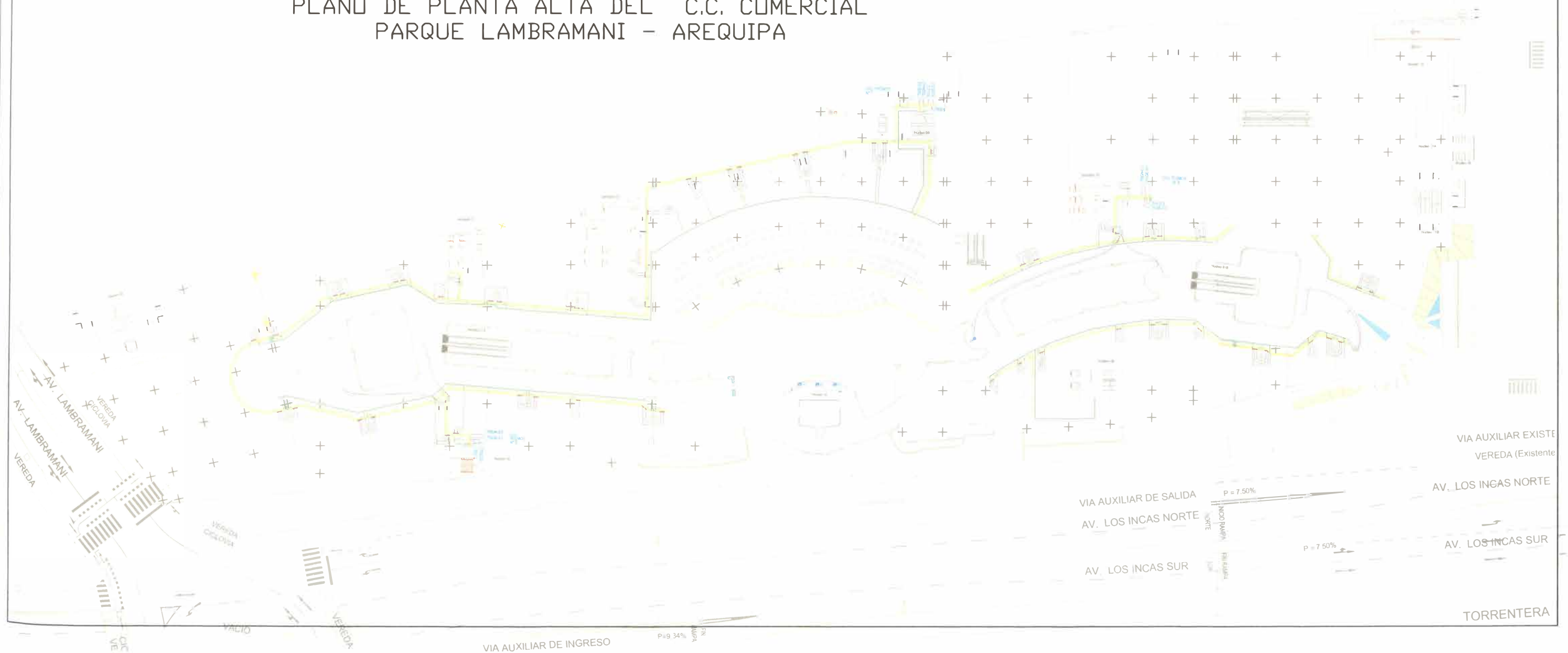
## Recomendaciones

- 1) El advenimiento en la actualidad de aplicaciones “fuertes” en cuanto a demanda de recursos como por ejemplo el IPTV, hace necesario la actualización a la última versión de DOCSIS (DOCSIS 3.0), a fin de que las redes de las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, puedan soportar este tipo de aplicaciones. Asimismo dicho cambio permitirá el soporte del protocolo de Internet IPv6, el cual servirá como contrapartida al agotamiento de direcciones en el protocolo de Internet IPv4, que es otro problema que se presenta a futuro.
- 2) La versión DOCSIS 3.1 constituye un nuevo renacer para las redes coaxiales, en vista de que con esta nueva especificación se plantea de manera teórica igualar las tasas de transmisión que actualmente se tiene con la fibra óptica, lo cual resulta sumamente atractivo para los operadores de servicios de telecomunicaciones ya que podrán “exprimir” al máximo la planta existente y evitar los costos que podrían producirse en caso tuvieran que migrar sus redes hacia la fibra óptica.
- 3) Es importante mencionar que a menos que se tomen las previsiones correspondientes, la agregación continua en el tiempo, de cable módems a la red de cable, tenderá a degradar el medio físico en el sistema DOCSIS, ello por tratarse de un medio compartido; todo lo contrario a ADSL donde este problema no está presente por ser una implementación física punto a punto.
- 4) Las Redes Óptico Pasivas (PON), se presentan a futuro como la evolución de las redes de cable, ello porque presenta varios factores que pueden considerarse como ventajas frente a estas, ya que para empezar las redes PON, al ser basadas en fibra óptica son inmunes al ruido por lo que se eleva la calidad del servicio y se simplifica el mantenimiento de la red; por otro lado las tasas de transferencia de datos son mayores, se elimina la etapa de conversión electro-óptica (que existe en HFC), lo cual representa una disminución de coste en cuanto a equipamiento y suministro de energía, asimismo también se eliminan los “cuellos de botella” ocasionados por la transición de flujos de datos en medios (redes) con diferente capacidad de transmisión en el bucle final del abonado.

**ANEXO A**  
**PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN COAXIAL AL INTERIOR DEL CENTRO CO-**  
**MERCIAL PARQUE LAMBRAMANI**



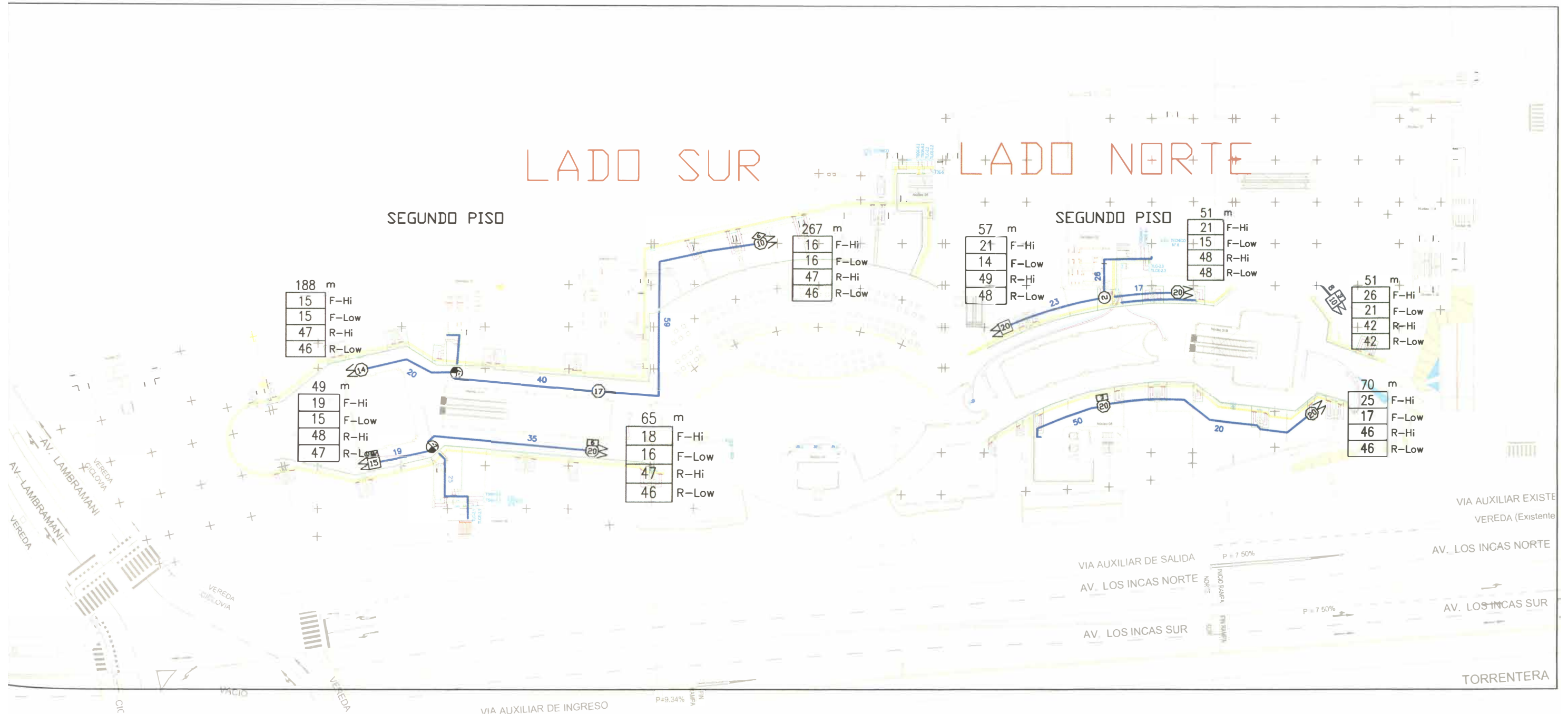
# PLANO DE PLANTA ALTA DEL C.C. COMERCIAL PARQUE LAMBRAMANI - AREQUIPA





# DISEÑO FINAL DE RED DE DISTRIBUCION COAXIAL

## C.C. PARQUE LAMBRAMANI - PLANTA ALTA







**ANEXO B**  
**REPORTE FOTOGRÁFICO DE LOS EQUIPOS ACTIVOS INSTALADOS**



# REPORTE FOTOGRAFICO

NODO	C.C. PARQUE LAMBRAMANI	TECNICO		HOJA
DISTRITO	J.L.BUSTAMANTE RIVERO	FECHA DE APLICACIÓN	22/12/2010	No.: 1
ACTIVIDAD	ENTREGA DE OBRA	Nº DE EQUIPOS ACTIVOS	NODO	DE: 4
CONTRATISTA				
TIPO DE POSTE	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal			
TIPO DE ACTIVO	<input checked="" type="checkbox"/> Nodo <input type="checkbox"/> MB <input type="checkbox"/> BT3 o BTD <input type="checkbox"/> LE			

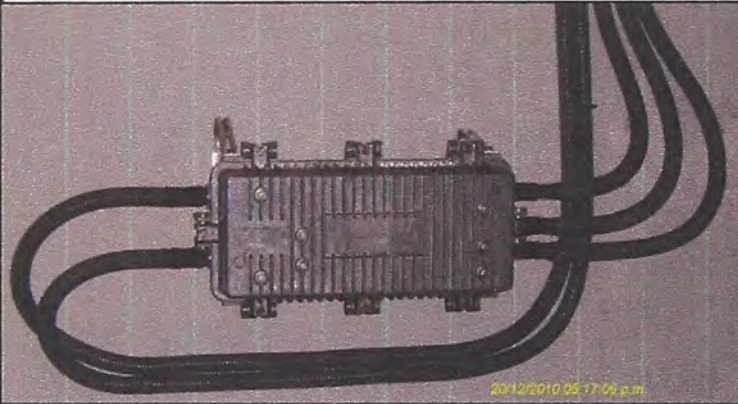

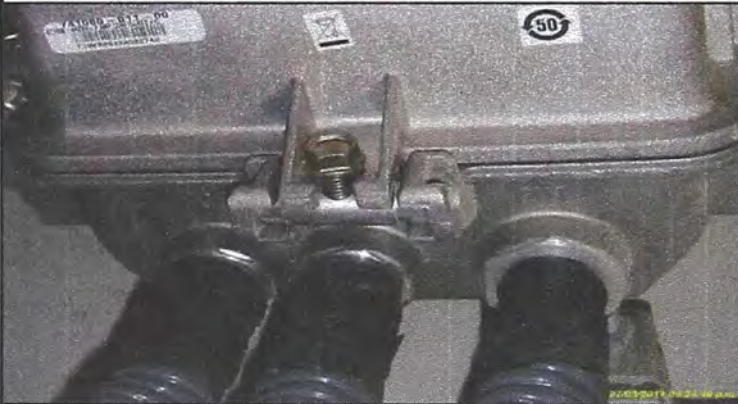

## BRAZOS DE SEGURIDAD

FOTO FRONTAL		FOTO POSTERIOR	
			
FOTO DE PERFIL		Nº SERIE - NODO	
			
OBSERVACIONES:	RESPONSABLE: Supervisor de Obra	RESPONSABLE: Jefe de Obra	
ZOTANO -3	FIRMA	FIRMA	
	NOMBRE: CIRO MEDINA VALDIVIA		

# REPORTE FOTOGRAFICO

NODO	C.C. PARQUE LAMBRAMANI	TECNICO		HOJA
DISTRITO	J.L.BUSTAMANTE RIVERO	FECHA DE APLICACIÓN	22/12/2010	No.: 2
ACTIVIDAD	ENTREGA DE OBRA	Nº DE EQUIPOS ACTIVOS	1	DE: 4
CONTRATISTA				
TIPO DE POSTE	<input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal			
TIPO DE ACTIVO	<input type="checkbox"/> Nodo <input type="checkbox"/> MB <input checked="" type="checkbox"/> BT3 o BTD <input type="checkbox"/> LE			

## BRAZOS DE SEGURIDAD

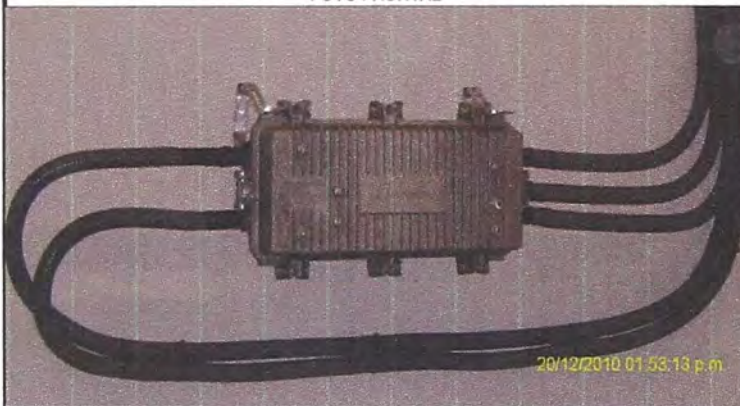



FOTO FRONTAL		FOTO POSTERIOR	
			
FOTO DE PERFIL		Nº SERIE - BTD	
			
OBSERVACIONES: CUARTO TECNICO 1ER PISO-1	RESPONSABLE: Supervisor de Obra	RESPONSABLE: Jefe de Obra	
	FIRMA	FIRMA	
NOMBRE: CIRO MEDINA VALDIVIA			



# REPORTE FOTOGRAFICO

NODO	C.C. PARQUE LAMBRAMANI	TECNICO		HOJA
DISTRITO	J.L.BUSTAMANTE RIVERO	FECHA DE APLICACIÓN	22/12/2010	No.: 3
ACTIVIDAD	ENTREGA DE OBRA	Nº DE EQUIPOS ACTIVOS	2	DE: 4
CONTRATISTA				
TIPO DE POSTE	<input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal			
TIPO DE ACTIVO	<input type="checkbox"/> Nodo <input type="checkbox"/> MB <input checked="" type="checkbox"/> BT3 o BTD <input type="checkbox"/> LE			


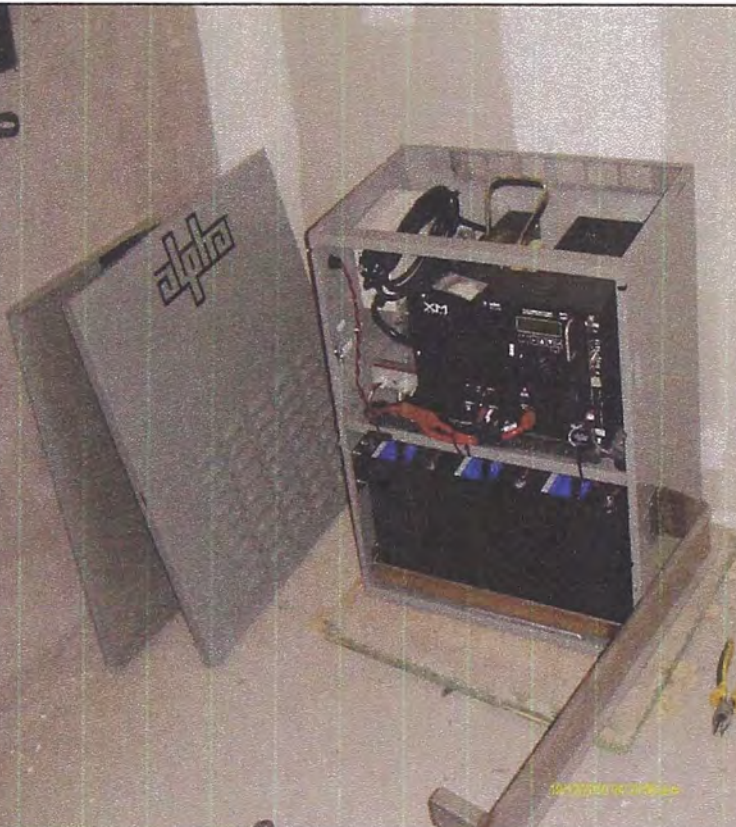
## BRAZOS DE SEGURIDAD

FOTO FRONTAL		FOTO POSTERIOR	
 <p>20/12/2010 01:53:13 p.m.</p>		 <p>27/03/2011 04:18:45 p.m.</p>	
FOTO DE PERFIL		Nº SERIE - BTD	
		 <p>27/03/2011 04:17:58 p.m.</p>	
OBSERVACIONES:	RESPONSABLE: Supervisor de Obra		RESPONSABLE: Jefe de Obra
CUARTO TECNICO 1ER PISO-2	FIRMA		FIRMA
	NOMBRE: CIRO MEDINA VALDIVIA		

# REPORTE FOTOGRAFICO

NODO	C.C. PARQUE LAMBRAMANI	TECNICO		HOJA
DISTRITO	J.L.BUSTAMANTE RIVERO	FECHA DE APLICACIÓN	22/12/2010	No.: 4
ACTIVIDAD	ENTREGA DE OBRA	Nº DE EQUIPOS ACTIVOS	FUENTE ALPHA	DE: 4
CONTRATISTA				
TIPO DE POSTE	<input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal			
TIPO DE ACTIVO	<input type="checkbox"/> Nodo <input type="checkbox"/> MB <input type="checkbox"/> BT3 o BTD	<input checked="" type="checkbox"/> FUENTE	<input type="checkbox"/> LE	

## FUENTE

FOTO FRONTAL		FOTO DE PERFIL	
			
OBSERVACIONES:		RESPONSABLE: Supervisor de Obra	
ZOTANO -3		RESPONSABLE: Jefe de Obra	
FIRMA		FIRMA	
NOMBRE: CIRO MEDINA VALDIVIA			

**ANEXO C**  
**HOJAS TÉCNICAS DE EQUIPOS INSTALADOS Y EQUIPO DE MEDICIÓN**



Motorola's 1 GHz SG4000 modular node features the latest technology to allow cable operators to support advanced fiber node architectures.



#### FEATURES

- 1 GHz E-GaAs performance
- Up to four optical receivers
- Up to four optical transmitters
- High-speed digital return technology
- Six RF/AC port locations
- Status monitor transponder
  - CheetahNet
  - HMS-compliant
- Hot-swap modules
- User-friendly fiber management
- Redundant powering capability
- 15 A power passing
- Ingress control switches

The Motorola SG4000 modular optical node provides an unprecedented level of performance and flexibility. The SG4000 is now available with a 1003 MHz forward path passband to accommodate increased bandwidth requirements. With provisions for up to nine optics modules in the lid, the SG4000 scales from its most basic version to full 4x4 capability without any loss of initial investment and with minimal service interruptions. Independent RF modules in the base are the foundation for total segmentation and provide excellent port-to-port isolation. Unique configuration boards plug in to the lid router to direct the signal flow as the station expands to handle increased network demands.

The SG4000 features CWDM or DWDM return path transmitter modules to facilitate node segmentation with the optimum re-use of existing fibers. With the addition of optical passives, forward and return path signals can be Wave Division Multiplexed (WDM) onto a single fiber. The SG4-DRT-2X is Motorola's high-speed digital return solution that combines two independent 5 to 65 MHz RF inputs into a single wavelength based on the ITU frequency grid. The SG4000 supports plug-in diplex filters to allow a shift to an NGNA diplex split when appropriate.

The SG4000 supports status monitoring, either with the Tollgrade CheetahNet platform or with an HMS-compliant version. Redundant power supplies and optics modules provide the reliability and performance required for supporting advanced services.

# 1 GHz SG4000 Modular Optical Node Platform Scalable Network Solution

## IFICATIONS

### AL RECEIVER

Wavelength	1310±20 nm 1550±30 nm
Input Power Range	-3.0 to +2.0 dBm continuous
Connector Type	SC/APC or E2000
Input Return Loss	45 dB minimum
ional Bandwidth	$F_{min}$ to 1003 MHz
ess	±0.75 dB $F_{min}$ to 1003 MHz
Slope	14.5±1.0 dB
Stability	±1.5 dB over operating temperature range
tput Test Points	-20±0.5 dB (internal)
tput Impedance	75 $\Omega$
t ut Return Loss	16 dB minimum

### ION PERFORMANCE

Level	55 dBmV @ 1003 MHz with -3 dBm optical input power
r Consumption	130 W maximum
Modulation @ 15 A	(-55 dBc, 5 to 10 MHz) (-60 dBc, 11 MHz to $F_{maxret}$ , 871 to 1003 MHz) (-65 dBc, $F_{minfwd}$ to 870 MHz)
ion	65 dB, port-to-port
ypass Current	15 A
easured with 79 channels NTSC at 48 dBmV @ 547.25 MHz with digital loading 6 dB below analog, 0 to 1003 MHz, 20 km optical link, 0 dBm optical input power, GX2 transmitter	
posite Triple Beat (CTB)	-65 dBc
posite Second Order (CSO)	-62 dBc
er to Composite Noise (CCN)	51 dB

### HANICAL/ENVIRONMENTAL

ensions	22.8" L x 11" W x 10.6" D (57.9 cm x 27.5 cm x 26.9 cm )
ht	48.0 lbs (21.77 kg)
nting	Aerial or pedestal
onconnector Types	SCTE-compliant housing, accepts 1.6" 5/8 stinger
ating Temperature Range	-40 °F to 140 °F (-40 °C to 60 °C)

### 1 GHZ STANDARD NODE MODELS

000-081-00	SG4-100SS/SXX-CNN-S
000-077-00	SG4-100SS/SAA-EES-R
000-079-00	SG4-100SS/SBB-CNN-R

### 1 GHZ RF MODEL

07-001-00	SG4-RF-100-S
-----------	--------------

### 1 GHZ RECEIVER

08-001-00	SG4-R-100/SC
-----------	--------------

### 1 GHZ FORWARD CONFIGURATION BOARDS

855-011-00	SG4-100-FS, Forward Split Board, 1 GHz
55-012-00	SG4-100-FRS, Forward Redundant Split Board, 1 GHz
855-013-00	SG4-100-FWD-2X, Forward 2X Segment Board, 1 GHz
55-014-00	SG4-100-FWD-2X-RED, Forward 2X Segment Redundant Board, 1 GHz
55-015-00	SG4-100-FWD-4X, Forward 4X Segment Board, 1 GHz

### 1 GHZ LINEAR MID-STAGE EQUALIZERS (LME)

002-003-00	LME-100-3
002-004-00	LME-100-4
02-005-00	LME-100-5
002-006-00	LME-100-6
002-007-00	LME-100-7
002-008-00	LME-100-8
02-009-00	LME-100-9
002-010-00	LME-100-10

### 1 GHZ PORT ENTRY ASSEMBLY

12-001-00	SG4 Port Entry 1 GHz
-----------	----------------------

**MOTOROLA**

Motorola, Inc. 101 Tournament Drive, Horsham, Pennsylvania 19044 U.S.A.  
www.motorola.com

MOTOROLA, the Stylized M Logo, and Canopy are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners.  
© Motorola, Inc. 2006. All rights reserved.  
530137-001

5686-0406-500

## BT100 1 GHz Amplifier

STARLINE® Series



**MOTOROLA**

Motorola's 1 GHz STARLINE® Broadband Telecommunications series amplifier, model BT100\*, leads the industry in features and performance and is designed to meet the needs of today's expanding broadband communication networks. This two-way capable four output amplifier offers high gain, high output levels, ergonomics, superior distortion performance, multiple diplex filter options, 16 dB return loss, and Bode equalization. The BT100 also allows optional advanced features such as ingress control switching and status monitoring. Three output models are also available.

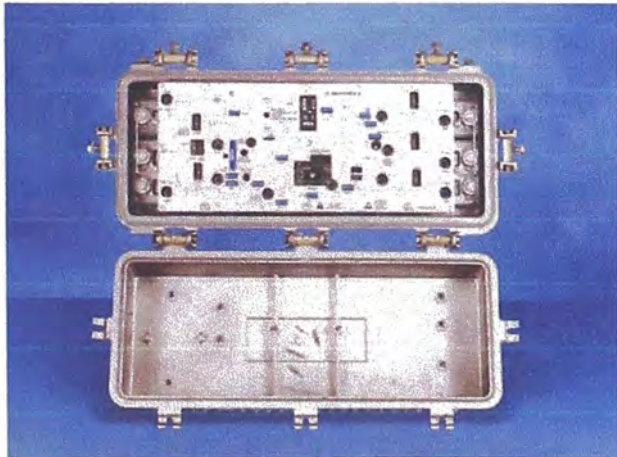
### ENHANCED GALLIUM ARSENIDE

The BT100 uses Enhanced Gallium Arsenide (E-GaAs) hybrids. This second generation technology provides superior distortion performance in CTB and CSO over the standard GaAs technology. Compared to silicon and competing GaAs technology, E-GaAs distortion performance remains linear at significantly higher output levels. This higher output level allows the customer to maximize system performance and reduce system costs. We encourage our customers to contact their Motorola Account Representative to determine the optimal levels for their systems.

### HIGH GAIN

The BT100 also offers high gain, which allows the operator to hold existing amplifier locations during system upgrades thereby reducing system costs such as maintenance, installation and powering.

***The BT100 two-way amplifier offers 1 GHz bandwidth capability, high gain, high output level, ergonomics, and superior distortion performance with the option to bench upgrade to N-split (5-85/104-1003 MHz) in the future.***



### BENEFITS INCLUDE:

- 1003 MHz Enhanced Gallium Arsenide (E-GaAs) power doubling technology
- High gain
- High output level
- Multiple diplex filter options
- Future N-split (5-85/104-1003 MHz) availability
- Ease-of-use ergonomics
- 16 dB return loss
- 60/90 V powering
- Meets Telcordia GR-1098-Core voltage surge requirements using surge waveforms as described in IEEE C62.41
- FCC, CENELEC and CCC approved
- RoHS compliant models available Q1 2007
- Bode equalization (thermal or auto controlled)
- 15 Ampere AC capability
- Optional return path ingress control and status monitor
- Power factor corrected power supply
- Directional coupler -20 dB test points

Motorola, Inc.  
101 Tournament Drive  
Horsham, PA 19044  
[www.motorola.com/broadband](http://www.motorola.com/broadband)

04.03.07  
Rev 10



**MOTOROLA**

MOTOROLA, the Stylized M Logo, STARLINE, and LIFELINE are registered in the US Patent & Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners.  
© Motorola, Inc. 2006. All rights reserved.

*Specifications are subject to change without notice.*



## BACKWARD COMPATIBILITY

The BT100 electronics package can be made backward compatible with all previous BT\* housings. The BT100 is capable of carrying 15 Amperes continuous through the input or output ports.

## FORWARD PATH

The operational gain of the BT100 is 42 dB, with 16 dB return loss. Output level control is achieved through the use of an interstage Bode equalizer, which compensates for coaxial cable attenuation changes due to temperature. Equalization may be controlled manually, with a thermal drive unit (TDU), or with a single pilot closed loop automatic drive unit, model ADU-\* (analog pilot) or QADU-\* (QAM pilot). Both the ADU and the QADU boards are common to the STARLINE family of amplifiers (with the exception of the SLE). ADUs utilize Surface Acoustic Wave (SAW) filters for determining pilot frequency. This improves amplifier stability over temperature.

To further ensure system flexibility, installation ease and maintenance, the amplifier is engineered for compatibility with standard accessories, such as attenuators, equalizers, ADUs or QADUs, return amplifiers, automotive fuses and FTEC crowbar circuits.

The BT100 uses modular duplex filters, which can be changed for a different frequency split as required. The amplifier is available with S-split filters for a 5-40 MHz return and a 52-1003 MHz forward band. K-splits (5-42 MHz/54-1003 MHz), J-splits (5-55 MHz/70-1003 MHz), and A-splits (5-65 MHz/85-1003 MHz) are also available. The N-split (5-85 MHz/104-1003 MHz) option is currently in development. These same filters can be used for all US-style Motorola RF distribution amplifiers (models BLE, MB/MBE, BT).

## RETURN PATH

High gain return amplifier kits can be ordered which provide 17 dB minimum station gain. Return path equalizers from 0 to 12 dB can be customer selected. Optional features include thermal compensation and ingress control switching. Thermal compensation comes in the form of a plug-in JXP-TH\*C, which stabilizes gain and match over temperature extremes.

Also available is Ingress Control Switching (ICS) in 3 states. This pin diode attenuator circuit can lower levels by 6 dB or by 38 dB with a controlled slew rate for minimum bit errors. The LIFELINE® Broadband Telecommunications Amplifier transponder (available directly from AM Networks) is required to operate the Ingress Control Switch from a remote location.

## Model Availability

To reduce customer costs and to accommodate customer specific needs, the STARLINE BT100 can be ordered in a variety of different models. *Please refer to the BT100 ordering information below for options.*



## BT100\*/\* Specifications

All specifications stated as worst-case over temperature unless otherwise noted.

STARLINE®

4 Port, Parallel E-GaAs Hybrid

Enhanced Gallium Arsenide

### BT100S Specifications

Broadband Telecommunications Amplifier

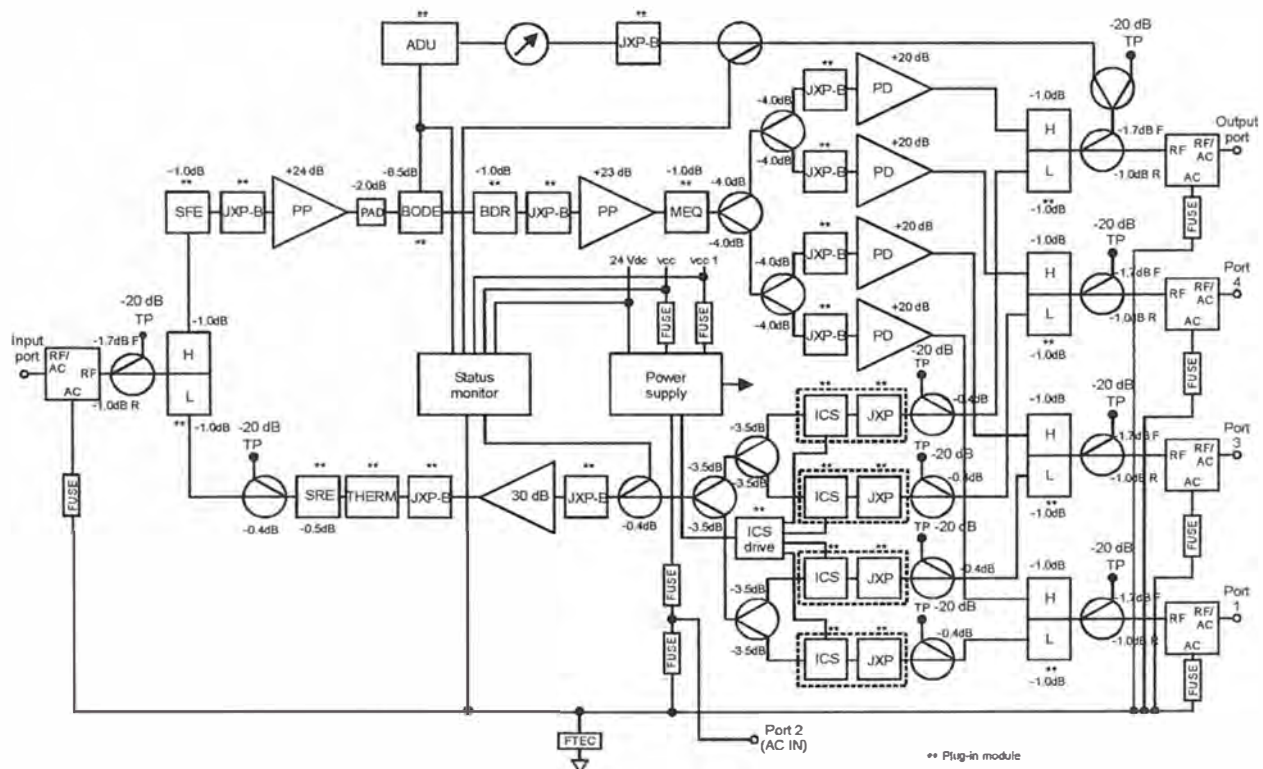
PARAMETER	UNITS	NOTE	FORWARD	RETURN RA-KIT/H
Passband	MHz	1	52-1003	5-40
Flatness	dB	2	± 0.7	± 0.75
Minimum Full Gain	dB	3	46	NA
Operational Gain	dB	4	42	17.5
Manual Bode Slope Control Range	dB	5	± 4	NA
Interstage Equalizer Slope	dB	6	14 ± 1	NA
Noise Figure 40/52/1003 MHz	dB	7	NA / 10 / 10	12.5 / NA / NA
Reference Frequency	MHz	8	1003 / 550 / 52	
Output Level	dBmV		45 / 44 / 37	35 flat
Channel Loading	NTSC		79	6
Compressed data loading	MHz	20	450	NA
Distortion CTB	dBc	9,19,21	75	86
XM	dBc	10, 19	66	74
CSO	dBc	9, 11,19	71	82
Test Point (all)	dB	12	20 ± 1.0	
Return Loss (typical / minimum)	dB	13	16 / 15	15
Hum Modulation @ 12A	dBc	14	70 (52 - 900 MHz) 65 (901 - 1003 MHz)	60 (5 - 10 MHz) 70 (11 - 40 MHz)
Hum Modulation @ 15A		14	65 (52 - 900 MHz) 60 (901 - 1003 MHz)	55 (5 - 10 MHz) 65 (11 - 40 MHz)
DC Voltage	VDC	15	+ 24.0 ± 0.25	
Current DC	mA	16	2410	2545
DC Ripple	mV		15 P-P	
Power Consumption	W		67.1	71.2
AC Input Voltage Range	VAC		38 - 90	
AC Current Draw	A	17	Forward Only	With Return
@90 VAC			0.75	0.80
@75 VAC			0.91	0.96
@60 VAC			1.15	1.22
@53 VAC			1.31	1.39
@45 VAC			1.57	1.66
@38 VAC			1.90	2.00
AC Bypass Current All Ports	A	17	15	
Group Delay		18		
55.25 to 58.83 MHz	nSec		32	NA
5.0 to 6.5 MHz	nSec		NA	45
10.0 to 11.5 MHz	nSec		NA	10
33.5 to 35.0 MHz	nSec		NA	12
38.5 to 40.0 MHz	nSec		NA	35
Housing Dimensions			21.6" L x 10.6" W x 7.7" D	54.9 cm x 26.9 cm x 19.6 cm
Weight			27 lbs	12.25 kg
Ambient Operating Temperature			-40° to +140° F	-40° to +60° C



# Specification Notes:

1. Operating passband of station. Diplex filters are plugged into the electronic chassis.
2. Referenced to the average gain across the stated passband.
3. Minimum full gain at 1003 MHz includes loss of equalizer but Bode slope reserves have not been set. Return gain includes loss of SRE\*-4 return equalizer.
4. Operational gain includes loss of slope reserves as well as equalizer.
5. Amount of Bode slope control range from midpoint (typical setting is -4 dB at 1003 MHz @ 20°C). This control should not be used for gain reduction.
6. Amount of slope created and cable equivalence of fixed interstage equalizer. Interstage equalizer is a plug-in.
7. Noise Figure is specified at the cable entry facility of the housing and includes the loss of 1 dB for the pre-stage equalizer. The return Noise Figure includes the station loss preceding the RF hybrid.
8. Frequencies that relate the picture carriers or passband edges to the specified output levels and tilts.
9. Measured with CW carriers and spectrum analyzer over specified temperature range. References the worst-case channel. Specifications are compliant with the test methods as stated in NCTA RECOMMENDED PRACTICES FOR MEASUREMENTS ON CABLE TELEVISION SYSTEMS.
10. Measured with wave analyzer and synchronous, 100% depth modulated channels. References the worst-case channels over specified temperature range. Specifications are compliant with the test methods as stated in NCTA RECOMMENDED PRACTICES FOR MEASUREMENTS ON CABLE TELEVISION SYSTEMS.
11. Composite Second Order distortion refers only to those beat clusters that fall +0.75 MHz and +1.25 MHz above the subject picture carrier. CSO beat clusters that have a -0.75 MHz and -1.25 MHz relationship to the subject picture carrier are not included in this specification.
12. Test points should be used with GFAL adaptor.
13. Match measurement at the station input and output, cable-entry facilities, at the specified passbands for operational gain.
14. Measured with the stated AC Bypass Current.
15. Measured at the power connector.
16. Current draw at +24.0 VDC.
17. AC current is stated in RMS continuous.
18. Group Delay is specified for standard NTSC video, where delay is the delta from picture carrier to 3.58 MHz color subcarrier. Reverse delay is in a 1.5 MHz bandwidth.
19. Distortion numbers are worst case over temperature in a cascade.
20. The compressed data loading is QAM carriers and are -6 dB relative to the analog CW carriers.
21. CTB (Composite Triple Beat). At the specified channel loading, Enhanced Gallium Arsenide performance varies on a two point three-for-one (2.3:1) basis with amplifier output level.

## BT100 Block Diagram



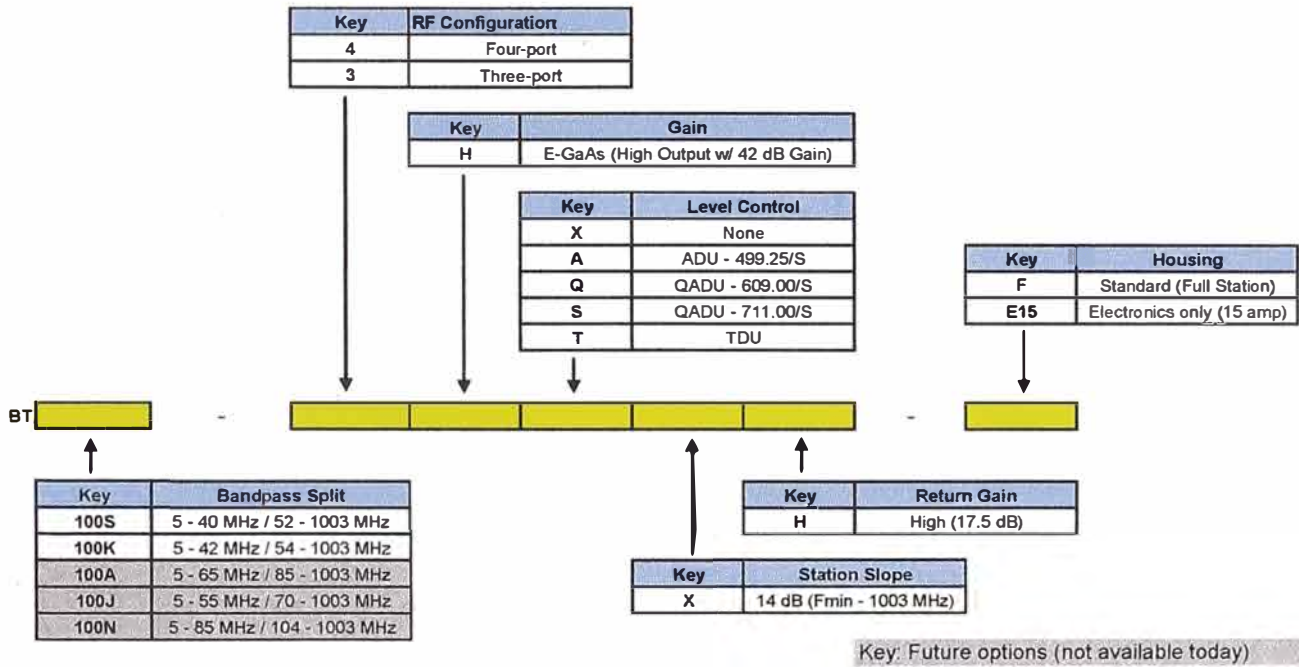
## BT100 Ordering Information

Model	Description	Motorola Part Number	Qty per BT
BT100S-4HQXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, QAM ADU 609.00 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-001-00	1
BT100S-4HAXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, ADU 499.25 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-002-00	1
BT100S-4HTXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, TDU gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-003-00	1
BT100S-4HXXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-004-00	1
BT100S-4HSXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, QAM ADU 711.00 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-021-00	1
BT100S-3HXXH-F	5-40 / 52-1003 MHz S-split, three output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-005-00	1
BT100S-4HXXH-E15	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, 15A electronics module only (no housing)	741000-006-00	1
BT3-100SH ("vanilla" model)	5-40 / 52-1003 MHz S-split, three output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, no return, standard surge arrestor (no FTEC), full station	535748-001-00	1
BT4-100SH ("vanilla" model)	5-40 / 52-1003 MHz S-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, no return, standard surge arrestor (no FTEC), full station	535748-002-00	1
BT100K-4HQXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, QAM ADU 609.00 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-008-00	1
BT100K-4HAXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, ADU 499.25 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-009-00	1
BT100K-4HTXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, TDU gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-010-00	1
BT100K-4HXXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-011-00	1
BT100K-4HSXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, QAM ADU 711.00 MHz gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-027-00	1
BT100K-3HXXH-F	5-42 / 54-1003 MHz K-split, three output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, full station	741000-012-00	1
BT100K-4HXXH-E15	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, high gain return, 15A electronics module only (no housing)	741000-013-00	1
BT3-100KH ("vanilla" model)	5-42 / 54-1003 MHz K-split, three output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, no return, standard surge arrestor (no FTEC), full station	535748-003-00	1
BT4-100KH ("vanilla" model)	5-42 / 54-1003 MHz K-split, four output, 42 dB high gain forward, manual gain control, 14 dB internal slope, no return, standard surge arrestor (no FTEC), full station	535748-004-00	1
BT100A-4HXXH-F-R	5-65 / 85-1003 MHz K-split, 4-output, high gain, manual gain control, standard 14 dB slope high gain return, full station, RoHS compliant - <b>AVAILABLE Q2 2007</b>	841000-001-00	1
<b>Required Accessories</b>			
SFE-100-0	Starline Forward 1003 MHz equalizer (0 dB) -or-	527333-001-00	1
SFE-100-1 to -22	Starline Forward 1003 MHz equalizer (values 1 to 22 dB in 1 dB steps) -or-	527296-001 to -022	
SCS-1 to SCS-10	Starline Cable Simulator (values 1 to 10 dB in 1 dB steps)	477888-001 to -010	
SRE-**-*	Starline Return Equalizer, 5-40 MHz (S-split), 5-42 (K-split), 5-55 (J-split), 5-65 (A-split), values 0-12 dB in 1 dB steps for S-split (2 dB steps for all other frequency splits)	478176-XXX-00	1
JXP-*B	Plug-in attenuator/pad (values 0 to 26 dB, in 1 dB steps)	474011-XXX-00	≤ 13

See next page for ordering guide/matrix.



## 1 GHz BT Ordering Guide



### Notes:

- 1) Not all combinations in the ordering guide are available. This is a guide only. Please see "Ordering Information" (page 5) for available models.
- 2) FTECs are included in all models as standard, except for the "vanilla" models, BT\*-100\*H, which contain the standard gas tube.
- 3) 20A fuses are included in all amplifiers as standard.
- 4) ICS and status monitor transponders will continue to be customer configurable options.
- 5) For RoHS models, add "-R" to end of model string.

Motorola, Inc.  
101 Tournament Drive  
Horsham, PA 19044  
[www.motorola.com/broadband](http://www.motorola.com/broadband)

04.03.07  
Rev 10



MOTOROLA, the Stylized M Logo, STARLINE, and LIFELINE are registered in the US Patent & Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners.  
© Motorola, Inc. 2006. All rights reserved

Specifications are subject to change without notice



## ADVANCED SYSTEM DESIGN PRODUCT SPECIFICATIONS

### SSP-\*N Starline System Passives



#### FEATURES

- 1 GHz BANDWIDTH
- SUPERIOR HUM MODULATION PERFORMANCE
- MINIMAL INSERTION LOSS
- 15 AMPERES
- BACKWARD COMPATIBLE
- ROTATABLE FACEPLATE
- SWIVEL CENTER SEIZURE MECHANISM

#### PRODUCTS

- SSP-3N
- SSP-7N
- SSP-9N
- SSP-12N
- SSP-16N
- SSP-3-636N
- SSP-PIN
- SSP-PIN/SP

#### INTRODUCTION

There are six models in the Motorola SSP-N series of splitters and directional couplers: SSP-3N, SSP-7N, SSP-9N, SSP-12N, SSP-16N, and SSP-3-636N. These AC power-passing, two-way devices operate within an RF passband of 1 GHz and are enclosed in die cast 360 aluminum alloy housings that are equipped for strand and pedestal mounting. The SSP-N series employs a swivel center conductor seizure mechanism and a rotatable faceplate to ensure that the units can be configured in a variety of input/output and RF/AC combinations. This allows for flexible installation and reduces the need for cable loops. The SSP-N series is equipped with shorting bars to reduce nuisance fuse blowing. These

shorting bars can be removed for power blocking or replaced with fuses at the user's option.

#### SSP-N SERIES POWER INSERTER

Model SSP-PIN is a network for combining RF with AC power from the system power supplies to coaxial cable. The unit can be used for 60 and 90 volt powered systems. It installs on coaxial cable and passes up to 15 amperes in each direction - a total of 20 amperes common. The SSP-PIN/SP has the same performance as the standard SSP-PIN product, but adds additional surge protection capability. This product has been designed to improve overall system reliability.

#### 15 AMPERE CAPABILITY

Today's advanced HFC networks require additional current handling for centralized powering and network powering of telephony devices. To meet this demand all Motorola SSP-N passives pass 15 amperes. The SSP-N models are capable of handling 15 amperes continuous on each leg. The SSP-PIN power inserter can also handle 15 amperes on each leg, 20 amperes common. These N-Series passives can also withstand 25 amperes for two hours at 65 degrees Celsius. All Motorola passives offer superior hum modulation performance, even at high currents.

#### BACKWARD COMPATIBILITY

All Motorola SSP-K and SSP-N models are backward compatible to all existing Jerrold/General Instrument SSP housings. Upgrades can be accomplished by replacing the faceplate.

**MOTOROLA**

# ADVANCED SYSTEM DESIGN PRODUCT SPECIFICATIONS

## SSP-\*N Starline System Passives

### SSP-\*N Series System Passives 5-1000 MHz

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

MAXIMUM SPECIFICATION								
Insertion Loss (dB)	5 MHz	10 MHz	50 MHz	450 MHz	550 MHz	750 MHz	860 MHz	1000 MHz
SSP-PIN / SSP-PIN/SP	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	1.1
SSP-3N	4.2	3.9	3.8	4.3	4.4	4.6	4.9	5.5
	4.2	3.9	3.8	4.3	4.4	4.6	4.9	5.5
SSP-7N	2.3	2.0	1.9	2.4	2.6	3.0	3.4	4.2
	7.5	7.5	7.5	7.5	7.8	8.1	8.4	8.6
SSP-9N	1.8	1.5	1.4	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0
	9.5	9.3	9.4	9.2	9.3	9.5	9.9	10.3
SSP-12N	1.4	1.2	1.2	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4
	12.0	11.6	11.6	11.7	11.8	12.2	12.7	13.5
SSP-16N	1.2	1.1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	2.4
	16.2	15.7	15.7	15.6	15.8	16.2	16.8	17.2
SSP-3-636N	7.5	7.2	7.2	7.8	7.9	8.3	8.9	10.0
	7.5	7.2	7.2	7.5	7.6	8.0	8.6	10.0
	4.2	3.8	3.8	4.2	4.3	4.7	5.1	5.8

Isolation (dB)	5-10 MHz	10-860 MHz	860-1000 MHz
SSP-PIN / SSP-PIN/SP	60	55	50
SSP-3N	18	20	18
SSP-7N	18	20	18
SSP-9N	20	20	18
SSP-12N	20	20	18
SSP-16N	24	22	20
SSP-3-636N	18	20	18

Return Loss (dB)	5-30 MHz	30-750 MHz	750-1000 MHz
SSP-PIN / SSP-PIN/SP	16	18	16
SSP-3N	16	18	16
SSP-7N	16	18	16
SSP-9N	16	18	16
SSP-12N	16	18	16
SSP-16N	16	18	16
SSP-3-636N	16	18	16

Specifications are subject to change without notice.



# ADVANCED SYSTEM DESIGN PRODUCT SPECIFICATIONS

## SSP-\*N Starline System Passives

### SSP-N 15 Ampere System Passives:

Current Handling (Splitters and Directional Couplers):

15 amperes maximum all ports

Current Handling (Power Inserter):

Input: 20 amperes maximum

Output: 15 amperes maximum

SSP-PIN/SP Surge Protection:

Surge Current Rating: 3000 A,  
8x20  $\mu$ S

Minimum Firing Voltage: 180 V

Hum Modulation (15 amperes):

5-10 MHz: 60 dB minimum

10-860 MHz: 70 dB minimum

860-1000 MHz: 60 dB minimum

**RFI:** 90 dB minimum

**Flatness:**  $\pm 0.35$  dB maximum (versus cable)

**Dimensions:** 5.53 x 5.53 x 2.50 inches  
(14.0 x 14.0 x 6.35 cm)

**Weight:** 1.67 lbs.  
(0.76 kg)

### Passive Color Codes:

Model	Background	Lettering
SSP-PIN	Purple	White
SSP-3N	White	Black
SSP-7N	Red	Black
SSP-9N	Light Blue	Black
SSP-12N	Black	White
SSP-16N	Yellow	White
SSP-3-636N	Green	White



**MOTOROLA**



# DCT3400 Series

## All-Digital Dual-Tuner DVR High-Definition Set-Tops

### SPECIFICATION SHEET



#### KEY FEATURES

Supports standard-definition (SDTV), enhanced-definition (EDTV), and high-definition (HDTV) television

Motion-compensating temporal filter (MCTF) video noise reduction

Motion-adaptive de-interlacing for high-quality analog channel output

Out-of-band (OOB) data receiver

Built-in DOCSIS cable modem for high-speed connections

IR Blaster port

HD Picture-in-Picture capable

On-screen diagnostics

Dolby® Digital, Pro Logic, and stereo audio

Digital Video Recording (DVR)

Video On Demand (VOD) programming

Macrovision copy protection

DES-based encryption

DigiCipher II access control

Pass-through of VBI data services (closed caption, V-chip, and CGMS-A)

Dual-channel 3D comb filters for state-of-the-art color and resolution

Full range of industry-standard connectors for video, audio, and data applications:

- USB 2.0
- HDMI digital audio/video interface (replaces DVI)
- SATA connector (provides additional DVR capacity with an external hard drive)

#### BENEFITS

Pause and time-shift live TV programming

Record hours of SDTV and HDTV programming

Maintain a personal library of recorded SDTV and HDTV programming accessed through the IPG

Watch what you want, when you want:

- Schedule multiple recordings through the IPG
- Watch two programs at once and easily switch between them
- Record one program while watching another
- Record two programs at the same time
- Watch a recorded program while recording two others



The Motorola DCT3400 Series all-digital set-tops combine the extraordinary features of digital cable—the seemingly endless programming options, interactive program guides (IPG), Video on Demand (VOD), and commercial-free CD-quality music—with dual-tuner all-digital video recording (DVR) for watch-and-record capability, as well as the incredible picture quality of high-definition television (HDTV).

The DCT3400 Series all-digital set-tops offer advanced capabilities, including a high-end, high-performance microprocessor, expanded memory, enhanced graphics, and a full range of audio and visual inputs and outputs, offering service providers a quick and cost-effective way of realizing the benefits of an all-digital network. Benefits include increased bandwidth for HD and VOD content, on-demand information and entertainment services, and content encryption to reduce theft of video services.

The DCT3400 Series set-tops are designed for use as an all-digital platform. They do not support tuning analog channels on the cable plant.



## IFICATIONS

frequency (video & audio)	54 to 864 MHz
S 1.0 /1.1/2.0-capable integrated cable modem	
	16 MB Flash, factory expandable to 32 MB 128 MB DRAM standard unified, factory expandable to 256 MB
Video Outputs	HDMI, IEEE 1394, component video (Y Pb Pr), S-video, composite video, remodulated RF (optional), left/right baseband, optical SPDIF, coaxial SPDIF
Connections	USB 2.0 (front/rear panel), Ethernet 10/100 Base-T, SATA interface
-bit color, 2D/3D support, and scaleable video-in-graphics	
RISC-based processor	
ics Resolution	
uts	4:3 up to 720 x 480
uts	16:9 up to 1920 x 1080
Resolution	480i, 480p, 720p, 1080i
ting Temperature	15 to 42 °C (32 to 108 °F)
ng Humidity	5% to 90% (non-condensing)
Itage	95 to 135 VAC, 57 to 63 Hz
r Dissipation	48 to 55 W AC, depending on active features
odulation	QPSK
ency	Agile receiver 70 to 130 MHz
idth	2.0 MHz maximum -15 to +15 dBmV
I Input Level	
	-15 to +15 dBmV -12 to +15 dBmV

## ERAL SPECIFICATIONS

nsions	17.13 in w x 10.75 in d x 2.75 in h
ht	12 lbs.
Disk Drive	
412	120 GB
416	160 GB
essories	
00 Universal Remote Control (sold separately)	

in features may not be activated by your service provider, and/or their network settings may limit the feature's functionality. Additionally, certain res may require a subscription. Contact your service provider for details. All features, functionality, and other product specifications are subject to ge without notice or obligation.

**MOTOROLA**

Motorola, Inc. 101 Tournament Drive, Horsham, Pennsylvania 19044 U.S.A.  
www.motorola.com

MOTOROLA and the Stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. Dolby and Pro Logic are trademarks of Dolby Laboratories. All other product or service names are the property of their registered owners. © Motorola, Inc. 2005

525416-001

MGBI

08/05



Medidor de análisis de servicios digitales DSAM



# Diseñado para su empresa

- **Probador todo en uno que incorpora tecnología de vanguardia de procesamiento de señal digital (DSP) y DOCSIS® para realizar pruebas en el servicio del cable módem, vídeo digital, vídeo analógico y VoIP (opcional)**
- **Responde a las demandas de realización de pruebas de IP con el conjunto TruPacket™ de pruebas IP sobre interfaces RF y Ethernet**
- **Diseño robusto y liviano que resiste a la lluvia, el frío, el calor, los golpes, las caídas y otros accidentes**
- **Amplia variedad de configuraciones disponibles para cubrir las necesidades fundamentales de instaladores o técnicos de ejecución (DSAM-2000), a través de las necesidades de resolución de problemas de técnicos de servicio (DSAM-2300 o DSAM-3300) y de las necesidades de pruebas de desempeño avanzadas de técnicos en mantenimiento de redes (DSAM-3300 y -6300)**
- **Plataforma opcional de software para ordenador que proporciona una herramienta avanzada para gestionar actividades de pruebas, mantener un inventario preciso de los medidores DSAM y registrar información del punto de partida del rendimiento de la red y del desempeño de los técnicos o contratistas**

En el mercado actual no alcanza simplemente con poder probar todos los servicios digitales y de protocolo de Internet (IP). Necesita equipos de prueba que fortalezcan su personal de campo para mejorar la productividad, la eficiencia y la satisfacción de los clientes. Los clientes exigen los más altos niveles de servicio y asistencia. Los proveedores de servicios deben implementar servicios más rápidamente y garantizar que las instalaciones sean de calidad desde un primer momento, siempre.

El medidor de análisis de servicios digitales (DSAM) incorpora tecnologías de vanguardia de procesamiento de señal digital (DSP) y de especificación de interfaz de servicios de datos por cable (DOCSIS®) para probar los servicios de cable módem, vídeo digital, vídeo analógico y VoIP. Puede probar prácticamente todos sus servicios simplemente con un solo medidor. No es necesario contar con varios medidores ni cambiar los equipos de prueba, incluso para los servicios de voz sobre IP (VoIP).

Con el DSAM-2000, los técnicos pueden certificar que los hogares están preparados para instalar un cable módem durante las instalaciones de rutina, lo cual garantiza que las instalaciones de datos de alta velocidad (HSD) realizadas por los propios usuarios sean más confiables y reduce las llamadas de servicio en el futuro. Los técnicos de servicio pueden usar el DSAM-3300 para solucionar, encontrar y reparar problemas del servicio o la red. Los técnicos de barrido y mantenimiento de la red pueden usar el DSAM-6300 para realizar pruebas del rendimiento del barrido de descendente y retorno, así como también asistir trabajos de instalación con problemas mediante funciones digitales y DOCSIS avanzadas incluidas en el mismo medidor. A través de la conexión DOCSIS a un servidor administrado seguro ubicado en un lugar central, los resultados de las pruebas se pueden archivar en el lugar donde se las realiza. Se puede acceder a este servidor con un explorador web estándar.

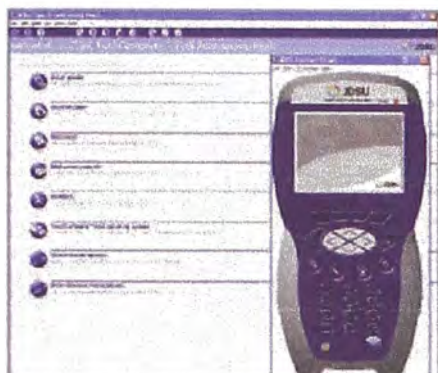
Los administradores pueden configurar y proteger las funciones de pruebas automatizadas del DSAM de manera personalizada a fin de garantizar que todos los técnicos realicen determinadas pruebas de la misma manera. Los resultados de las pruebas pueden guardarse para realizar análisis en el futuro y archivar en un ordenador personal. Sólo se necesita descargar un archivo de Internet para realizar la actualización del medidor. Los medidores DSAM, diseñados para usarse en condiciones que su personal de campo deberá enfrentar, son resistentes y confiables, y están listos para que los usen hasta los técnicos menos experimentados. Encuentre y solucione los problemas desde la primera vez para reducir la incidencia de llamadas. Ya sea que el problema se encuentre en el hogar o en la red, el DSAM puede realizar las pruebas necesarias para ayudar a identificar y corregir el problema, y así eliminar la necesidad de realizar llamadas en el futuro.

## Solución de pruebas de certificación de hogar TechComplete

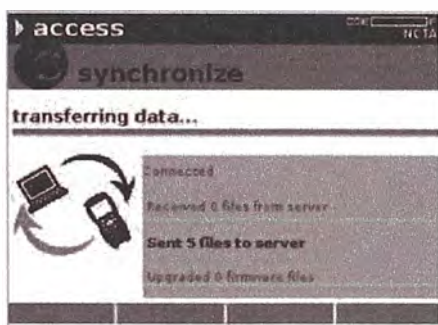


Proceso típico de gestión del personal

# Soluciones que mejoran sus resultados



El software del TPP permite que los supervisores configuren y actualicen fácilmente los medidores DSAM en el campo. Además permite que los técnicos más experimentados controlen de manera remota un DSAM en el campo con la función remota de DSAM del TPP.



Se puede realizar la sincronización de archivos de pruebas desde el campo y planes de canales actualizados desde la gestión de pruebas mediante el uso del software opcional de gestión de datos de campo (FDM) a través de una red Ethernet o de RF DOCSIS.

## Funciones avanzadas de productividad

Aumente en gran medida la productividad y haga que el trabajo de gerentes y técnicos sea más fácil y eficiente gracias a las funciones inigualables del DSAM y del software disponible.

## Gestión mejorada de las pruebas de campo

Con el Paquete de Test Productivity Pack (TPP) de TechComplete™, una plataforma de software para ordenador de última generación, los supervisores y gerentes del servicio de campo cuentan con una herramienta avanzada para gestionar las actividades de pruebas, mantener un inventario preciso de los DSAM y registrar información del punto de partida del rendimiento de la red y del desempeño de los técnicos y contratistas. Hasta ofrece la función de conectarse a sistemas administrativos con aplicaciones de proveedores externos.

## Sincronización RF remota

El DSAM puede hacer que los técnicos ahorren de 30 a 45 minutos por día gracias a su inigualable función de sincronización RF remota. Esta característica permite a los técnicos sincronizar datos en ambas direcciones con el software del servidor central del TPP a través de la planta de RF por medio del canal DOCSIS. Los planes de canales y los planes de límites aprobado/desaprobado para el DSAM pueden configurarse y almacenarse en el software del TPP.

Con sólo pulsar la función de sincronización del medidor, los técnicos de campo pueden sincronizar muy fácilmente todos los planes de canales, planes de límites y datos de pruebas con el servidor del TPP. Los técnicos no necesitan utilizar un ordenador específico para sincronizar sus medidores. Por el contrario, se puede emplear cualquier conexión a una red de área local (LAN) de la red cuando se selecciona el conector Ethernet del DSAM para realizar el proceso de sincronización. Gracias al DSAM, resulta más práctico para una gran cantidad de técnicos cargar los resultados de las pruebas de manera efectiva al final del día, todos los días o incluso al finalizar cada trabajo.

## Administrador de activos con medidor

Supervise los medidores rápidamente con la función de administrador de activos con medidor del software del TPP. Determine rápidamente lo siguiente:

- Cuántos medidores hay en el inventario y qué versiones son
- Qué medidores del campo cuentan con las configuraciones de pruebas y los firmware correctos
- Qué técnicos sincronizan de manera habitual sus datos con el servidor del TPP (y quiénes no)

El software del TPP ofrece una forma simplificada de configurar las pruebas para sus medidores DSAM. Cuando se cambian las alineaciones de canales, los supervisores pueden garantizar que todos los instrumentos cuenten con la última actualización del nuevo plan de canales rápidamente y garantizar que se emplee la prueba automática correcta con el plan de límites más actual.



# Soluciones que mejoran sus resultados



## Proceso de informes mejorado

La estructura y el proceso de sincronización exclusivos del TPP además funcionan como un depósito central que administra todos los datos valiosos de las pruebas recopilados en el campo. Tradicionalmente, los datos de pruebas, incluso los archivos de barrido, no se aprovechaban al máximo debido a que resultaba muy difícil recopilarlos y almacenarlos, pero ahora se los puede recopilar y mantener fácilmente. Esta recopilación se logra con el proceso de sincronización desde los instrumentos o mediante el acceso con un explorador estándar a la interfaz web de la base de datos del TPP. La base de datos robusta y la exclusiva estructura de archivos del TPP mantienen los datos de todas las pruebas en una única base de datos desde la cual se puede extraer información fácilmente a fin de generar informes de valor agregado.

## Resistente y confiable

JDSU comprende los entornos de trabajo y la necesidad de contar con equipos de prueba resistentes. El DSAM está construido para resistir una caída de 1,2 metros (4 pies) sobre todos sus lados y puede resistir lluvia con vientos de 120 kph (75 mph) con precipitaciones de hasta 100 milímetros (4 pulgadas) durante un período de 1 hora. ¿Qué quiere decir esto? A los técnicos les encanta usar el DSAM. Con su diseño liviano y construcción ergonómica, los técnicos prefieren usar el DSAM antes que otros medidores. Mediante una capacitación mínima, los técnicos pueden emplear el DSAM rápidamente gracias al sistema de ayuda integrado que les permite aprender y comprender todo fácilmente.

# Diseñado para sus técnicos

La familia de medidores DSAM es ampliable a fin de proporcionar el conjunto exacto de herramientas de pruebas que los técnicos necesitan para hacer su trabajo. El DSAM-2000 ofrece a los técnicos de instalación una gestión básica del nivel de servicio (SLM) que cuenta con funciones analógicas y digitales. Se incluyen los niveles de audio y video analógicos y las mediciones de portadora/ruido (C/N), así como también el nivel de potencia digital promedio, la tasa de error de modulación (MER) y la tasa de error de bits (BER) de pre y post FEC (corrección de errores en directa) para portadoras de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) digitales. La conectividad de DOCSIS se puede confirmar con una prueba simple de intervalo y registro que incluye un margen de nivel de transmisión ascendente. Las mediciones se pueden configurar en un plan de prueba automática, lo cual requiere que el técnico pulse sólo dos botones para realizar la misma prueba de aprobado/desaprobado, de la misma manera, en cualquier ubicación, con el último plan de canales y la prueba automática que el servidor del TPP transmitió a todos los medidores.

Las organizaciones de servicio pueden realizar las mismas mediciones con el DSAM-2300 o profundizar más y resolver problemas de aprovisionamiento y conexión de DOCSIS. Con el DSAM-3300, se incluyen las pruebas de Ethernet, así como también el modo completo de espectro descendente y una vista de constelación de las portadoras QAM. Las mediciones de FEC BER, de segundos con error y de segundos con errores graves se realizan en portadoras QAM 256 con intercalación profunda con todos los modelos DSAM-2000, -2300, -3300 y -6300.

Las organizaciones de mantenimiento ahora reciben al DSAM-6300, el cual combina todas las funciones de DSAM con la tecnología Stealth Sweep™ de la directa y de retorno (patente número 5585842) que se usa en los productos Stealth Digital Analyzer (SDA) de JDSU.

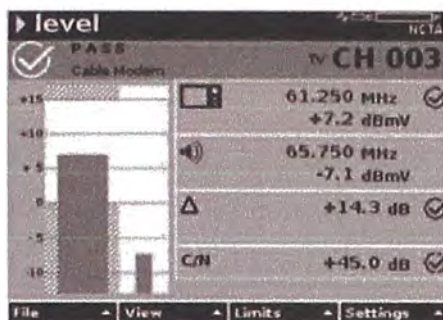
Gracias a que usa la potente tecnología Stealth Sweep, el DSAM-6300 puede emplearse con equipos de barrido montados en bastidor de SDA existentes, SDA-5500 y SDA-5510 ubicados en la cabecera y en los sitios de concentradores. Además, los medidores DSAM-6000 pueden realizar el barrido de manera conjunta con los medidores SDA-5000. No es necesario realizar modificaciones importantes en la red.

# Matriz de funciones detalladas del DSAM

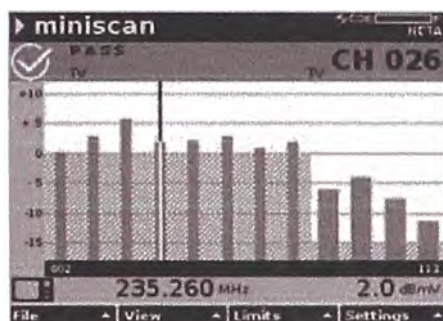
		DSAM-2000	DSAM-2300	DSAM-3300	DSAM-6300
Función					
Verificación del nivel de portadora digital y analógica	Niveles de potencia de audio y vídeo analógicos	X	X	X	X
	Nivel de potencia digital	X	X	X	X
	Pendiente (1 a 12 canales)	X	X	X	X
	Miniexploración (1 a 12 canales)	X	X	X	X
	Exploración completa (1 a 999 canales)	X	X	X	X
	Portadora analógica/ruido	X	X	X	X
	Hum	X	X	X	X
	SmartScan™	Opción	Opción	X	X
Calidad de portadoras digitales (portadoras QAM)	Analizador de espectro con preamplificación automática	Opción	Opción	X	X
	Mediciones de MER/EVM	X	X	X	X
	Pre y post FEC BER (64, 128, 256)	X	X	X	X
	BER para intercalación profunda (128,4 ó 128,5)	X	X	X	X
	Constelación (64, 128, 256)	Opción	Opción	X	X
	Digital Quality Index™ (DQI)	Opción	X	X	X
	Tensión de AGC	Opción	X	X	X
	Segundos con error/errores graves	Opción	X	X	X
Verificación física ascendente	Ruido de ingreso QAM	Opción de HW	Opción de HW	Opción de HW	Opción de SW
	Bucle de retorno (requiere la opción de ruido de ingreso QAM)	Opción	Opción	Opción	X
	Espectro ascendente local para control de ruido de ingreso	X	X	X	X
	Generador de QAM de retorno	Opción	Opción	X	X
	Analizador de espectro con preamplificación automática	Opción	Opción	X	X
	Field View del espectro de retorno PathTrak	Opción	Opción	Opción	Opción
Pruebas DOCSIS®/ EuroDocsis™	Prueba de DOCSIS 2.0/1.1/1.0 de 1 descendente x 1 ascendente	X	X	X	X
	Prueba de portadora entrelazada DOCSIS 3.0 de 8 descendentes x 4 ascendentes	SW Opción	SW Opción	SW Opción	SW Opción
	MER/EVM descendente, pre y post FEC BER	X	X	X	X
	Registro y amplitud DOCSIS dinámicos	X	X	X	X
	Verificación del archivo de configuración del cable módem	X	X	X	X
	Selección de canales ascendentes	X	X	X	X
	Espacio y nivel de transmisión ascendente	X	X	X	X
	Clonación de CPE MAC y cable módem	X	X	X	X
Pruebas de servicio DOCSIS/ EuroDocsis	Certificados emitidos por CableLabs®	X	X	X	X
	Pérdida de paquetes	X	X	X	X
	Capacidad: ascendente y descendente (velocidades hasta DOCSIS 3.0)	Opción	X	X	X
	Ping	Opción	X	X	X
Pruebas básicas de Ethernet	VolPCheck: prueba de voz sobre IP (MOS, pérdida de paquetes, fluctuación, retraso)	Opción	Opción	Opción	Opción
	Capacidad: (velocidades DOCSIS 2.0)	Opción	Opción	X	X
	Pérdida de paquetes	Opción	Opción	X	X
	Ping	Opción	Opción	X	X
Pruebas de Gigabit Ethernet	Ver página de diagnósticos de CM	X	X	X	X
	Capacidad: (velocidades DOCSIS 3.0)	Opción	Opción	Opción	Opción
	Pérdida de paquetes	Opción	Opción	Opción	Opción
	Ping	Opción	Opción	Opción	Opción
Verificación de la red de RF	Prueba de Gig-E: compatibilidad con DOCSIS 3.0 hasta 400 Mb/s de descarga	Opción	Opción	Opción	Opción
	Forward Sweepless Sweep™	Opción	Opción	Opción	X
	Alineación de retorno				X
	Barrido de envío (descendente)				Opción
	Barrido de retorno (ascendente)				Opción
	Bucle de retorno (requiere la opción de ruido de ingreso QAM)	Opción	Opción	Opción	X
Verificación de la red de HFC	Prueba automática programada	X	X	X	X
	Prueba de control	X	X	X	X
Verificación de la red doméstica	Pruebas IP a través de conectores Ethernet 10/100/1000	Opción	Opción	X	X
	Prueba de resistencia de ruido de ingreso (IRT)	X	X	X	X
	Ubicación de fallas con la función FDR en el transmisor remoto LST-1700	X	X	X	X
	Compensación de punto de prueba	X	X	X	X
Prueba automática	Certificación de hogar	Opción	Opción	Opción	Opción
	Prueba automática de vídeo	X	X	X	X
	Prueba automática del cable módem	X	X	X	X
	Prueba automática combinada (cable módem y vídeo)	X	X	X	X
	Control de rendimiento (prueba automática programada)	X	X	X	X
	Explorador web	Opción	Opción	Opción	Opción
Miscelánea	Sincronización de RF o Ethernet con el TPP	X	X	X	X
	Secure Sync™: sincronización de RF mediante firewall	X	X	X	X

# Funciones

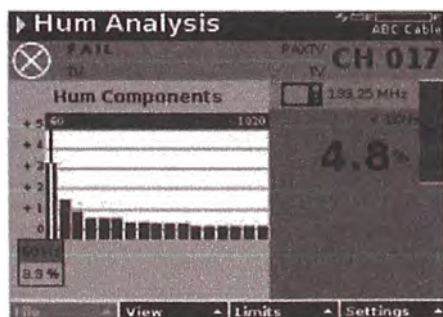
Consulte la Matriz de funciones del DSAM en la página 5 para la inclusión de funciones en modelos específicos.



El modo de nivel en un canal analógico muestra los niveles de señal de audio y vídeo, y su valor delta. También se muestra la relación portadora/ruido (C/N).



La miniexploración mide la potencia de señal de hasta 12 canales simultáneamente.



Las interferencias eléctricas no deseadas pueden aparecer en un canal de vídeo en la forma de una o dos barras horizontales en el televisor. La medición de hum revela si hay alguna interferencia eléctrica presente en el canal que se está verificando.

## Medidor del nivel de señal

La familia de DSAM es compatible con las funciones de pruebas tradicionales de SLM para los niveles de audio y vídeo analógicos, y además con las mediciones de nivel de potencia digital digiCheck™ extremadamente precisas de JDSU. Además, la posibilidad de medir la relación portadora/ruido en portadoras analógicas se ofrece dentro de la configuración estándar. También están incluidas la MER y la pre y post FEC BER, así como también los segundos con error/errores graves en portadoras DOCSIS y de vídeo digital QAM 64/256. Estas pruebas permiten a los técnicos que autorizan validar que se están recibiendo los servicios digitales y que estos cuentan con los márgenes adecuados y las especificaciones de calidad. Incluye modulación de intercalación profunda ( $j=128$ ,  $i=5$ ) en todos los modelos nuevos de DSAM 2000, 2300, 3300 y 6300. El DSAM puede analizar las portadoras descendentes hasta un total de 1 GHz.

## Modos de miniexploración y exploración completa

Cuando se miden las señales analógicas, digitales y DOCSIS, los técnicos pueden ver los canales de alta y baja frecuencia, y verificar cuánto espacio de nivel queda disponible cuando se activan los límites. En el modo de miniexploración, el DSAM puede controlar hasta 12 canales al mismo tiempo. En el modo de exploración completa, el DSAM puede controlar el plan de canales en su totalidad, hasta 999 canales. Los resultados de ambas exploraciones se muestran ya sea en la forma de un gráfico de barras fácil de leer o en una tabla informativa.

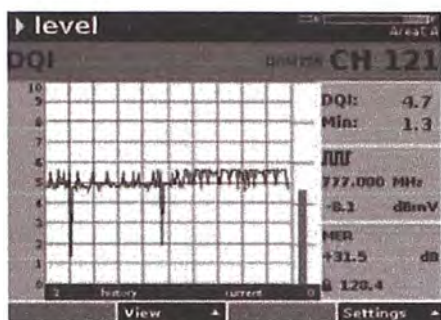
## Modo de pendiente

El modo de pendiente se usa para verificar la pendiente hacia adelante de los niveles de canales en los extremos inferiores y superiores del espectro de frecuencia. Las variaciones de los niveles, que se visualizan en la parte inferior de la pantalla del DSAM, indican distorsión del espectro de frecuencia. A partir de estos resultados, los técnicos saben qué panel de ecualización deben seleccionar para obtener una nivelación óptima al final de la línea.

## Modo de análisis de hum

Se puede realizar una medición de hum en un canal analógico no codificado. El instrumento funciona con pilas; por esto, la medición es independiente de los bucles de tierra y, por lo tanto, está aislada de la red eléctrica. Problemas de Hum graves se presentan en un televisor en la forma de barras horizontales simples (60/50 Hz) o dobles (120/100 Hz) que cruzan la pantalla. La visualización del hum indica el nivel de distorsión de los componentes de todas las frecuencias inferiores a 1.000 Hz, como así también la frecuencia de hum fundamental. Los niveles más bajos de frecuencias adyacentes y fundamentales se presentan en un gráfico de frecuencias. Esta presentación es valiosa para determinar la fuente de generación del hum mediante la visualización de un indicador de la fuente de generación del hum (patente pendiente).

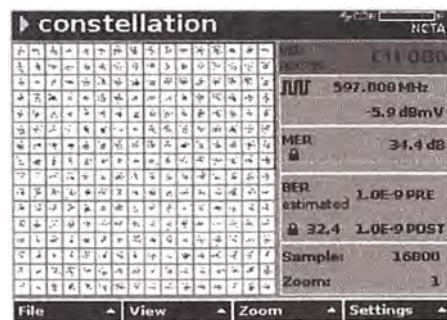




El DQI mostrará las fallas intermitentes de corta duración que no detectó la MER y la BER, así como también problemas con respecto al estado continuo que la MER y BER capturan generalmente.



El modo de nivel en un canal digital mide el nivel de señal y la MER, y rastrea la BER y los segundos con error del canal.



Un gráfico de constelación muestra fallas en la red con patrones en la pantalla. Al identificar el patrón, los técnicos pueden determinar la causa posible de la falla.

## Digital Quality Index™

El DQI es un indicador del estado general de una señal QAM. Esta medición es excelente para rastrear problemas intermitentes y es exclusiva de JDSU. Se representa mediante un valor de índice fácil de comprender con un intervalo del 1 al 10, en el cual 10 representa la mejor calidad. El algoritmo avanzado del DQI brinda la sensibilidad necesaria para detectar y aislar rápida y fácilmente problemas en el dominio de RF que estén afectando los servicios de HDTV y HSD. El DQI además detecta errores que las mediciones tradicionales en ocasiones no detectan. Además muestra un historial de 90 segundos en forma de gráfico que facilita la identificación de problemas intermitentes.

## Medición de la tasa de error de bits

La BER ayuda a detectar rápidamente los cambios impulsivos en el sistema y revela cuándo se pierde o corrompe la información en la capa de bits. El DSAM mide la BER mediante el rastreo de la cantidad de bits con error que se muestran antes de FEC, que se conoce como pre BER, y la cantidad de bits que la FEC no puede reparar, que se conoce como post BER.

## Medición de segundos con error y segundos con errores graves

Para solucionar problemas en conexiones que se sospecha que tienen errores de bits intermitentes, los técnicos pueden usar el DSAM para capturar errores que han ocurrido durante un período de tiempo. Si un error ha ocurrido durante un segundo de tiempo transcurrido, el número del campo de segundos con error aumenta en uno. Si un segundo tiene un error o más, se lo cuenta como un segundo con error. Si más de 1 bit en un millón de bits recibidos tiene errores en el mismo segundo, el registro de segundos con errores graves aumenta en uno. Los campos de segundos con error se incluyen de manera conveniente en la pantalla de nivel digital estándar.

## Modo de constelación

Varios elementos de la red pueden comprometer la calidad del vídeo digital. El modo de constelación del DSAM muestra en un gráfico patrones de puntos de datos. Luego, los técnicos pueden interpretar fácilmente, detectar y diagnosticar rápidamente el origen de los problemas de vídeo digital.

## Medición de la tasa de error de modulación

La MER es el primer indicio de degradación de la calidad de la transmisión causada por el ruido, el ruido de ingreso y las distorsiones. Una expresión de la relación de señal/ruido (S/N) más todas las demás señales de distorsión no transitorias, la MER además muestra distorsiones de amplitud y fase que pueden haberse transmitido desde la cabecera. La MER es la mejor medición de calidad general que puede realizarse en una portadora QAM digital. JDSU ha perfeccionado esta valiosa medición al optimizar tanto los algoritmos patentados de software y el hardware personalizado (patentes n.º 6061393, 6233274, 6278730 y 6385237). Se obtienen, como resultado, lecturas precisas que superan ampliamente las que informan los equipos de las instalaciones de los clientes como, por ejemplo, los decodificadores digitales.





Altere entre los modos sensible y normal de medición de QAM del DSAM a fin de ayudar a analizar la calidad real de las portadoras o para que trabaje de manera similar al CPE.



El icono de tensión del AGC aparece en la pantalla cuando el conjunto de circuitos del AGC de un amplificador no funciona correctamente y puede causar problemas en las portadoras digitales.



La luz de límite de dB Delta se enciende cuando ocurren diferencias excesivas entre portadoras que pueden exigir excesivamente al sintonizador del CPE y causar problemas en el servicio.

## Configuración de sensibilidad de QAM

No todos los CPE funcionan de la misma manera según los mismos estándares, y éste es precisamente el motivo por el cual se desarrolló la configuración de sensibilidad de QAM. Ofrece una configuración digital nueva de alta sensibilidad que muestra los errores que ocurren en los equipos de cable de los clientes, como un decodificador, la cual ayudará a los técnicos a rastrear problemas de BER/MER en la red que informan los CPE. El DSAM tiene un modo normal para determinar el rendimiento de la red RF estándar. El DSAM además tendrá un modo normal que determina el rendimiento de la red RF estándar. La configuración de alta sensibilidad desactiva varias tecnologías de procesamiento digital que corrigen muchas fallas que se encuentran en la red, lo cual revela problemas de distribución que se corrigen normalmente. Las opciones de configuración son las mismas en todos los modos de medición que muestran la MER o BER, incluido el modo DOCSIS.

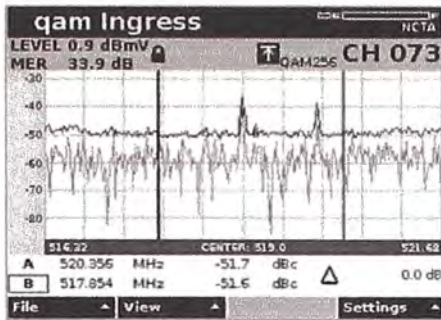
## Indicador de tensión del control automático de ganancia (AGC)

El indicador de tensión del AGC notifica los problemas de AGC en los canales digitales, lo cual revela la existencia de niveles de AGC de rápida variación que pueden causar problemas en los CPE como visualización en mosaicos, bloqueo, congelación, capacidad del cable módem lenta o pérdida de paquetes. El AGC separa los problemas en los amplificadores de la red de los problemas en el domicilio. El indicador de tensión del AGC se puede ver en la prueba automática de nivel digital y estará presente en la sección de resultados generales.

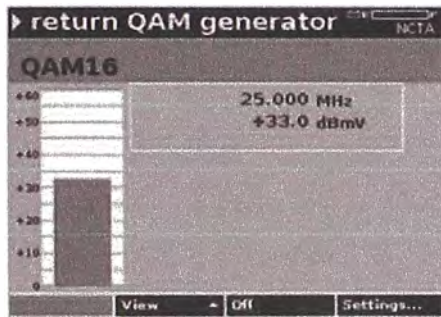
## dB Delta (límite de intermodulación)

El dB Delta compara los valores de nivel de la portadora desde los niveles analógicos más altos hasta los niveles digitales más bajos para determinar el diferencial máximo en la red. Esta comparación proporciona un primer indicio de las distorsiones de intermodulación posibles causadas por niveles de la portadora ampliamente diferentes que exigen excesivamente al sintonizador del CPE, lo cual puede causar visualización en mosaicos, bloqueo o pérdida de paquetes en el CPE. Las causas principales pueden ser pendiente excesiva, pérdida de cable o potencia excesiva en un canal dado. Este cálculo está integrado en la pantalla de resultados de la prueba automática de vídeo y la certificación de hogar.

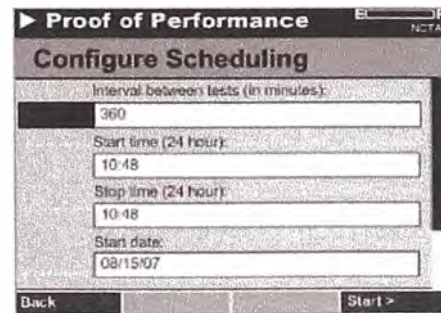
El DSAM también puede contrarrestar situaciones relacionadas con el dB Delta y, sin embargo, proporcionar mediciones precisas. Configure el DSAM para condiciones de dB Delta normales, medias o altas, según sea necesario, para minimizar las exigencias excesivas y permitir que se realicen las mediciones adecuadas.



La prueba de ruido de ingreso de QAM permite a los técnicos ver la actividad subyacente de una portadora digital activa, lo que generalmente no se puede ver debido a la presencia de señales moduladas digitales (haystack).



El generador de QAM de retorno permite a los operadores evaluar y probar el rendimiento de la red ascendente.



## Modo de ruido de ingreso de QAM

Detectar la presencia de ruido de ingreso en el nivel digital de portadoras en la ruta descendente es casi imposible sin interrumpir el servicio. Las portadoras de QAM separadas estrechamente ocultan cualquier presencia visual de ruido de ingreso de envío no deseado, como distorsión de segundo orden (CSO) y distorsión de tercer orden (CTB). Una prueba de MER indicará si existe un problema, pero con el modo de ruido de ingreso de QAM de JDSU patentado, el técnico puede inspeccionar qué sucede realmente detrás de las señales moduladas digitales (haystack) mientras los servicios permanecen intactos (patente n.º 6385237). La opción de hardware y/o software disponible para el ruido de ingreso de QAM se puede solicitar para los modelos de DSAM 2000, 2300, 3300 y 6300.

## Generador de QAM de retorno

Elemento estándar en el DSAM 3300 y 6300, el generador de QAM de retorno es un transmisor móvil de QAM 16 y 64. La capacidad de transmitir una señal modulada de QAM 16 ó 64 a la cabecera es útil para comprobar las capacidades de línea para canales de voz y datos futuros, y para solucionar problemas en la ruta de retorno de la red. Esta opción se puede utilizar con el PathTrak™ RPM-3000 para identificar distorsiones y problemas de red.

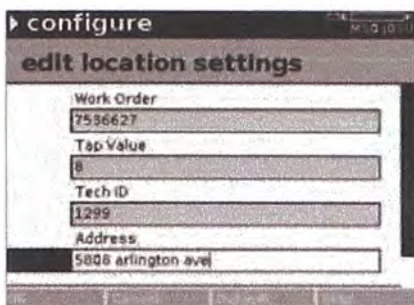
## Mediciones de la prueba automática

El DSAM ofrece una medición de prueba automática a través de un solo botón que permite a los técnicos verificar rápida y automáticamente combinaciones de parámetros clave de red de DOCSIS, digital o analógica. La prueba automática puede configurarse con mediciones de prueba automática clave, incluso pre- y post-FEC BER, portadora/ruido (C/N), canal adyacente, hum, dB Delta (límite de intermodulación), indicador de tensión de AGC y la prueba automática de control de rendimiento (PoP) de 24 horas de FCC.

El usuario puede habilitar todo por canal, excepto el hum y la información del canal adyacente. El hum está habilitado por canal en el software de TPP y la información de canal adyacente se calcula en todas las pruebas. Las pruebas automáticas también pueden programarse con el transcurso del tiempo. Cada plan de canales exige su propia configuración de prueba automática.

Las pruebas programadas están predeterminadas en intervalos de FCC PoP de 6 horas, pero el intervalo se puede cambiar para adaptarse a las necesidades de los técnicos. Las pruebas programadas en intervalos regulares (p. ej., 15 minutos) se pueden utilizar para identificar alteraciones que cambian según el momento del día. Los resultados de las pruebas se guardan automáticamente en una carpeta de trabajo nueva identificada por el usuario.

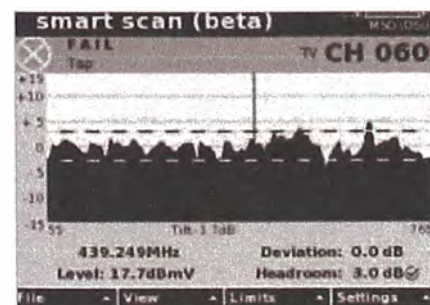




En cada archivo, se puede adjuntar información crucial para simplificar la clasificación de informes mediante plantillas de ubicación personalizadas.



La opción de certificación de hogar puede brindar métodos de pruebas uniformes para todos los técnicos a fin de mejorar la calidad del servicio general.



SmartScan proporciona una vista simple para ayudar a localizar problemas de RF entre la derivación y los CPE.

## Archivos de ubicación

Llevar un registro de dónde se tomaron las mediciones de las pruebas es importante para los técnicos de campo. Los archivos de ubicación brindan la capacidad de adjuntar información crucial a archivos guardados para clasificarlos y proporcionar informes de manera simple. Los campos se completan cuando el sistema lo solicita durante el proceso de guardado de archivos de mediciones. Se puede adjuntar información como el número de orden de trabajo, el área, la identificación de amplitud y la configuración de potencia. Se aplicará un solo archivo de ubicación por medidor a todos los archivos de mediciones guardados. Las categorías de ubicación se pueden modificar y utilizar según las necesidades personales a través del software de TPP.

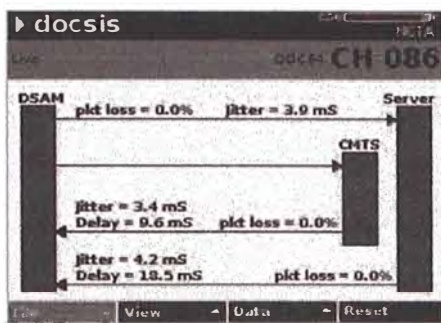
## Prueba digital y analógica integral en la directa

La arquitectura del DSAM incorpora pruebas digitales y analógicas en una sola interfaz de usuario. Esta interfaz permite a los técnicos seleccionar un canal específico o una exploración de canales sin tener que diferenciar entre video digital o analógico, datos de alta velocidad de DOCSIS o voz. El plan de canales activos funciona como un archivo de configuración del medidor y como una alineación de canales. Una amplia selección de elementos de configuración establece el tipo de pruebas que se pueden realizar en un canal en particular para cada canal del plan.

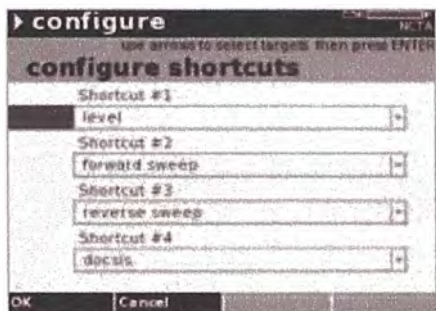
También se encuentran inherentes en un plan de canal determinado las configuraciones de prueba automática para los servicios DOCSIS, digitales y analógicos. Se pueden incorporar más configuraciones al medidor directamente o a través del software de la aplicación del servidor/cliente del TPP de JDSU. A través del ordenador, TPP gestiona planes de canales y archivos de mediciones para un grupo de medidores DSAM. Las redes con antecedentes de múltiples propietarios y diversas estructuras de hardware no son un problema para el DSAM. Los supervisores pueden crear planes de canales múltiples para un grupo específico de medidores o un plan de canal para toda la red. Los planes de canales se pueden implementar con parámetros de plan bloqueados cuando sea necesario. Los planes específicos se seleccionan fácilmente desde el modo de configuración o, en muchos casos, directamente desde el modo de medición. Después de seleccionar un plan activo, los técnicos pueden verificar la parte superior de la pantalla de medición para confirmar si es el plan correcto. El nombre del plan de canales se incluye en los archivos de mediciones guardados de referencia. Al usar el plan de canales para configurar una prueba automática, se pueden ejecutar múltiples pruebas rápidamente con solo pulsar dos botones.

## SmartScan™

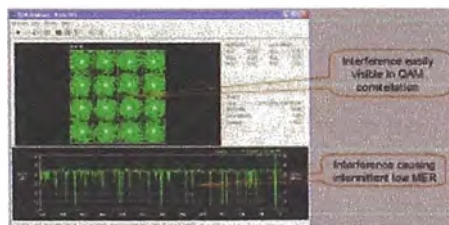
Identificar problemas de respuesta de frecuencia y RF en la derivación generalmente puede ser difícil para los técnicos de servicio o ejecución debido a las grandes diferencias en la pendiente aceptable y los niveles de potencia de diseños distintos. SmartScan ayuda a los técnicos a encontrar problemas en la derivación y les brinda una vista normalizada simple que identifica problemas de pendiente y de máximo/mínimo. La tecnología de SmartScan (patente pendiente) proporciona una vista gráfica simple que ayuda a eliminar la interpretación del técnico y resalta los problemas de respuesta de RF mediante el cálculo automático y la compensación de la pendiente y distintos tipos de canales. Se incorporan nuevos límites de pendiente y máximo/mínimo de SmartScan además de los límites de nivel de potencia existentes a fin de ayudar a los técnicos a identificar y transferir a una instancia superior los problemas de derivación o caída. SmartScan es actualmente una función de prueba que será opcional y posiblemente no esté disponible en todos los modelos.



VoIPCheck es una prueba de verificación de calidad de voz que se ejecuta en la conexión DOCSIS del cable módem del DSAM. Permite la segmentación entre problemas de IP y HFC, y muestra de qué lado están presentes las fallas de datos de CMTS.



Los accesos directos del DSAM se pueden configurar según las preferencias personales para que los técnicos accedan a las funciones que más usan.



PathTrak con RPM-3000 se puede utilizar junto con el DSAM para mejorar el estado de la portadora ascendente.

## Opción VoIPCheck

Con VoIPCheck, el DSAM puede evaluar los servicios de VoIP independientemente de la especificación de VoIP utilizada. VoIPCheck permite la segmentación entre problemas de RF y de IP, lo cual ayuda a eliminar la acusación organizativa. En la pantalla se visualizan las estadísticas de paquetes, incluso la pérdida de paquetes, la fluctuación y el retraso, así como también los resultados de calidad de llamada, como el puntaje medio de opinión (MOS) y el valor R. Con su capacidad de análisis de resultados en profundidad, el DSAM puede determinar la fuente de los problemas de calidad de llamada y agilizar el proceso de solución de problemas.

## Mantenimiento y prueba de la directa y de retorno

Una planta de cable es una ruta bidireccional de información que permite la comunicación entre equipos. Como enlace vital entre el CPE y el CMTS, la ruta de retorno debe estar alineada y sin ruido de ingreso ni otros ruidos. Con más servicios digitales en la directa, es más importante limitar el ruido de ingreso y otros ruidos porque sus efectos pueden pasar desapercibidos hasta que el servicio se degrade en gran medida. El DSAM-6000 tiene la opción de incluir la tecnología Stealth Sweep exclusiva de JDSU para probar y conservar tanto la directa descendente como la ruta de retorno ascendente. Esta tecnología se introdujo primero en el mercado con los famosos medidores 3ST/3SR y SDA. Ahora, el DSAM incluye la misma tecnología patentada (patentes n.º 5585842, 5867206, 6160991, 6278485 y 6961370). Su capacidad de realizar un barrido, mediciones de calidad y nivel de señal, pruebas de ruido de ingreso y otros ruidos, así como verificar las señales de la directa y evaluar el nivel de ruido de ingreso y otros ruidos, proporcionan un enfoque óptimo para mantener la ruta de envío y de retorno.

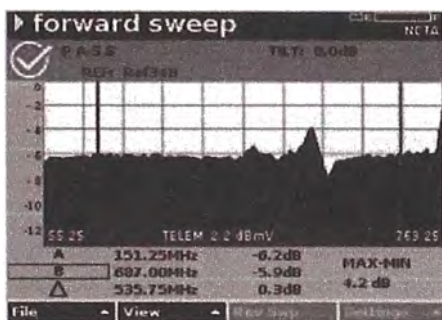


# Aplicaciones

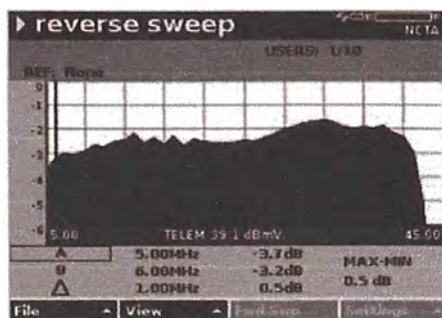
Consulte la Matriz de funciones del DSAM en la página 5 para la inclusión de funciones en modelos específicos.

## Modo Sweepless Sweep®

El modo Sweepless Sweep de JDSU ofrece una solución económica para que los técnicos de servicio controlen la alineación de la directa e identifiquen los problemas de respuesta de frecuencia. Este modo explora todo el espectro de envío y muestra todos los niveles de todas las frecuencias (según la configuración del medidor). Los técnicos pueden ajustar la recepción del amplificador del nodo con esta exploración y, luego, normalizar la pantalla para guardar como referencia. La pantalla que aparece es un seguimiento del nivel cero fijo. Mover el punto de medición a la salida del amplificador de RF muestra cualquier cambio por causa del amplificador, como una desviación (delta) de la pantalla de referencia. La misma referencia se utiliza cuando los técnicos se desplazan hacia abajo por la cascada, lo cual brinda una herramienta simple para alinear amplificadores exitosos y compensar los efectos de cada segmento de cable. Se debe considerar la opción de barrido de envío para aislar los efectos de cambios de la cabecera en niveles y brindar un barrido de referencia continuo y más preciso. Sweepless Sweep también es útil para alinear secciones del espectro donde no existen portadoras activas para hacer referencia o insertar.



El barrido de envío en el DSAM-6000 usa un método de referencia único para revelar con precisión problemas en el sistema sin interferir con las portadoras digitales o analógicas.



El barrido de envío en el DSAM-6300 utiliza un método de referencia único para revelar con precisión problemas en el sistema sin interferir con las portadoras digitales o analógicas.

## Opción de barrido de envío

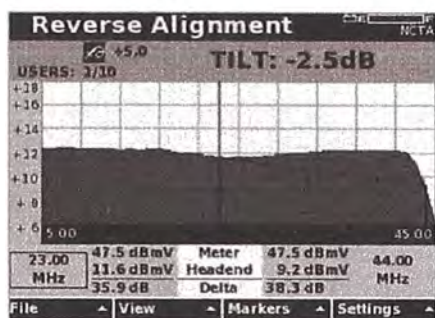
Durante un barrido de envío, se hace referencia continuamente a portadoras de vídeo existentes (analógicas, digitales o codificadas) en la fuente del sitio del concentrador o la cabecera, lo cual elimina toda posibilidad de interferencia en los servicios del suscriptor.

El DSAM-6300 ofrece capacidades de barrido de envío rápido, especialmente en sistemas con numerosos canales digitales. Al hacer referencia a los tipos de señal QAM activa en la cabecera con el SDA-5500, la unidad de campo DSAM-6300 elimina las preocupaciones sobre la interferencia del suscriptor y evita que las portadoras de barrido se inserten en la portadora. Al hacer referencia a portadoras activas, en lugar de transmitir señales de barrido a portadoras activas, el DSAM-6000 realiza el barrido sin degradar la calidad del servicio. El barrido de referencia continua proporciona una medición más precisa y estable, lo cual minimiza los efectos de las desviaciones de nivel de la cabecera.

Cuando existen portadoras ausentes, el transceptor de la cabecera SDA-5500 introduce un punto de barrido para completar las frecuencias del espectro vacías. Esto es extremadamente útil para las extensiones de planta y construcción de hasta 1 GHz.

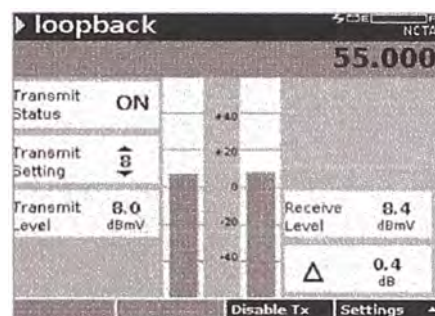
## Opción de barrido de retorno

La ruta de retorno puede ser problemática para las comunicaciones bidireccionales. Se debe atender de igual o mayor manera que la directa y las fallas se deben solucionar oportunamente. Uno de los mejores procedimientos para conservar una ruta de retorno limpia es con un plan de mantenimiento de barrido de retorno activo. El DSAM-6300 tiene un transmisor de barrido de retorno incorporado y elimina la necesidad de portadoras generadas externamente. Un barrido de retorno puede revelar problemas de desajustes, como ondas estacionarias o reducción del filtro diplex, que pueden dañar gravemente la calidad de los servicios en la banda de retorno.



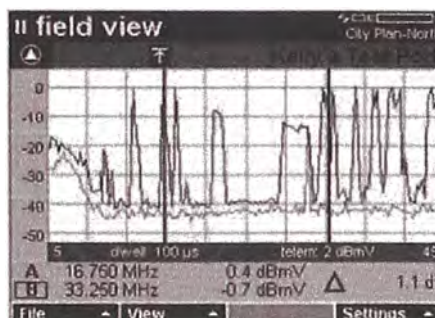
## Alineación de retorno

La alineación de retorno proporciona a los técnicos de mantenimiento y barrido una solución unipersonal simple para ver los niveles recibidos reales en el SDA-5500 o el SDA-5510. Esta funcionalidad es útil para validar la ganancia o la alineación de retorno del nodo de fibra óptica, así como también determinar la pérdida general del sistema.



## Bucle de retorno

El bucle de retorno proporciona a los técnicos un sistema de bucle cerrado rápido que transmite una señal del puerto de transmisión, y recibe y mide el nivel en el puerto de entrada. Los técnicos pueden utilizar esta función para verificar y establecer de manera predeterminada la ganancia en el amplificador de retorno o validar la pérdida o el rendimiento de un dispositivo pasivo.



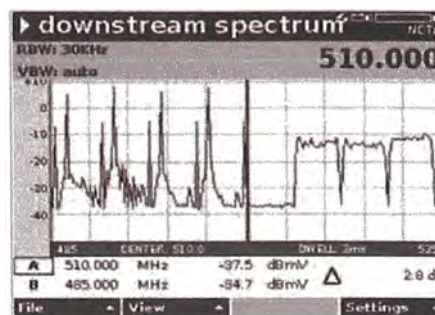
## Equipo de barrido de cabecera

Con el DSAM-6000, una sola persona puede realizar la alineación de la ruta de retorno (ascendente) y de envío (descendente) simultáneamente. Para la prueba de retorno con más de un técnico de campo, el Administrador de barrido de retorno de cabecera modelo SDA-5510 montado en bastidor puede realizar barridos de retorno en el mismo grupo de nodos para hasta 10 técnicos diferentes. El transceptor SDA-5500 utilizado junto con el receptor SDA-5510 proporciona una solución completa de alineación de barrido de retorno y de envío. El SDA-5510 también puede usarse de manera independiente en los sitios remotos del concentrador para aplicaciones de alineación de retorno especializadas.

La función opcional de FieldView mejora en gran medida la tasa de éxito y la eficacia en la determinación del ruido de ingreso en la ruta de retorno. Los técnicos de campo pueden ver el espectro de retorno como lo recibe el sistema de supervisión de la ruta de retorno PathTrak de JDSU y pueden comparar las vistas del espectro remoto y del espectro local en el medidor del técnico.

## Opción FieldView™

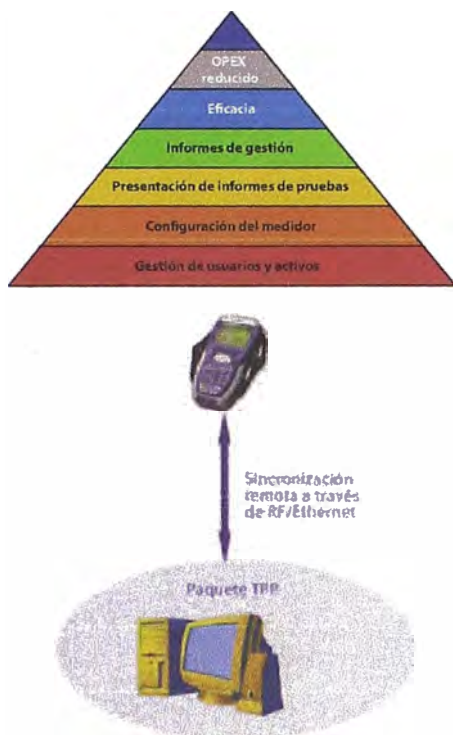
FieldView proporciona la comunicación entre los sistemas de monitorización del canal de retorno PathTrak de JDSU y los medidores de campo como el DSAM. El HSM-1000 de JDSU envía mediciones del espectro de retorno de PathTrak al medidor de campo, y los resultados se muestran en la pantalla del DSAM. Comparar mediciones del espectro local con aquellas del PathTrack ayuda a los técnicos de campo a resolver rápidamente los problemas de ruido de ingreso en la ruta de retorno (patente n.º 6425132).



## Espectro descendente mejorado

Los técnicos deben poder ver el comportamiento de la red y resolver problemas, independientemente de si el canal ha cambiado, tiene portadoras faltantes o experimenta problemas de respuesta de frecuencia en el canal. Debido a que la mayoría de los técnicos no necesitan un analizador de espectro caro y con todas las funciones, el DSAM, con su espectro descendente mejorado, les proporciona un analizador de espectro para todos los días. Permite a los usuarios elegir entre dos parámetros de resolución de ancho de banda (RBW), 330 kHz o 30 kHz, y modificar la cantidad de tiempo que se utiliza para medir cada paso de frecuencia o el tiempo de permanencia del analizador, entre 1 y 25 milisegundos. También permite a los usuarios ver 4 MHz a 1 GHz, en pasos de 10 ó 50 MHz, sin cambiar los modos de prueba. Además, si ven las frecuencias de la ruta de retorno, los técnicos pueden activar el filtro de paso bajo interno para eliminar el ruido causado por las frecuencias altas, lo cual proporciona una vista más clara del canal ascendente.

Utilice el espectro descendente para buscar rápidamente canales digitales, de audio o video faltantes. Controle visualmente las fallas evidentes en el canal descendente o ajuste la frecuencia del centro, la resolución de ancho de banda y el tiempo de permanencia para detectar ruido de ingreso que se filtra nuevamente en la red.



El software del Paquete TPP promueve y proporciona pruebas sistemáticas, informes flexibles, administración de activos y mayor eficiencia.

### TPP de TechComplete™

El software del TPP de TechComplete contiene las herramientas esenciales que se necesitan para procesar de manera eficaz informes de problemas y gestionar el personal y el inventario del medidor de prueba. Una base de datos central guarda los datos de prueba consolidados, los planes de límites y los planes de canales para garantizar el acceso a los datos correctos y la realización de pruebas correctas. La arquitectura de servidor cliente facilita a los técnicos de campo el acceso remoto, la revisión y el uso de los datos en el campo como referencia para la resolución de problemas. Incluso se pueden subir los resultados de barrido para revisarlos posteriormente y hacer un seguimiento del estado de la red. Se eliminan los obstáculos que garantizan la calidad del servicio, como acceder a los planes incorrectos de límites y de canales, lo cual reduce de manera significativa la cantidad de devolución de llamadas y de visitas innecesarias del servicio técnico. Además, los medidores se pueden sincronizar en cualquier momento mientras se encuentran conectados a la planta RF o a una conexión activa de Ethernet.

TechComplete también ayuda a los directores a comunicarse con su personal de campo. Los resultados de prueba se pueden revisar de inmediato y los técnicos experimentados de la estación central pueden capacitar de manera remota al personal de campo con menos experiencia, lo cual permite un uso más efectivo del tiempo y de los recursos.

### Paquetes de servicio de JDSU

A fin de garantizar los niveles más altos de soporte para los compradores de DSAM, JDSU ofrece paquetes de servicios diseñados para proporcionar la base para maximizar las funciones y el uso de los equipos de DSAM. Los paquetes incluyen lo siguiente:

- Garantía ampliada hasta 5 años
- Calibración anual y totalmente rastreable para cumplir con los estándares del NIST
- ValuePaks de servicio que combinan la calibración y la garantía ampliada en un paquete económico cuando van acompañados de la compra inicial de productos



#### Ventas regionales de medidas y pruebas

<b>AMÉRICA DEL NORTE</b> TOLL FREE: 1 866 228 3762 FAX: +1 301 353 9216	<b>AMÉRICA LATIN</b> TEL: +1 954 688 5660 FAX: +1 954 345 4668	<b>ASIA PACÍFICO</b> TEL: +852 2892 0990 FAX: +852 2892 0770	<b>EUROPA, MEDIO ORIENTE, ÁFRICA</b> TEL: +49 7121 86 2222 FAX: +49 7121 86 1222	<b>www.jdsu.com/test</b>
---	--	--	--	--------------------------



**ANEXO D**  
**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE LA RED - (ATP)**

# REPORTE DE PRUEBAS FCC

## RED DE SERVICIO DE BANDA ANCHA

NODO : AQBR020  
HUB : AREQUIPA  
FECHA : 22-dic-10

REALIZADA POR : CIRO MEDINA  
CONTRATISTA : CICSA PERU

		SG4000		AQBR020-01		AQBR020-02		AQBR020-01 (8X13)		AQBR020-02 (4X20)	
PRUEBAS FCC		Punto 1 (RO)		Punto 2 (Amplificador)		Punto 3 (Amplificador)		Punto 4 (Tap primero)		Punto 5 (Tap último)	
	Dirección	CUARTO TECNICO SOTANO 3		CUARTO TECNICO 1ER PISO		CUARTO TECNICO 2DO PISO		PLATANITOS		SCOMBRO	
MER> o igual a 36dB QAM256 típico en ch de 6MHz (31dB min)	Canal	87	37.9	87	37.6	87	37	87	39.8	87	36.9
		100	37.7	100	37.7	100	36.9	100	37.6	100	37.1
		107	37.6	107	37.7	107	37.2	107	37.7	107	37.3
		113	38.0	113	38	113	37.9	113	37.8	113	37.9
		133	37.8	133	37.8	133	37.8	133	37.6	133	37.6
SNR> o igual 30dB QAM64 (27dB min)	Upstream (medido en el CMTS)	35.3		35.4		35.2		35.4		35.3	
SNR>33dB QAM256 (30dB min)	Downstream (medido en el cablemodem)	39.0		38.9		39.2		38.8		38.8	
Pre-FEC BER > 1x10E-6 valor Típico	Canal	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9
		100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9
		107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9
		113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9
		133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9
Post-FEC BER > 1x10E-6 Valor Típico	Canal	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9	87	1X10-9
		100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9	100	1X10-9
		107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9	107	1X10-9
		113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9	113	1X10-9
		133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9	133	1X10-9
CANALES ANALOGOS											
C/N (CARRIER TO NOISE) C/N> o igual a 50 dBmV (48 dBmV min)	Canal	2	48.5	2	48.2	2	48.1	2	50.8	2	50.9
		23	48.6	23	48.3	23	48.3	23	50.2	23	50.3
		45	48.7	45	48.3	45	48.3	45	50.0	45	50.1
		70	50.1	70	50.3	70	50.2	70	50.4	70	50.5
		137	49.3	137	52.0	137	51.9	137	52.0	137	52.2

	Ejecutado	No ejecutado
Prueba barridos de Forward	✓	
Prueba barridos de Retorno	✓	
Prueba de Fuga de señal	✓	

OBSERVACIONES: La información correspondiente a las pruebas de barridos de forward, retorno y fuga de señal se adjuntarán los registros al ATP para la recepción de nodos por parte de TELMEX TV.

MOTOROLA

TELMEX

CICSA

**Registro de Niveles de Construcción:**  
PRUEBAS DE FORWARD Y RETORNO

**Nodo Optico**

HUB AREQUIPA  
Nodo AQBR020  
Dirección MININODO CUARTO TECNICO SOTANO - 3  
Equipo NODO OPTICO SG4000  
Responsable CICSA

Voltaje AC 87.6 Voltaje DC 24.5  
Distrito J.L.BUSTAMANTE Y RIVERO  
Fecha 22/12/2010

Accesorios				Niveles											
Forward				Forward											
		Atenuadores		Entrada		PRIMARIA		SECUNDARIA		PRIMARIA		SECUNDARIA			
	PRI		SEC			Óptica	DC	Óptica	DC						
Entrada Óptica							1.0								
Receptor	7			Receptor		CH 87	CH 133	CH 87	CH 133	CH 2	CH 137	CH 2	CH 137		
Salida 1	0			Salida 1		35.1	36.2			33.5	43.5				
Salida 2	0			Salida 2		43.8	45.9			39.4	51.5				
Salida 3	0			Salida 3		43.5	45.6			39.1	51.0				
Salida 4	0			Salida 4		43.7	45.9			39.0	51.1				
						43.8	45.8			39.0	51.1				
Retorno				Retorno				PRI				SEC			
		Atenuador				Docsis				40				dB	
Puerta Reversa	3														
TELEMETRIA	FW(1)	26.1	RT(1)	0.9											
Observaciones															

Detalles Nros de Serie	
Nodo	A10KR03031911140
Transponder	00-10-3F-08-41-58
Modulos	
Primario	H10KR01013008142
Secundario	A10KR02011605413
Fuentes	
1	D10KR04001200861
2	A10KR04001601352
3	D10KR04001200852
Observaciones	
SE CAMBIO HILOS DE FIBRA AZUL - VERDE (NARANJA - MARRON)	

Color de Fibras	
Primarias	Forward AZUL ✓ Retorno NARANJA ✓
Secundarias (Redundancia)	Forward PLOMO ✓ Retorno BLANCO ✓
Reserva Primarias	Forward VERDE ✓ Retorno MARRON ✓
Reserva Secundarias	Forward ROJO Retorno NEGRO
Observaciones	

Fecha \_\_\_\_\_

<b>RED HFC CLARO</b> <b>Formulario Fuentes de Poder</b> <b>Registro de Fuente de Poder:</b>			
Nodo	AQBR020	Distrito	J.L.BUSTAMANTE Y RIVERO
Fecha	22/12/2010		
Empresa	CICSA PERU		
Técnico	TEC. ERICK ALMEIDA		
Dirección	ZOTANO - 3 CUARTO TECNICO	Nº de suministro	-
Nº de poste	S/C	N/S de Fuente	1026F0400217
Registro de Ubicación	ZOTANO - 3 CUARTO TECNICO	N/S de Transponder	01357938
Tipo de Instalación	FIJA	RF MAC	00030814B872
Modelo	XM2 ALPHA	CPE MAC	0090EAA1EDC7
Revisión en Campo del Gabinete			
Tierra	-	Observaciones _____	
Toma de energía 220VAC	OK		
Fijación de gabinete	OK		
Candado	OK		
Transponder batería A			
ALPHA GUARD	A020903F10A1211		
Mediciones de Batería			
<b>Medicion</b>	<b>Con carga</b>	<b>Sin carga</b>	<b>Medicion</b>
Batería 1	12.6	13.7	Voltaje de entrada
Batería 2	12.7	13.7	Voltaje de salida
Batería 3	12.7	13.7	Corriente de entrada
			Corriente de salida
			Observación: _____
Pruebas			
Módulo Alpha XM2	OK	Observaciones _____	
Breaker AC	OK		
Baterías	OK		
Transferencia	OK		
Voltaje de Flotación	OK		
Voltaje de ecualización	OK		
Standby	OK		
Medición de tierra	-		
			FECHA _____



**Registro de Niveles de Construcción:**  
**PRUEBAS DE FORWARD Y RETORNO**

**Equipo Amplificador**

HUB AREQUIPA  
Nodo AQBR020  
Dirección CUARTO TECNICO 1ER PISO-1  
Tipo de Equipo BT3 MB BLE  
Código Equipo AQBR020-01  
Responsables CIRO MEDINA

Voltaje AC 64.0 Voltaje DC 24.8  
Distrito J.L. BUSTAMANTE Y RIVERO  
Serie Equipo F10KR08020902740  
Fecha 22/12/2010

**Accesorios**

**Forward**

	Atenuador	Ecuilizador	Simulador
Entrada	13		2
Interetapa	3		
Salida 1	0		
Salida 2	0		
Salida 3	0		
Salida 4	0		
ADU	6		
PRUEBA ADU			

**Retorno**

	Atenuador	Ecuilizador
Puerta Reversa	6 + 11	2

TELEMETRIA FW(1) 26.9 RT(1) 0.8  
Observaciones \_\_\_\_\_

**Niveles**

**Forward**

	CH 87	CH 133	CH 2	CH 137
Entrada	33.4	34.4	27.0	29.9
Salida 1	44.2	46.4	39.4	51.2
Salida 2	44.5	46.5	39.5	51.0
Salida 3	44.8	46.5	39.5	51.4
Salida 4	44.3	46.6	39.6	51.8

**Retorno**

	Docsis
	40.3 dB

HUB AREQUIPA  
Nodo AQBR020  
Dirección CUARTO TECNICO 1ER PISO-2  
Tipo de Equipo BT3 MB BLE  
Código Equipo AQPP03002  
Responsables CIRO MEDINA

Voltaje AC 85 Voltaje DC 24.9  
Distrito J.L. BUSTAMANTE Y RIVERO  
Serie Equipo E10 KR0802210 3K06  
Fecha 22/12/2010

**Accesorios**

**Forward**

	Atenuador	Ecuilizador	Simulador
Entrada	22	0	
Interetapa	3		
Salida 1	2		
Salida 2	1		
Salida 3	2		
Salida 4	2		
ADU	7		
PRUEBA ADU			

**Retorno**

	Atenuador	Ecuilizador
Puerta Reversa	11 + 4	6

TELEMETRIA FW(1) 26.7 RT(1) 0.6  
Observaciones \_\_\_\_\_

**Niveles**

**Forward**

	CH 87	CH 133	CH 2	CH 137
Entrada	31	30.1	36.0	35.2
Salida 1	44.6	46.0	39.4	51.4
Salida 2	44.6	45.4	39.3	51.3
Salida 3	44.6	46.8	39.4	52.0
Salida 4	44.4	46.4	39.3	50.9

**Retorno**

	Docsis
	40 dB

Fecha \_\_\_\_\_

**Registro de Niveles de Construcción:**
**Equipo TAP**
**PRUEBAS DE CABLE MODEM EN TAP FINAL, CABLE RG-06 LONGITUD 10 A 15 METROS**

HUB AREQUIPA Nodo AQBR020 Fecha 22/12/2010  
 Responsables CIRO MEDINA Distrito J.L. BUSTAMANTE Y RIVERO

Dirección HUSH PUPPIES  
 Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 8 X 20 SIM6

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
19.0	23.2

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	14.5 dBmV		42.5 dBmV

MER	POS BER
39.9 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 18.0 RT(1) -5.5

Dirección BUGGI  
 Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 8 x 17

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
17.5	19.2

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	15.0 dBmV		42.0 dBmV

MER	POS BER
40.0 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.3 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 19.9 RT(1) -2.5

Dirección MI FARMA  
 Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 4 x 10 SIM3

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
21.2	26.2

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	16.5 dBmV		41.5 dBmV

MER	POS BER
39.9 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 19.9 RT(1) -2.1

Dirección ESSENTIAL  
 Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 8 x 20

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
19.0	24.0

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	17.0 dBmV		41.0 dBmV

MER	POS BER
39.8 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 20.6 RT(1) -1.5

Fecha \_\_\_\_\_

**Registro de Niveles de Construcción:**
**Equipo TAP**
**PRUEBAS DE CABLE MODEM EN TAP FINAL, CABLE RG-06 LONGITUD 10 A 15 METROS**

HUB AREQUIPA Nodo AQBR020 Fecha 22/12/2010  
 Responsables CIRO MEDINA Distrito J.L BUSTAMANTE Y RIVERO

Dirección SCOMBRO  
 Equipo que lo alimenta BTD BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 4 x 20

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
15.0	22.8

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	14.0 dBmV		44.5 dBmV

MER	POS BER
39.7 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
38.8 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 17.2 RT(1) -5

Dirección DO IT  
 Equipo que lo alimenta BTD BT3 MB BLE SG4 Nro 1 Tipo Tap 8x 20

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	
15.0	22.7

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	14.8 dBmV		45 dBmV

MER	POS BER
39.7 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
38.9 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 17.2 RT(1) -5.5

Dirección \_\_\_\_\_  
 Equipo que lo alimenta BTD BT3 MB BLE SG4 Nro \_\_\_\_\_ Tipo Tap \_\_\_\_\_

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)

MER	POS BER
	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) \_\_\_\_\_ RT(1) \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_  
 Equipo que lo alimenta BTD BT3 MB BLE SG4 Nro \_\_\_\_\_ Tipo Tap \_\_\_\_\_

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)	

Ch 02	50 MHz
Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)

MER	POS BER
	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) \_\_\_\_\_ RT(1) \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_



**Registro de Niveles de Construcción:**
**Equipo TAP**
**PRUEBAS DE CABLE MODEM EN TAP FINAL, CABLE RG-06 LONGITUD 10 A 15 METROS**

HUB AREQUIPA Nodo AQBR020 Fecha 22/12/2010  
 Responsables CIRO MEDINA Distrito J.L.BUSTAMANTE Y RIVERO

Dirección CUARTO TECNICO 02 - BABY CLUB

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 14

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
16.7	17.2	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	14.5 dBmV		42.8 dBmV

MER	POS BER
40.0 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 18.2 RT(1) -3.4

Dirección CORREDOR DE RESTAURANT

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 10 ECU6

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
16.9	17.9	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	15.3 dBmV		42.5 dBmV

MER	POS BER
39.9 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 19.4 RT(1) -3

Dirección ADIDAS

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 20

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
16.9	19.3	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	15.0 dBmV		42.6 dBmV

MER	POS BER
39.8 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.0 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 19.1 RT(1) -3.0

Dirección SUNGLASSES Y WATCHES

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 14

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
17.2	20.4	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)
	16.4 dBmV		42.6 dBmV

MER	POS BER
40.0 dB	1X10-9
SNR Downstream	PRE BER
39.2 dB	1X10-9

TELEMETRIA FW(1) 20.7 RT(1) -3

Fecha \_\_\_\_\_



**Registro de Niveles de Construcción:**
**Equipo TAP**
**PRUEBAS DE CABLE MODEM EN TAP FINAL, CABLE RG-06 LONGITUD 10 A 15 METROS**

HUB AREQUIPA Nodo AQBR020 Fecha 22/12/2010  
 Responsables CIRO MEDINA Distrito J.L BUSTAMANTE Y RIVERO

Dirección LAPIZ - LOPEZ

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 20 SIM6

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
17.1	20.2	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)	MER	POS BER
	15.5 dBmV		43.0 dBmV	39.4 dB	1X10-9
TELEMETRIA				SNR Downstream	PRE BER
FW(1) 18.4 RT(1) -3.5				38.8 dB	1X10-9

Dirección PARQUE JURASSICO

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 4 x 15 SIM6

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
15.0	20.6	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)	MER	POS BER
	14.5 dBmV		44.8 dBmV	39.6 dB	1X10-9
TELEMETRIA				SNR Downstream	PRE BER
FW(1) 18.5 RT(1) -5.4				38.9 dB	1X10-9

Dirección YOU TOO

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 8 x 20

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
14.0	15.0	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)	MER	POS BER
	15.5 dBmV		42.5 dBmV	39.8 dB	1X10-9
TELEMETRIA				SNR Downstream	PRE BER
FW(1) 19.3 RT(1) -3				39 dB	1X10-9

Dirección VIVALDI

Equipo que lo alimenta BT0 BT3 MB BLE SG4 Nro 2 Tipo Tap 4 x 17

**Mediciones Forward**

RF (Ch 2/137)		Ch 02	50 MHz
13.1	14.8	Ch 137	870 MHz

**Mediciones Retorno Cable Modem**

Descendente	NIVEL (Campo)	Ascendente	NIVEL (Campo)	MER	POS BER
	14.0 dBmV		45.3 dBmV	39.6 dB	1X10-9
TELEMETRIA				SNR Downstream	PRE BER
FW(1) 17.5 RT(1) -6.3				39.0 dB	1X10-9

Fecha \_\_\_\_\_

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Telmex Perú, "Manual de Procedimiento de Construcción HFC", Perú, 2008.
- [2] Nelson Gustavo Monteros Montenegro, "Diseño de un sistema para la prestación de Triple Play basado en Protocolo Internet para el concesionario de audio y video por suscripción Cayambe Visión", Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2009.
- [3] Pablo Izaguirre Zúñiga, "Estudio de las distorsiones en la señal sobre redes HFC", Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2010.
- [4] Luis Gabriel Sienra, "DOCSIS: El conjunto de estándares de cable módem de Cable Labs.", México, 2001.
- [5] Julio César Enríquez Betancourt, "Evaluación de la Tecnología de Modem de Cable (DOCSIS) y Comparación con la Tecnología xDSL", Universidad Central de Venezuela – Venezuela, 2004.
- [6] Motorola, "Introducción a las redes de banda ancha HFC", Estados Unidos, 2007.
- [7] Motorola, "Introduction to HFC Design Basics", Estados Unidos, 2003.
- [8] Motorola, "Presentación Operación y Alineamiento de FWD y RTN de Equipos de Red HFC", Estados Unidos, 2008.
- [9] <http://cablelabs.org/wp-content/uploads/specdocs/CM-SP-MULPIv3.1-I01-131029.pdf>. Documento de la última versión de DOCSIS.
- [10] <http://marga.com.ar/~marga/6677/tp3/tp3-ofdm>. Documento sobre las modulaciones OFDM y Espectro Ensanchado.
- [11] <http://www.nanog.org/sites/default/files/wed.general.sundaresan.docsis.35.pdf>. Presentación acerca de DOCSIS 3.1 y su impacto en el mundo de las telecomunicaciones.
- [12] <http://www.slideshare.net/guest754d6ab/redes-hibridas-de-fibra-ptica-y-cable-coaxial>. Presentación referente a redes HFC, sus componentes y topologías existentes.
- [13] [http://www.jdsu.com/ProductLiterature/30168118\\_dsamfam\\_br\\_cab\\_tm\\_sp.pdf](http://www.jdsu.com/ProductLiterature/30168118_dsamfam_br_cab_tm_sp.pdf). Hoja técnica del equipo Medidor de Análisis de Servicios Digitales (DSAM) marca JDSU modelo 6000.