



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS,  
PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES**

**José Alfredo Guerra y Guerra**  
Asesorado por el Ing. Luis Enrique García Ocaña

Guatemala, noviembre de 2008



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS,  
PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESETADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR:**

**JOSÉ ALFREDO GUERRA Y GUERRA**

**ASESORADO POR EL ING. LUIS ENRIQUE GARCIA OCAÑA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
Vocal III	Ing. Miguel Angel Dàvila Calderòn
Vocal IV	Br. José Milton De León Bran
Vocal V	Br. Isaac Sultàn Mejìa
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivònne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivònne Véliz Vargas



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS, PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 4 de julio de 2008, ref. EIME 143.2008.

**José Alfredo Guerra y Guerra**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS:** Por acompañarme en todo momento, por darme la vida y por permitir alcanzar este triunfo.
- MIS PADRES:** Juan Alfredo Guerra Cifuentes y Alcira Noemí Guerra Coronado, por darme la ayuda y el impulso para poder lograr esta meta.
- MIS HERMANAS:** Patricia Noemí, Ana Verónica y Vanesa, por su ejemplo de seguir adelante y su apoyo incondicional.
- MI ABUELITA:** Amanda Josefina Cifuentes Cantó, por todas sus enseñanzas y ejemplo de rectitud en todos los aspectos de la vida.
- MIS HIJOS:** Nidia Noemí y José Alfredo, por ser la inspiración para seguir adelante
- MIS TÍOS:** Julieta del Carmen Guerra, y Luis Alfonso Guerra, por estar conmigo en todo momento.

**LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA:**

Por ser la casa de estudios donde se forman  
los mejores profesionales de Guatemala

**LA FACULTAD DE INGENIERÍA:**

En especial a la Escuela de Mecánica  
Eléctrica, por permitir mi formación en sus  
ilustres aulas.

## **AGRADECIMIENTO A:**

### **MI ASESOR:**

Ing. Luis Enrique García Ocaña, por sus consejos y apoyo en la realización de este trabajo.

Guatemala 4 de noviembre de 2008

Ingeniero

Julio Cesar Solares Pénate

Coordinador Área Electrónica

Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente.

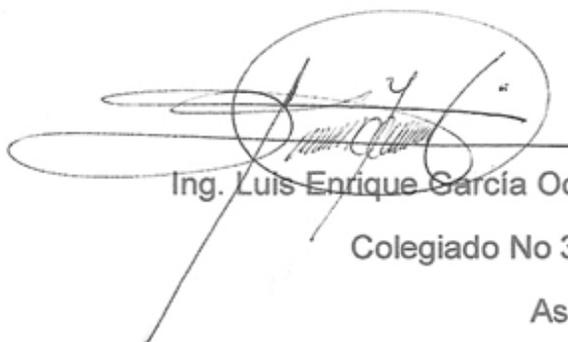
Señor Coordinador:

Por medio de la presente, le informo a usted, que como asesor del trabajo de graduación del estudiante **JOSE ALFREDO GUERRA Y GUERRA**, procedí a revisar el informe final cuyo título es: **"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS, PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES"**, el cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **"LO DOY POR APROBADO"** solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular me es grato subscribirme de usted.

Muy atentamente



Ing. Luis Enrique García Ocaña  
Colegiado No 3159  
Asesor





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

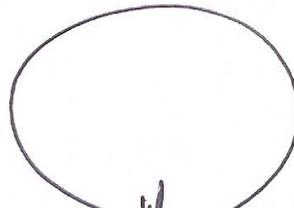


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 487.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HFC EN CENTROS URBANOS, PARA SISTEMAS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES**, presentado por el estudiante universitario José Alfredo Guerra y Guerra, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Glympto Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech



# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

## 1. FUNDAMENTOS SOBRE REDES HFC.

1.1 Composición de una red para TV por cable HFC	1
1.1.1 HUB	3
1.1.2 Nodo	3
1.1.3 Troncales	3
1.1.4 Fuentes de alimentación	3
1.1.5 Líneas de distribución	3
1.1.6 Headend (cabecera)	3
1.1.6.1 Componentes del headend	4
1.2 Redes de comunicaciones de banda ancha	6
1.2.1 Transmisión de enlace satelital de subida	7
1.2.2 Procesamiento de la señal	8
1.2.2.1 Conversión de señales satelitales a RF	8
1.2.2.2 Decodificador de señales analógicas	8
1.2.2.3 Modulador de RF	8
1.2.2.4 Antena periódica tipo <i>Log</i>	9
1.2.2.5 Antena periódica tipo <i>Yagi</i>	9
1.2.3 Distribución de señal	11

1.2.3.1	Señal directa del satélite	12
1.2.3.2	Sistema de distribución multipunto multicanal	12
1.2.3.3	Sistema de distribución local multipunto	13
1.2.3.4	Máster sistema de antena de satélite	14
1.3	Beneficios de utilizar redes de acceso convergentes o HFC	15
1.3.1	Ventajas para los usuarios y los proveedores	15
1.3.2	Requerimientos corporativos	15
1.4	Teoría Operacional	16
1.4.1	El Decibel	16
1.4.2	Ruido	17
1.4.2.1	Portadora de ruido	18
1.4.3	Distorsión	20
1.4.3.1	Pulsación triple compuesta	21
1.4.3.2	Distorsión de segundo orden	22
1.4.4	<i>Espectro de RF</i>	24
1.4.5	<i>Espectro de Rf de retorno</i>	25
1.4.6	Conversión análoga/digital	26
1.4.7	Comparación de las señales analógica y digital	28
1.4.7.1	Ventajas de la señal digital	28
1.4.7.2	Inconvenientes de la señal digital	29
1.4.8	Fundamentos de la compresión digital	30
1.5	Segmentos de red HFC	32
1.5.1	Transporte	32
1.5.2	Distribución	32
1.5.3	Acceso	32
1.6	El Cable Coaxial	33
1.6.1	Cálculo de la Impedancia del cable coaxial	35
1.7	Fibra Óptica	36
1.7.1	Ventajas y desventajas de la fibra óptica	37

1.7.1.1	Ventajas	37
1.7.1.2	Desventajas	37
1.7.3	Tipos de Fibras ópticas	38
1.7.3.1	Fibra multimodo	38
1.7.3.2	Fibra monomodo	39
1.7.4	Pérdidas en fibra óptica	40
1.7.5	Guía de ubicación de fibras ópticas	42
1.7.6	Empalmes en fibras ópticas	43
1.7.6.1	Empalme por fusión	43
1.7.6.2	Empalme mecánico	44
1.7.7	Conectorización de fibra óptica	44
1.7.7.1	Conector SPC	45
1.7.7.2	Conector APC	46
1.8	Transmisión óptica en redes HFC	46
1.8.1	Nodos ópticos	47
1.9	Amplificadores de Rf	48
1.9.1	Control automático de ganancia	49
1.9.2	Tipos de amplificadores de RF	50
1.9.3	Conceptos básicos componentes en amplificadores	50
1.9.3.1	Splitter	50
1.9.3.2	Copla direccional	51
1.9.3.3	Pad	51
1.9.3.4	Ecualizadores	51
1.9.3.5	Diplexores	51
1.9.3.6	Test Point	51
1.9.3.7	Housing	52
1.9.3.8	Seizures	52
1.9.3.8.1	Capacidad de Seizures	52

## **2. ARQUITECTURA O DISEÑO DE REDES HFC.**

2.1	Levantamiento catastral previo al diseño_____	53
2.1.1	Requerimiento en los planos_____	53
2.2	Arquitecturas de red _____	55
2.2.1	Árbol y ramas ( <i>Tree and Branch</i> )_____	55
2.2.2	<i>Fiber Backbone</i> _____	56
2.2.3	Arquitectura HFC híbrido fibra-coaxial_____	56
2.2.3.1	Diseño convencional HFC_____	57
2.2.3.2	<i>Blaster o Aenabac</i> _____	58
2.3	Comparación de diseños_____	61
2.3.1	<i>Blaster contra Fiber to Feeder</i> _____	61
2.4	Cálculos de Diseño_____	62
2.4.1	Diseño de Forward_____	62
2.4.2	Diseño de Retorno_____	63
2.5	Arquitecturas de Transporte_____	64
2.5.1	CMTS ( <i>cable modem termination system</i> )_____	67
2.5.2	Patch panel óptico_____	69
2.5.3	Interconexión regional_____	69

## **3. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE REDES HFC.**

3.1	Construcción aérea_____	71
3.1.1	Montaje de postes_____	71
3.1.2	Montaje de herrajes_____	73
3.1.3	Cableado y tensado del cable_____	76
3.1.3.1	Tensión del cableado_____	77
3.1.3.2	Loops del cable_____	79
3.1.3.3	Colocación de retenidas_____	80
3.2	Aterrizaje de equipo_____	82

3.2.1	Consideraciones para la instalación de varillas de cobre en sistema de tierra.	82
3.2.2	Sistemas de tierra utilizando electrodos MASSATIERRA.	85
3.3	Conectorización	88
3.3.1	Conectores	88
3.3.2	Conectorización de accesorios	90
3.4	Manejo del cable coaxial	92
3.4.1	Curvatura del cable	93
3.5	Construcción subterránea	93
3.5.1	Canalización primaria	93
3.5.2	Canalización secundaria	94
3.5.3	Tipos de montaje de cajas	95
3.5.3.1	Cajas de acceso a abonados	95
3.5.3.2	Cajas para equipo troncal	96
3.5.4	Cableado en ductos	96
3.5.5	Montaje de accesorios en pozo	98
3.6	Acometidas para fuentes	99
3.6.1	Fuentes aéreas	99
3.6.2	Fuentes subterráneas	101

#### **4. CALIBRACIÓN Y ACTIVACIÓN DE REDES HFC.**

4.1	Operación de los amplificadores	103
4.1.1	El pad	103
4.1.2	El ecualizador	103
4.1.3	El amplificador	103
4.1.4	Pendiente de un amplificador	104
4.1.5	Ruta de avanzada interna del amplificador	105

4.1.6	Control automático de ganancia _____	105
4.1.6.1	Concepto de ganancia unitaria _____	106
4.2	Sweep o barridos _____	107
4.2.1	Por que se hace un <i>Sweep</i> _____	107
4.2.2	Como se hace un <i>Sweep</i> _____	108
4.2.3	Interpretación de resultados _____	108
4.2.4	Causas de problemas en el <i>Sweep</i> _____	109
4.3	Calibración de troncales _____	109
4.3.1	Calibración de <i>fordward</i> _____	109
4.3.1.1	Energizar los troncales ( <i>Warm up</i> ) _____	109
4.3.2	Verificación de niveles de entrada _____	110
4.3.3	Calibración de niveles de salida _____	112
4.3.4	Habilitación de salidas auxiliares. _____	112
4.3.5	Calibración de retorno _____	112
4.3.6	Cierre correcto del housing _____	113
4.4	Método de Round Robin para calibración _____	114
4.5	Inyección del nodo o receptor óptico _____	116
4.5.1	RTN (Retorno) _____	117
4.5.2	FWD ( <i>Forward</i> ) _____	117
4.6	Niveles a ser considerados en planta externa _____	119
4.7	Fuentes de Alimentación CATV _____	120
4.7.1	Partes de una fuente típica _____	120
4.7.1.1	Housing _____	121
4.7.1.2	Módulo transformador _____	121
4.7.1.3	Módulo inversor _____	121
4.7.1.4	Módulo de monitoreo _____	122
4.7.1.5	Módulo transponder _____	123
4.7.1.6	Banco de baterías _____	124
4.7.1.7	Sensor de temperatura _____	124

4.7.1.8	Supresor de transitorios_____	125
4.7.1.9	Caja de transferencia_____	125
4.7.1.10	Luces piloto_____	125
4.7.2	<i>Power inserter</i> _____	127

## **5. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL TRIPLE PLAY**

5.1	Tendencias del mercado local_____	129
5.1.1	Propuestas de valor_____	131
5.2	Costos de materiales_____	131
5.3	Costos de mano de obra_____	134
5.5	Recepción y liquidación del proyecto_____	136
5.5.1	Recepción de unidades montadas en campo_____	136
5.5.2	Liquidación del proyecto_____	137
5.5.3	Protocolo de mediciones_____	140
5.5.3.1	Sweep o barridos de líneas troncales y distribución_____	140
5.5.3.2	Reflectometría de línea troncal_____	147
5.5.3.3	Gráfica de ruido de línea troncal_____	148
5.5.3.4	Memorias de Amplificador Troncal_____	149
5.6	Desarrollo y aceptación de los clientes_____	150

<b>CONCLUSIONES</b>	_____	<b>153</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	_____	<b>155</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	_____	<b>157</b>
<b>APÉNDICE simbología redes HFC</b>	_____	<b>159</b>
<b>ANEXOS</b>	_____	<b>167</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Triple play configuración básica	2
2. Configuración básica red HFC	2
3. Cabecera o headend	4
4. Sumador	5
5. Diagrama de flujo de una cabecera digital	5
6. Enlace satelital de subida	7
7. Modulador de RF	8
8. Antena tipo Log	9
9. Antena tipo Yagi	9
10. Procesamiento de la señal	10
11. Distribución de señal	11
12. Señal directa del satélite	12
13. Sistema de distribución multipunto multicanal	13
14 Sistema de distribución LMDS.	14
15 Sistema de antena satélite	14
16. dBm vrs miliwatts (TX/RX)	17
17. Baja relación señal a ruido C/N	17
18. Relación señal ruido ( <i>Carrier to Noise</i> )	18
19. Distorsión	20
20. Pulsación triple compuesta	21
21. Distorsión de segundo orden	22
22. Campo impar y par	23
23. Señales de sincronización horizontal	24
24. Espectro de RF	24
25. Espectro de RF (Retorno)	25
26. CATV retorno	25

27. Espectro de avanzada	26
29. Conversión analógico-digital	27
28. Procesos de la conversión A/D.	30
30. Compresión digital	31
31. Etapas de compresión	31
32. Segmentos de red HFC	32
33. Composición de cables coaxiales típicos	34
34. Construcción de diferentes tipos de cable coaxial	35
35. Reflexión Interna	37
36. Tipos de fibras	39
37. Fibra monomodo	40
38. Fibra multimodo	40
39. Pérdida espectral de una fibra mostrando sus ventanas de operación más usuales	41
40. Perdidas de luz en fibras ópticas	41
41. Código de colores para fibras ópticas	42
42. Empalme por fusión	43
43. Empalme mecánico	44
44. Conectores FC y SC	45
45. Conector SPC	45
46. Conector APC	46
47. Transmisión óptica en redes HFC	47
48. Esquema nodo óptico	48
49. Amplificadores de RF	48
50. Ruta de avanzada Interna en el amplificador	49
51. Control automático de ganancia	51
52. Ejemplo de levantamiento terminado	54
53. Arquitectura árbol y ramas usada en los inicios de las redes de CATV	55

54. Arquitectura <i>fiber backbone</i>	56
55. Arquitectura HFC	57
56. Puntos de falla en el diseño convencional	58
57. Puntos de falla en diseño blaster	59
58. BLASTER - Área de servicio con multi células	60
59. Diseño BLASTER	60
60. Diseño blaster segmentado por nodos total 8000 casas pasadas.	61
61. Comparación entre diseños <i>blaster</i> y <i>fiber to feeder</i>	62
62. Cálculos en diseño forward	62
63. Calculo de retorno	63
64. Conexión estrella multiple	64
65. Conexión anillo estrella –simple	65
66. Conexión anillo estrella simple	65
67. Conexión anillo anillo	66
68. Conexión estrella simple	66
69. CMTS (Cable modem termination system)	68
70. Interconexión regional	69
71. Componentes del sistema de transporte	70
72. Instalación de poste	72
73. Plomeado de poste	73
74. Colocación de herrajes	74
75. Ubicación de herraje según tipo de línea	75
76. Distancia adecuada entre poste y bobina	77
77. Tensión requerida según flecha del cable	78
78. Accesorios para rematar el mensajero del cable	79
79. Formas y medidas del loop	80
80. Distancias para la instalación de retenidas	81
81. Instalación de tierra física	84
82. Instalación de tierra en caja troncal	85

83. Electrodo masatierra_____	85
84. Diagrama de conexión electrodo masatierra con fuente de poder y nodo óptico_____	87
85. Diagrama de conexión electrodo masatierra a nodo óptico_____	88
86. Conector pin _____	89
87. Largo correcto del pin central _____	89
88. La pieza central de aproxima a la pieza frontal_____	90
89. Detalle de conectorizacion de tap_____	91
90. Conectorizacion en cable RG-500_____	92
91. Curvatura mínima del cable coaxial_____	93
92. Efectos de una mala compactación_____	95
93. Barra para montaje de equipo pasivo_____	97
94. Base para amplificador_____	98
95. Acometidas para fuentes aéreas_____	100
96. Detalle de colocación de 2 fuentes aéreas en poste_____	101
97. Detalle de acometida eléctrica subterránea_____	102
98. Partes de un amplificador_____	103
99. Pendiente de un amplificador_____	104
100. Control automático de ganancia_____	105
101. Ganancia unitaria_____	106
102. Grafica de sweep típica_____	108
103. Amplificador troncal _____	110
104. Curva de ecualización_____	111
105. Secuencia de apriete del housing del amplificador_____	114
106. Aplicando método Round Robin_____	114
107. Método Round Robin_____	116
108. Módulo inversor_____	122
109. Posición de módulos _____	123
110. Conexión del banco de baterías _____	124

111. Caja de transferencia	125
112. Ubicación de las luces piloto en la caja de transferencia	126
113. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación	126
114. Power inserter	127
115. Diseño propuesto	132
116. Sweep línea troncal	140
117. Sweep distribución 1	141
118. Sweep distribución 2	142
119. Sweep distribución 3	143
120. Sweep distribución 4	144
121. Sweep distribución 5	145
122. Sweep distribución 6	146
123. Reflectometría línea troncal	147
124. Gráfica de ruido línea troncal	148
125. Diagrama unifilar amplificador troncal	149

## TABLAS

I. Canales de TV	10
II. Pérdidas en Fibras ópticas	40
III. Guía de colores para identificación de fibras	42
IV. Profundidad de excavación según altura de poste	72
V. Pérdidas desde el activo al tap	116
VI. Precio de Materiales	133
VII. Costos de mano de obra	134
VIII. Listado de unidades montadas	136
IX. Direccionamiento de materiales	139



## GLOSARIO

AGC (control automático de ganancia)

Es el proceso de mantener un predeterminado nivel de la señal de salida, mediante el control de una frecuencia específica a través de una gama de temperaturas.

Analizador de espectro

Es el equipo que escanea automáticamente a través de un espectro de frecuencia seleccionada y muestra señales de entrada en un gráfico de amplitud de y frecuencia.

*Carrier* (ruido)

Es un de las principales mediciones de calidad de la señal transmitida. La medida de la calidad del canal se expresa en decibelios con respecto a un ancho de banda alrededor de la frecuencia portadora.

Compresión digital

Es la reducción de espacio de almacenamiento y /o tasa de transmisión de datos necesaria para almacenar o transmitir información representada en un formato digital.

dBm	Decibel que hace referencia a un miliwatt. Niveles de potencia en la recepción
dBmV	Decibelios referenciados a un milivoltio. Expresión de la señal de amplitud
Demodulación	Una operación para restablecer previamente una onda modulada
Ganancia unitaria	Cuando la ganancia de un amplificador es igual a la pérdida del cable que le precede
Modulación	Es el control de variación de frecuencia, fase y/o amplitud de una onda portadora de cualquier frecuencia, con el fin de transmitir un mensaje.
Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)	Es una técnica de modulación de datos, utilizada para convertir la información del programa digital para su entrega en los sistemas de televisión por cable en la banda de frecuencias.

Pay-per-view	Sistema utilizado en la propagación de televisión por cable, en el cual el usuario se cobra un precio por los programas individuales.
Tilt	Es la frecuencia de ganancia frente a las características de los amplificadores y otros dispositivos. Es la parte de un satélite que recibe y transmite una señal.
Transpondedor	
Video on-demanda (VOD)	Video emitido de inmediato cuando se le solicite por parte de los clientes.



## RESUMEN

La creciente necesidad de los clientes en tener acceso a varios medios de comunicación en cualquier lugar, y tiempo, a obligado a las empresas de telecomunicaciones a innovar medios para dar soluciones óptimas en los servicios de telecomunicaciones, una red HFC o red convergente, permite tener al mismo tiempo, tres servicios de telecomunicaciones en forma simultánea: Televisión (video en demanda o digital, TV difundida convencional), acceso a Internet de alta velocidad y la posibilidad de hacer y recibir llamadas sobre una sola Infraestructura de acceso.

Esto hace que el diseño e implementación de una red HFC sea la mejor opción para proporcionar los servicios de TV digital, datos y voz, en los centros urbanos en donde la mayoría de los clientes estén enfocados en un servicio TRIPLE PLAY. (TV, DATOS, VOZ).

La convergencia de servicios: telefónico, televisión de paga e Internet de banda ancha, le brindan al usuario mayores beneficios como:

Trato con un proveedor de telecomunicaciones.

Integración de servicios.

Reducción de dispositivos de conexión instalados en casa.

Facilidad para integrar servicios y tecnología nueva dentro de la misma plataforma ya instalada en casa.

Oferta completa: paquetes integrales: el cliente encuentra todos los servicios en una sola oferta.

Simple: oferta fácil de entender, formato único de solicitud de servicios para el hogar. Facturación integral del paquete.

Ventajas para el operador o empresa de telecomunicaciones son principalmente el uso más eficiente de las redes de telecomunicaciones, ofreciendo tres servicios con una sola infraestructura de red, minimizando el costo de construcción y operación de la red.

En este documento tratamos de explicar partiendo de la teoría de las redes HFC, exponiendo las normas de construcción, metodología de diseño y por último la habilitación de la red ya construida.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Establecer una guía para el diseño y construcción de una red HFC o red convergente, para determinado centro urbano, según sea el nivel de demanda del área.

### **Específicos:**

1. Aspectos a tomar para el diseño de una red HFC
2. Lograr ofrecer más y mejores servicios en una sola infraestructura de red.
3. Establecer las normas para la construcción de una red HFC.
4. Establecer la manera de activación y calibración de una red HFC.
5. Hacer un análisis económico de los costos de construcción en la implementación de una red HFC.



## INTRODUCCIÓN

Esta investigación presenta la implementación de una infraestructura correspondiente a una arquitectura de red híbrida, fibra óptica- cable coaxial, para la distribución de contenidos telemáticos integrados por cable en núcleos urbanos. En el cual podemos proporcionar a los clientes servicios como TV, telefonía y datos sobre una sola infraestructura de acceso. El fin primordial de este trabajo es proporcionar una guía del proceso de diseño, partiendo desde el levantamiento catastral del área a diseñar, estableciendo las normas de construcción para la correcta operación de una red ya construida, se explican los pasos a seguir para la puesta en marcha y calibración de un proyecto de redes HFC.

Por último, se realiza un estudio económico de un proyecto propuesto de 50 casas, en las cuales se realiza el diseño y se calculan los costos de materiales y mano de obra para la realización de dicho proyecto, se incluye el protocolo de mediciones del proyecto propuesto para garantizar el funcionamiento correcto del proyecto después de su construcción.



# **1. FUNDAMENTOS SOBRE REDES HFC**

## **1.1 Composición de una red para TV por cable HFC**

Últimamente las empresas de cable han trabajado en sus redes haciéndolas mas robustas e independientes para brindar al usuario servicios de video, voz y datos en una sola infraestructura de telecomunicaciones. A esto se le conoce como “triple play”.

Triple Play es un servicio que permite tener al mismo tiempo tres servicios de telecomunicaciones de forma simultánea: Televisión (video en demanda o TV difundida convencional), acceso a Internet de alta velocidad y la posibilidad de hacer y recibir llamadas sobre una sola infraestructura de acceso.

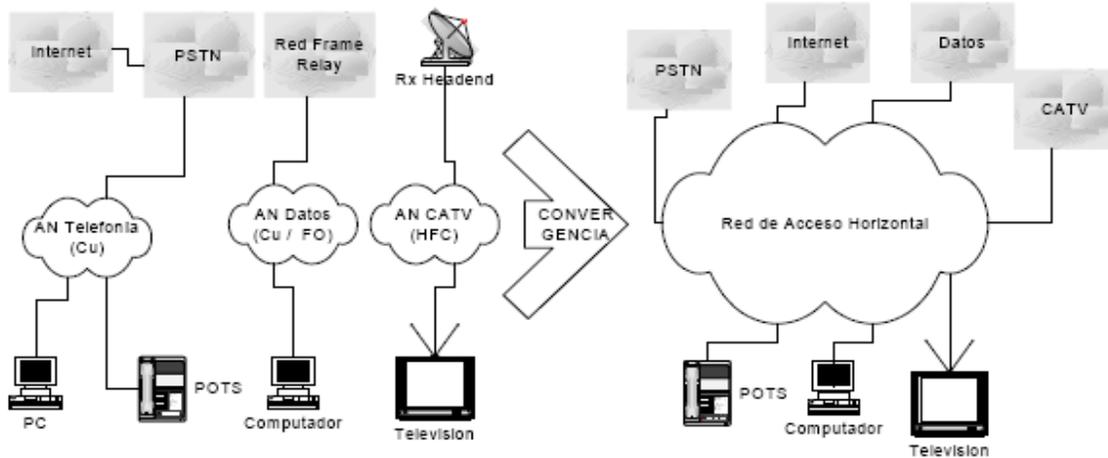
Para esto aparecen las redes HFC (Híbrida Fibra Coaxial) que como su nombre indica presentan una mezcla de fibra y cable coaxial. La diferencia no reside solamente en la aparición de un nuevo medio de transporte como es la fibra, sino también en un cambio de la estructura actual que era árbol/rama, y que pasa a ser una fusión de estrella y árbol/rama.

Dentro de las redes HFC, lo que se pretende hacer cada vez más es acercar la fibra al usuario.

Se habla de dos fibras para cada 500 - 1000 hogares pasados con un máximo de 3 activos y 3 pasivos en cascada, de 3 a 4 salidas de RX.

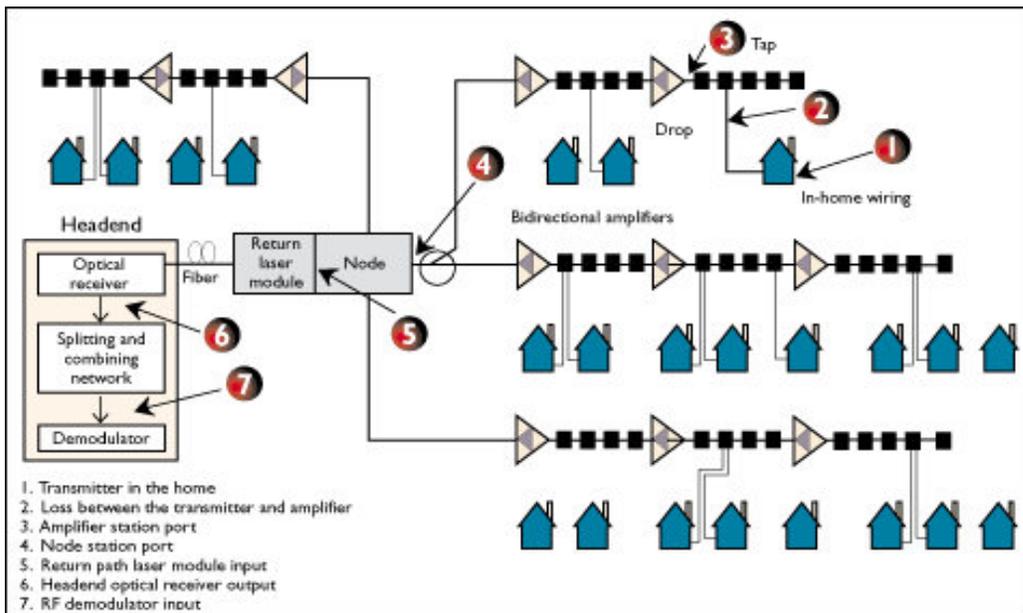
Dos fibras para cada edificio o agrupación de viviendas asimilables donde generalmente no son necesarios amplificadores y el coaxial sale directamente del receptor (tres o cuatro salidas) en cascadas de tres pasivos por salida RX.

**Figura 1. Triple play configuración básica**



**Fuente:** Motorola, fundamentos de sistemas de cable. Página 4.

**Figura 2. Configuración básica red HFC**



**Fuente:** Motorola, fundamentos de cable Página 8

### **1.1.1 Hub**

Es un lugar remoto al *headend* donde llega la señal procedente de este último (generalmente por fibra óptica), se procesa de manera adecuada y se provee de señal de RF a cada uno de los nodos de cercanía geográfica (generalmente también por fibra óptica).

### **1.1.2 Nodo**

Se le conoce así al receptor óptico que existe en las periferias del hub, y que se encarga de convertir la señal proveniente del mismo a una señal de RF, la cual es aplicada a los primeros amplificadores de cada cascada dependiente de cada pata del receptor.

### **1.1.3 Troncales**

Son los elementos amplificadores, colocados a ciertas distancias normalizadas, que proveen una regeneración de la señal para poder surtir de niveles adecuados a cada línea de distribución.

### **1.1.4 Fuentes de alimentación**

Es el elemento por medio del cual se energiza la red cercana, utilizando para este fin la línea coaxial.

### **1.1.5 Líneas de distribución**

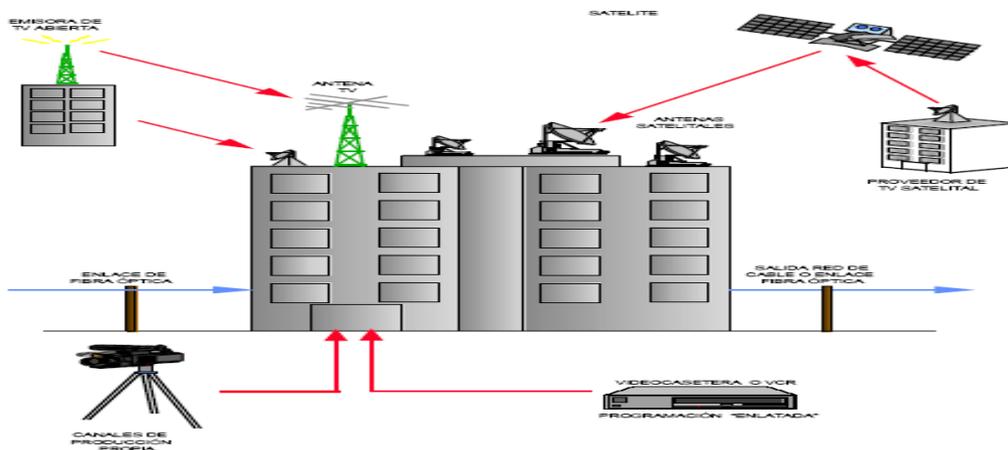
Son líneas salientes de cada uno de los troncales, y son las encargadas de proveer de señal a las cercanías de las casas de los abonados.

### **1.1.6 *Headend* (cabecera)**

Es el lugar donde se procesan las señales de diferente procedencia (satélite, DVD, VCR, generación propia, etc.), se modulan y se les asignan un

canal determinado, posteriormente se mezclan y se procesan de manera tal que se aplican a cada uno de los diversos hubs.

**Figura 3. Cabecera o headend**



**Fuente:** Motorola, Fundamentos de cable. Página 15

### 1.1.6.1 Componentes del headend

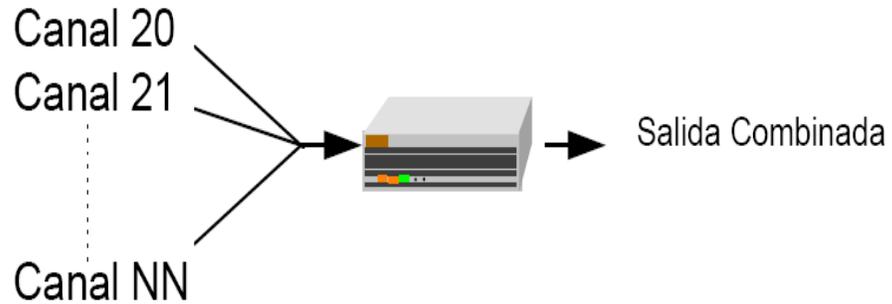
1) **Receptor satelital- decodificador:** Es el encargado de recibir la señal de un satélite (ej. Panamasat, Brasilsat, etc.), captada mediante una antena parabólica y traducir (decodificar) señales que llegan codificadas. Debe estar habilitado por quien comercializa la señal.

2) **Modulador:** Lleva la señal desde banda base hasta el canal deseado.

3) **Procesador:** Recibe la señal de los canales de aire y ajusta su nivel en forma automática, asignándole la frecuencia de salida (canal).

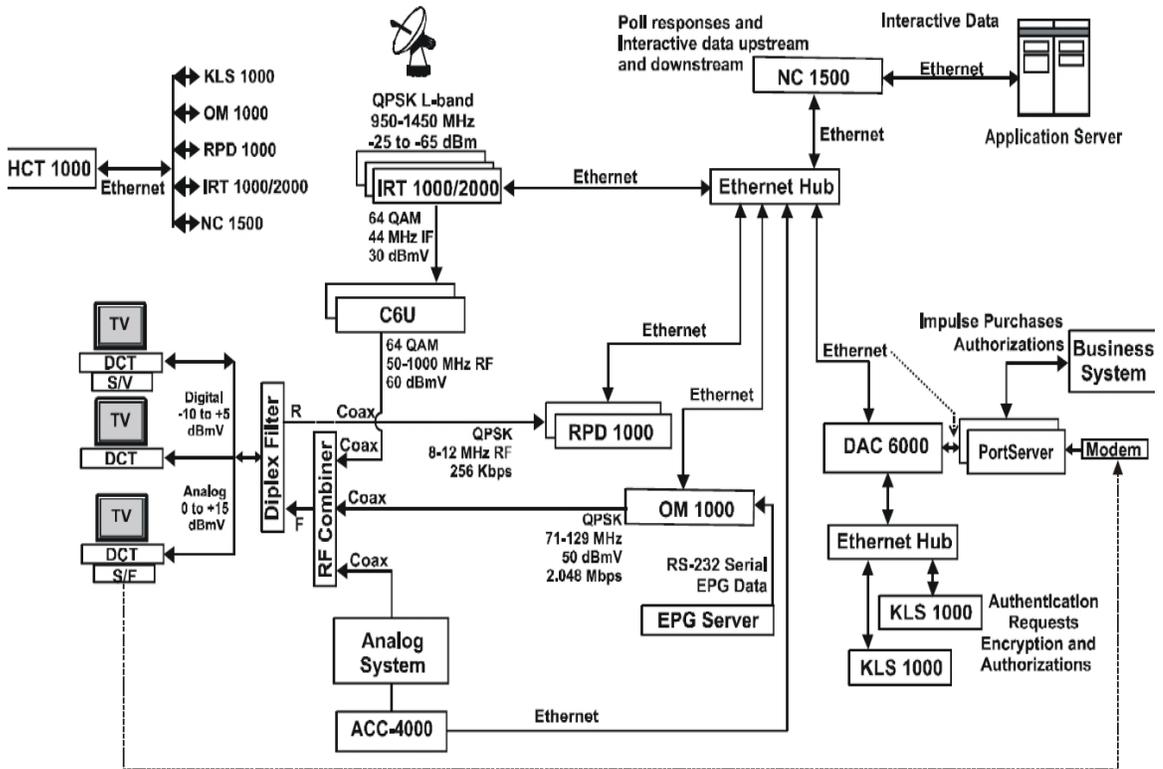
4) **Sumador:** Es el dispositivo en el que se integran todas las salidas de los moduladores y salen todas a uno o varios cables de distribución.

Figura 4. Sumador



Fuente: Motorola, Fundamentos de los sistemas de cable. Página 23

Figura 5. Diagrama de flujo de una cabecera digital



Fuente: Motorola, fundamentos de sistemas de cable. Página 30

## 1.2 Redes de comunicaciones de banda ancha

La definición de una red de comunicaciones de banda ancha consiste en 5 componentes básicos:

**1.- Localidad de subida satelital (*Uplink*):** Sitio donde las señales son generadas o adquiridas para ser subidas al satélite para su transmisión a las localidades de cabecera final (*Headend*).

**2.- Localidad de cabecera final:** Sitio donde son recibidas y descargadas las señales provenientes del satélite para ser procesadas para la distribución masiva a clientes.

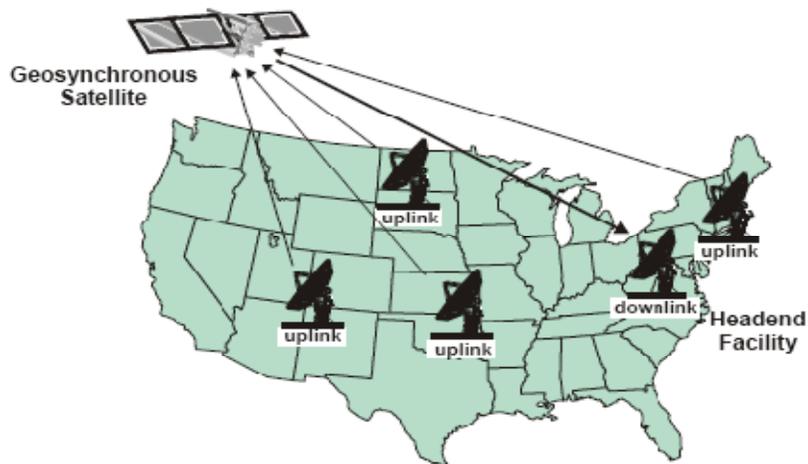
**3.- Sistema de distribución:** Red o dispositivos de transmisión usado para entregar señales de video y audio (programación de canales) y/o datos digitales a los clientes.

**4.- Sistema de concentración/retransmisión:** Localidad o dispositivos encargados de la concentración, recuperación, regeneración y retransmisión de las señales del sistema de distribución.

**5.-Localidad del cliente:** Localidad del suscriptor donde las señales son recibidas y presentadas para ser vistas, escuchadas o atendidas.

## 1.2.1 Transmisión de enlace satelital de subida

**Figura 6. Enlace satelital de subida**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 3.

En una localidad de subida, las señales de canales de programación son procesadas con alguno o todos los procesos tales como: Codificación, Encriptación, Compresión, etc. y transmitidas en la banda de 5.9 a 6.4 Ghz y 11.7 – 12.2 Ghz a un satélite de órbita geoestacionaria sobre el ecuador (velocidad angular igual a la rotación de la tierra) a 36,000 Kms sobre la tierra donde el satélite mantiene su posición relativa ajustada a la de la tierra) (equivalente a 3 veces la altura de crucero de un avión comercial de pasajeros).

Un transpondedor a bordo del satélite convierte la señal a la banda C de 3.7 – 4.2 Ghz o Banda Ku 11.7 – 12.2 Ghz y usando antenas direccionales éstas son redirigidas a la tierra en la zona de cobertura designada a las localidades de cabecera final (Headend).

## 1.2.2 Procesamiento de la Señal

### 1.2.2.1 Conversión de señales satelitales a RF

En la localidad de la cabecera, una antena de la estación terrena satelital (ESA) recibe la señal, un bloque de bajo ruido (LNB) reconvierte la señal digital a banda L (950 – 1450 Mhz) y la encamina al equipo de procesamiento en el HE digital.

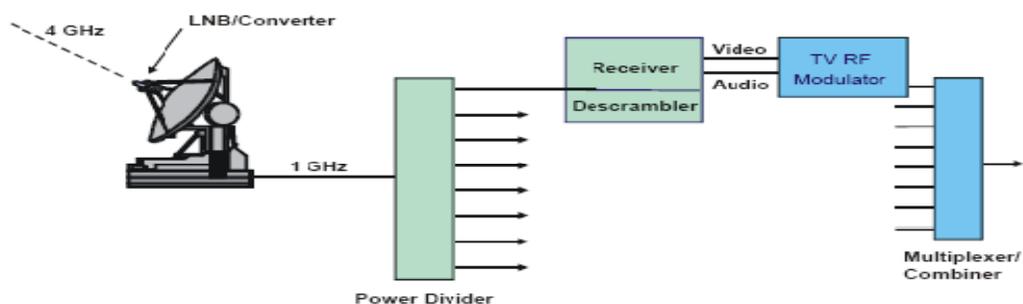
### 1.2.2.2 Decodificador de señales analógicas

La señal de Banda L es decodificada y demodulada en componentes de Audio y Video usando un receptor/decodificador satelital

### 1.2.2.3 Modulador de RF

El modulador asigna el video y audio a portadoras seleccionadas (Canales de TV). La frecuencia Intermedia IF de la portadora de video es 45.75 Mhz y 41.25 Mhz para la portadora de audio. La relación de señal de salida del Audio Video esta revertida (Formato NTSC).

**Figura 7. Modulador de RF**

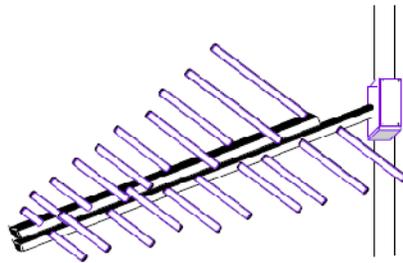


**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 5.

#### 1.2.2.4 Antena periódica tipo log

Una antena periódica tipo log es usada para recibir canales de TV VHF y está localizada en la localidad de la cabecera.

**Figura 8. Antena tipo log**

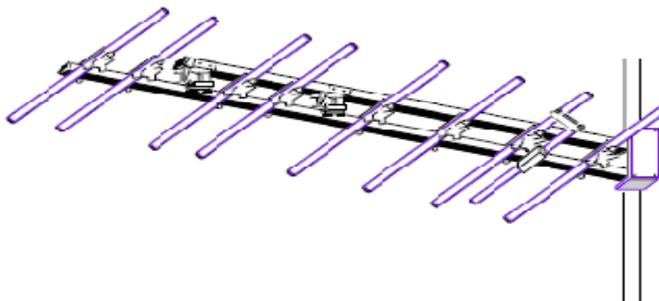


**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 6.

#### 1.2.2.5 Antena Periódica tipo yagi

Las antenas periódicas tipo yagi son usadas para la recepción de señales generadas por compañías para la difusión de TV fuera de aire; canales 2 a 6 (Banda baja de VHF) o 7 a 13 (Banda alta de VHF).

**Figura 9. Antena tipo yagi**



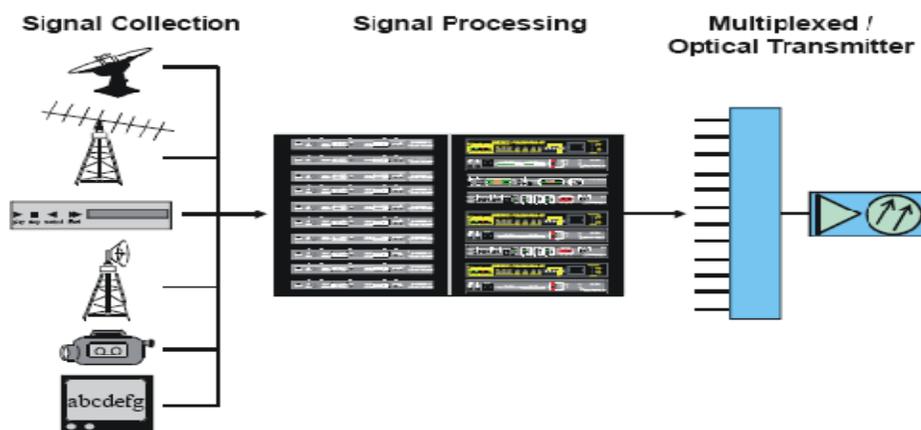
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 6.

**Tabla I. Canales de TV fuera de aire (Off-Air)**

Channel Number	Picture Carrier Frequency MHz	Color Carrier Frequency MHz	Sound Carrier Frequency MHz	Wavelength (inch)
VHF Television Frequencies				
2	55.25	58.83	59.75	213.8
3	61.25	64.83	65.75	192.8
4	67.25	70.83	71.75	175.6
5	77.25	80.83	81.75	152.9
6	83.25	86.83	87.75	141.9
7	175.25	178.83	179.75	67.4
8	181.25	184.83	185.75	65.2
9	187.25	190.83	191.75	63.1
10	193.25	196.83	191.75	61.1
11	199.25	202.83	203.75	59.3
12	205.25	208.83	209.75	57.5
13	211.25	214.83	215.75	55.9

**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 8.

**Figura 10. Procesamiento de la señal**



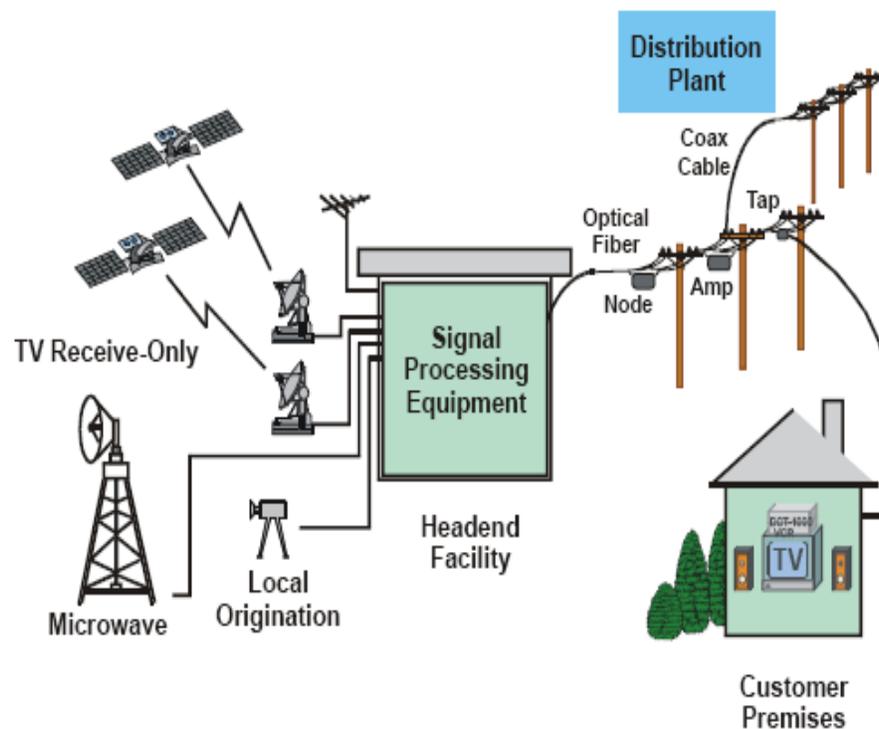
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 9.

Los canales individuales de los moduladores y procesadores heterodinos de TV (RF) son combinados usando una red combinada pasiva.

Las señales combinadas son amplificadas por un post amplificador de bajo ruido y distorsión para proveer el suficiente nivel de señal de entrada apropiada a los transmisores ópticos.

### 1.2.3 Distribución de Señal

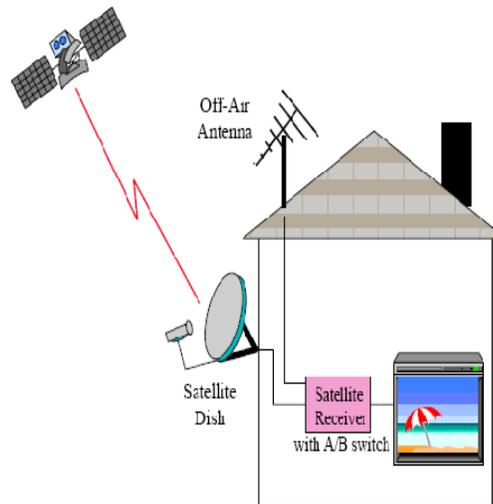
Figura 11. Distribución de señal



Fuente: Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 11.

### 1.2.3.1 Señal directa del Satélite ( *Direct broadcast Satellite DBS* )

Figura 12. Señal directa del satélite



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 12.

### 1.2.3.2 Sistema de distribución multipunto multicanal (MMDS)

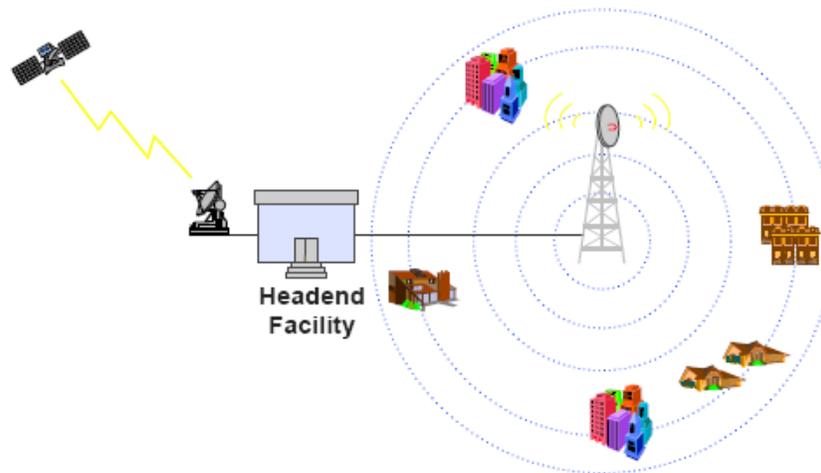
MMDS es un sistema de prestación de servicios de televisión por cable que retransmite señales directamente a los suscriptores.

- Rango de frecuencia: 2,5 a 2,7 GHz.
- Radio de transmisión de hasta 30 millas.
- 33 canales analógicos disponibles.
- 20 canales asignados a ITFS.
- Hasta 14 servicios digitales (programas o canales), en función de la relación de compresión.
- Limitado a la línea de visión.
- 4 MHz respuesta canal - utilizado para la enseñanza a distancia y la

programación educativa.

- Teléfono (Telco) vía de retorno.

**Figura 13. Sistema de distribución multipunto multicanal**



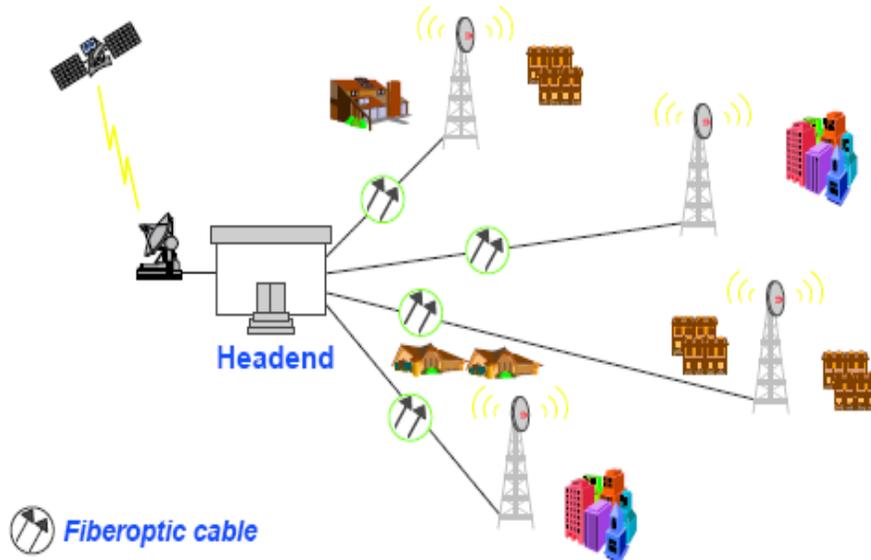
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 13.

### **1.2.3.3 Local multipoint distribution system (LMDS)**

LMDS son sistemas de transporte de señales de cable de fibra óptica a lo largo de los nodos de células que transmiten en el aire a los abonados.

- Fibra de interconexión a los nodos de las células.
- Rango de frecuencia: 27,5 a 29,25 GHz.
- Célula de radio de 3 a 6 millas.
- 41 canales analógicos.
- Hasta 14 programas / canal con transmisión digital.
- Limitado a la línea de visión de transmisión.

**Figura 14. Sistema de distribución LMDS.**



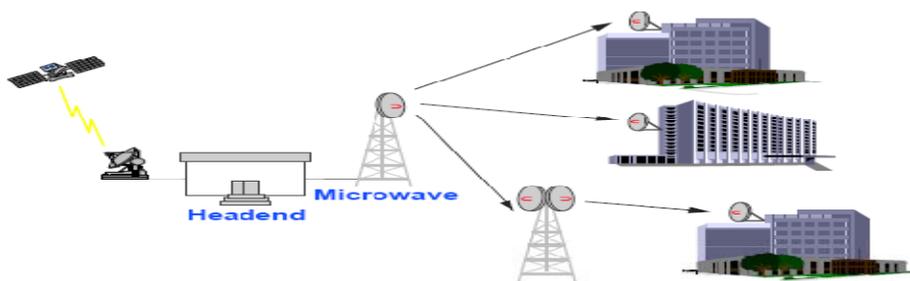
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 14.

#### **1.2.3.4 Master sistema de antena de satélite (SMATV)**

SMATV servir sistemas residenciales, de múltiples unidades de vivienda (MDUs), como los hoteles.

- Unfranchised, sistema autónomo.
- MDUs están vinculados a través de microondas.
- 18 GHz.

**Figura 15. Sistema de antena Satélite**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 15.

### **1.3 Beneficios de utilizar redes de acceso convergentes o HFC**

Para crear redes convergentes, se debe poseer la tecnología para proveer distintos servicios por una misma vía. La red debe tener la capacidad de transmitir el ancho de banda sobre el cual se puede montar los diferentes canales de voz, datos, video, etc.

En la mayoría de los casos, no es viable crear nuevas redes debido al elevado costo y tiempo de instalación requerido. Actualmente, las grandes ciudades ya poseen redes alámbricas que cubren una parte considerable de su espacio geográfico, entre los cuales se destaca la red de acceso de telefonía y la red de televisión por cable. Se utilizan tecnologías xDSL y cablemodem respectivamente para darle a estas redes más capacidad.

#### **1.3.1 Ventajas para el usuario y los proveedores**

- a) Tiempo de instalación mínimo
- b) Menores costos de implementación
- c) Gestión y mantenimiento centralizado
- d) Sencilla creación de nuevos servicios
- f) Fácil evolución a la red de nueva generación
- g) El usuario puede escoger los servicios que desea recibir sin cambiar la acometida.

#### **1.3.2 Requerimientos corporativos**

Para que una empresa pueda proveer todos los servicios de telecomunicaciones, requeriría una inversión gigantesca. Gracias a la apertura del mercado de telecomunicaciones, la empresa privada puede enfrentar a este desafío. La concesión del servicio de telefonía y los rubros que esta puede

generar es el primer paso para la convergencia. Las empresas portadoras ISPs y proveedoras de CATV se integran, interconectan sus redes, y utilizando la tecnología antes mencionada, pueden alcanzar el objetivo de hacer de sus redes verticales una solo red horizontal.

## 1.4 Teoría operacional

### 1.4.1 dB (DECIBELL)

Unidad de medida que expresa la relación de dos niveles de poder en una escala logarítmica es igual a una decima parte de un BEL.

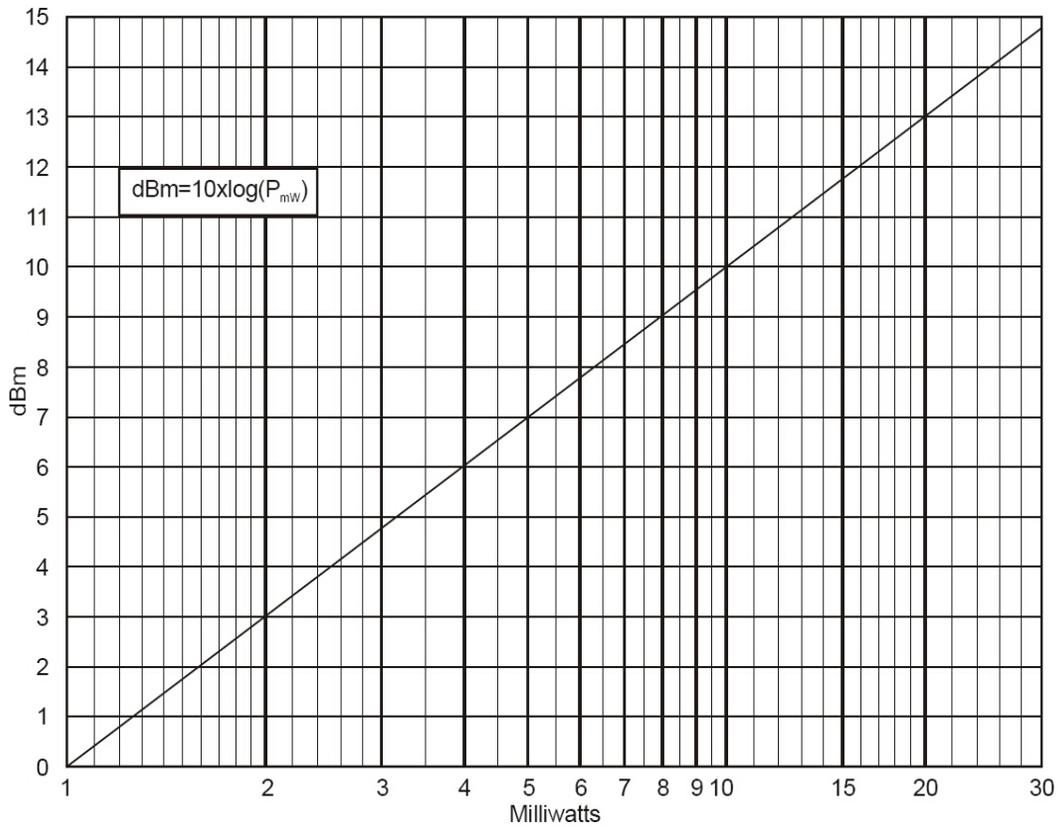
El dB se puede expresar en valores positivos y negativos.

Razón de potencia contra el dB:

1-1	0 dB
2-1	3 dB
10-1	10 dB
100-1	20 dB
1000-1	30 dB
10'000-1	40 dB

Los dB se deben sumar y restar para indicar cambios sustanciales en niveles con números pequeños.

**Figura 16. dBm vrs miliwatts (TX/RX)**

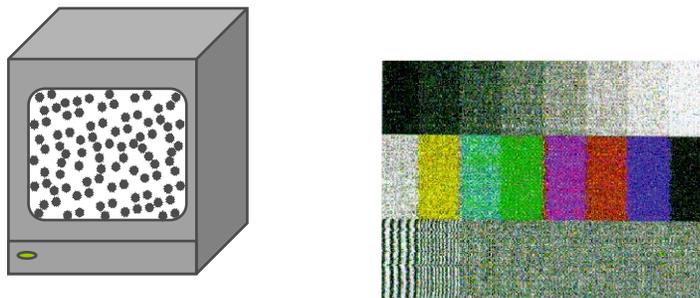


**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 18.

### 1.4.2 Ruido

Canal sintonizado que esta fuera del aire

**Figura 17. Baja relación señal a ruido C/N**



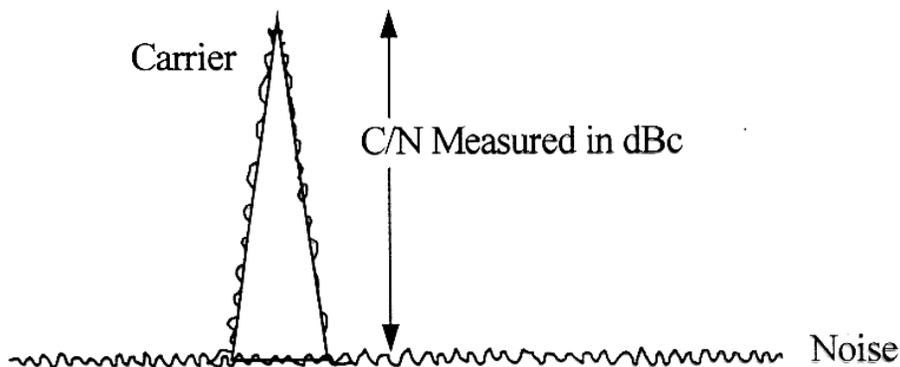
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 20.

### 1.4.2.1 Portadora de ruido

dBc. Razón expresada en decibeles relativos a un nivel de portadora de referencia.

C/N – Razón de portadora a ruido

**Figura 18. Relación señal ruido (Carrier to Noise)**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 22.

La cantidad de ruido en dB que el dispositivo de amplificación introduce al ruido ya existente.

Portadora de ruido de un Amplificador

$$C/N = \text{Entrada} - (-59.2 + NF)$$

Suma igual de relaciones portadora/ruido:

$$C/N = C/N1 - 10 \times \text{Log}_{10} N$$

Donde

C/N1 = Relación de ruido de portadora de 1 contribuidor de amplificación

N = Número de contribuidores iguales

C/N = Relación de ruido de portadora en el último contribuidor (Red C/N)

$$C/N = -10 \times \text{Log}_{10} (10^{-10} + 10^{-10} + 10^{-10} \dots)$$

Donde

$C/NS$  = C/N de red del último contribuidor

$C/N1$  = Primer contribuidor

$C/N2$  = Segundo contribuidor

$C/N3$  = Tercer contribuidor

Relación Portadora/Ruido (C/N)

1. C/N a la salida de un amplificador simple cuando se conoce la figura de ruido (NF):

$$C/N = \text{Entrada} - (-59.2 + NF)$$

$$C/NO = \text{Nivel de salida} - (-59.2 + NF + \text{Ganancia})$$

2. Para sumar relaciones idénticas portadora/ruido:

$$C/NS = C/N - 10 \times \text{Log}_{10} N$$

3. Para sumar relaciones diferentes portadora/ruido:

$$C/NS = -10 \times \text{Log}_{10} (10^{\frac{C/N1}{10}} + 10^{\frac{C/N2}{10}} + 10^{\frac{C/N3}{10}})$$

4. Relación portadora/ruido vs Ancho de banda:

$$\Delta C/N = -10 \times \text{Log}_{10}$$

$C/N$  = portadora a ruido expresada como un número positivo

$N$  = número igual de contribuidores

$NF$  = figura de ruido

$G$  = ganancia

59.2 = ruido termal en ancho de banda de 4 MHz (dBmV)

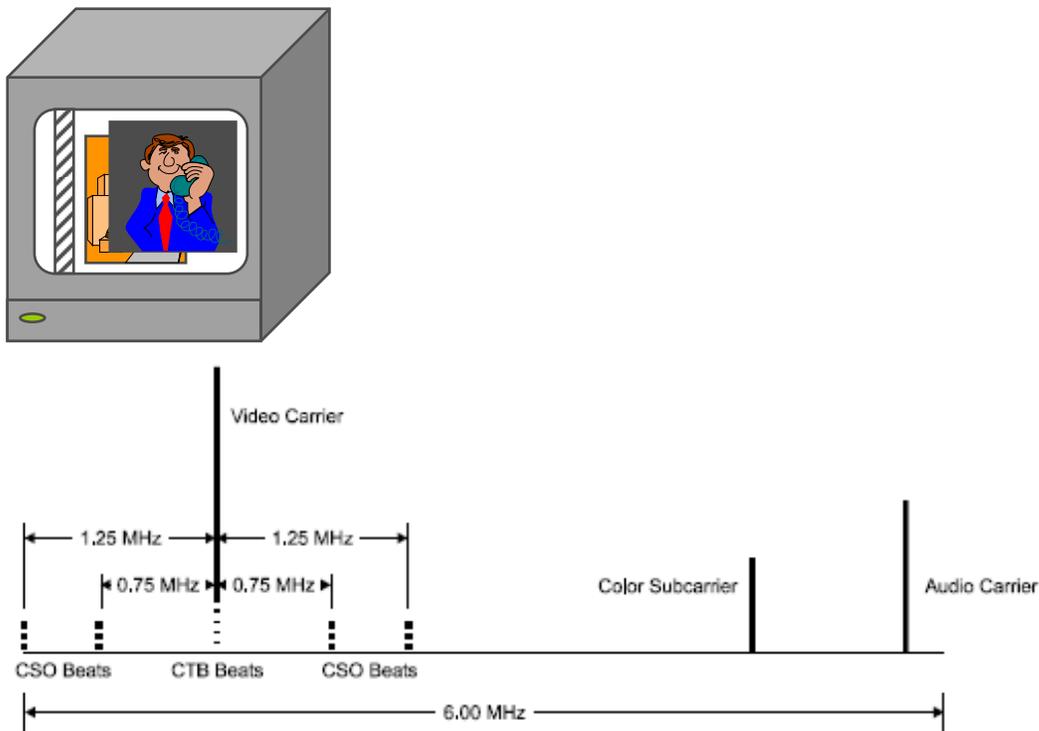
Regla: En un amplificador simple la C/N se incrementa en un dB con cada incremento de 1 dB en el nivel de salida de la señal.

Regla: El total de C/N se agrava en 3 dB cada vez que se dobla el número de amplificadores con idéntico C/N.

### 1.4.3 Distorsión (CTB, CSO)

¿Cómo se ve?

**Figura 19. Distorsión**



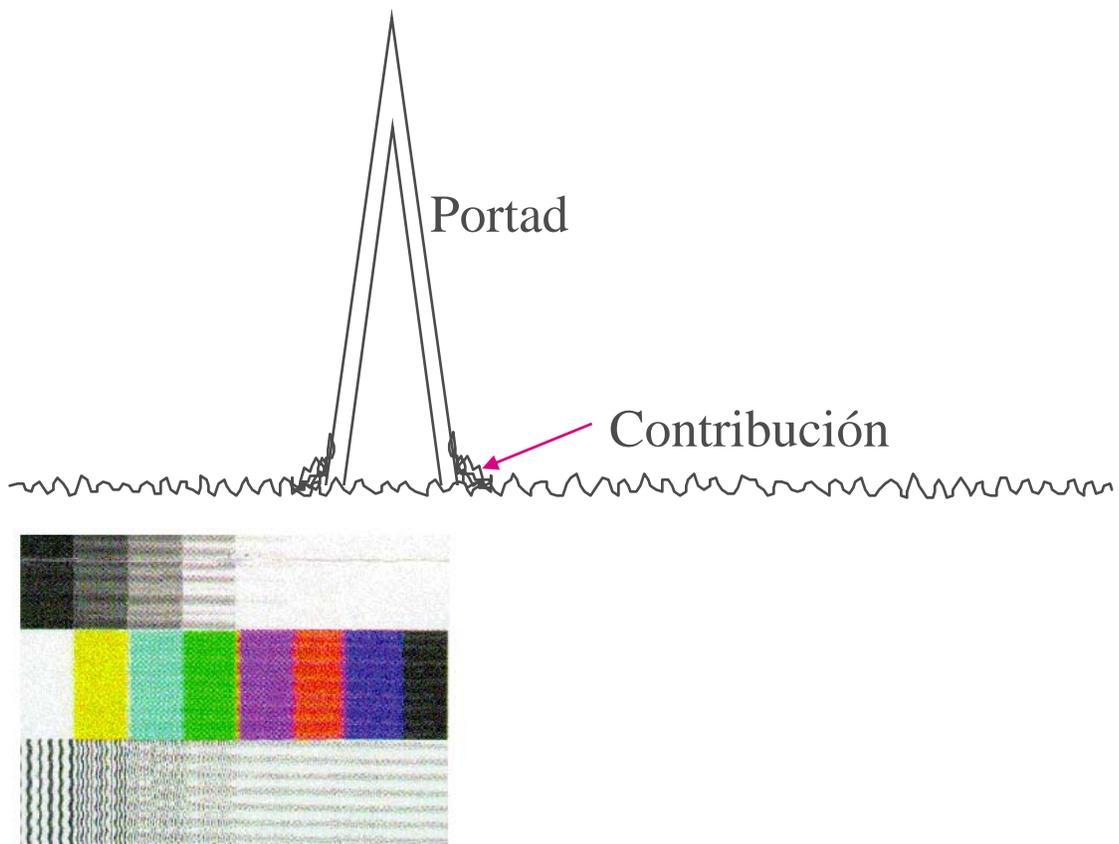
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 27.

- Barras sincronizadas se mueven a través de la imagen
- Efecto desempañado
- Imágenes múltiples de canales adyacentes
- Separación de imágenes
- Lluvia de puntos negros

### 1.4.3.1 Pulsación triple compuesta (CTB)

Es la razón expresada en dB del nivel pico de la señal de RF nivel pico del nivel promedio de los componentes de distorsión centrados en esa frecuencia. Esta distorsión es causada por la curvatura de tercer orden de la característica de transferencia no-lineal en cada equipo del sistema.

**Figura 20. Pulsación triple compuesta**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 28.

$$CTBS = CTB - 20 \times \log_{10} N$$

Un amplificador (Nivel de operación):

$$CTB = CTBR - 2 \text{ (Nivel de salida de operación - Nivel de salida de referencia)}$$

Donde:

CTBR = Relación de referencia del fabricante (dB)

CTB = Nueva contribución del amplificador (dB)

Para Sumar Relaciones de diferentes C/CTB:

$$CTBs = -20 \times \text{Log}_{10} (10^{\frac{CTBR}{10}} + 10^{\frac{CTB_1}{10}} + 10^{\frac{CTB_2}{10}} + \dots)$$

Donde:

CTBS = C/CTB de red en el último contribuidor

CTB1 = Primer contribuidor

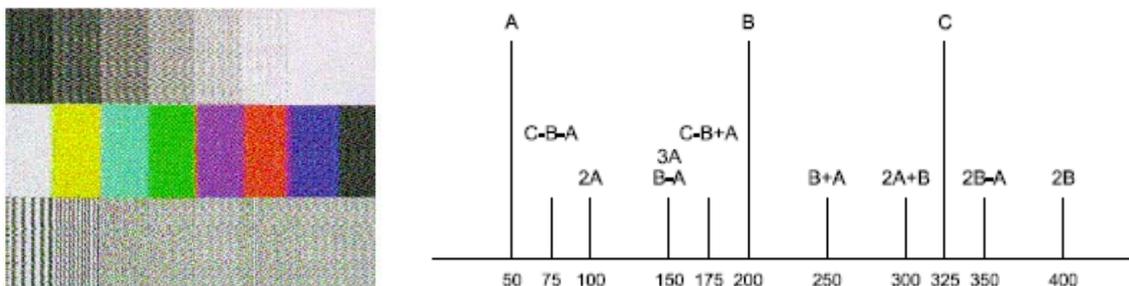
CTB2 = Segundo contribuidor

CTB3 = Tercer contribuidor

### 1.4.3.2 Distorsión de segundo orden portadora/ compuesta (CSO)

Es la razón expresada en dB del nivel pico de la señal de RF nivel pico de la señal de interferencia. Esta distorsión es causada por la curvatura de segundo orden de la característica de transferencia no-lineal en cada equipo del sistema.

**Figura 21. Distorsión de segundo orden**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 32.

1. Distorsión de segundo orden compuesta para un amplificador en un nivel de operación:

$$CSO = CSO_{ref} - (\text{Nivel de salida de operación} - \text{Nivel de salida de referencia})$$

2. Para sumar relaciones CSO iguales:

$$CSOS = CSO - 15 \times \text{Log}_{10} N$$

3. Para sumar relaciones CSO diferentes:

$$CSOS = -15 \times \text{Log}_{10} (10^{\frac{CSO_1}{10}} + 10^{\frac{CSO_2}{10}} + 10^{\frac{CSO_3}{10}})$$

4. CSO vs carga de canal:

$$CSO_{\Delta} = 10 \times \text{Log}_{10}$$

CSO = Distorsión de segundo orden, expresada con un número positivo (+).

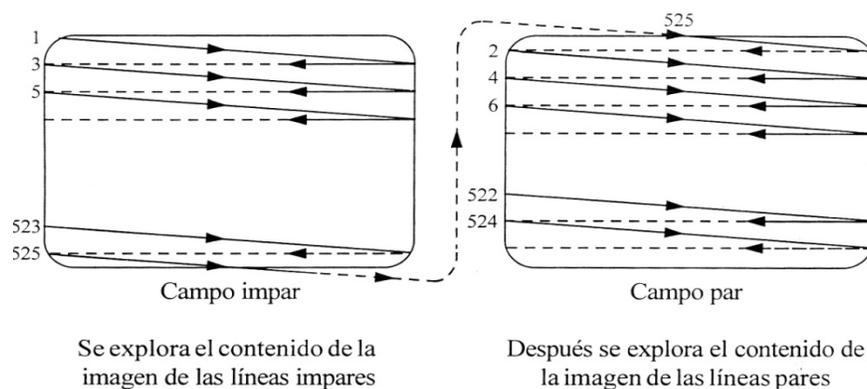
Niveles de Distorsión en Redes (en el terminal del suscriptor)

Distorsión	Funcionamiento	Recomendado por
CTB	> 53 dB	Prácticas y Estándares NCTA
	> 51 dB	Comisión Federal de Comunicaciones
CSO	> 51 d	Comisión Federal de Comunicaciones

Canal de TV Analógica NTSC (6Mhz)

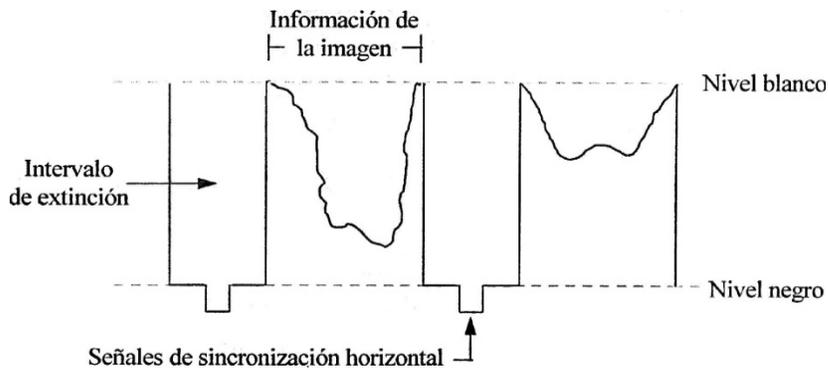
### Figura 22. Campo impar y par

Cada campo está compuesto de 262.5 líneas de exploración.



Fuente: Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 36.

**Figura 23. Señales de sincronización horizontal**

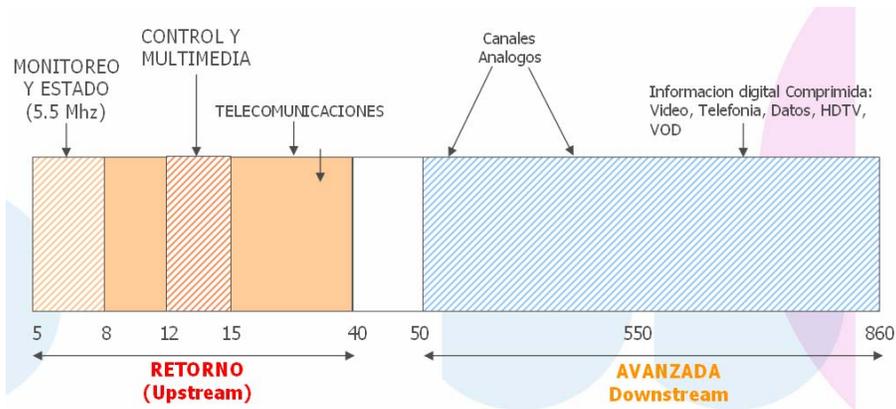


**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 37.

Con la incorporación de impulsos sincronizadores horizontales y verticales en el intervalo de extinción, los receptores de TV pueden reconstruir la información de video recibida.

#### 1.4.4 Espectro RF

**Figura 24. Espectro RF**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 38.

5 – 40 Mhz : Señales de retorno

50 – 500 Mhz : Señales Análogas y Digitales de FWD

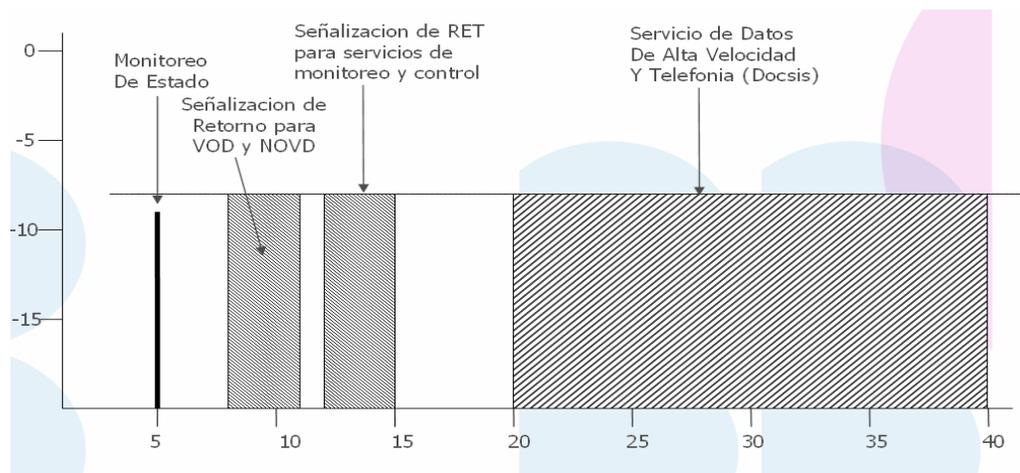
1 Canal Analógico NTSC = 6 Mhz

HDTV: TV de Alta Definición

VOD: video en Demanda

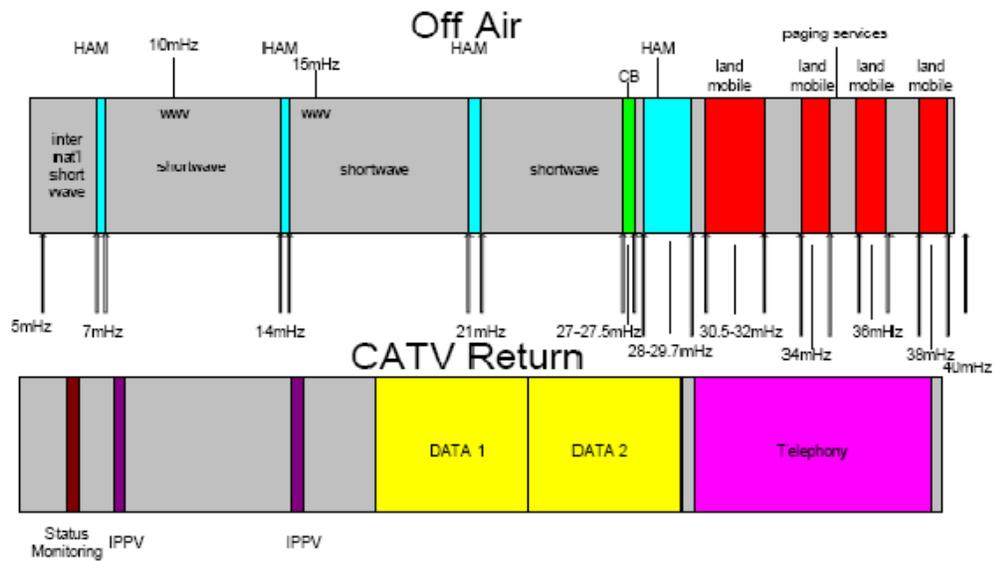
### 1.4.5 Espectro de RF retorno

Figura 25. Espectro de RF (retorno)



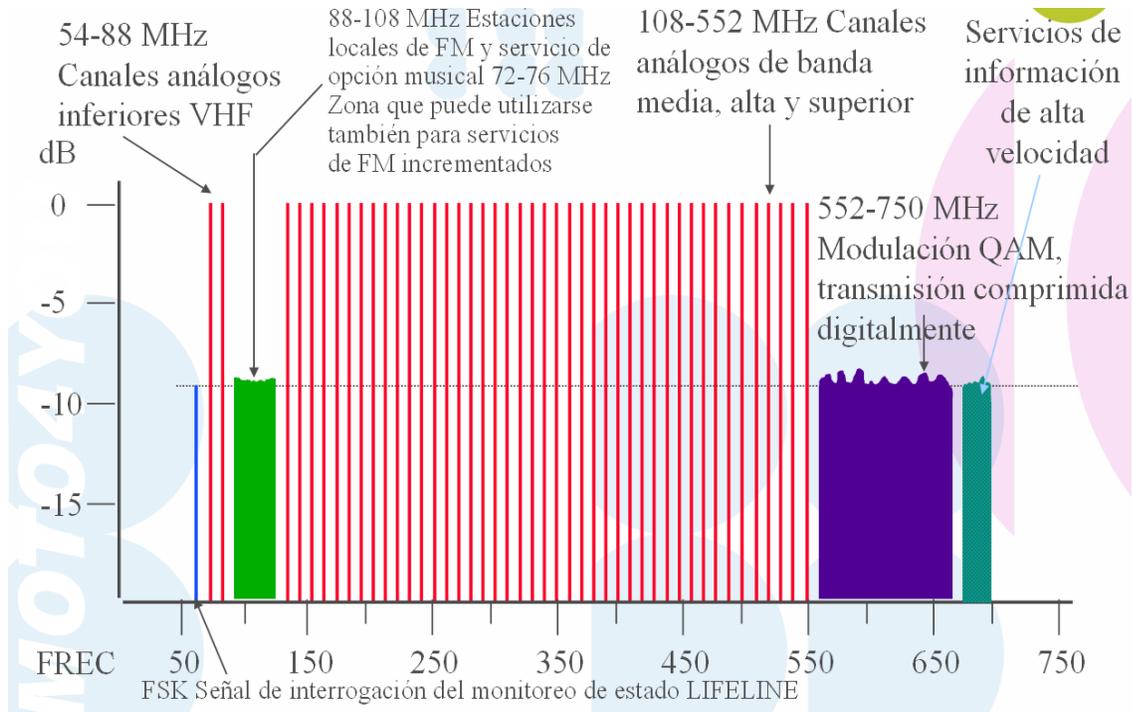
Fuente: Motorola Canopy Enterprise solutions Rev 2.0. Página 38.

Figura 26. CATV retorno



Fuente: Motorola Canopy Enterprise solutions Rev 2.0. Página 40.

**Figura 27. Espectro de avanzada**

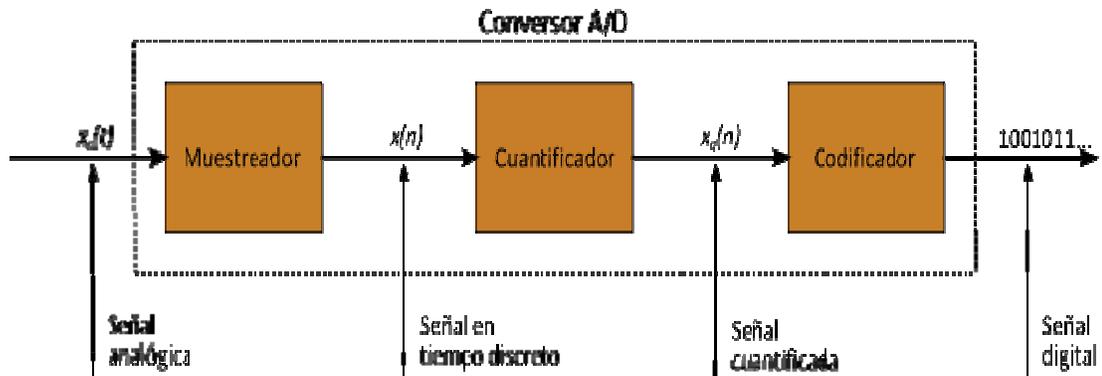


**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 41.

#### 1.4.6 Conversión análoga digital

Una conversión analógica-digital (CAD)(ADC) consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

**Figura 28. Procesos de la conversión A/D.**



**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 41.

En esta definición están patentes los cuatro procesos que intervienen en la conversión analógica-digital:

1) Muestreo: El muestreo (en inglés, *sampling*) consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de onda. La velocidad con que se toman esta muestra, es decir, el número de muestras por segundo, es lo que se conoce como frecuencia de muestreo.

2) Retención: (en inglés, *Hold*): Las muestras tomadas han de ser retenidas (retención) por un circuito de retención (*Hold*), el tiempo suficiente para permitir evaluar su nivel (cuantificación). Desde el punto de vista matemático este proceso no se contempla ya que se trata de un recurso técnico debido a limitaciones prácticas y carece, por tanto, de modelo matemático.

3) Cuantificación: En el proceso de cuantificación se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras. Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida. Incluso en su versión ideal, añade, como resultado, una señal indeseada a la señal de entrada: el ruido de cuantificación.

4) Codificación: La codificación consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación al código binario. Hay que tener presente que el código

binario es el más utilizado, pero también existen otros tipos de códigos que también son utilizados.

Durante el muestreo y la retención, la señal aun es analógica puesto que aún puede tomar cualquier valor. No obstante, a partir de la cuantificación, cuando la señal ya toma valores finitos, la señal ya es digital.

#### **1.4.7 Comparación de las señales analógica y digital**

Una señal analógica es aquella que puede tomar una infinidad de valores (frecuencia y amplitud) dentro de un límite superior e inferior. El término analógico proviene de análogo. Por ejemplo, si se observa en un osciloscopio, la forma de la señal eléctrica en que convierte un micrófono el sonido que capta, ésta sería similar a la onda sonora que la originó.

En cambio, una señal digital es aquella cuyas dimensiones (tiempo y amplitud) no son continuas sino discretas, lo que significa que la señal necesariamente ha de tomar unos determinados valores fijos predeterminados en momentos también discretos. Estos valores fijos se toman del sistema binario, lo que significa que la señal va a quedar convertida en una combinación de ceros y unos, que ya no se parece en nada a la señal original. Precisamente, el término digital tiene su origen en esto, en que la señal se construye a partir de números (dígitos).

##### **1.4.7.1 Ventajas de la señal digital**

Ante la atenuación, la señal digital puede ser amplificada y al mismo tiempo reconstruida gracias a los sistemas de regeneración de señales.

Cuenta con sistemas de detección y corrección de errores que se utilizan cuando la señal llega al receptor, entonces comprueban (uso de redundancia) la señal, primero para detectar algún error, y algunos sistemas pueden luego corregir alguno o todos los errores detectados previamente.

Facilidad para el procesamiento de la señal. Cualquier operación es fácilmente realizable a través de cualquier software de edición o procesamiento de señal.

La señal digital permite la multigeneración infinita sin pérdidas de calidad. Esta ventaja sólo es aplicable a los formatos de disco óptico; la cinta magnética digital, aunque en menor medida que la analógica (que sólo soporta como mucho 4 ó 5 generaciones), también va perdiendo información con la multigeneración.

#### **1.4.7.2 Inconvenientes de la señal digital**

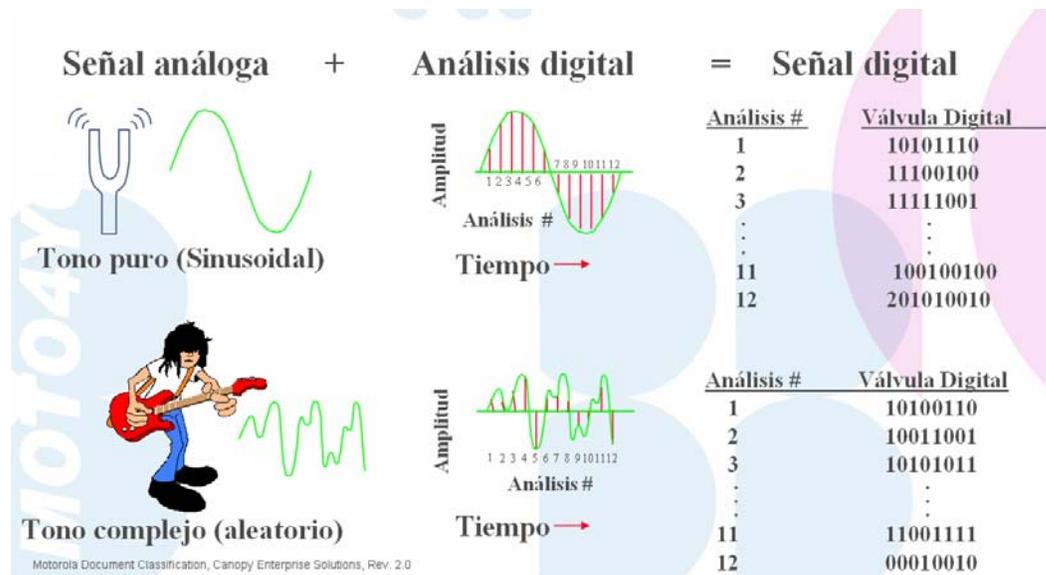
La señal digital requiere mayor ancho de banda para ser transmitida que la analógica.

Se necesita una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior, en el momento de la recepción.

La transmisión de señales digital requiere una sincronización precisa entre los tiempos del reloj de transmisor, con respecto a los del receptor. Un desfase cambia la señal recibida con respecto a la que fue transmitida.

Los cuatro procesos tienen lugar en un conversor analógico-digital.

**Figura 29. Conversión analógico-digital**



**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 44.

### 1.4.8 Fundamentos de la compresión digital

La compresión consiste en la reducción de la cantidad de datos a transmitir o grabar, pues hay que tener en cuenta que la capacidad de almacenamiento de los soportes es finita, de igual modo, que los equipos de transmisión pueden manejar sólo una determinada tasa de datos.

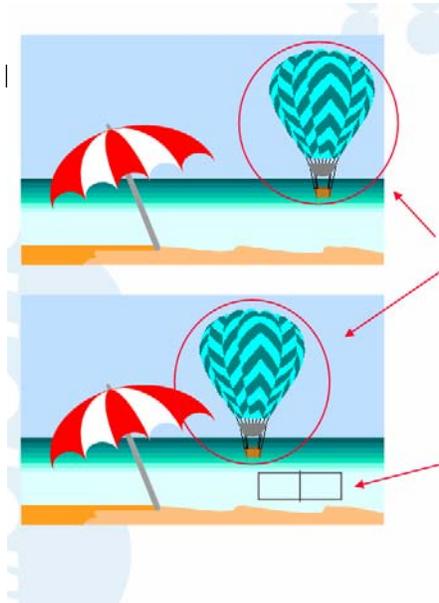
Para realizar la compresión de las señales, se usan complejos algoritmos de compresión (fórmulas matemáticas).

Hay dos tipos de compresión:

1) Compresión sin pérdidas: En esencia se transmite toda la información, pero eliminando la información repetida, agrupándola para que ocupe menos.

2) Compresión con pérdidas: Se desprecia cierta información considerada irrelevante. Este tipo de compresión puede producir pérdida de calidad en el resultado final.

**Figura 30. Compresión digital**



Algunas porciones son muy similares a zonas de cuadros subsiguientes con cierto grado de desplazamiento que se debe al movimiento de la porción.

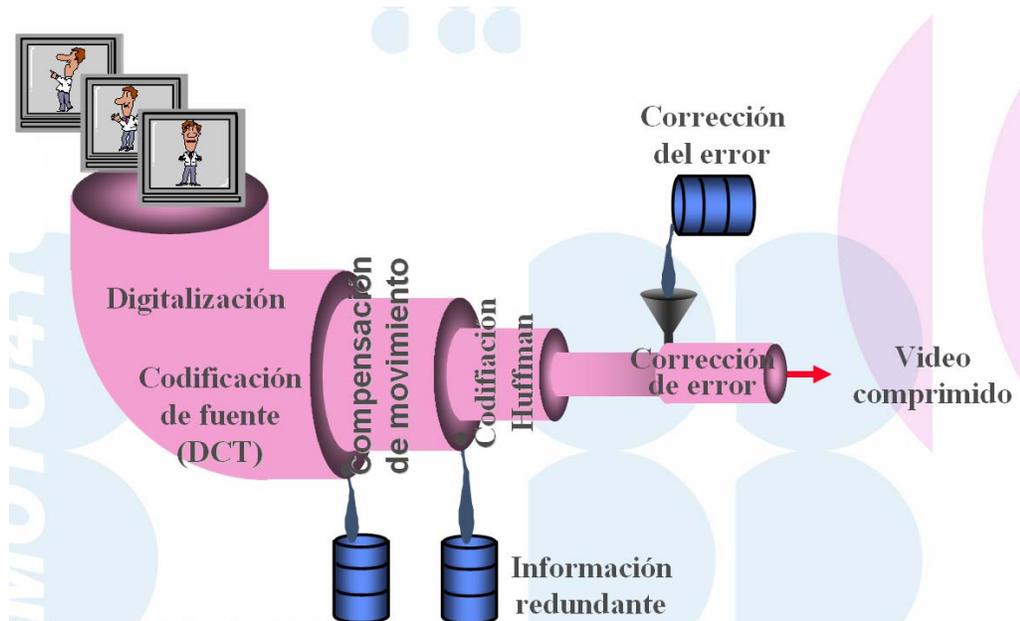
en este caso la persona caminando mientras cruza la calle donde el resto del paisaje se mantiene inerte.

Ciertas zonas pequeñas dentro de un cuadro son similares a zonas contiguas.

Esto equivale a indicar de manera de código cuales zonas consiguientes son parecidas y las cuales no incluyen movimiento con lo cual solo ciertas porciones contienen información de movimiento y diferencias entre zonas reduciendo de esta manera enormemente la información de la imagen.

**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 54.

**Figura 31. Etapas de compresión**

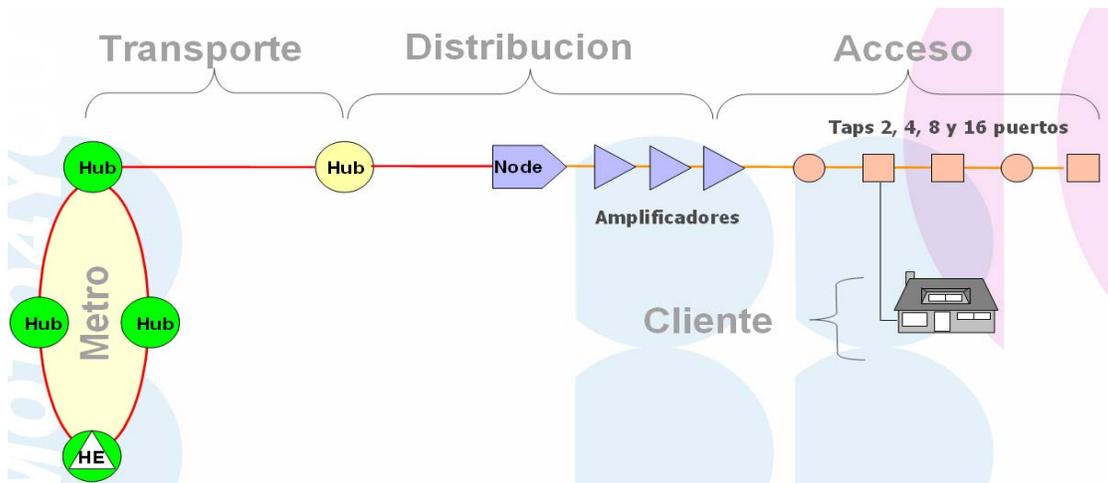


**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 54.

## 1.5 Segmentos de red HFC

Una red HFC está constituida por tres segmentos de red los cuales consisten desde el transporte donde se origina la señal pasando por la distribución y por último el acceso de la red hacia el cliente final.

**Figura 32. Segmentos de red HFC**



**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 54.

### 1.5.1 Transporte

Está constituido por la cabecera donde se origina la señal y la red de anillos de fibra que comunican la cabecera hacia los diferentes puntos (HUB) para la distribución.

### 1.5.2 Distribución

Está constituida por el nodo óptico y todos los amplificadores troncales necesarios para dar el acceso de la señal a los clientes, en esta etapa es cuando pasa la señal de fibra óptica a cable coaxial.

### 1.5.3 Acceso

Esta etapa está constituida por los dispositivos pasivos que sirven para dar el acceso al cliente final, tales como taps, Coplas, splitters.

## **1.6 El Cable coaxial.**

La construcción de cables coaxiales varía mucho. La elección del diseño afecta al tamaño, flexibilidad y propiedades del cable.

Un cable coaxial consta de un núcleo de hilo de cobre rodeado por un aislante, un apantallamiento de metal trenzado y una cubierta externa.

El apantallamiento tiene que ver con el trenzado o malla de metal (u otro material) que rodea los cables.

El apantallamiento protege los datos que se transmiten, absorbiendo el ruido, de forma que no pasa por el cable y no existe distorsión de datos. Al cable que contiene una lámina aislante y una capa de apantallamiento de metal trenzado se le llama cable apantallado doble. Para grandes interferencias, existe el apantallamiento cuádruple. Este apantallamiento consiste en dos láminas aislantes, y dos capas de apantallamiento de metal trenzado.

El núcleo de un cable coaxial transporta señales electrónicas que forman la información. Este núcleo puede ser sólido (normalmente de cobre) o de hilos.

Rodeando al núcleo existe una capa aislante dieléctrica que la separa de la malla de hilo. La malla de hilo trenzada actúa como masa, y protege al núcleo del ruido eléctrico y de la distorsión que proviene de los hilos adyacentes.

El núcleo y la malla deben estar separados uno del otro. Si llegaran a tocarse, se produciría un cortocircuito, y el ruido o las señales que se encuentren perdidas en la malla, atravesarían el hilo de cobre.

Un cortocircuito ocurre cuando dos hilos o un hilo y una tierra se ponen en contacto. Este contacto causa un flujo directo de corriente (o datos) en un camino no deseado.

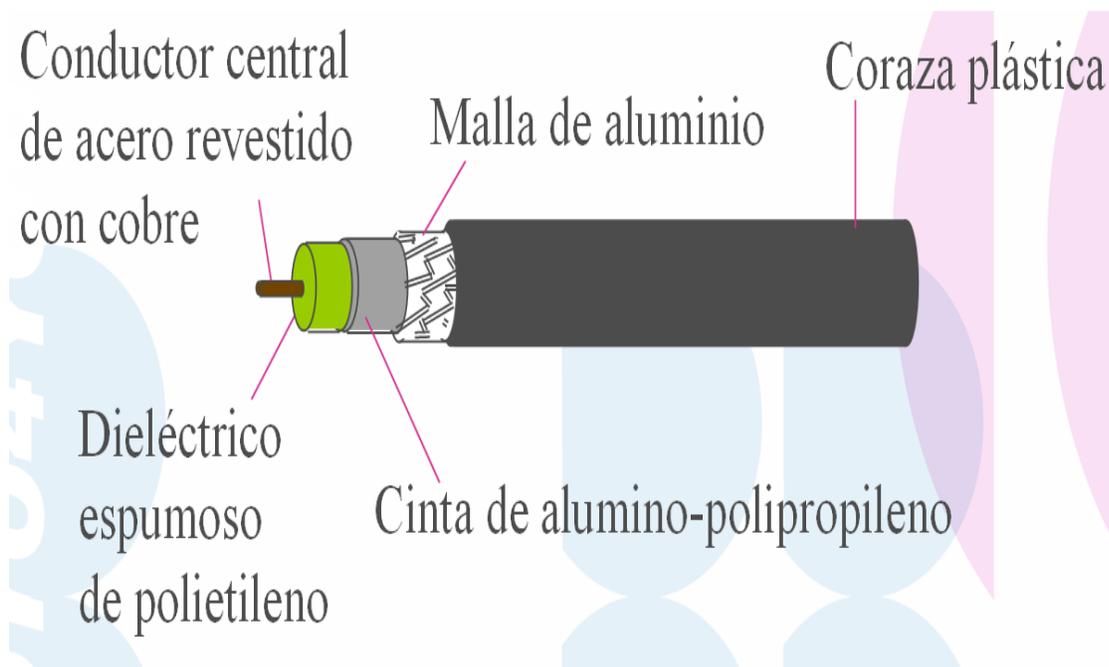
En el caso de una instalación eléctrica común, un cortocircuito causará el chispazo y el fundido del fusible o del interruptor automático. Con dispositivos electrónicos que utilizan bajos voltajes, el efecto es menor, y casi no se detecta. Estos cortocircuitos de bajo voltaje causan un fallo en el dispositivo y lo normal es que se pierdan los datos que se estaban transfiriendo.

Una cubierta exterior no conductora (normalmente hecha de goma, teflón o plástico) rodea todo el cable, para evitar las posibles descargas eléctricas.

El cable coaxial es más resistente a interferencias y atenuación que el cable de par trenzado, por esto hubo un tiempo que fue el más usado.

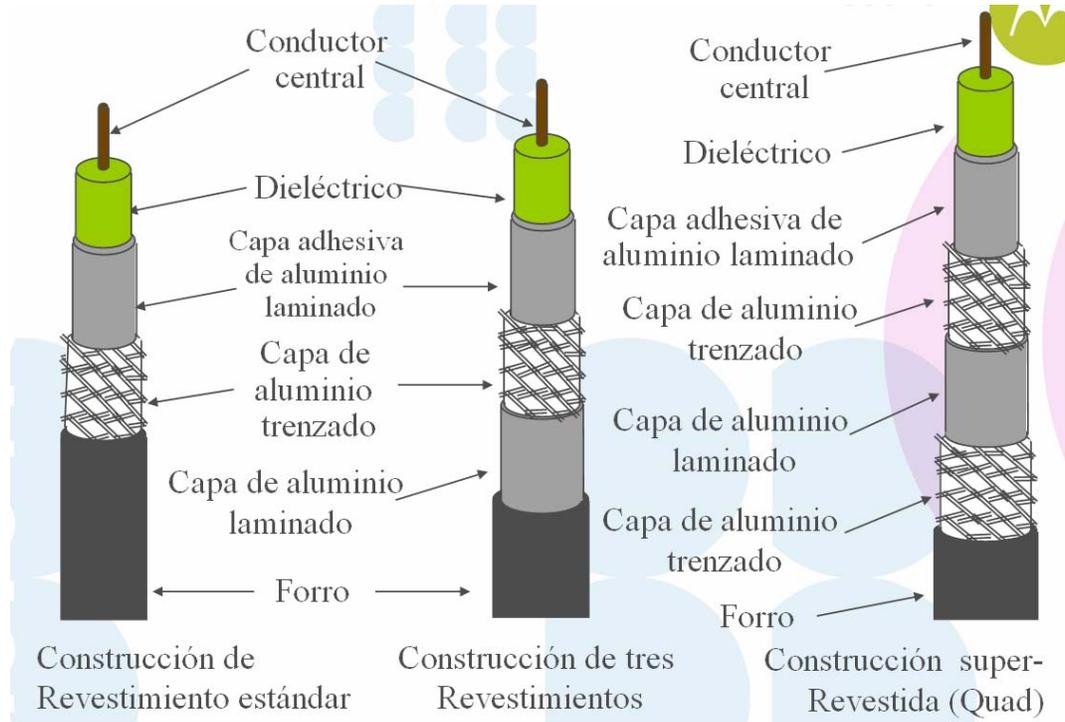
La malla de hilos absorbe las señales electrónicas perdidas, de forma que no afecten a los datos que se envían a través del cable interno. Por esta razón, el cable coaxial es una buena opción para grandes distancias y para soportar de forma fiable grandes cantidades de datos con un sistema sencillo.

**Figura 33. Composición de cables coaxiales típicos**



**Fuente:** Motorola *Canopy Enterprise solutions Rev 2.0*. Página 110.

**Figura 34. Construcción de diferentes tipos de cable coaxial**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Pagina 111.

### 1.6.1 Cálculo de la impedancia del cable coaxial

La Impedancia Z del cable coaxial es calculada por medio de la ecuación.

$$Z = \frac{138}{\sqrt{K}} \times \text{Log} \left( \frac{D_o}{d_i} \right)$$

Donde  $d_i$  = Es el diámetro interior del conductor

$D_o$  = Diámetro exterior del conductor

K = Constante Dieléctrica

La variable K es especificada por el fabricante.

Calculando la impedancia de un cable RG-500 usado para la distribución en una red HFC tenemos

$D_o = 0.349''$ ,  $d_i = 0.1''$  y  $K = 1.0$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{138}{\sqrt{1.0}} \times \text{Log} \left( \frac{0.349}{0.1} \right) \\ &= 138 \times \text{Log}(3.49) \\ &= 74.9 \text{ Ohms} \end{aligned}$$

### **1.7 Fibra óptica**

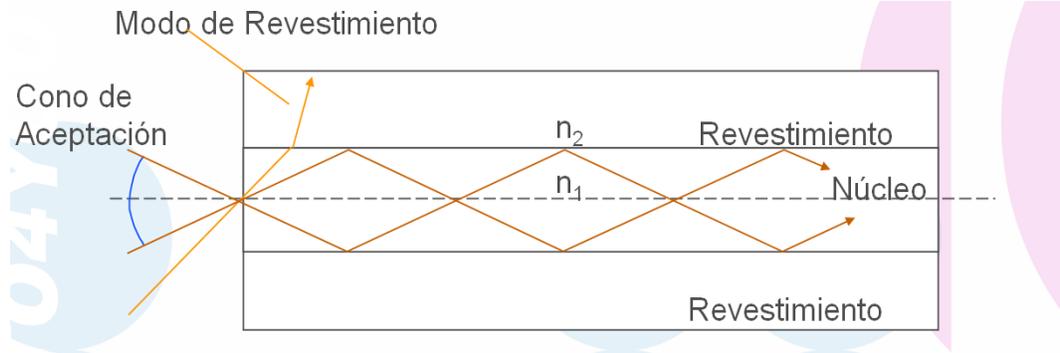
La fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un láser o un LED.

Las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mayor que las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia. Tienen un costo elevado.

Los principios básicos de funcionamiento se justifican aplicando las leyes de la óptica geométrica, principalmente, la ley de la refracción (principio de reflexión interna total) y la ley de Snell.

Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el núcleo, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

**Figura 35. Reflexión Interna**



**Fuente:** [www.monografias.com](http://www.monografias.com) fibra óptica

$n$  = Índice de Refracción

Si  $n_2 < n_1$  Luego la Reflexión interna total ocurre para aquellos rayos de luz (modos) dentro del cono de aceptación.

### 1.7.1 Ventajas y desventajas de la fibra óptica

#### 1.7.1.1 Ventajas

Su ancho de banda es muy grande (teóricamente de hasta 1THz), mediante técnicas de multiplexación por división de frecuencias (WDM/DWDM), que permiten enviar hasta 100 haces de luz (cada uno con una longitud de onda diferente) a una velocidad de 10Gb/s cada uno por una misma fibra, se llegan a obtener velocidades de transmisión totales de 10Tb/s.

Es inmune totalmente a las interferencias electromagnéticas.

#### 1.7.1.2 Desventajas

A pesar de las ventajas antes enumeradas, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más relevantes las siguientes:

La alta fragilidad de las fibras.

Necesidad de usar transmisores y receptores más caros

Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de rotura del cable.

No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.

La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.

La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.

No existen memorias ópticas.

### **1.7.3 Tipos de fibras ópticas**

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación. Y según el modo de propagación tendremos dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo.

#### **1.7.3.1 Fibra multimodo**

Una fibra multimodo es aquella que puede propagar más de un modo de luz. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de diseñar y económico.

Su distancia máxima es de 2 km y usan diodos láser de baja intensidad.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

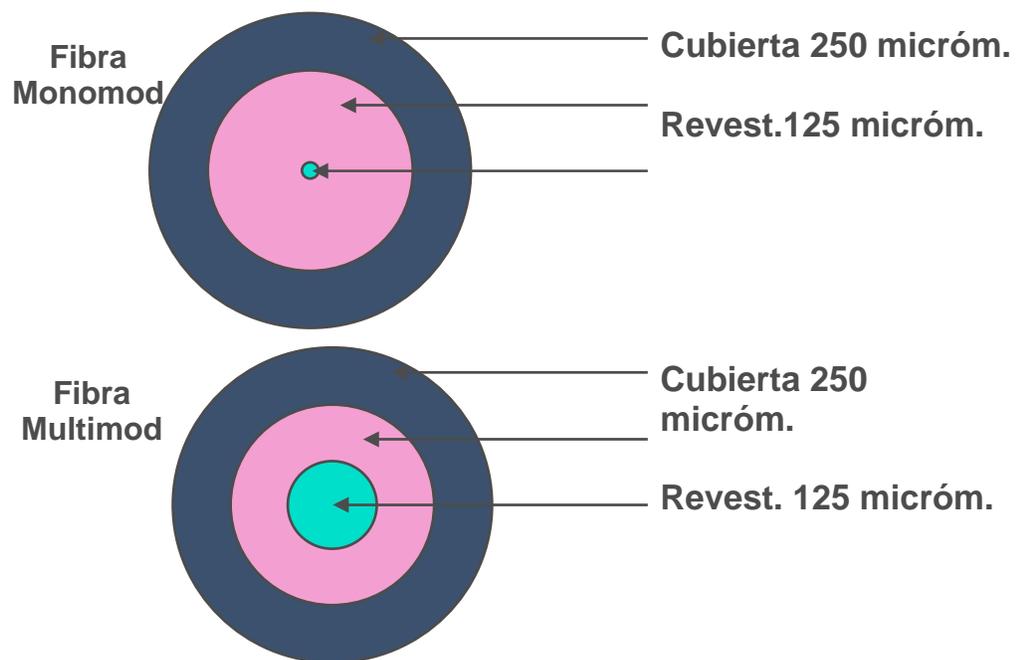
Índice escalonado: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.

Índice gradual: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

### 1.7.3.2 Fibra monomodo

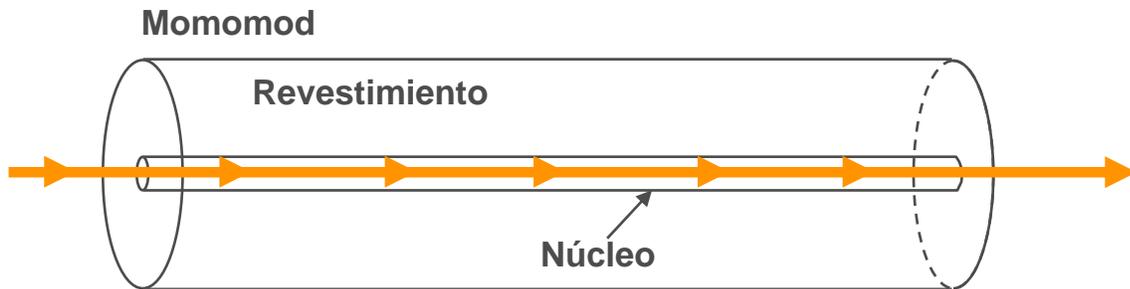
Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 100 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s).

**Figura 36. Tipos de fibras**



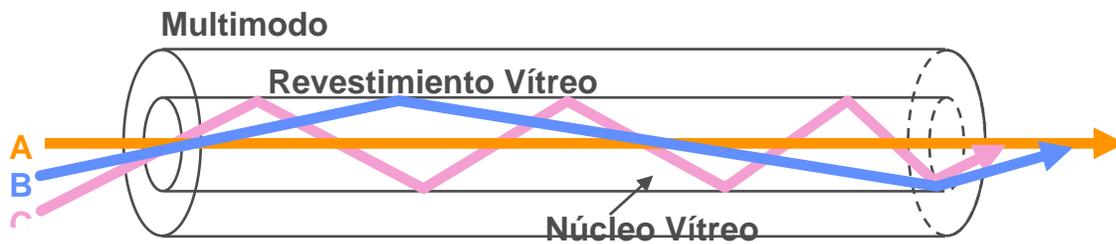
Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com), fibras ópticas.

**Figura 37: Fibra monomodo**



Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com), fibras ópticas

**Figura 38. Fibra multimodo**



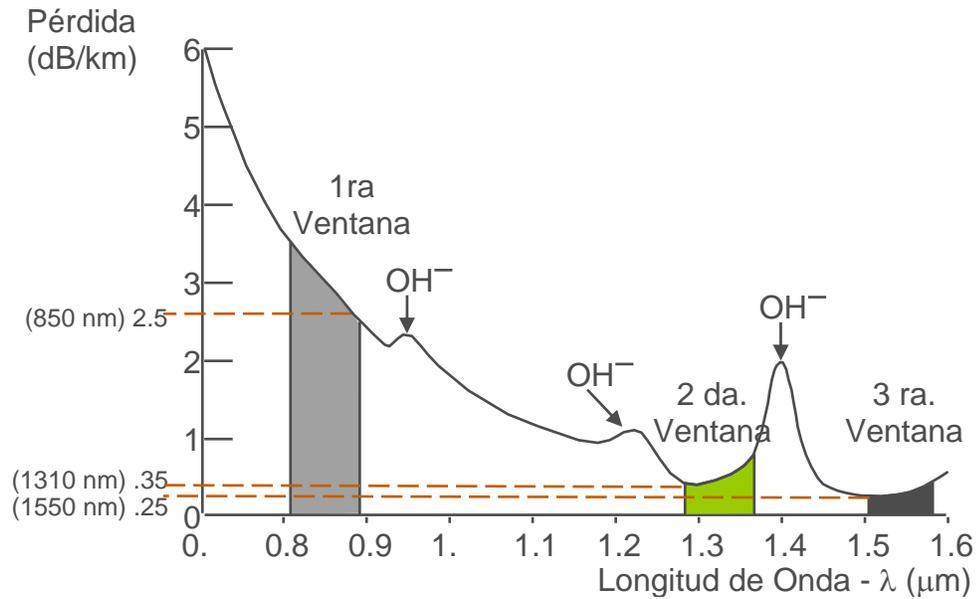
Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com), fibras ópticas

#### 1.7.4 Pérdidas en fibra óptica

**Tabla II** Pérdidas en fibras ópticas

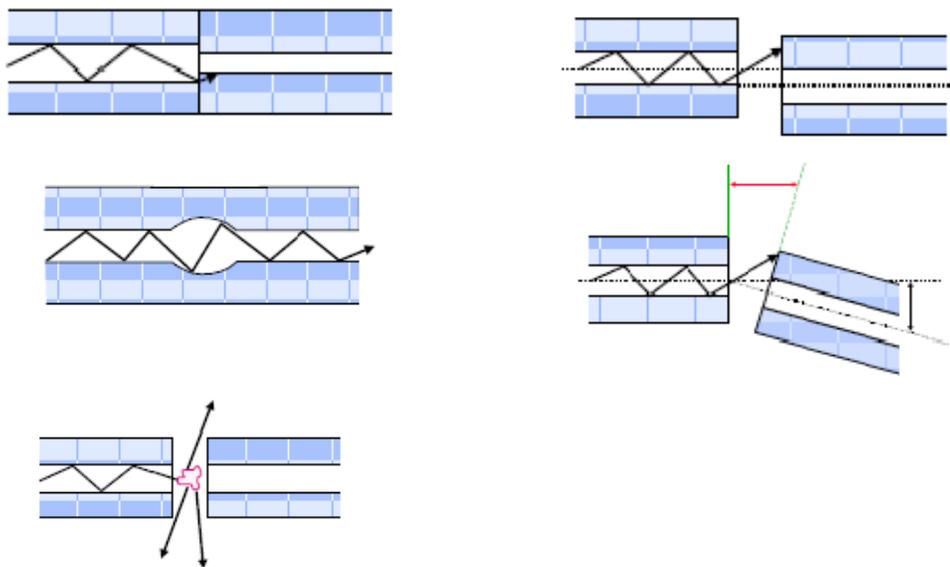
Tipo de Cable	Longitud de Onda (nm)		
	850	1310	1550
Monomodo	2.5	.35	.21
Multimodo	4.0	.60	.45

**Figura 39: Pérdida espectral de una fibra mostrando sus ventanas de operación más usuales**



**Fuente:** ADC *Telecommunications*, fibra óptica. Página 56.

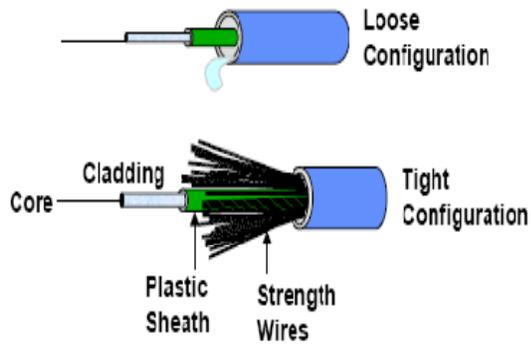
**Figura 40. Pérdidas de Luz en fibras ópticas**



**Fuente:** ADC *Telecommunications*, fibra óptica. Página 75.

### 1.7.5 Guía de ubicación de fibras ópticas

Figura 41. Código de colores para fibras ópticas



Fuente: ADC Telecommunications, fibra óptica. Página 85.

Tabla III. Código de colores para fibras ópticas

	<b>BINDER COLOR</b>					
FIBER LOCATOR GUIDE	B L U E	O R A N G E	G R E N	B R O W N	S L A T E	W H I T E
<b>FIBER COLOR</b>	<b>FIBER NUMBER FOR 6 FIBER BUNDLES</b>					
BLUE	1	7	13	19	25	31
ORANGE	2	8	14	20	26	32
GREEN	3	9	15	21	27	33
BROWN	4	10	16	22	28	34
SLATE	5	11	17	23	29	35
WHITE	6	12	18	24	30	36

### 1.7.6 Empalmes en fibras ópticas

Para la instalación de sistemas de fibra óptica es necesario utilizar técnicas y dispositivos de interconexión como empalmes y conectores.

Los conectores son dispositivos mecánicos utilizados para recoger la mayor cantidad de luz. Realizan la conexión del emisor y receptor óptico.

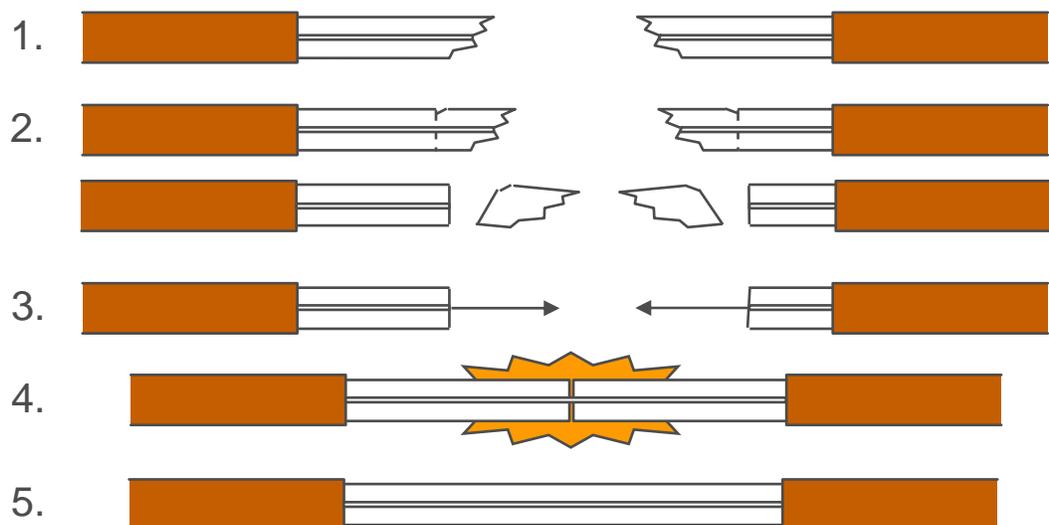
En caso de que los núcleos no se empalmen perfecta y uniformemente, una parte de la luz que sale de un núcleo no incide en el otro núcleo y se pierde. Por tanto las pérdidas que se introducen por esta causa pueden constituir un factor muy importante en el diseño de sistemas de transmisión, particularmente en enlaces de telecomunicaciones de gran distancia.

#### 1.7.6.1 Empalmes por fusión

Se realiza fundiendo el núcleo, siguiendo las etapas de:

- a) preparación y corte de los extremos
- b) alineamiento de las fibras
- c) soldadura por fusión
- d) protección del empalme

**Figura 42. Empalme por fusión**



**Fuente:** ADC *Telecommunications*, fibra óptica. Página 93

### 1.7.6.2 Empalme mecánico

Este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente, es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente. Consta de un elemento de auto alineamiento y sujeción de las fibras y de un adhesivo adaptador de índice que fija los extremos de las fibras permanentemente.

Después de realizado el empalme de la fibra óptica se debe proteger con:

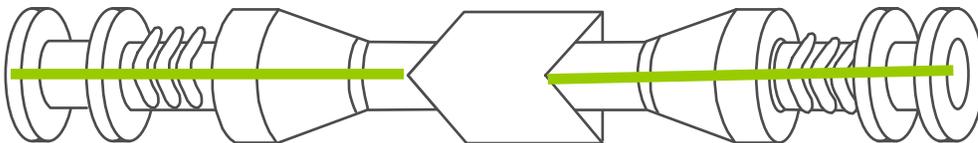
- a) manguitos metálicos
- b) manguitos termoretráctiles
- c) manguitos plásticos.

En todos los casos para el sellado del manguito se utiliza adhesivo o resina de secado rápido.

Introducen pérdidas del orden de 1 dB. Se coloca un gel de “matching” del índice de refracción en la cámara de unión de las dos fibras. Son relativamente fáciles de instalar, y no se requiere de herramientas costosas.

Son adecuados para una emergencia, pero la práctica habitual es reemplazarlos luego por un empalme de fusión.

**Figura 43. Empalme mecánico**

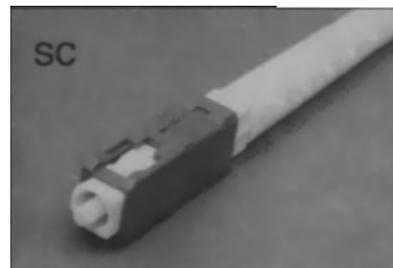
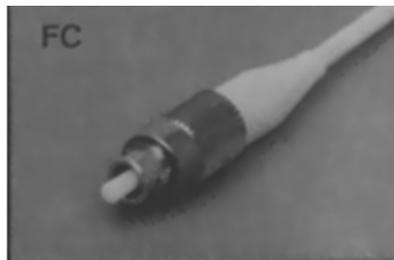


### 1.7.7 Conectorización de fibra óptica

Los conectores más comunes usados en la fibra óptica para redes de área local son los conectores ST y SC. El conector SC (*Straight Connection*) es un conector de inserción directa que suele utilizarse en conmutadores Ethernet de tipo Gigabit. El conector ST (*Straight Tip*) es un conector similar al SC, pero

requiere un giro del conector para su inserción, de modo similar a los conectores coaxiales.

**Figura 44. Conectores FC y SC**



#### **1.7.7.1 Connector SPC (*super polish connector*)**

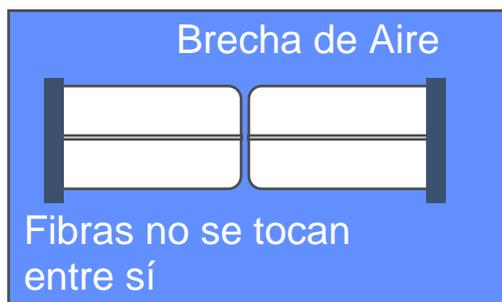
Los conectores utilizan un sistema de resortes para mantener las fibras en estrecho contacto unas con otras.

La terminación de tipo Súper PC (SPC) se pule y redondea, mejorando así la pérdida de retorno hasta  $>-45$ .

El pulido de la terminación de tipo Ultra PC (UPC) es mejorado respecto del tipo Súper PC, el cual es pulido aún más para mejorar la pérdida de retorno hasta  $>-55$ .

La pérdida de retorno se degrada extremadamente si el conector no está apareado con otro conector o con el terminador.

**Figura 45. Conector SPC**



- **Peor Pérdida de Retorno:  $> -30$  dB**
- **Conector común para Fibra Multimodo.**

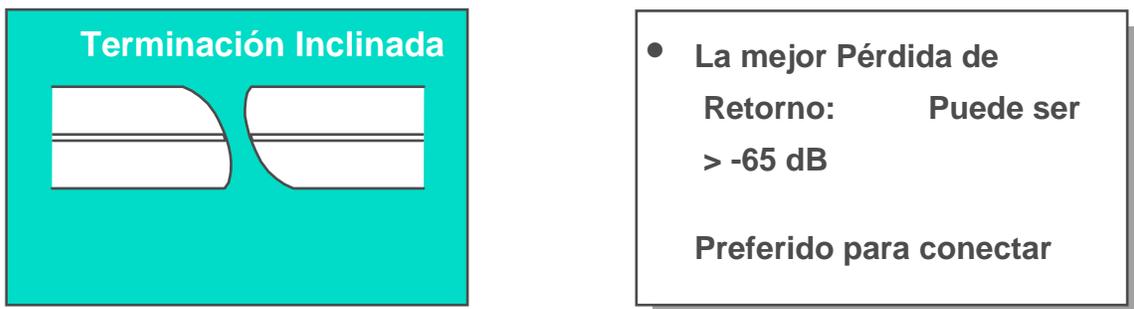
**Fuente:** ADC Telecommunications, fibra óptica. Página 99

### 1.7.7.2 Conector APC (*angle physical contact/angle polish connector*)

La cara terminal del conector se pule a 8, 10 ó 12 grados lo que causa que la reflexión sea dirigida hacia el revestimiento, en vez de dirigirse hacia atrás en la fibra.

Este es el conector preferido, dado que la pérdida de retorno no está extremadamente degradada si el conector no está apareado con otro conector o terminación.

**Figura 46. Conector APC**



**Fuente:** ADC *Telecommunications*, fibra óptica. Página 99

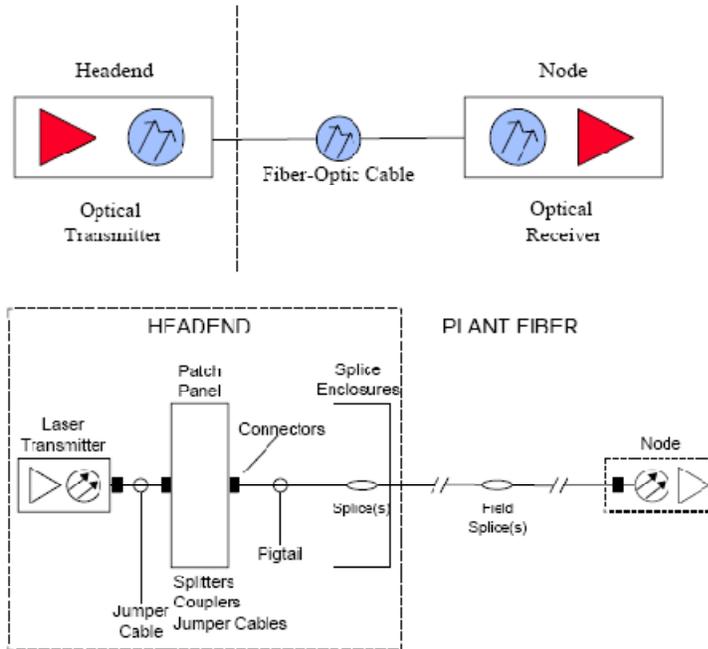
## 1.8 Transmisión óptica en redes HFC

Las dos formas de transmitir sobre una fibra son conocidas como transmisión en modo simple y multimodo.

En el modo simple (también llamado monomodo), se transmite un haz de luz por cada fibra y, dadas sus características de transmisión, es posible que el haz se propague a decenas de kilómetros.

Por ello, este tipo de fibra es muy común en enlaces de larga distancia, como la interconexión de centrales telefónicas, para este caso sería la transmisión de la señal desde la cabecera hasta el receptor óptico.

**Figura 47. Transmisión óptica en redes HFC**



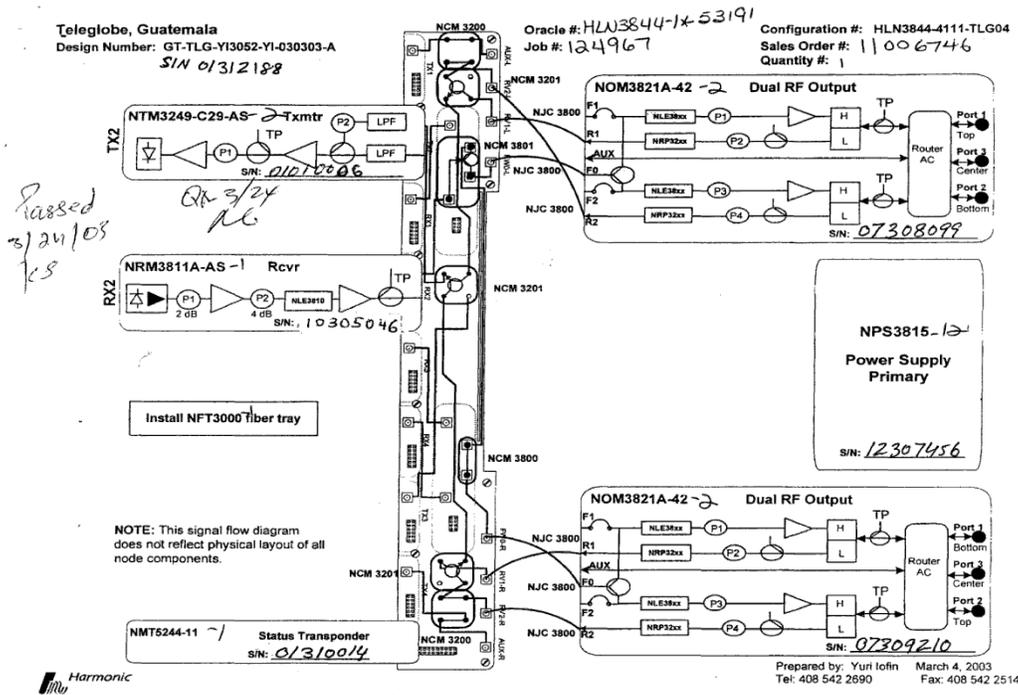
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Pagina 144.

### 1.8.1 Nodos óptico

Es el equipo por medio del cual se hace la conversión de señal óptica proveniente de headend, en RF que será aplicada a las líneas troncales periféricas al nodo.

- Partes de un nodo óptico
- Housing*
- Fuentes
- Tarjeta de interconexión y enrutado.
- Tarjetas transmisoras.
- Tarjetas receptoras.
- Pasivos de enrutado.
- Jumpers.
- Tarjeta de monitoreo

Figura 48. Esquema nodo óptico

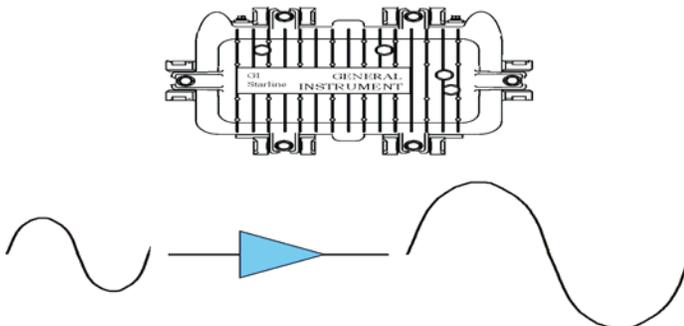


Fuente: Curso redes HFC Intelgua 2006. Página 35

### 1.9 Amplificadores RF (radio frecuencia)

Los amplificadores se utilizan para mantener la ganancia unitaria del sistema de distribución. La compensación para las pérdidas ocurre cuando los

Figura 49. Amplificadores de RF



Fuente: Curso redes HFC Intelgua 2006. Página 16

niveles de la señal bajan a menos del las normas de diseño predeterminadas para conservar el buen funcionamiento de la red.

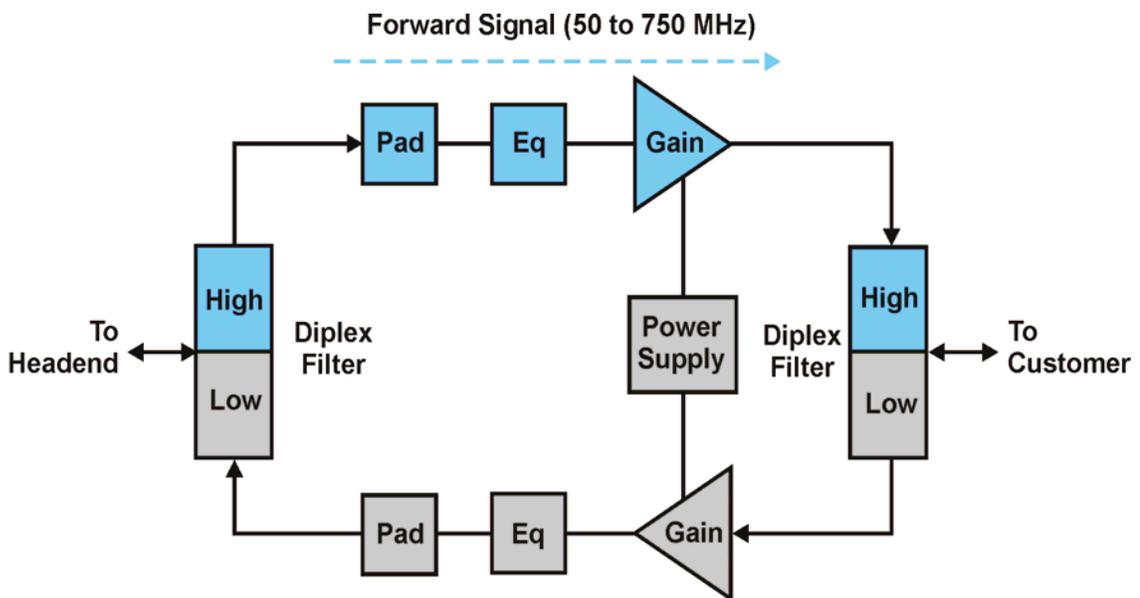
Las señales de avanzada y retorno viajan sobre el mismo cable coaxial en bandas especificadas en el espectro

-El diplex filter separa las bajas de las altas frecuencias en 2 rutas.

Las Altas Frecuencias designadas al Forward viajan en el sentido del HE al Cliente típicamente de 50 a 750 Mhz.

-Las Bajas Frecuencias designadas al Retorno viajan en el sentido opuesto típicamente de 5 a 40 Mhz.

**Figura 50. Ruta de avanzada interna en el amplificador**



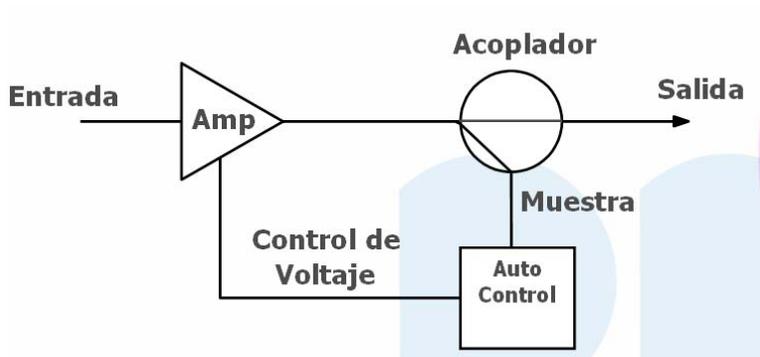
**Fuente:** Curso redes HFC Intelgua 2006. Página 40

### 1.9.1 Control automático de ganancia

El control automático de ganancia muestrea el nivel de señal y ajusta la salida de ganancia usando los voltajes de control de DC para mantener la señal de salida deseada.

El AGC ajusta las variaciones de temperatura en el ambiente.

**Figura 51. Control automático de ganancia**



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 153.

### **1.9.2 Tipos de amplificadores RF**

- a) Amplificador System Two. (SII), 2 salidas de Rf
- b) Amplificador System Three (SIII), 3 Salidas de RF
- c) Amplificador Gain Maker (GM), 4 Salidas de Rf
- d) Amplificador Line Extender System (LES), 1 entrada, 1 salida
- e) Amplificador Line Extender Gain Maker (LEGM), 1 entrada 1 salida

### **1.9.3 Conceptos básicos componentes en amplificadores de RF**

#### **1.9.3.1 Splitter (divisor)**

Componente que consiste en elementos pasivos (generalmente bobinas de RF), los cuales provee una división de la señal de forma tal que pueda ser distribuida a dos o más puntos, con una atenuación proporcional al número de estos.

De tal forma que típicamente:

Un splitter de 2 vías da una atenuación de 3.5 dB en cada salida.

### **1.9.3.2 Copla direccional**

Es un elemento pasivo que sirve para distribuir la señal de una forma NO equitativa dando a una salida con mas nivel que a la otra (típicamente 8, 12 ó 16 dB menos), llamándose salida limpia y tap respectivamente.

### **1.9.3.3 Pad (atenuadores)**

Elementos pasivos, que consisten en una red resistiva de tres puertos, la cual es calculada de tal forma que introduzca una atenuación determinada entre sus puertos de entrada y salida.

Están dimensionados en decibeles y décimas de decibeles.

### **1.9.3.4 Ecuallizadores**

Son filtros de tres puertos (*in*, *out* y *gnd*), los cuales proveen una respuesta en frecuencia no constante, dando una mayor atenuación a las frecuencias menores.

Vienen dimensionados en decibeles y determinada su curva por la frecuencia de operación.

### **1.9.3.5 Diplexores**

Son filtros, cuya misión principal es la de separar (en el caso de los de entrada) o mezclar (en el caso de los de salida), las frecuencias de retorno (bajas, low o L) y las frecuencias de forward (altas, high o H), para su procesamiento por aparte en los amplificadores troncales

### **1.9.3.6 Test points**

Son puntos de toma de mediciones en los amplificadores, en algunos casos pueden ser utilizados también como punto de inyección de señal de retorno.

Generalmente suponen una atenuación de 10 ó 20 decibeles.

También existen los puntos de prueba de voltaje los cuales permiten verificar la tensión entrante al amplificador (AC test- punto blanco) y el voltaje a la salida de la fuente de alimentación interna (DC test-punto rojo).

### **1.9.3.7 Housing (Carcaza)**

Es el elemento metálico especial que sirve de protección tanto mecánica como eléctrica al modulo troncal.

Posee dos empaques:

Metálico: que sirve para evitar ingreso y fuga de RF.

Hule: que sirve para evitar el ingreso de humedad.

**IMPORTANTE:** Para el cierre efectivo del housing debe de seguirse una secuencia de aprieta así como un torque específico para los tornillos.

### **1.9.3.8 Seizures**

Son los elementos encargados de proveer la conexión tanto de RF como de AC entre el conector pin y el módulo troncal, van montados por rosca en el housing.

Son los puntos de mayor incidencia de fallas si no se montan adecuadamente y no se sigue la secuencia correcta de colocación de los fusibles.

Vienen en distintos colores, según su capacidad de conducción de corrientes

#### **1.9.3.8.1 Capacidad de Seizures**

Negro 10 amperios.

Blanco 12 amperios.

Azul 15 amperios.

**IMPORTANTE:** Solamente deben colocarse seizures hembras y machos del mismo color.

## **2. ARQUITECTURA O DISEÑO DE REDES HFC**

### **2.1 Levantamiento catastral previo al diseño**

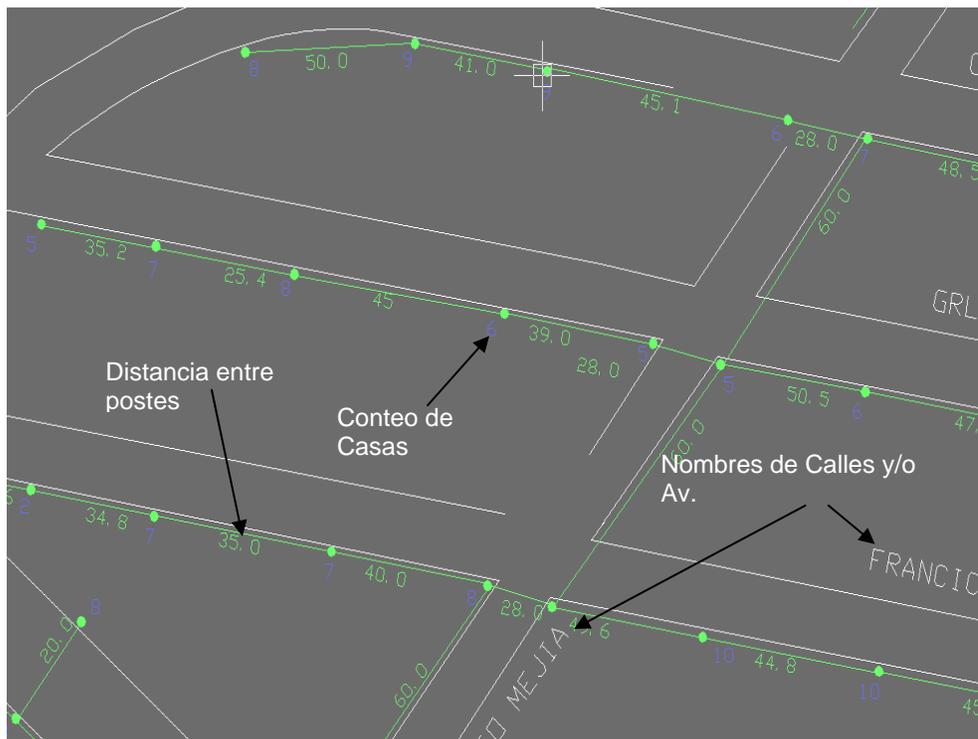
El levantamiento catastral se hace caminando por el lugar donde se desee diseñar, tomando en cuenta todos los requerimientos que son utilizados para el posterior diseño del área levantada. Teniendo especial cuidado de tomar todos los datos para no regresar dos veces al mismo lugar.

#### **2.1.1 Requerimiento de los planos**

- 1) Calles primarias y secundarias indicadas en el plano digital en escala.
- 2) Los nombres de las calles deben de estar indicadas en el plano verificado en campo durante el levantamiento.
- 3) Indicar las distancias entre postes.
- 4) Límite de las ciudades marcado en los planos
- 5) Lista por escrito de los layers del dibujo existente.
- 6) Levantamiento (postes, distancias)
- 7) Calles
- 8) Conteo de casas
- 9) Nombres de las calles indicadas en los planos
- 10) Áreas que no se van a diseñar indicadas en el plano.
- 11) Conteo potencial de casas, indicado por cada poste en formato de texto.
- 12) Indicar en los planos la información de los apartamentos.
- 13) Indicar en los planos las acometidas fuera de las normas.
- 14) Planta Subterránea – ubicación de los pedestales / registros
- 15) Planta Subterránea – distancias dentro los registros / pedestales
- 16) Planta Subterránea – tamaño de lo registros / pedestales
- 17) Planta Subterránea – Conteo de casas pasado por registro
- 18) Apartamentos – Planos de del cableado de telefonía para distintos apartamentos.

- 20) Planta Subterránea – Tamaño y cantidades de ductos disponible.
- 21) Escala de los planos.
- 22) Indicar en los planos las rutas de las fibras existentes.
- 23) Indicar en el plano las aéreas de expansiones (crecimiento).
- 24) Apartamentos – de que postes se alimentan.
- 25) Direcciones de las casas
- 26) Condiciones de la postearía

**Figura 52. Ejemplo de levantamiento terminado**



**Fuente:** Requerimientos de Telmex para diseño HFC. Página 7

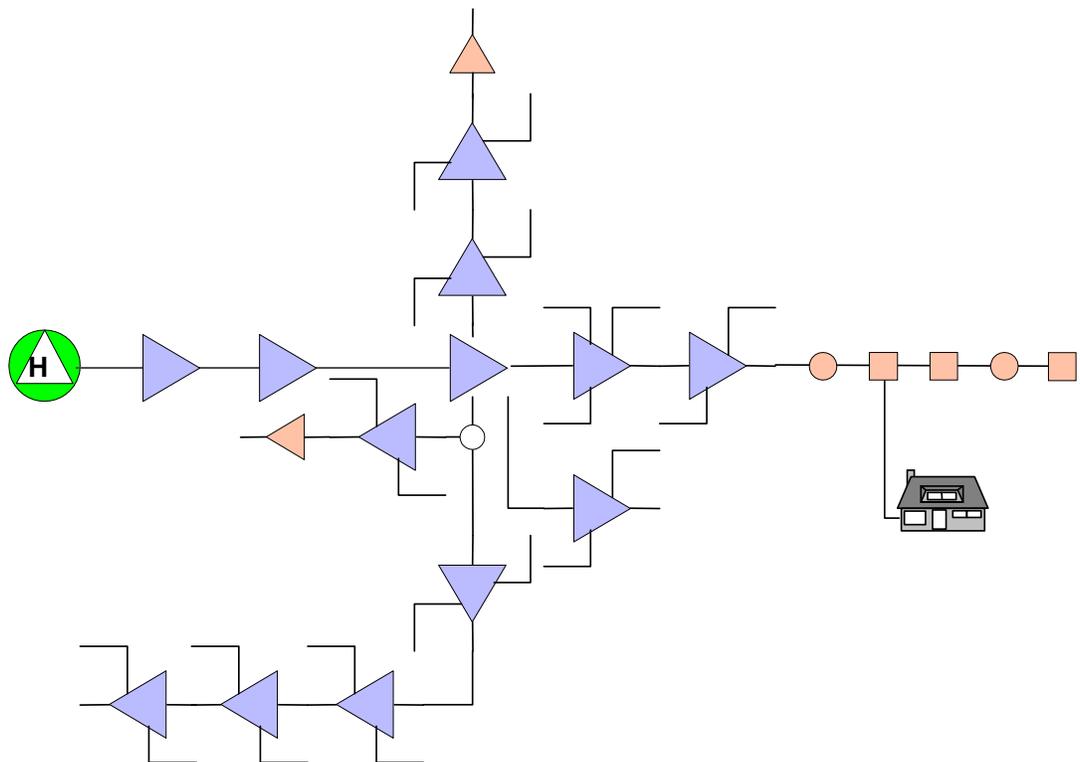
## 2.2 Arquitecturas de red

### 2.2.1 Árbol y ramas (tree and branch)

Esta es la arquitectura original usada para el servicio de CATV. Sus cualidades son:

- Largas cascadas de amplificadores la caracterizan (40+).
- Sin derivadores entre los amplificadores troncales.
- Derivadores en los cables de alimentación
- Extensores de línea en la cascada.
- Acondicionado para servicios de video.
- Bajo desempeño, confiabilidad y alto costo

**Figura 53. Arquitectura árbol y ramas usada en los inicios de las redes de CATV**



**Fuente:** Motorola Canopy enterprises solutions Rev 2.0. Página 61.

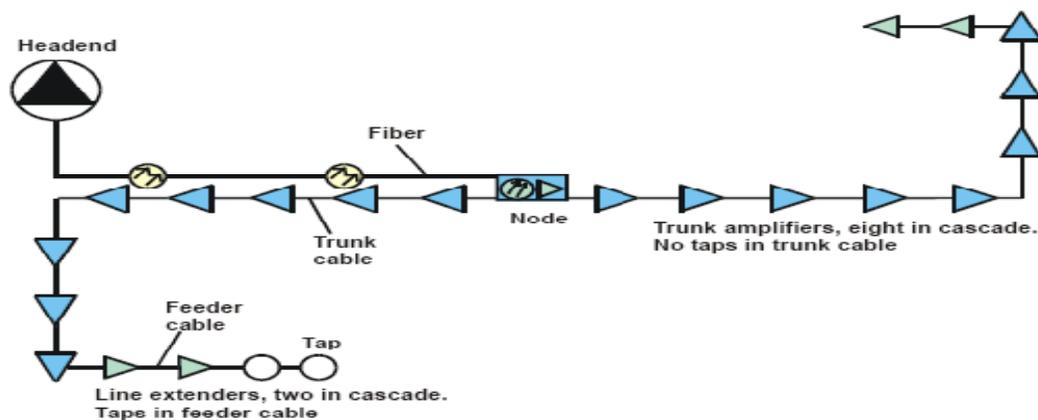
### 2.2.2 Fiber backbone

Este fue el método inicial de desarrollo e implementación de fibras donde los nodos fueron colgados en segmentos de la red en las áreas de servicio más pequeñas (5mil a 10mil casas pasadas) para reducir las cascadas de amplificadores e incrementar el desempeño.

Adicionalmente incrementó el desempeño del retorno y su capacidad.

Solo un pequeño porcentaje de sistemas nuevos implementaron esta arquitectura.

**Figura 54. Arquitectura *fiber backbone***



**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 62.

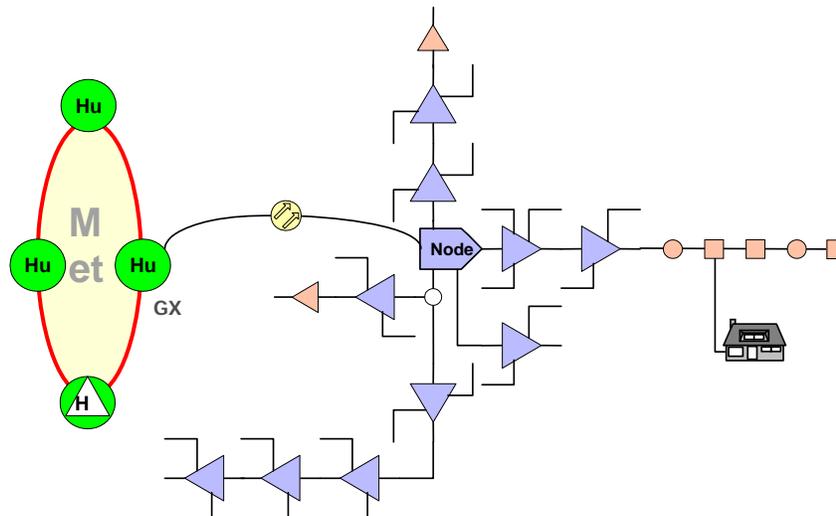
### 2.2.3 Arquitectura HFC híbrido fibra-coaxial

Es la arquitectura de red más usada, se introduce dentro de la red segmentándola, reduce las cascadas de amplificadores incrementando el desempeño, confiabilidad y reduciendo el alto costo por uso de amplificadores, incrementa la capacidad de desempeño del retorno.

El cable de fibra óptica es inmune a los tradicionales problemas como las variaciones de Temperatura e interferencias de RF.

Flexible adecuándola para Video, Voz, Datos y Servicios interactivos.

**Figura 55. Arquitectura HFC**

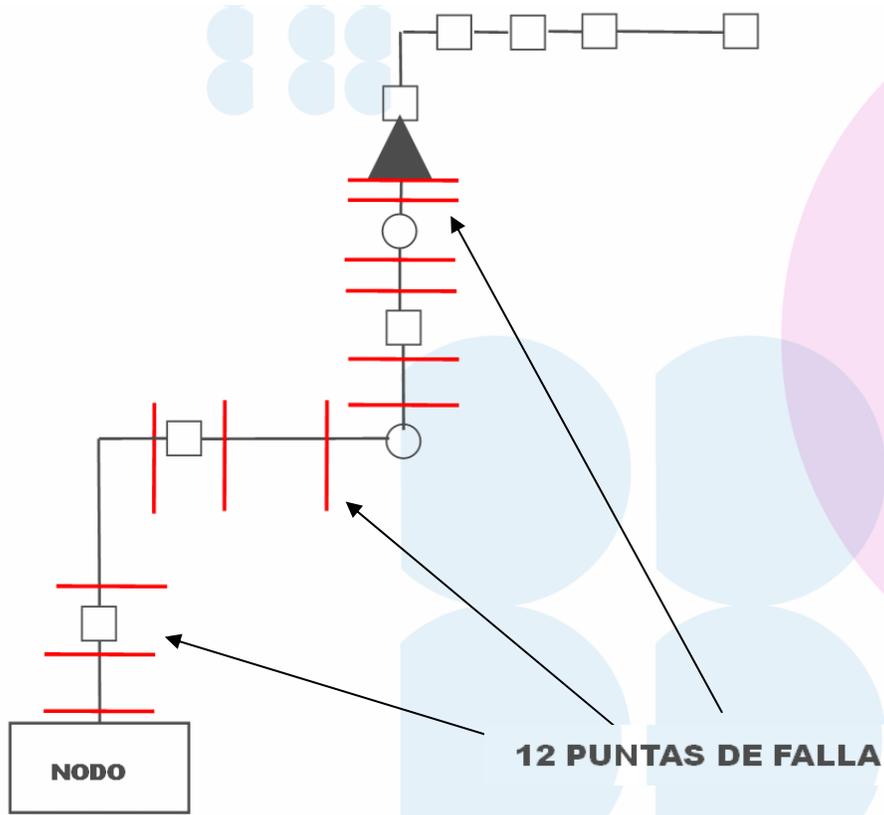


**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 64.

### **2.2.3.1 Diseño convencional HFC**

Este diseño consiste en que la distribución se hace a partir del nodo y cuando los niveles de señal están bajos se colocan amplificadores en cascada, el problema de este tipo de diseño son los múltiples puntos de falla al estar tapeada la red que interconecta los amplificadores con el nodo.

**Figura 56.** Puntos de falla en el diseño convencional



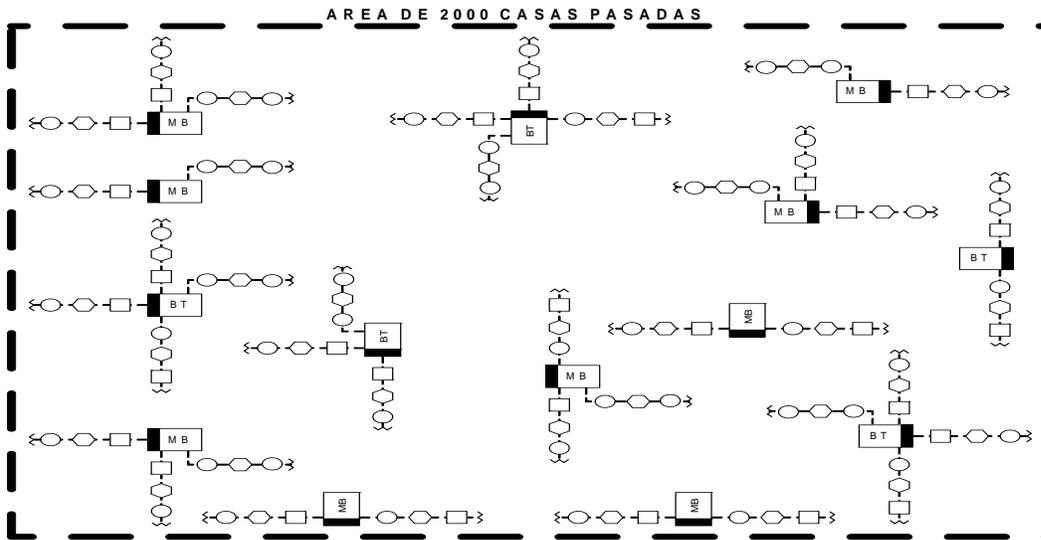
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 66.

### **2.2.3.2 Arquitectura blaster o AENABAC. (arquitectura estratégica de niveles de banda ancha para aumentar confiabilidad)**

Este tipo de Arquitectura consiste en crear una red troncal exclusiva para los amplificadores, separada de la red de distribución que sale de cada amplificador, esto reduce considerablemente los puntos de falla y aumenta su confiabilidad.

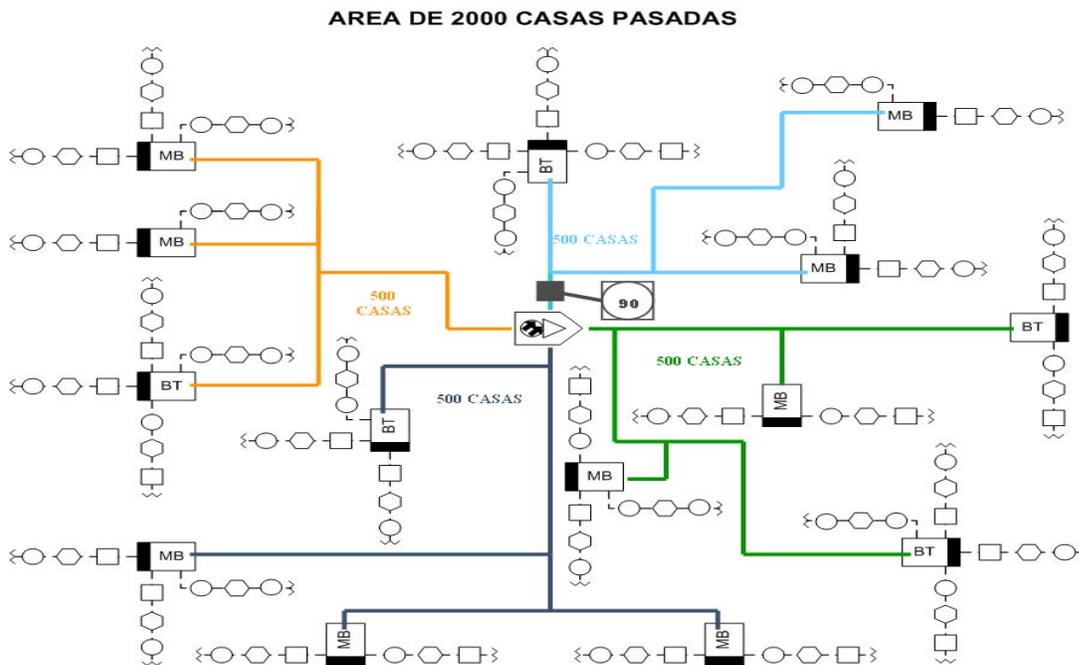


**Figura 58. BLASTER - Área de servicio con multicélulas**



Fuente: Motorola Canopy enterprises solutions Rev 2.0. Página 72.

**Figura 59. Diseño BLASTER**

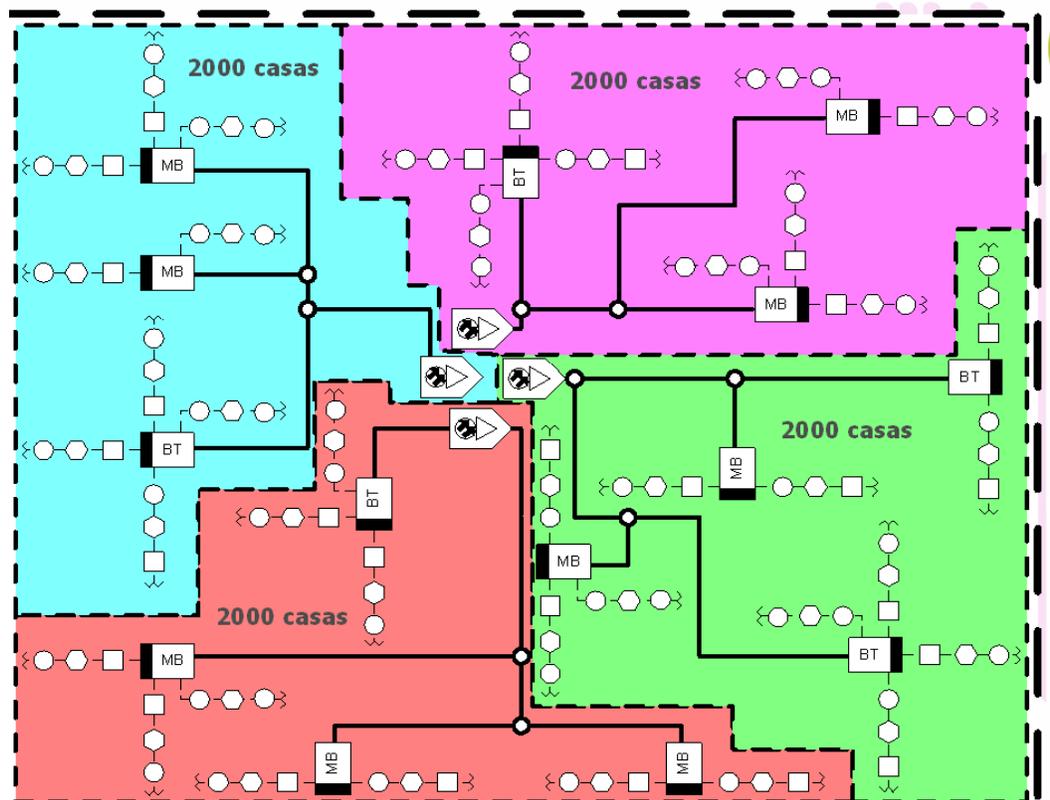


Fuente: Motorola Canopy enterprises solutions Rev 2.0. Página 73.

Se coloca el nodo y se conectan las células. El número de activos por cada rama es determinado por la densidad y el tamaño del nodo.

Cuando se necesita dar cobertura a una área mayor de 2000 casas se requiere segmentar el área en grandes células conformadas por nodos, los cuales se reparten la demanda.

**Figura 60. Diseño blaster segmentado por nodos total 8000 casas pasadas**



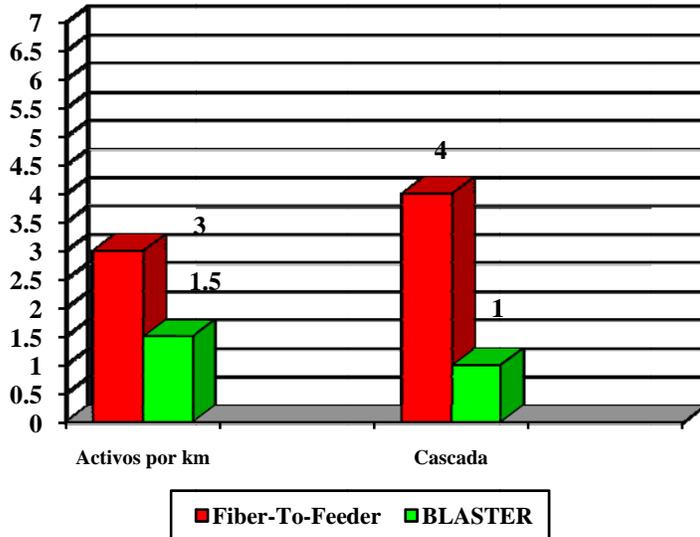
**Fuente:** Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0. Pagina 75.*

### **2.3 Comparación de Diseños**

#### **2.3.1 BLASTER contra fiber-to-feeder**

Área 9.5 KM Con una densidad de 210 casa por KM Nodo de 2,000 casas pasadas

Figura 61. Comparación entre diseños *blaster* y *fiber to feeder*



Diseño Blaster 17 Activos.

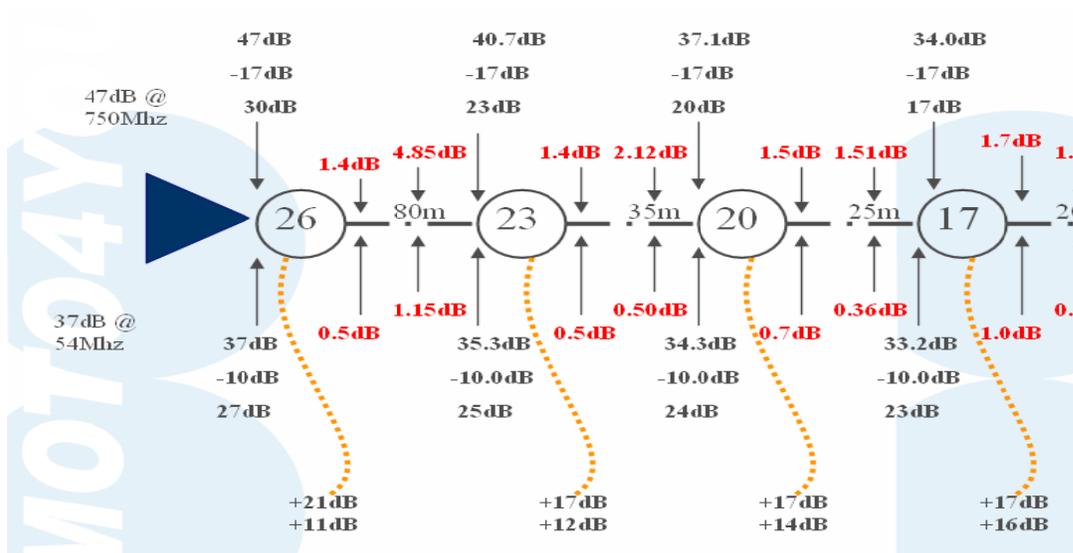
Diseño Fiber to Feeder 28 activos

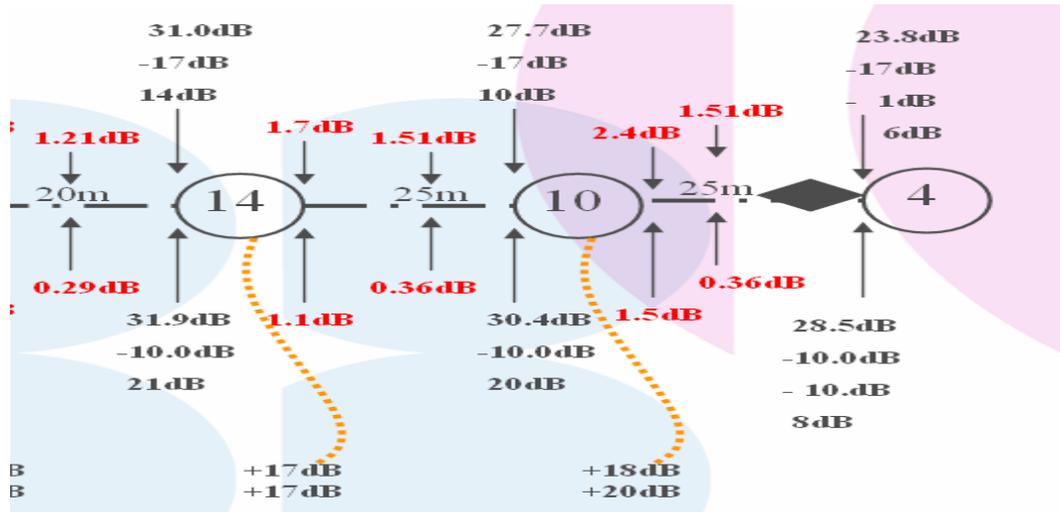
Ahorro del 40% con diseño Blaster.

## 2.4 Cálculos de diseño

### 2.4.1 Diseño de *forward*

Figura 62. Cálculos en diseño *forward* cable coaxial rg 500 a 750Mhz





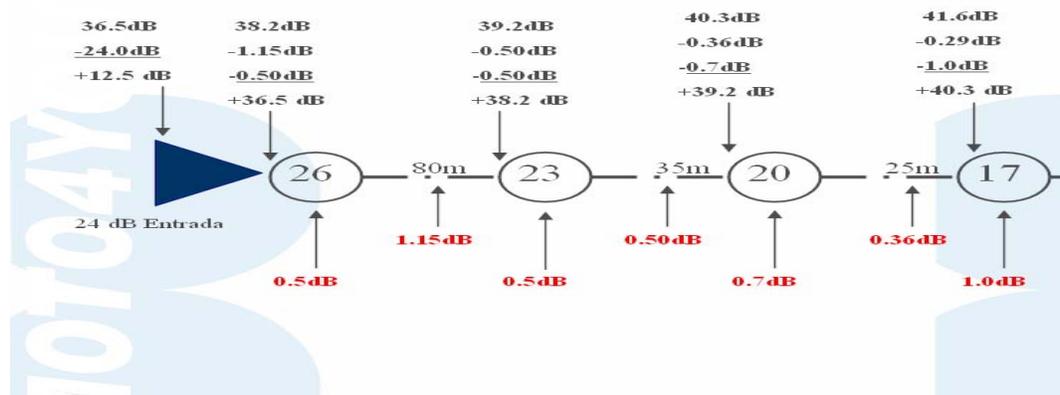
**Fuente:** Motorola Canopy enterprises solutions Rev 2.0. Página 172.

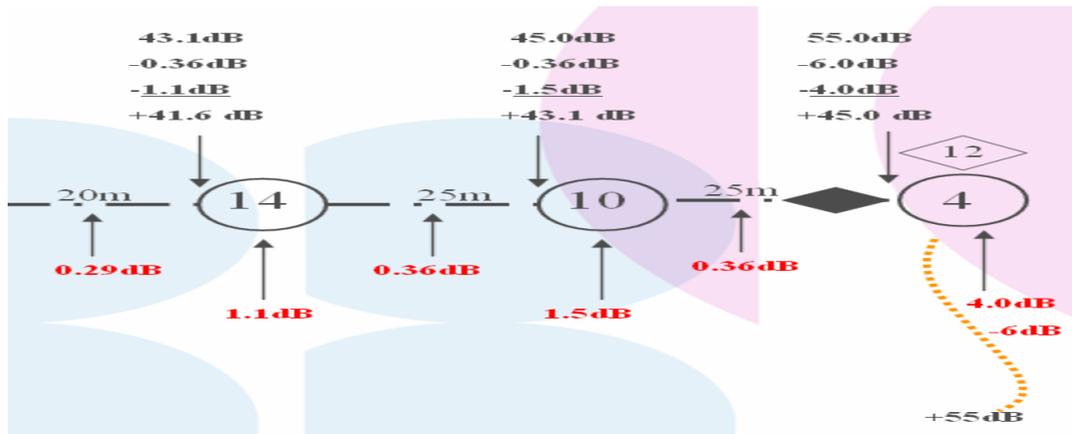
El Forward es toda la señal que va de la cabecera hacia el cliente.

Los cálculos para la distribución se hacen a partir del nivel de salida que da el amplificador, se colocan valores de tap, de mayor pérdida en los taps más próximos al amplificador y se va reduciendo paulatinamente conforme va disminuyendo la señal, para que las salidas hacia los usuarios se mantenga en un rango de +20db a +17db, se toma en cuenta la pérdida en metros de db ocasionada por el cable coaxial que es de 5db por cada 100 metros, además las pérdidas por inserción en los dispositivos que se toma como 1 db en cada accesorio.

### 2.4.2 Diseño de retorno

**Figura 63. Cálculo de retorno**



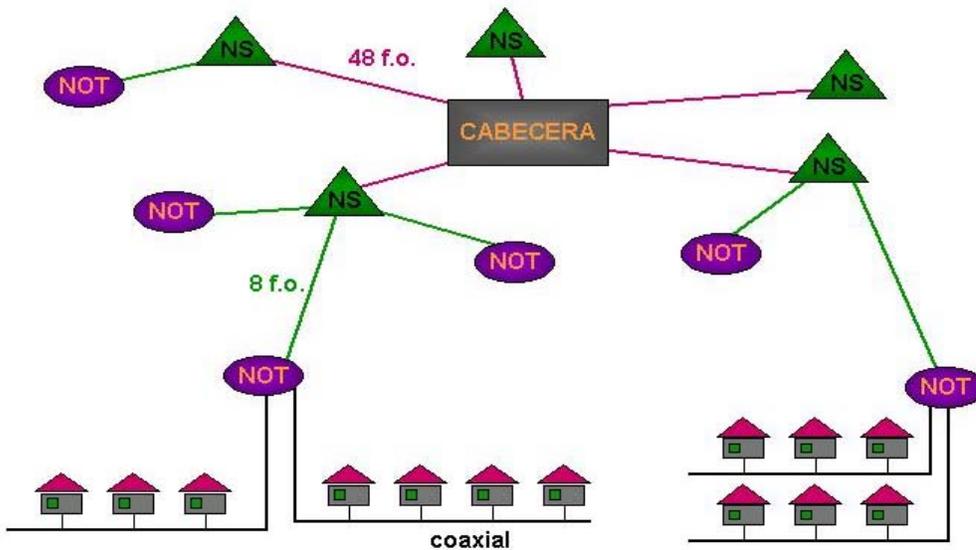


Fuente: Motorola *Canopy enterprises solutions Rev 2.0*. Página 180.

La señal de retorno es la señal que va del usuario hacia la Cabecera, esta señal es producida por servicio de Internet y telefonía.

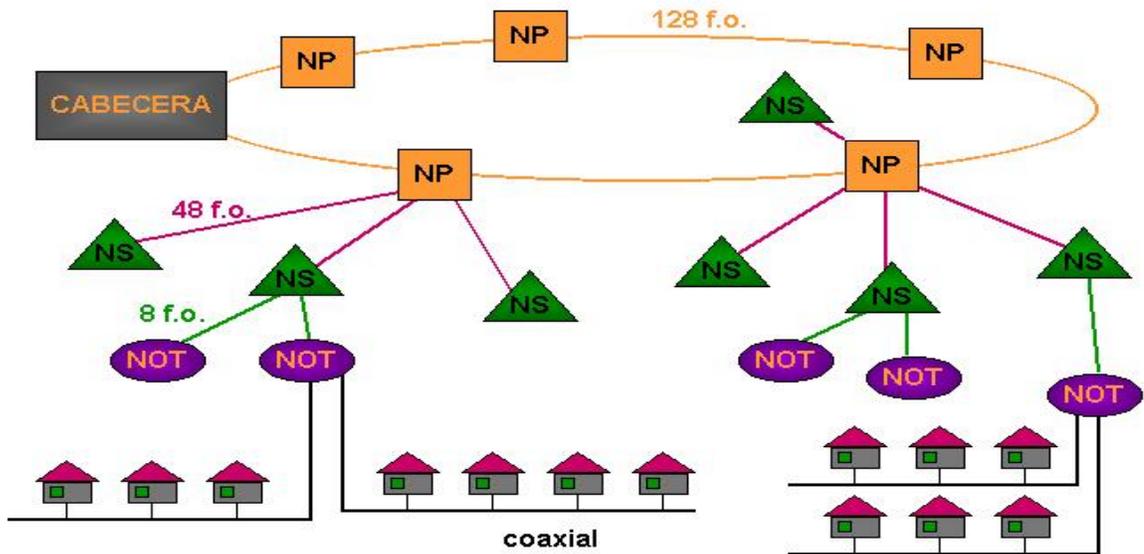
## 2.5 Arquitecturas de transporte

Figura 64. Conexión estrella múltiple



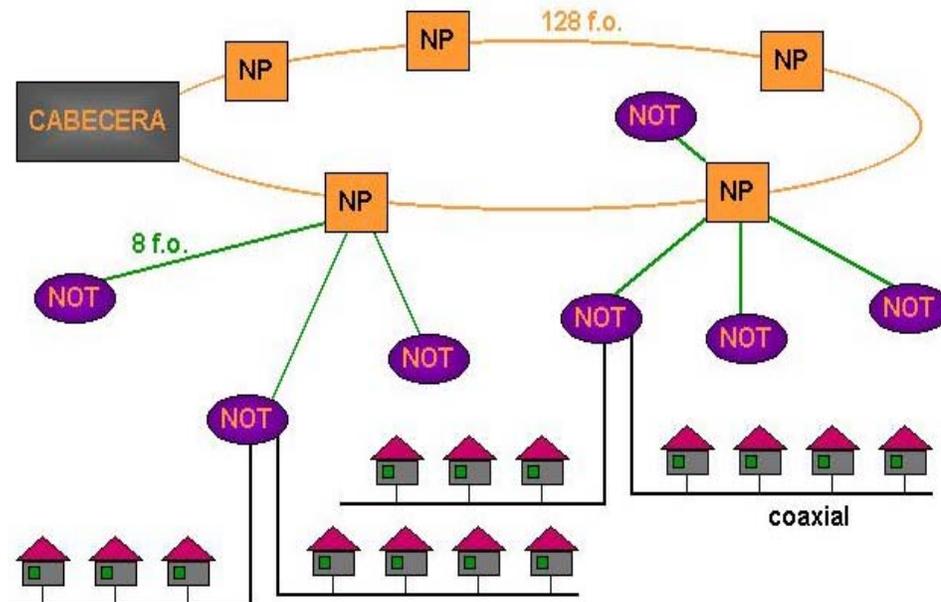
Fuente: Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 4

Figura 65. Conexión anillo estrella –múltiple



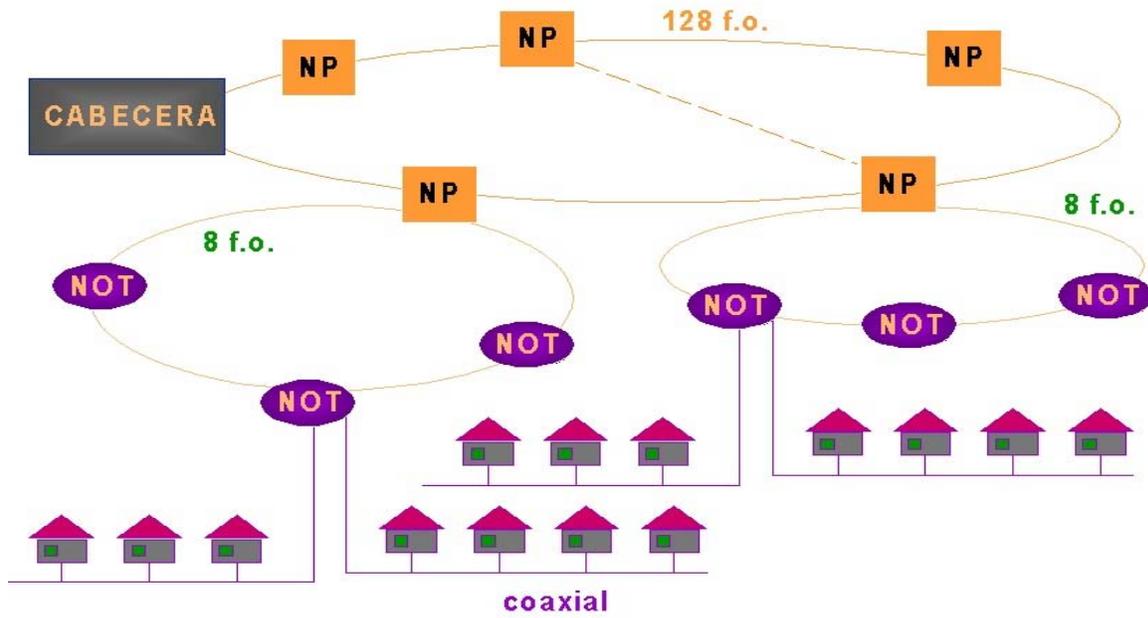
Fuente: Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 4

Figura 66. Conexión anillo estrella simple



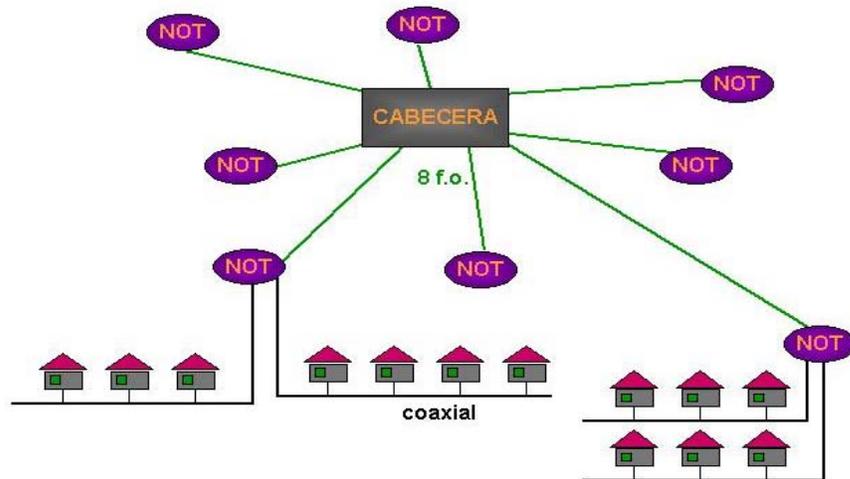
Fuente: Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 4

Figura 67. Conexión anillo anillo



Fuente: Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 4

Figura 68. Conexión Estrella Simple



Fuente: Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 4

Las topologías estrella simple y estrella múltiple no resultan adecuadas para casos de grandes núcleos urbanos debido a la falta de supervivencia en la red troncal al no desplegarse un anillo de redundancia. Cuando el núcleo urbano es de gran tamaño se hace necesario recurrir al anillo anillo, quedando indicadas para núcleos de tamaño moderado las topologías del tipo anillo-estrella. Sin embargo para pequeños núcleos urbanos o bien urbanizaciones o zonas residenciales anexas a importantes núcleos poblacionales, las topologías basadas en estrella simple y múltiples se convierten en especialmente adecuadas debido al escaso despliegue de red que se precisa, el cual redundaría en una menor inversión inicial que pueda hacer más rentable la explotación. La siguiente tabla recoge las topologías dependiendo del tamaño del núcleo poblacional.

Muy grandes Núcleos urbanos	Grandes Núcleos Urbanos	Núcleos Urbanos Medios	Pequeños Núcleos Urbanos
Anillo-Anillo	Anillo-estrella múltiple Anillo-estrella simple	Anillo-estrella simple Estrella Múltiple	Estrella múltiple Estrella simple

### 2.5.1 CMTS (Cable Modem Termination System)

Es un sistema de conmutación de paquetes específicamente diseñado para rutear datos de muchos usuarios de cable modem en una red multiplexada de banda ancha. Modula los datos hacia la red a 64/256 QAM y en un canal de 6 MHz envía esta información por medio de canales de Tx hacia los amplificadores ópticos, y recibe la información de los Rx provenientes de cada nodo.

Por ejemplo, si se cuenta con CMTS marca Motorota modelo BSR 64000, entre sus características están:

Soporta velocidades de hasta 10,24 Mbps en subida y 56 Mbps en bajada desde y hacia la red HFC.

Tiene módulos de 8 puertos de 10/100base T Ethernet para concertarse a los routers de internet y telefonía IP.

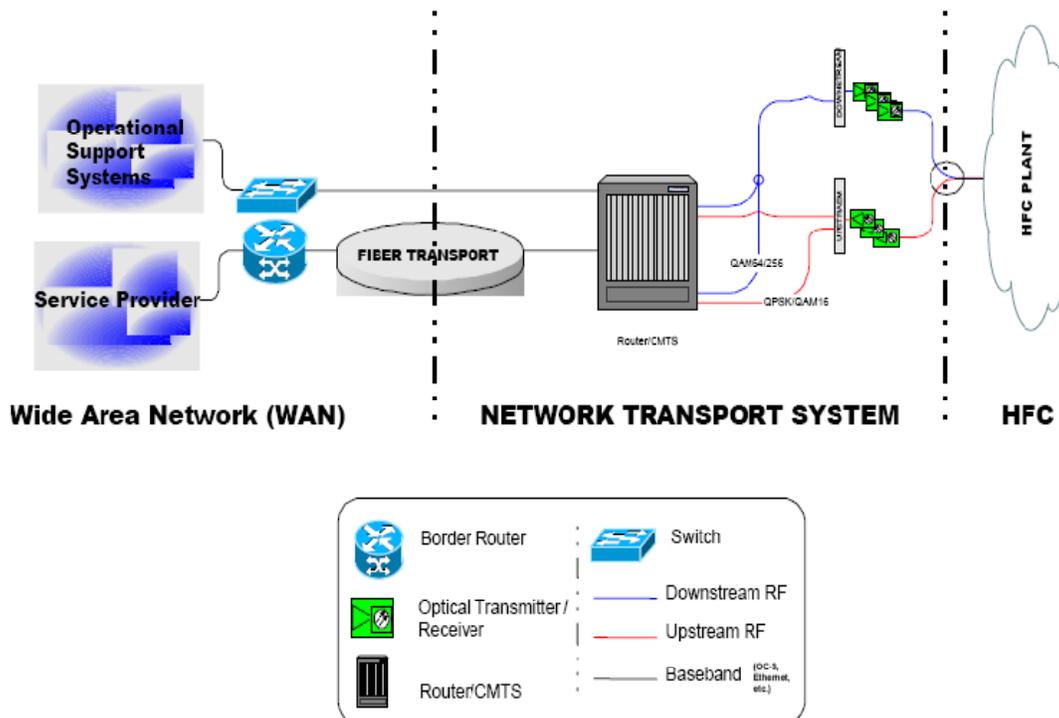
Incluye convertidores de frecuencia para la salida de Rf.

Manejo avanzad del espectro.

Hasta 26 transmisores y 104 receptores.

Más de 42 millones de paquetes por segundo en ruteo IP.

**Figura 69. CMTS (Cable Modem Termination System)**



**Fuente:** Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 25.

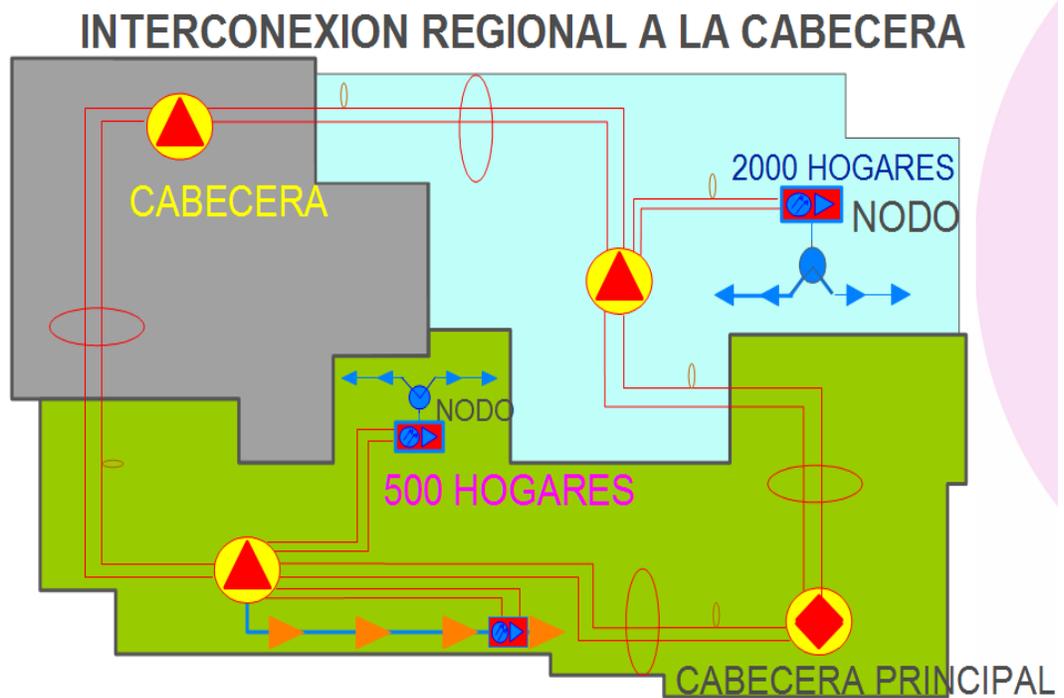
### 2.5.2 Patch panel óptico

Recibe todos los canales de fibra de la red en la calle y provee los conectores para las fibras ópticas de los amplificadores ópticos. Es un elemento pasivo.

### 2.5.3 Interconexión regional

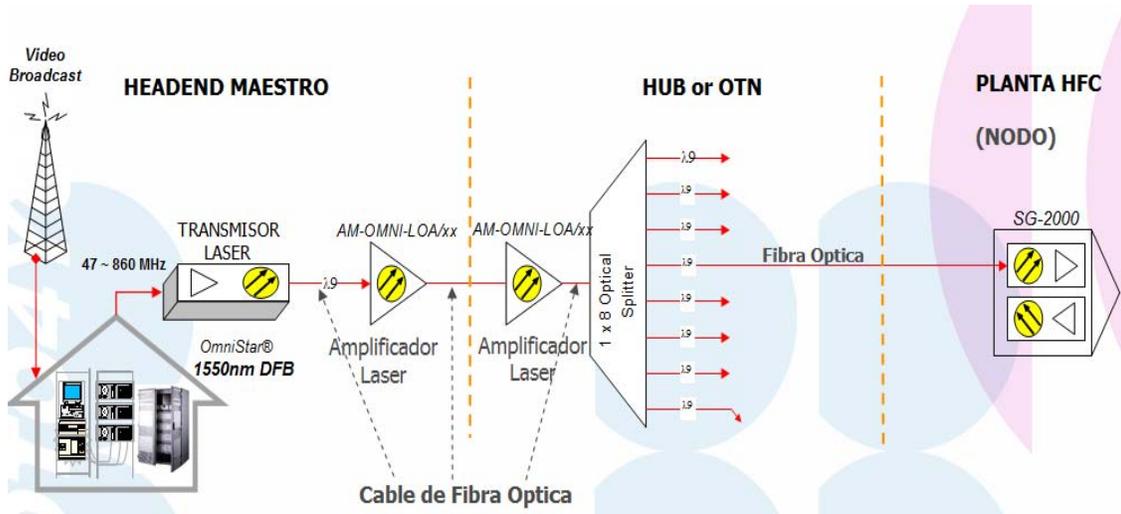
Proveen servicio de larga distancia nacional, se construyen enlaces entre las diferentes cabeceras para crear un anillo cerrado de fibra óptica, de esta manera se logra redundancia a la hora de que alguna de las cabeceras falle.

**Figura 70. Interconexión regional**



**Fuente:** Pablo Cortes. Universidad de Sevilla, diseño de redes HFC. Página 25.

Figura 71. Componentes del sistema de transporte



## **3. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE REDES HFC**

### **3.1 Construcción aérea**

#### **3.1.1 Montaje de postes**

El propósito y objetivo de esta norma es establecer las recomendaciones que deben seguirse para la construcción o instalación de una red de posteo, diseñada para soportar un cableado coaxial, se pretende que con las recomendaciones aquí expuestas, el trabajo en el diseño e instalación de postes a lo largo de la red sea lo más sencillo, seguro y con la mas alta calidad que se pueda, tomando en cuenta todas las recomendaciones y normas que aquí se describen.

Consideraciones básicas:

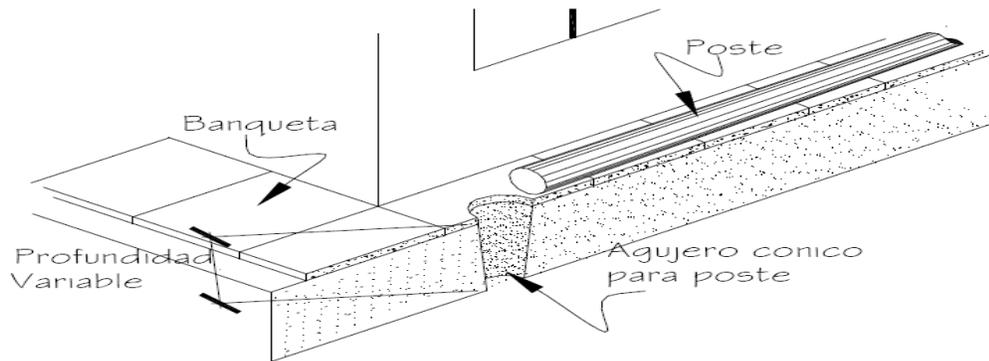
No golpear ni dejar caer los postes porque pueden dañarse; los daños ocasionados no se visualizan de inmediato sino hasta después de instalado el cable en los postes.

Todos los trabajos para el parado y vestido de los postes se harán con menor esfuerzo si se emplean las herramientas adecuadas.

Usar la herramienta adecuada para cargar y descargar los postes para evitar accidentes.

Transportar los postes directamente al lugar donde van a ser colocados, dejando el poste en la calle junto a la banquetta y con la base junto al agujero excavado o sitio para hacerlo.

**Figura 72. Instalación de poste**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 8.

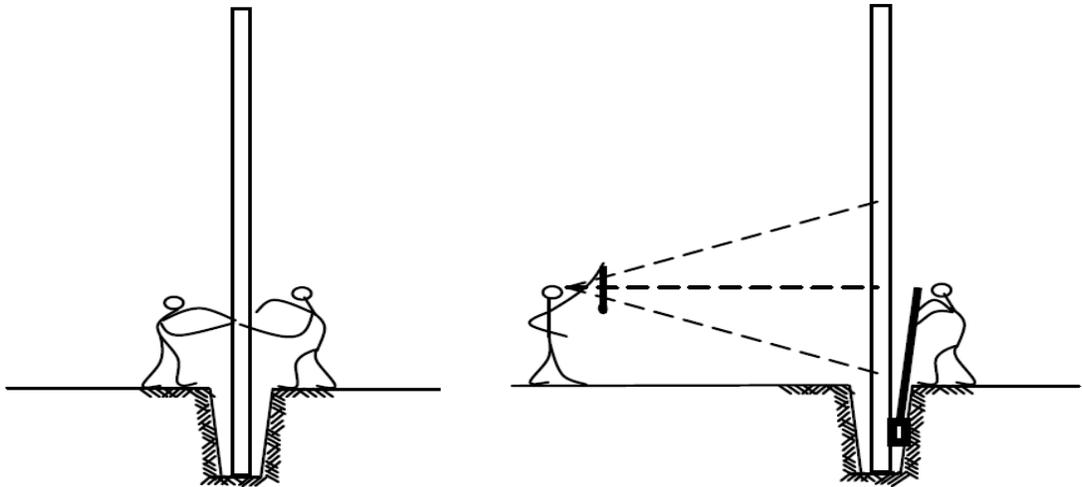
**Tabla IV:** Profundidad de excavación según altura de poste

Altura del Poste en Metros	Profundidad en centímetros
7.0	120
8.0	150
9.0	170

Para colocar un poste se procederá a excavar un agujero de forma cónica, a 40 centímetros de la orilla de la banqueta o a 150 centímetros de la orilla de la casa, variando su diámetro y profundidad según el tamaño del poste que se va a colocar.

Una vez metido el poste en el agujero se calzara con piedras la base del poste, apretando, nivelando el poste con la plomada tantas veces sea necesario.

**Figura 73.** Plomeado de poste



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 12

Enseguida la tierra extraída se utilizará llenando el agujero en partes de 30 ó 40 cms. apisonando perfectamente y cuando falten unos 30 cms. para llenar el agujero, se calzará con piedras preferentemente que sean acuñadas, apretando fuertemente éstas verificando nuevamente el nivel del poste.

Finalmente el poste debe quedar perfectamente calzado y nivelado, debiendo de limpiar de escombros el lugar.

### **3.1.2 Montaje de herrajes**

El propósito de esta norma es el de establecer parámetros correctos para la instalación y montaje de los herrajes en los postes, para hacerlo con el menor esfuerzo y con la eficiencia y calidad máxima esperada en cada trabajo de construcción.

La colocación de herrajes puede ser:

- a) Antes de parar el poste

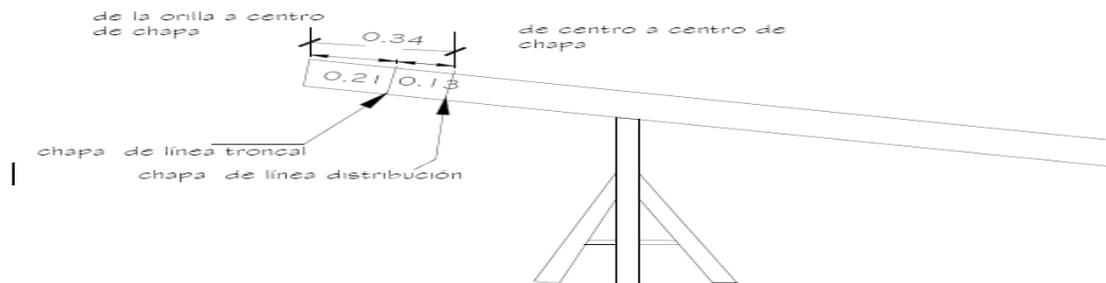
Subir la punta del poste en el trípode para postes, alineándolo para colocar correctamente el herraje.

Para colocar los herrajes en un poste, se debe tomar en consideración a partir de la punta del poste el siguiente procedimiento.

Marcar a 21 cms, la colocación de chapa para la línea troncal, desde la orilla de la punta del poste hasta el centro de la chapa.

Marcar a 13 cms, el lugar para fijar la chapa de línea de distribución, desde el centro de la chapa de línea troncal hasta el centro de la chapa de línea de distribución, a 34 centímetros de la orilla del poste.

**Figura 74. Colocación de herrajes**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 15

b) Procedimiento y técnicas que se utilizan cuando el poste está parado.

Cuando ya está parado el poste, se pueden colocar los herrajes, empezando desde de abajo hacia arriba, con las mismas especificaciones dadas anteriormente.

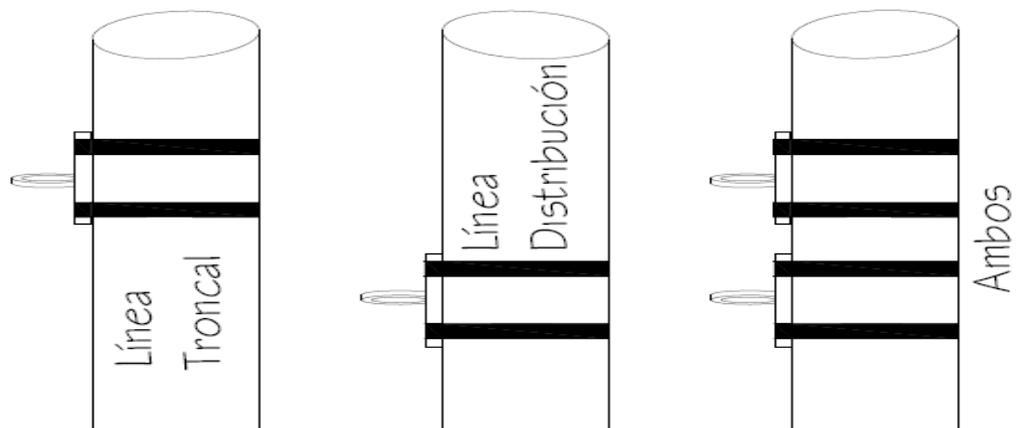
Los herrajes se colocaran de la siguiente forma:

a) Chapa de paso Tipo "J", esta se colocara donde no hay cambio de dirección en el poste, y donde no hay accesorio RG-500 (splitter, copla, tap, etc.), esta chapa servirá para sujetar el cable al poste y permitir su paso únicamente.

b) Chapa de remate, esta se colocara en los postes donde hay cambio de dirección, donde hay accesorios RG-500 (splitter, copla, tap, etc.), donde hay cruces de cable para mayor seguridad de los cables, y se colocaran a cada tres postes de distancia en línea recta.

Para colocar cada uno de los herrajes se debe de tener el cuidado de determinar la dirección física que deberá tener el cable y la cantidad de cables que van a ser sujetados desde el poste. Los herrajes deben de ser sujetados por dos cinchos de fleje metálico en sus extremos y dependiendo de cuantos se necesiten en el punto a colocarse a juzgar por las líneas que pasen por el punto en mención.

**Figura 75. Ubicación de herraje según tipo de línea**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 19

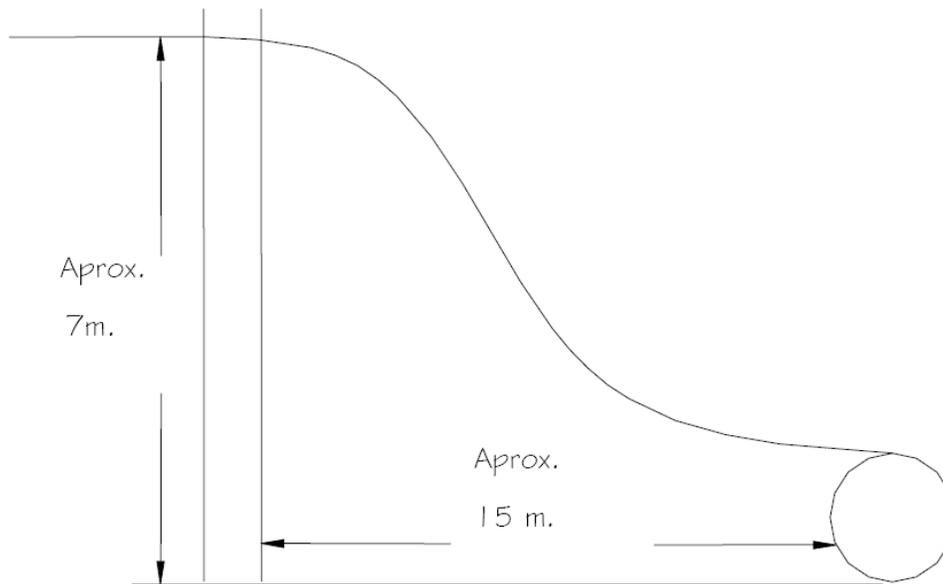
### **3.1.3 Cableado y tensado del cable**

El propósito de esta norma es el de establecer a grandes rasgos los métodos más correctos para proceder con la instalación y tensado del cable RG-500 en la red de postes, para que el cableado este en perfectas condiciones, el tiempo de duración sea el máximo posible y los problemas generados dentro de la red de cable sean los mínimos ocasionados por una mala instalación del cable principal.

Para realizar un cableado se debe de tomar como consideración el manejo del cable a utilizar, para transportar el cable se debe de cuidar de no golpear la bobina de cable (dejar caer, topar, etc.), porque el cable se puede dañar o perder conductividad.

Para instalar el cable en los postes se debe tomar en cuenta la curvatura con la que se instala el cable, para evitar quebraduras o dobleces en el cable, la distancia adecuada para la instalación del cable deberá de ser de aproximadamente una relación de 2:1 conforme a la altura en que se instalará el cable en el poste, esto quiere decir que en un poste de 8 metros de altura en donde se instale el cable a aproximadamente 7 metros de altura la bobina de cable deberá de colocarse a una distancia del poste aproximadamente de 15 metros .

**Figura 76.** Distancia adecuada entre poste y bobina

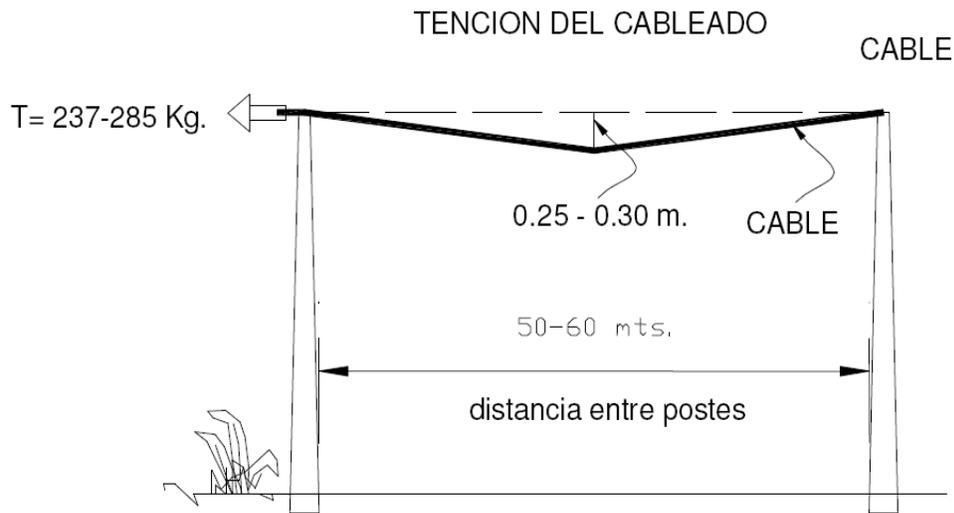


**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 21

### 3.1.3.1 Tensión del cableado

La tensión del cableado del cable RG-500 varía según la distancia y al tamaño de flecha que se está trabajando en el cableado. En nuestra área se trabaja con distancias entre 50 y 60 mts. Con una flecha de de entre 0.25 a 0.30 mts. Por tramo esto nos da una tensión de operación de entre 237 y 285 Kg que sería la tensión que se debe de aplicar al cable para conseguir el adecuado tensado del mismo.

**Figura 77. Tensión requerida según flecha del cable**

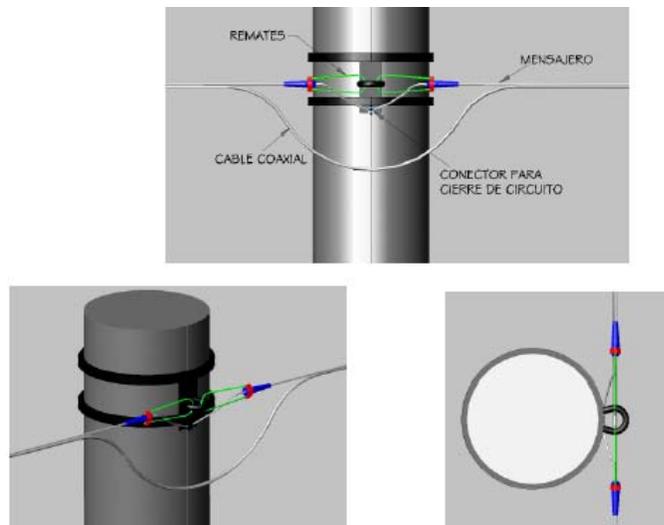


**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 28.

La sujeción del cable mensajero a la chapa de remate se hará por medio de la utilización de remate automático cónico dejando que el cable mensajero continúe para lograr una continuidad física y eléctrica entre el cable mensajero a través de la utilización de un perno de compresión se recomienda el uso de los siguientes equipos y marcas ya que han sido probados en su funcionamiento ver figura 10A.-

Remate Automático Marca Humbrall modelo Perno de continuidad Marca Humbrall modelo

**Figura 78. Accesorios para rematar el mensajero del cable**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 32.

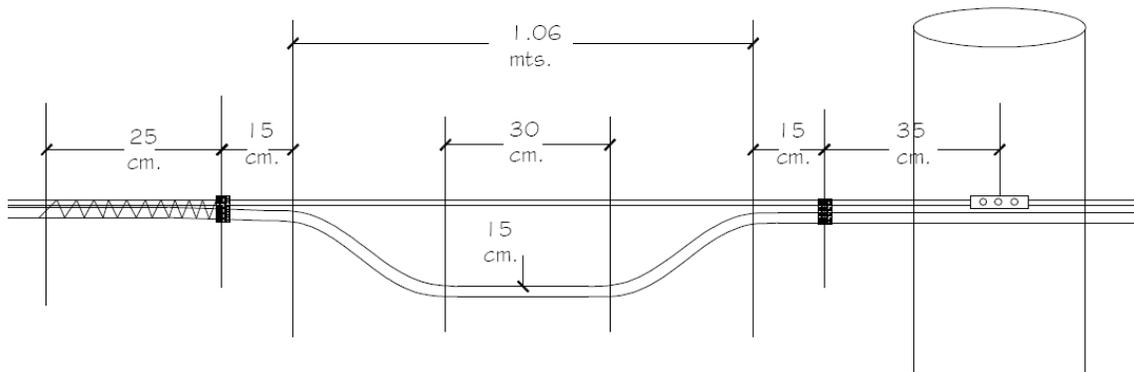
### **3.1.3.2 Loops del Cable**

El motivo por el que debe de hacerse loops o curvaturas al cable es para eliminar la fuerza de tensión y compresión sobre el cable. Si estas fuerzas no son disminuidas los resultados serán que el conductor central salga, enroscaduras del cable, y quebraduras prematuras del cable debido a los cambios de temperatura, cuando la temperatura se eleva, el cable se extiende, y cuando la temperatura desciende, el cable se contrae esto tomando en cuenta la característica de deformación en expansión y contracción que tienen los metales en relación a la temperatura a que son expuestos, siendo esta diferente según el material, en nuestro caso hablamos de cobre en el conductor central y aluminio en el conductor externo.

Deben de utilizarse las herramientas adecuadas para hacer los loops, la que se recomienda es la Herramienta para Loops (Mullen Bender) marca Lemco modelo M-100, las especificaciones para hacer la curvatura son: Los dobleces mayores a 106 centímetros, con una profundidad de 15 centímetros, y los dobleces menores con 30 centímetros de longitud, ubicando amarres a cada 15 centímetros de distancia de cada esquina de la curvatura. La curvatura debe

de hacerse a 35 centímetros del centro del poste. Las curvaturas deberán de realizarse siempre con la herramienta, para evitar quebraduras innecesarias, así como para asegurar que este bien hecha y que su durabilidad sea la máxima, así mismo, las curvaturas deberán de hacerse en los postes de la siguiente manera, una sola curvatura por poste, cuando este solo sea de paso y en donde exista remate, se hará doble remate donde exista accesorio RG-500 (tap, splitter, amplificador, etc.).

**Figura 79. Formas y medidas del loop**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 37.

### 3.1.3.3 Colocación de retenidas

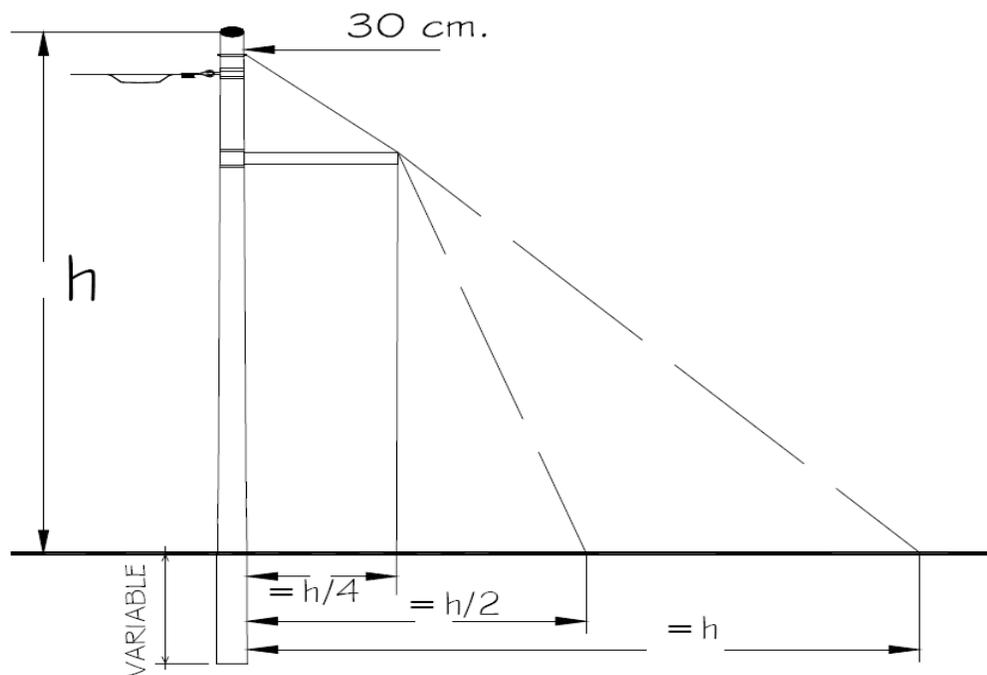
La finalidad de colocar retenidas a un poste, es la de “compensar” la fuerza (tensión ) ejercida por el cable que se coloca sobre el poste, para sostener en forma segura los cables de la red aérea. La posición y número de retenidas vendrán indicadas en el plano del Proyecto. Para este tipo de trabajo los materiales que se utilizarán para colocar la retenidas serán, una chapa de pin o una abrazadera de dos o tres partes, dependiendo el lugar. Se utilizará una varilla de retenida de 2.10 metros de longitud y una base de 25 centímetros cuadrados, así como el cable acerado de  $\frac{3}{4}$ ” para la retenida.

La tensión del cable de retenida estará alrededor de los 870 Kg o se verificará visualmente hasta que se consiga una tensión apropiada que mantenga al poste en su posición vertical.

El cable de retenida como el gancho de la varilla enterrada se pintarán con color rojo o naranja para evitar accidentes, el cable estará pintado por lo menos 1.80 metros desde su base. Las retenidas se colocarán según la necesidad que haya de estas en la red, se contempla que para un buen funcionamiento se debe de colocar las retenidas en cada inicio y fin de cableado así como en cambios de dirección, también deben de colocarse retenidas cada ocho (8) postes cuando la línea es continua y no sufre ningún cambio de dirección.

Normalmente la separación entre el poste y el ancla de la retenida debe ser la relación  $h / 2$  aún cuando en corridas con cables grandes pueden ser iguales a “h” donde “h” se define como la altura del poste tomada desde el nivel de la superficie donde está enterrado a su extremo superior.

**Figura 80:** Distancias para la instalación de retenidas



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 41.

### **3.2 Aterrizaje de equipo**

Las principales razones de utilizar un sistema de aterrizaje de equipo

Son:

- Para evitar ruidos dentro de una transmisión de señal.
- Para desviar a tierra la descarga de la energía eléctrica.

La colocación de varillas a tierra se hará en los siguientes equipos:

- En todo equipo activo.
- En todo divisor RG-500
- En todo Tap final RG-500

Materiales para Instalación de varillas:

- Los materiales a utilizar serán:
- Tubo Galvanizado de ½" (para las bajadas en accesorios)
- Cable calibre no. 8
- Mordaza de bronce 3/8"

#### **3.2.1 Consideraciones para la instalación de varillas de cobre en sistema de tierra.**

Para instalar las varillas de cobre para un sistema de tierra ya sea en pozos o en accesorios, se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

1) La resistencia requerida de 5 ohm (máximo) para el sistema de tierra.

2) En la zona donde se instalará la varilla, medir la resistividad del suelo para determinar el proceso constructivo de la toma de tierra, en zonas urbanas en ocasiones no es posible ubicar una zona para medir la resistividad, por lo cual ésta se medirá en las jardineras cercanas al pozo.

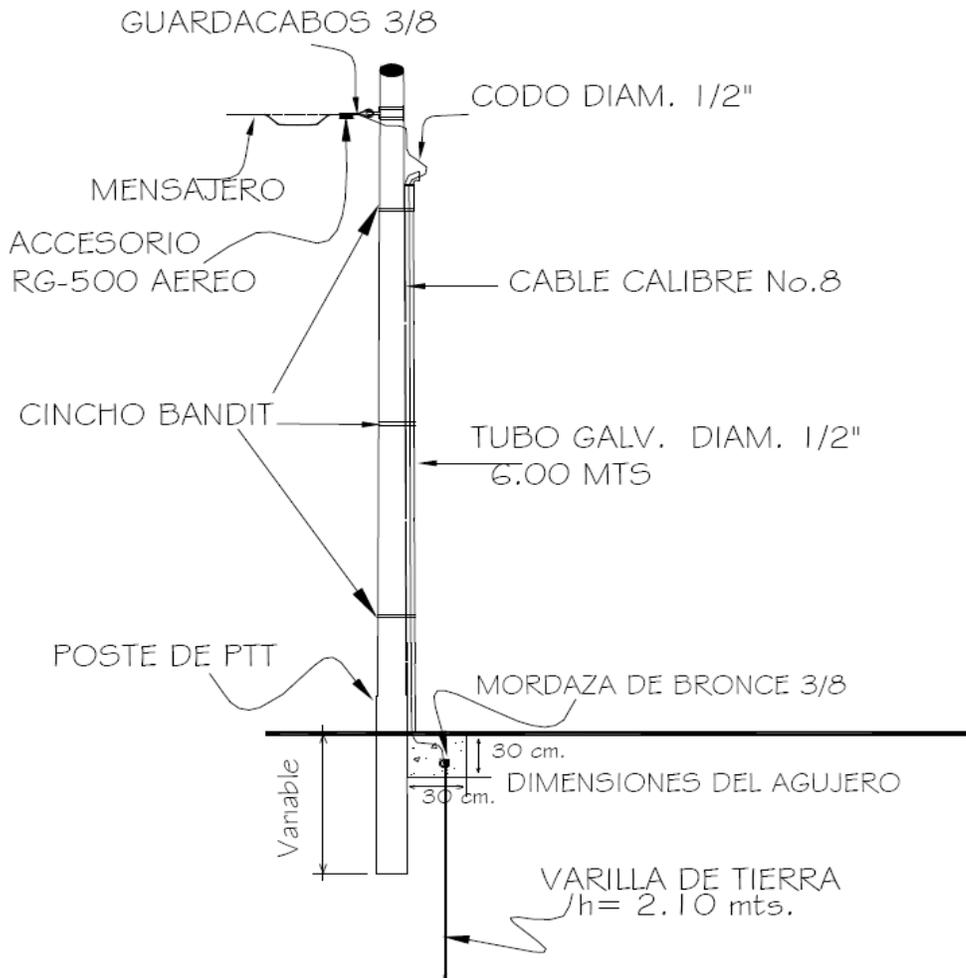
3) De acuerdo a la resistividad medida, determinar si será necesario utilizar una, dos, o tres varillas para la construcción de la toma de tierra (generalmente se utiliza una única varilla) dejando el nivel de resistividad de 5 ohm.

4) Para la construcción de la toma de tierra con varillas; haga una excavación de 30 cm de largo por 30 cm. De ancho por 30 cm de profundidad (aprox.), la cual es suficiente para instalar y enterrar la varilla, dejando este registro con tapadera de concreto para su verificación y medición futura del estado de la tierra física.

5) En la instalación de tierras en un equipo activo (amplificador) o accesorio aéreo (tap final, divisor, etc), debe tomar en cuenta instalar una bajada de tubo galvanizado de 6 metros de largo junto al poste, y de conectar a la carcasa del equipo o accesorio un cable calibre 8, asegurar el cable a la varilla de 6 pies de longitud con una mordaza de bronce de 3/8".

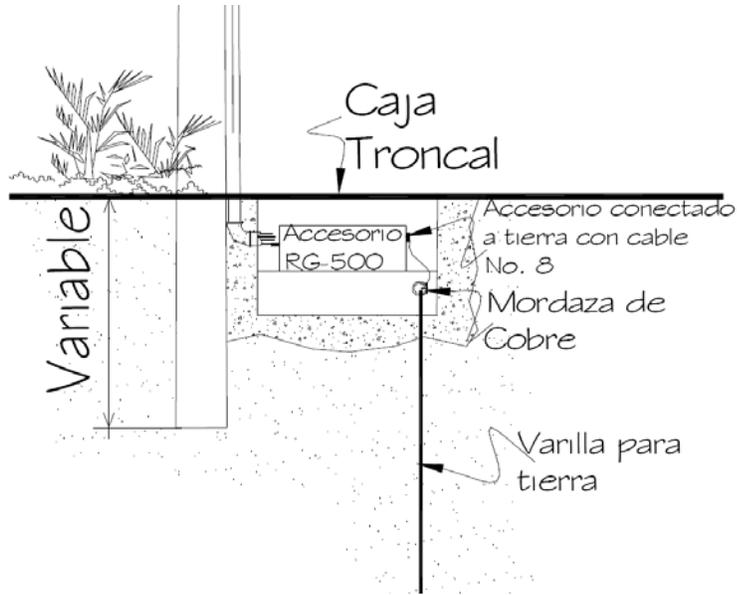
6) En las redes aéreas es importante mantener la continuidad de la red de tierra en toda su trayectoria por lo que en las interrupciones que se dan del cable mensajero en cuando se colocan chapas de remate se deberá realizar la continuidad del cable mensajero a través de un puente echo del mismo cable rematándolo en ambos extremos.

**Figura 81. Instalación de tierra física**



Para la instalación de tierras en un equipo activo (amplificador) o accesorio subterráneo (tap final, divisor, etc), debe siempre de conectar el equipo o accesorio a la varilla de tierra con un cable calibre 8 y sujetarlo con una mordaza de bronce.

**Figura 82. Instalación de tierra en caja troncal**



### 3.2.2 Sistemas de tierra utilizando electrodos

#### MASSATIERRA

Para la correcta puesta a tierra de la red HFC se utilizará el sistema estructural MASS@TIERRA implementando los siguientes equipos:

**Figura 83. Electrodos massatierra**



MTKT01 85 AMP



ECONOKIT 45 AMP

El electrodo MTKIT01 85 AMP es utilizado para el aterrizaje de fuentes de poder.

El electrodo econokit 45 amp es utilizado para el aterrizaje de nodos ópticos y amplificadores.

Al implementar electrodos MASSATIERRA en la red HFC obtenemos los siguientes beneficios:

- Electrodo 100% de Cobre
- Alta Capacidad de disipación
- Flujo Unidireccional
- Efecto Catódico
- Efecto Punta
- Impedancia < 2 Ohm
- Libre de Mantenimiento

Un electrodo Mass@Tierra podrá utilizarse para aterrizar más de un equipo activo siempre y cuando se tengan en cuenta las siguientes restricciones:

La cantidad de equipos activos que se conecten a un mismo electrodo será como máximo Tres (3) equipos.

La distancia máxima entre dos equipos activos será de Cinco (5) metros.

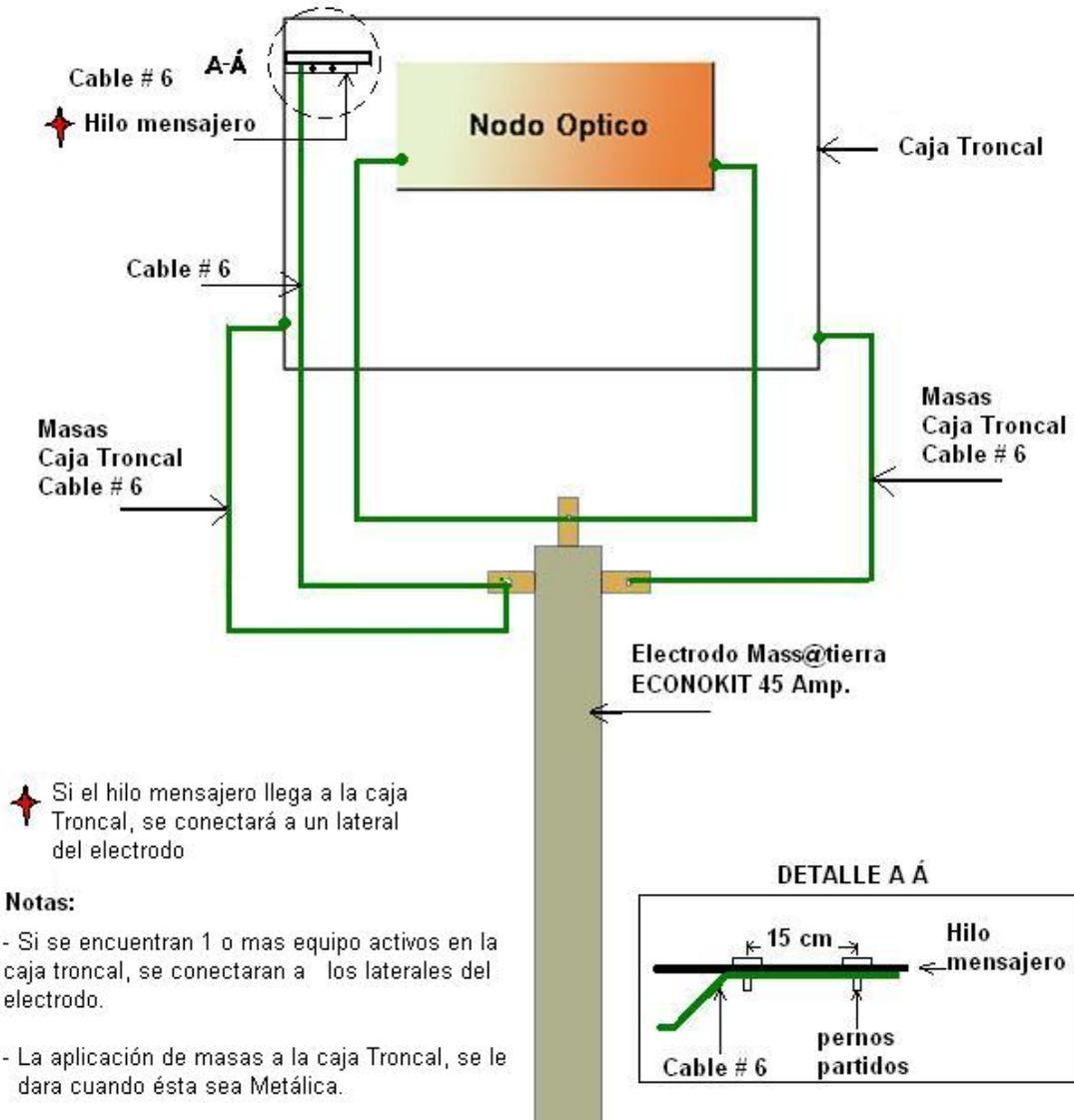
La aplicación de cero lógicos siempre va al borne central del electrodo y las demás aplicaciones a los laterales.

Las aplicaciones de puesta a tierra que debemos de respetar al momento del aterrizaje de los diferentes equipos activos son:

- Cero lógico
- Neutro
- Supresores
- Hilo mensajero
- Masas



**Figura 85.** Diagrama de conexión electrodo massatierra a nodo óptico



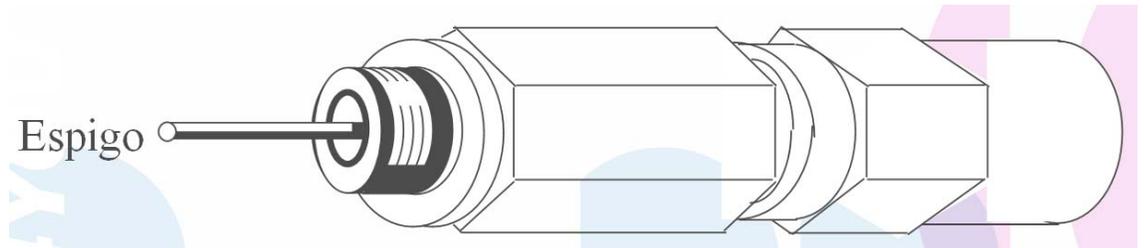
**Fuente:** Electrodo Massatierra, manual de instalación. Página 13.

### 3.3 Conectorización

#### 3.3.1 Conectores

Los conectores de espigo conectan los cables troncales de alimentación a las estaciones amplificadoras o elementos pasivos.

**Figura 86. Conector Pin**



El primer y más común de los errores, es considerar la conectorización como un problema menor.

Debido a que los conectores son los elementos más masivos en una red, la incidencia en las fallas es la más alta.

Gran parte de los problemas en las redes son causados, o están relacionados a conectores.

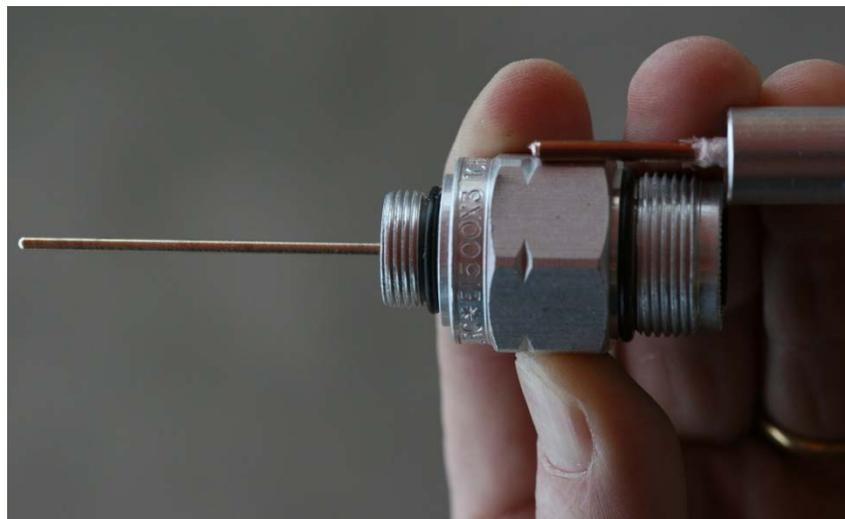
Las estadísticas muestran, 70% o más.

De este 70%, la mayoría de las fallas está en la instalación domiciliaria.

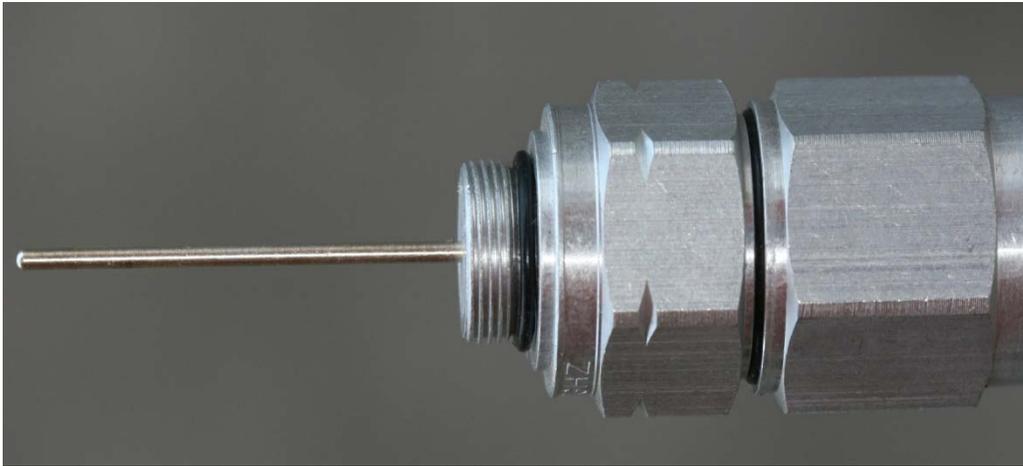
Y en la instalación domiciliaria, la mitad de las fallas se encuentra en la Acometida.

Y en la Acometida, el conector en el TAP se lleva los honores.

**Figura 87. Largo correcto del pin central**



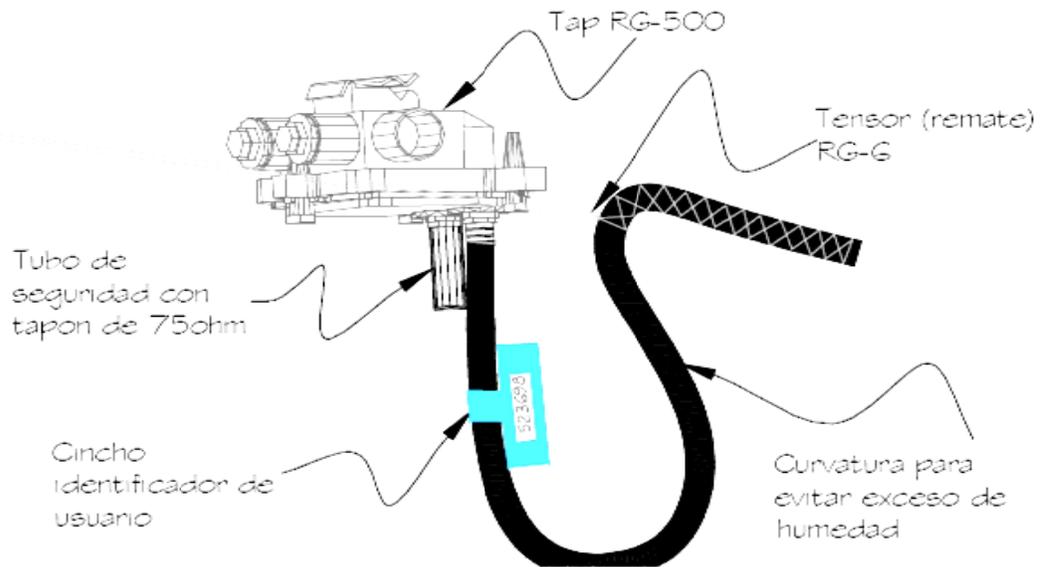
**Figura 88. La Pieza central se aproxima a la pieza frontal**



### **3.3.2 Conectorización de accesorios**

Para una adecuada conectorización se deben de utilizar primeramente las herramientas adecuadas en los materiales adecuados, la herramienta que se recomienda para esta labor es la peladora de cable según catalogo CST500 el quitador de chaqueta JST 500T y el raspador de conductor central CC-200 además el cortador de cable CXC todos de marca Cablematic.

**Figura 89. Detalle de conectorización de tap**



**Fuente:** Conectorización hardline Telmex. Página 25

El procedimiento a seguir para una adecuada conectorización es el siguiente:

Hacer el corte del cable con la herramienta CXC en una forma circular para mantener el diámetro del cable.

b) Quitar el forro del cable hasta 5 centímetros con la herramienta JST500T, y no con navaja porque puede provocar una cisa en el aluminio, provocando problemas posteriores.

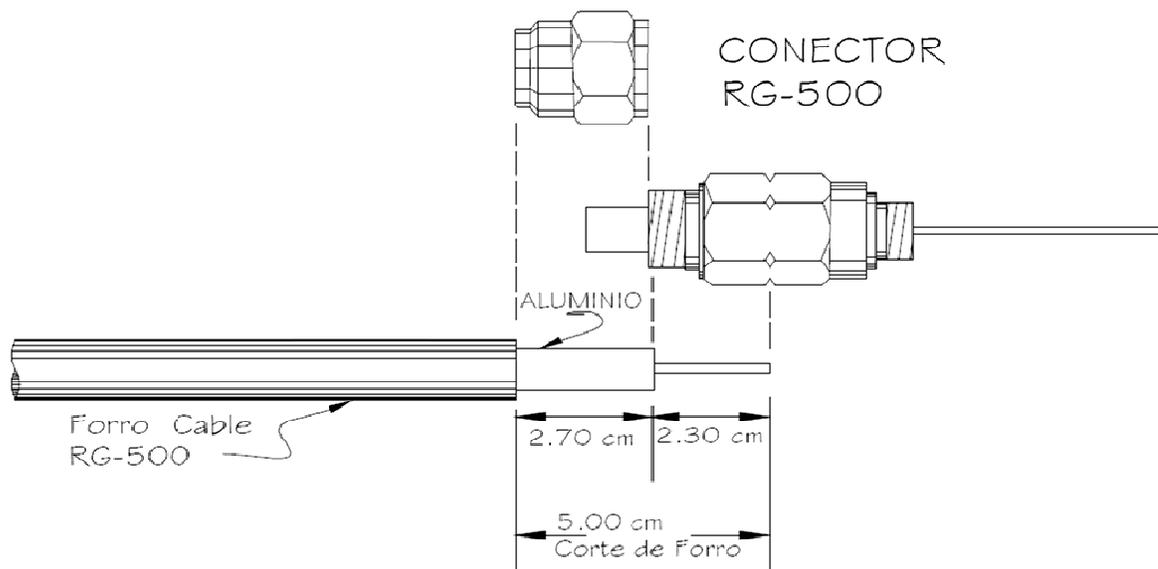
c) Con la herramienta CST500 cortar el aluminio y remover el caucho dejando descubierto el cobre central 2.70 centímetros que es lo que debe de ser introducido en el conector.

d) Con la herramienta CC-200 limpiar el conductor central o cobre del cable, para asegurar una óptima conducción.

e) Introducir el cable en el conector, respetando las medidas de largo de la punta de cable, para evitar problemas posteriores.

f) Encintar con vulco el conector iniciando desde la parte que une el accesorio hacia el cable, traslapando cada vuelta con la mitad del grosor de la cinta y con una tensión uniforme, generándole fricción para que se complete la fusión ,esto también podrá ser realizado con mangas. termocontraibles según sea el requerimiento de la supervisión.

**Figura 90. Conectorización en cable RG-500**



**Fuente:** Conectorización Hardline Telmex. Página 29

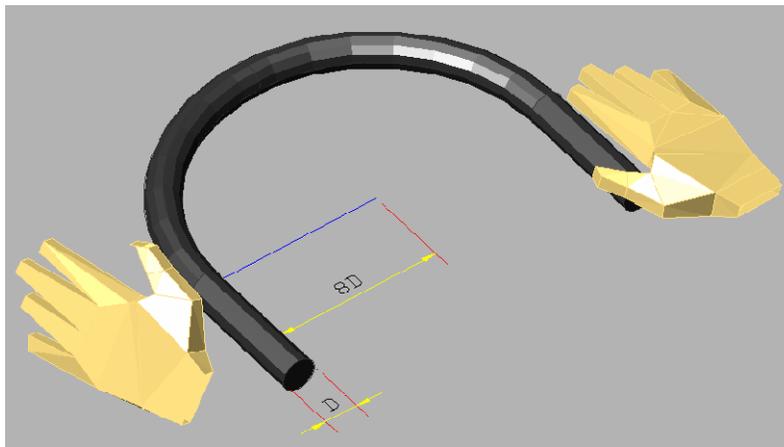
### 3.4 Manejo del cable coaxial

El propósito del conocimiento de manejo del cable coaxial es el de poder trabajarlo de la mejor forma posible cuando se construye una red o cuando se repara ya que es importante en el mismo poder mantener sus características físicas para que pueda mantener sus características eléctricas y/o electrónicas.

### 3.4.1 Curvatura del cable

El cable coaxial tiene muchas virtudes como su capacidad de paso de grandes frecuencias y la inmunidad casi total del ingreso de señales al mismo, las cuales se van perdiendo si no se respeta su mínima curvatura, la cual en su radio es equivalente a 8 veces el diámetro del cable a manejar, si no se respeta esto se llega a crear una deformación en su diámetro o si se sigue abusando se puede llegar a una ruptura o fisura, lo cual provoca un cambio completo en las características y virtudes del cable coaxial.

**Figura 91. Curvatura mínima del cable coaxial**



## 3.5 Construcción subterránea

### 3.5.1 Canalización primaria

Esta canalización será empleada para las líneas principales (troncales) entre amplificadores o receptores deberá de ser realizada a 0.80 mts de profundidad debiendo de utilizar tubo PVC de 4 pulg. De diámetro según vías solicitadas, en las cuales siempre serán contempladas las vías de servicio y/o crecimiento. Se deberá compactar manualmente con una capa de 0.30 mts y luego será compactado con maquinaria, es importante definir que no podrá ser usado material poroso o de cualidades no sólidas para el relleno de la

canalización, se concluirá con un sellado superficial de 0.15 cm de espesor en concreto o asfalto según sea el requerimiento del área.

Según el tipo de zanja o canalización se aconseja el uso de cierta maquinaria para conseguir una compactación adecuada, como las que se describen a continuación:

a) Los apisonadores. Son usados típicamente para compactar material de relleno en zanjas angostas, alrededor de cimentaciones, en construcción de redes de agua potable, teléfono etc.

El relleno es generalmente colocado en capas delgadas (entre 20 y 30cm.) que deben ser compactadas antes de colocar la siguiente capa. Los apisonadores trabajan mejor en suelos cohesivos o mixtos.

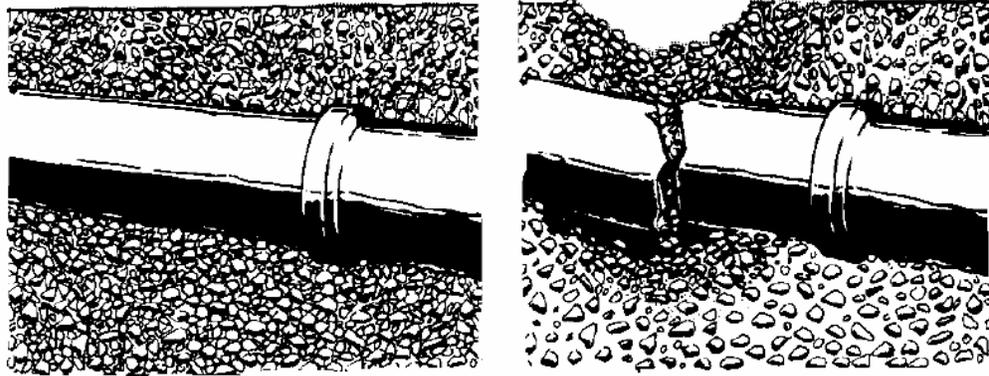
b) Las placas vibratorias. Son más adecuadas para compactar en ambas aplicaciones, rellenos de zanjas y asfaltos de reposiciones.

### **3.5.2 Canalización secundaria**

Esta canalización será empleada para la línea secundaria (distribución) entre taps y divisores deberá de ser realizada a 0.50 mts de profundidad debiendo de utilizar tubo PVC de 4 pulg de diámetro empleando un único ducto en la misma, la compactación será igual que en la canalización primaria solo que el espesor del sellado superficial variara a 0.10 cm.-

La compactación del suelo juega el papel más importante en una canalización ya que la realización de la misma nos dará las siguientes ventajas:

**Figura 92. Efectos de una mala compactación**



Suelo bien Compactado

Suelo mal compactado

### **3.5.3 Tipos y montaje de cajas**

El sistema de televisión por cable utiliza cajas de dimensiones especiales tanto en su red primaria como secundaria, ya que requiere de estas dimensiones para poder albergar los diferentes accesorios y/o equipos que serán instalados en las mismas. Se hará la división en cajas de acceso a abonados, y cajas para equipo troncal.

#### **3.5.3.1 Cajas de acceso a abonados**

Estas serán construidas de concreto y arena no usando pómez o similar reforzadas con malla metálica serán de dimensiones externas de 0.48x0.55x0.45 (anchoxlargoxProfundidad) y serán empleadas para el montaje de taps o divisores, debiendo estas ser instaladas a nivel y con acabados de su montaje según el material existente en el área de montaje.

### **3.5.3.2 Cajas para equipo troncal**

Estas serán construidas en lamina de acero de 3/16" de grosor en todas sus caras (figura 37) y con tapadera de lamina de 1/4" (figura 38) siguiendo todas las especificaciones de diseño de la misma. Para su montaje estas deberán de ser montadas en un agujero en el que en el fondo se tendrá una fundición de 0.10 mts dejando 3 tubos de 4 pulgadas como drenaje colocados formando un triangulo, en las paredes laterales se hará una fundición de 0.10 mts de espesor dejando un acabado fino y a escuadra en todas sus aristas visibles.

Como variable se tendrá la colocación de tapadera de concreto que será decisión del personal de campo según requerimiento u ornato del área a instalar las cajas. Esto deberá definirse antes del montaje de las cajas ya que se tendría que variar la profundidad de la misma para mantener el nivel del suelo aun con la tapadera de concreto.

### **3.5.4 Cableado de ductos**

Lo primero que deberá de realizarse será la limpieza o liberación de cualquier obstáculo en el ducto esto se deberá de hacer introduciendo una guía en el ducto con anterioridad a iniciar el trabajo de cableado. La sujeción del cable a la guía nunca deberá de ser por medio del cable central , por lo contrario deberá de realizarse a través de herramientas de sujeción al forro externo, o por medio de la realización de un canasteado al cable.

Otro punto importante que deberá de considerarse es el de la necesidad de que en cada punto de registro que exista en la trayectoria del cable deberá de considerarse una persona para que enguie la trayectoria del cable y genere parte del empujé necesario para la introducción del cable en el ducto y así no dependa toda la tensión solo de la guía.-

Los cables que pasan por cualquier poso deberán de ser anclados con abrazaderas bordeando toda la pared del pozo.

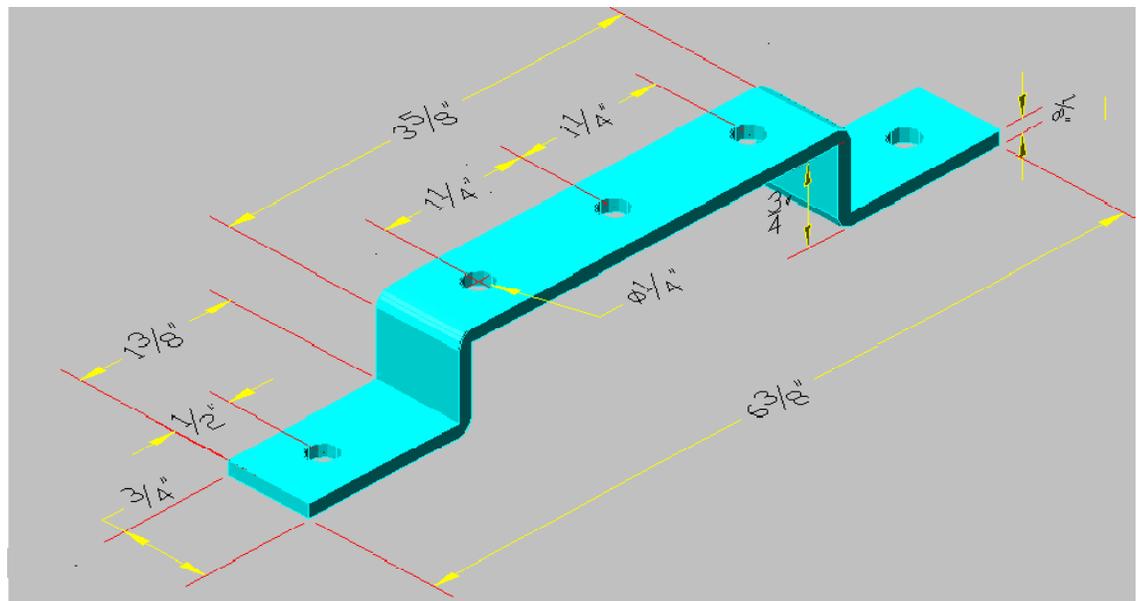
### Montaje de accesorios en Pozo

Los equipos pasivos de la red se fijan a las paredes de los pozos o cajas por medio de unas bases metálicas que se sujetan a las paredes, por medio de tarugos y tornillos autoroscables (ambos de  $\frac{1}{4}$  x 2 pulgadas), cuando se colocan bases en cajas metálicas para troncal estas deberán de ser sujetas con tornillo pasado y tuerca, o por medio de soldadura de estas con la caja.

Estas bases poseen tres posiciones para fijar los accesorios, debiendo tomar en cuenta que el accesorio deberá de poder ser reubicado sobre la misma base si se realiza una tarea de mantenimiento en los cables que conectorizan el accesorio.-

Las bases son de metal de  $\frac{1}{8}$  de espesor por  $\frac{3}{4}$  de ancho y  $\frac{35}{8}$  pulgadas de largo donde se sujeta el accesorio, debiendo tener tres perforaciones distribuidas simétricamente en esta longitud con diámetros de  $\frac{1}{4}$  para que los tornillos que sujetan los accesorios pasen por ellos.

**Figura 93. Barra para montaje de equipo pasivo**

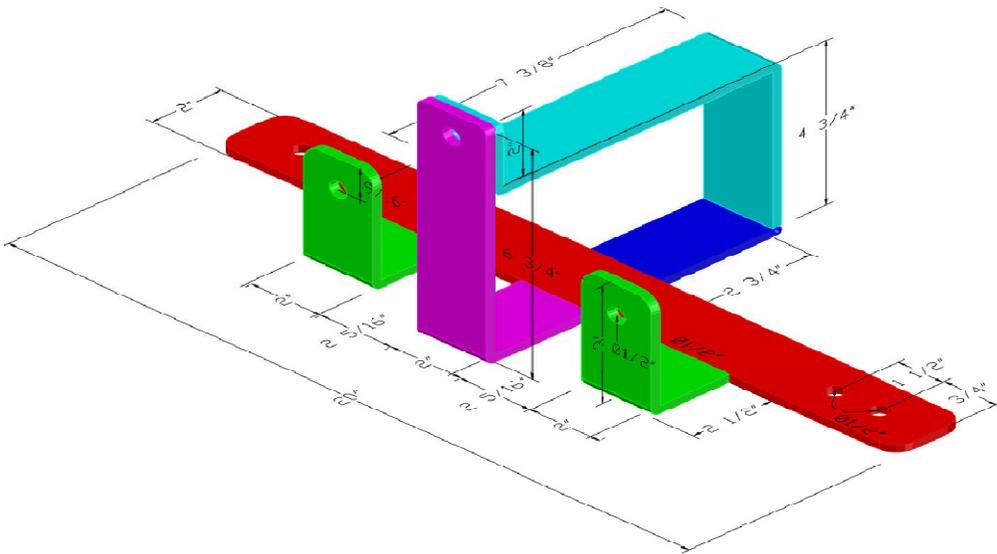


**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 65.

### 3.5.5 Montaje de amplificadores en pozo

Para amplificador troncal y para amplificador Line extender las cuales vienen diseñadas para poder montar el equipo de amplificación y que este quede asegurado a través del uso de un candado.

**Figura 94. Base para amplificador**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 67.

Estas bases se deberán fijar con tarugos tipo hilti y tornillos de rosca de 1/2 pulgada de diámetro por 2 pulgadas de largo usando roldana de presión para evitar su desajuste.

Los amplificadores se pueden montar en pozos de concreto como se indico con anterioridad o en cajas de metal tipo troncal, en las cuales no se dejara base al amplificador ya que este será soportado por las varillas cruzadas existentes a media profundidad de la caja.

## **3.6 Acometidas para fuentes**

### **3.6.1 Acometidas para fuentes aéreas**

Esta se realiza en un poste el cual debe de ser de madera de tamaño 25C5 que indica que el poste es de 25 pies de altura y es de clase 5 (diámetro base=8.2" ,diámetro cresta=6.0" ), la cual incluye el montaje de ducto conduit, para la acometida eléctrica, caja socket, caja tipo Nema 3R que soporta la humedad, en la que estarán montados tanto el sistema de protección (Flip-on de 20 amp para curva de alta inductancia), un toma de energía que sirve para conectar cuando no hay servicio por parte del proveedor de energía, una transferencia (cuchilla de paso de 30 amp) para hacer la selección entre energía de proveedor del servicio o de una planta eléctrica externa que se conecta al no haber servicio de fluido eléctrico .

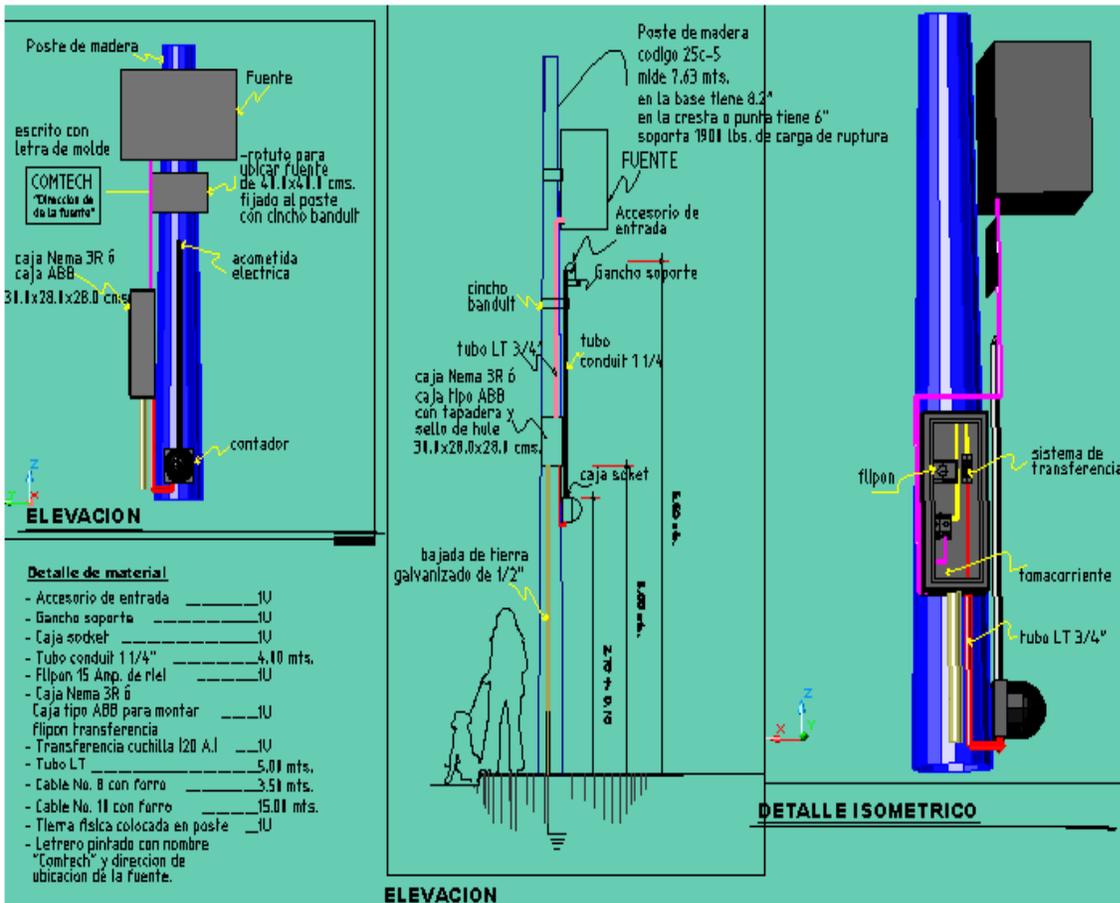
El posicionamiento de la caja de contador y de la acometida esta regido a las normas de la EEGSA.

El montaje de la fuente (caja metálica en la que en su interior se ubica el modulo transformador de energía y 3 a 6 baterías dependiendo del modelo de fuente) se hace al poste por medio de dos abrazaderas de dos partes. Esta acometida eléctrica tendrá su conexión a tierra por medio de un electrodo especial diseñado por mass@tierra el cual da una protección de descargas a través de un solo punto de drenaje eléctrico, consiguiendo los siguientes tipos de aterrizaje:

Tierra física: Contra corrientes de falla, descargas electroestáticas y electromagnéticas.

Tierra de protección para equipo electrónico cero lógico: Es la referencia de cero voltios que todo equipo electrónico necesita para funcionar adecuadamente.

**Figura 95. Acometida para fuentes aéreas**

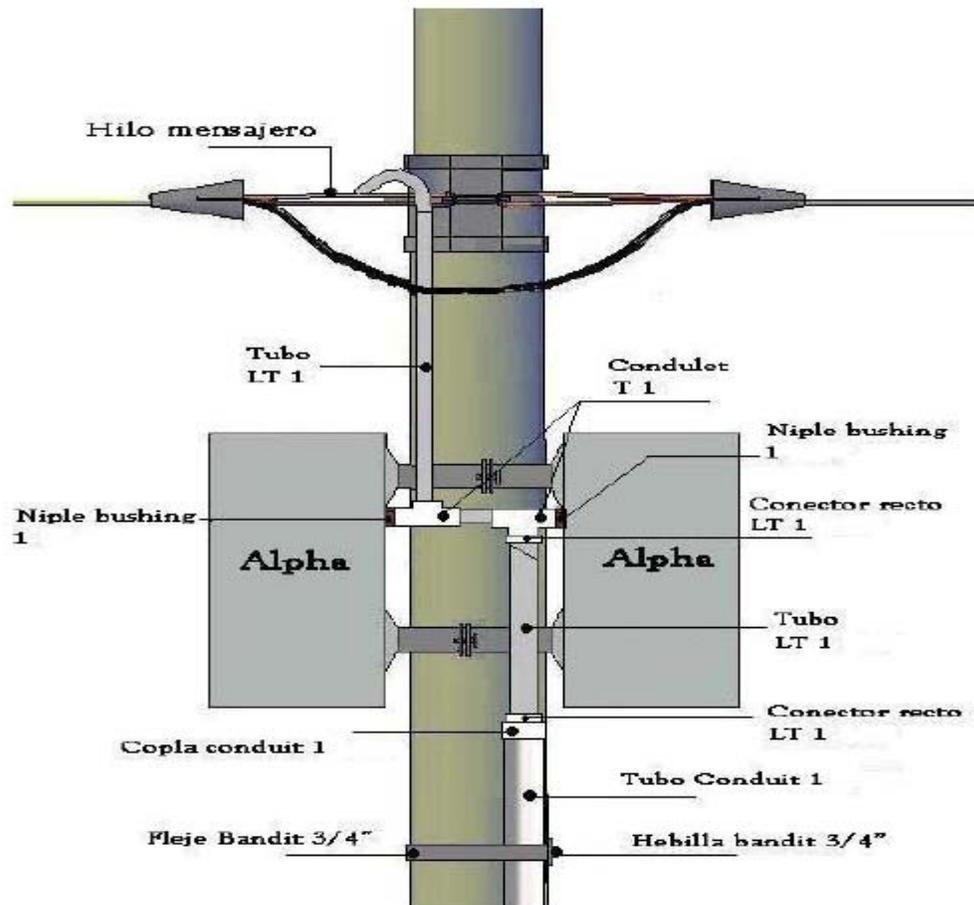


**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 75.

Tierras de protección por conexión equipotencial: Es la que se define como la conducción de corrientes indeseables a tierra que se presentan en las partes metálicas no energizadas y tienen como función fundamental proteger al personal humano.

Su objetivo es evitar diferencias de potencial así como minimizar las descargas electrostáticas.

**Figura 96. Detalle de colocación de 2 fuentes aéreas en poste.**



**Fuente:** Normas de construcción planta externa, Intelgua. Página 80.

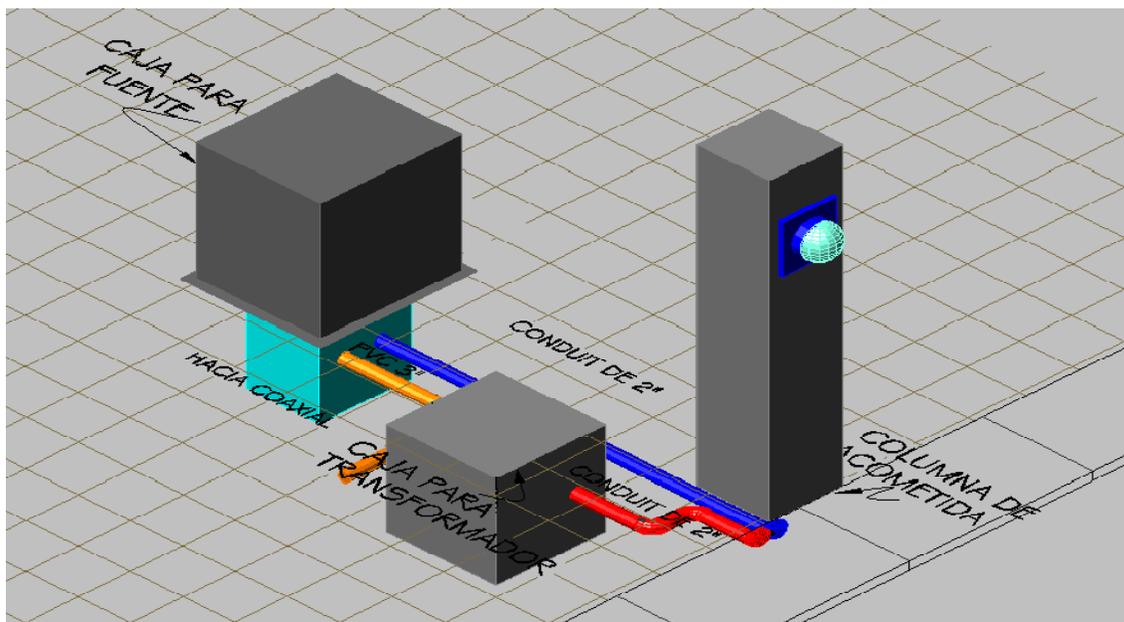
### **3.6.2 Acometidas para fuentes subterráneas**

Este tipo de acometidas se realiza en áreas en las que la distribución del flujo eléctrico se da en forma subterránea, o donde solo el servicio de energía eléctrica está aéreo y no se permite la colocación de postes y equipos de otros servicios en forma aérea.

Este tipo de acometidas normalmente tienen una columna realizada en concreto de 0.25 X 0.25 mts por 2 mts de altura para la colocación de la caja

socket para el contador y la caja tipo nema 3R para la protección y la transferencia, estas comunicadas en forma subterránea a través de ducto a una caja subterránea de concreto de medidas 0.50X0.40 mts por 0.50 mts de profundidad la cual a su vez tiene comunicación por medio de un tubo de 4 pulg de diámetro a la ducteria de telecomunicaciones en donde será ingresado el cable coaxial para la formación de la red de televisión. Sobre esta caja se monta la fuente de voltaje, esta fuente es también protegida por una caja metálica con ventilas y dimensiones de 1.20X0.81 mts por 0.94 mts de altura la cual es anclada a la superficie a través de 6 pernos según figura 48, esta tapadera tiene como función principal proteger el acceso a la fuente de energía ya que es un punto principal en el funcionamiento de la red y de alto peligro para personas que quieran tener acceso a la misma simplemente por curiosidad.

**Figura 97.** Detalle de acometida eléctrica subterránea.



## 4. CALIBRACIÓN Y ACTIVACION DE REDES HFC

### 4.1 Operación de los amplificadores

Los amplificadores se utilizan para mantener la ganancia unitaria del sistema de distribución. La compensación para las pérdidas ocurre cuando los niveles de la señal bajan a menos de las normas de diseño predeterminadas para conservar el buen funcionamiento de la red.

#### 4.1.1 El pad (atenuador)

Es usado para balancear el amplificador para Ganancia Unitaria y limitar el nivel de entrada al primer híbrido.

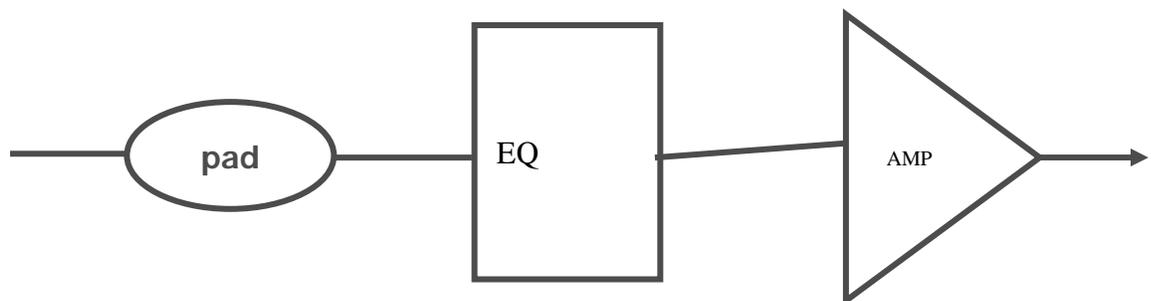
#### 4.1.2 El ecualizador

Es usado para compensar la respuesta de frecuencia del cable coaxial a la llegada al amplificador

#### 4.1.3 El amplificador

Es usado para contrarrestar las pérdidas por transmisión de la señal de la red coaxial

**Figura 98. Partes de un amplificador**



Ejemplo:

Si un sistema está diseñado con una entrada al amplificador de 20 dBmV en el canal más alto y el técnico de campo lee una entrada de 22 dBmV, un pad=2 dBmV deberá ser instalado en el amplificador.

Nota:

El valor mínimo de señal entrada al primer híbrido no debe ser menor a la NF de sistema (indicado en la hora de especificaciones del equipo) considerando el valor mayor entre la frecuencia del canal bajo y la frecuencia del canal alto de balanceo

#### 4.1.4 Pendiente de un amplificador

Es el resultado de diferencia de amplitud entre las señales transmitidas en el FWD entre la frecuencia del canal más bajo > 52Mhz y hasta la frecuencia de balanceo (550, 750, 870, 1000Mhz).

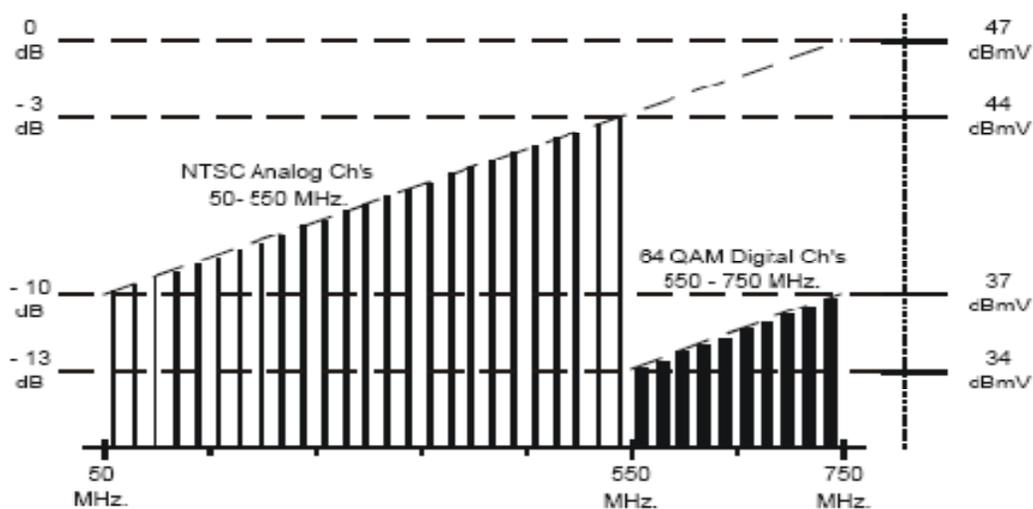
Positiva:

Cuando la amplitud del canal más alto es mayor a la amplitud de canal más bajo.

Negativa:

Cuando la amplitud del canal más alto es menor a la amplitud de canal más bajo.

**Figura 99. Pendiente de un amplificador**



#### 4.1.5 Ruta de avanzada interna del amplificador

Las señales de avanzada y retorno viajan sobre el mismo cable coaxial en bandas especificadas en el espectro.

El diplex filter separa las bajas de las altas frecuencias en 2 rutas.

Las Altas Frecuencias designadas al Forward viajan en el sentido del HE al Cliente tipicamente de 50 a 750 Mhz.

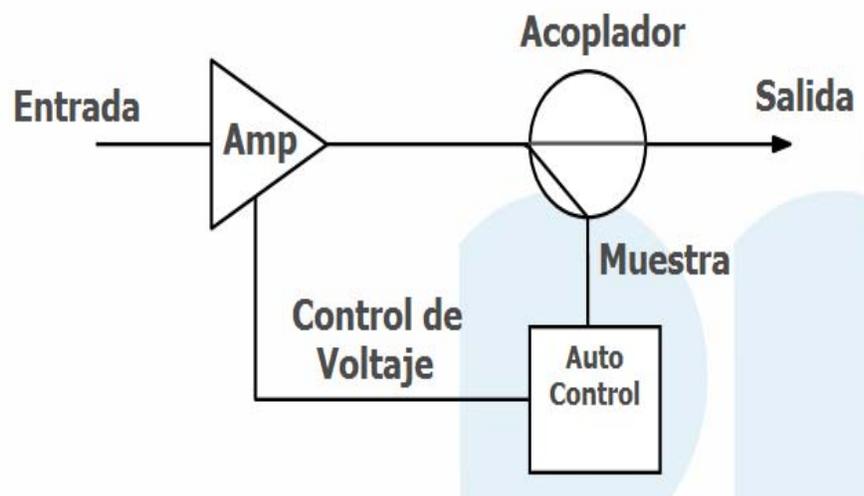
Las Bajas Frecuencias designadas al Retorno viajan en el sentido opuesto tipicamente de 5 a 40 Mhz.

#### 4.1.6 Control automático de ganancia (CAG)

El control automático de ganancia muestrea el nivel de señal y ajusta la salida de ganancia usando los voltajes de control de DC para mantener la señal de salida deseada.

El CAG ajusta las variaciones de temperatura en el ambiente.

**Figura 100. Control automático de ganancia**



#### 4.1.6.1 Concepto de ganancia unitaria

La sección de Forward opera bajo el concepto de ganancia unitaria.

Ganancia Unitaria significa 0 dB de ganancia neta a la salida entre amplificadores.

Ejemplo:

+30 dBmV	Nivel de la señal a la salida del amplificador No.1
-20 dBmV	Perdida por transmisión coaxial
+10 dBmV	Entrada al amplificador No.2
+20 dBmV	Ganancia Operacional del Amplificador No.2
+30 dBmV	Salida del Amplificador No.2
+30 dBmV	Salida del Amplificador No.1
+30 dBmV	Salida del Amplificador No.2
0 dBmV	Ganancia Neta

Figura 101. Ganancia unitaria



Se determina que el punto de ganancia unitaria es la entrada al puerto del amplificador.

Para el híbrido de retorno el nivel de entrada es irrelevante mientras se garantice un nivel de entrada por arriba de la figura de ruido especificada (típicamente >3 dB sobre el NF).

Si el punto de ganancia unitaria fuera definido a la entrada del híbrido y no a la entrada al filtro diplexor o al puerto del amplificador en el retorno, el nivel de entrada al híbrido al ser constante internamente para todo tipo de amplificador causará que los niveles se en la planta se vean afectados forzando el equipo terminal necesite transmitir a niveles más altos para tratar de compensar las pérdidas internas de los diferentes amplificadores. (Ej.: el nivel en el BTM es aprox. 9 dBmV mas que en el BLE y en el MB 5 dBmV respecto al BLE).

Es indeseable tener que transmitir diferentes niveles desde los equipos terminales para poder alimentar diferentes amplificadores.

Los niveles de planta son designados de tal forma que los equipos terminales operen a su nivel de salida más alto posible, por lo tanto los niveles de planta tienen que ser disminuidos 9 dB si el punto de ganancia unitario es asignado a la entrada del híbrido de retorno en lugar de la entrada del filtro diplexor.

## **4.2 Sweep o barridos**

Un sweep es la verificación de la integridad de una línea de transmisión (en nuestro caso un cable coaxial), al determinar su respuesta a las diferentes frecuencias que se le inyectan.

### **4.2.1 Por qué se hace un sweep**

En la respuesta a las frecuencias, la línea coaxial no debe de tener “valles” en la misma, es decir que la curva debe ser lo más recta posible.

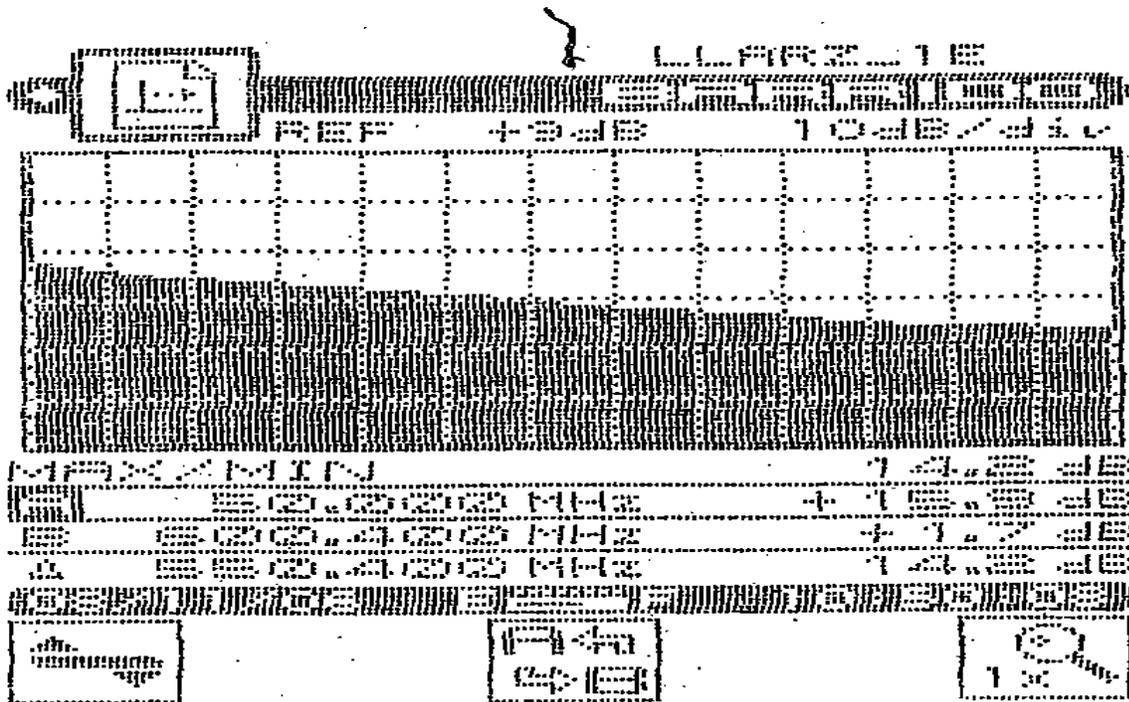
De existir valles, estos se traducirían en niveles más bajos en los canales que coincidan en las frecuencias de los mismos.

### 4.2.2 Como se hace un sweep

En un extremo de la línea se coloca un generador, el cual aplica una señal que “barre” todo el espectro de frecuencias de nuestro interés (es decir el rango entre 5 y 850 Mhz, por ahora).

En el otro extremo se conecta un equipo registrador, el cual grafica el valor de señal versus la frecuencia de medición puntual.

Figura 102. Gráfica de sweep típica



### 4.2.3 Interpretación de resultados

Principalmente se debe observar una línea con valores mayores plotados en el extremo izquierdo de la gráfica, produciéndose una pendiente que debe ser lo más pareja posible, de existir depresiones marcadas en la misma, debe de aplicarse reflectometría a la línea.

#### **4.2.4 Causas de problemas en el sweep**

- 1) Deformación de la geometría del cable.
- 2) Golpes dobles (mal ángulo de curvatura)
- 3) Malos acoples (pin-seizure)
- 4) Elongación mayor (excesiva tracción)
- 5) Humedad en la línea
- 6) Daños al shield (corte con navaja)
- 7) Daños al conductor central
- 8) Apriete insuficiente de tornillos de pin
- 9) Mala conectorización.

#### **4.3 Calibración de amplificadores troncales**

##### **4.3.1 Calibración de *forward* (directa)**

En el forward, la ganancia unitaria se mantiene al ajustar cada amplificador con el mismo nivel de salida.

##### **4.3.1.1 Energizar los troncales (*Warm up*)**

Se requiere colocar el módulo sin fusible alguno en el housing ya energizado.

Se colocan los fusibles respectivos.

Se chequean los voltajes (CA y CD).

Se cierra provisionalmente el housing.

Se espera como mínimo media hora para que llegue a temperatura normal de operación el módulo de amplificación.

**Figura 103. Amplificador troncal**



Housing

Módulo

#### **4.3.2 Verificación de niveles de entrada**

- Cada salida del Amplificador puede alimentar más de un amplificador.
  - La entrada del amplificador es alimentada desde un solo amplificador.
  - Se tiene un Pad único en cada salida del Amplificador
  - Siempre se ecualiza y atenúa con un Pad a la entrada del Amplificador
- Se miden en el test point FWD IN
- Se anota los niveles del plan de canales en la memoria.
  - Dependiendo de los valores medidos en los extremos de la banda, se toma la decisión de que ecualizador colocar.

Por ejemplo: los valores medidos son:

Ch 2: 27 dB y Ch 82: 19

Necesitamos un tilt de 10 dB.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{eq} = N_{ch} - N_{cl} + V_{tilt}$$

Donde  $V_{eq}$ : Es el valor aproximado del ecualizador buscado.

$N_{cl}$ : Es el nivel en dB del canal menor.

$N_{ch}$ : Es el nivel en dB del canal mayor.

$V_{tilt}$ : Es el valor en dB del tilt requerido.

En el ejemplo:

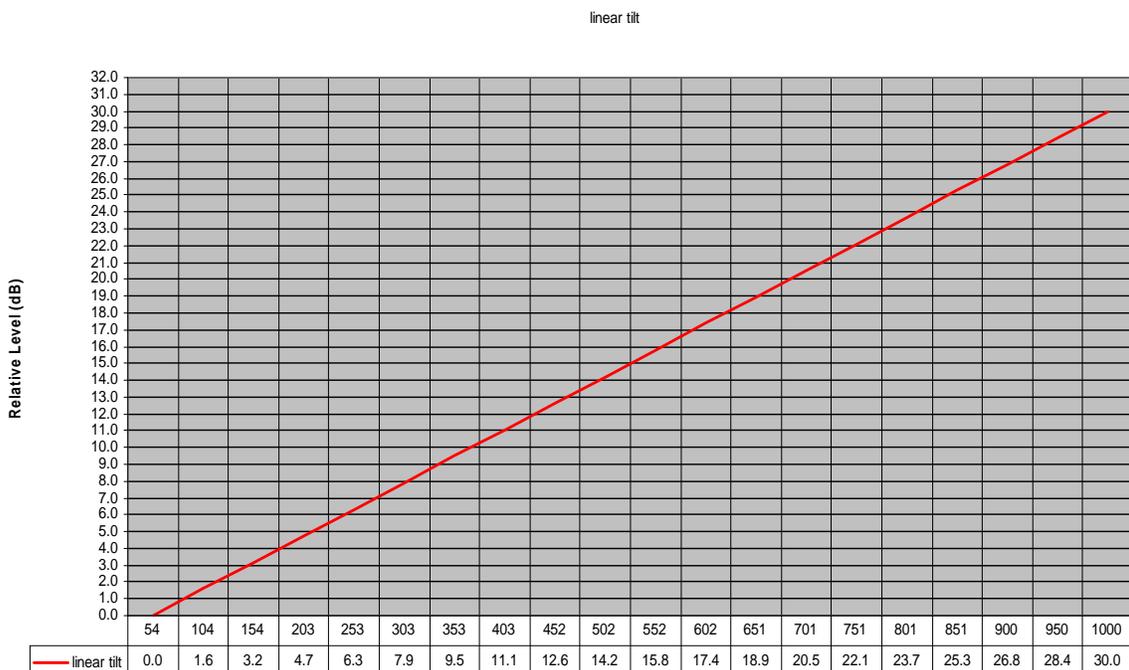
$$V_{eq} = 27 - 19 + 10 = 18 \text{ dB}$$

Valor del EQ: 18 dB aprox. @ 575 MHz

EQ @ 750 MHz: aprox. 22.5 MHz

Se procede a colocar el ecualizador en su base.

**Figura 104. Curva de ecualización**



### **4.3.3 Calibración de niveles de salida**

Se coloca un pad de 0 dB en la base del pad de entrada (fwd in pad)

Se procede a medir los niveles en los extremos del espectro en el test point del main.

Si es necesario se retoca el valor del ecualizador si no se ha logrado el tilt requerido.

Se determina que atenuación hay que introducir al amplificador tomando en cuenta que la salida debe ser según los valores de diseño.

### **4.3.4 Habilitación de salidas auxiliares**

Se coloca (si lo requiere) el divisor interno de señal para los auxiliares (AUX SIGNAL DIR), los pads de auxiliares ya vienen colocados y ajustados de fábrica.

Se toman los valores en cada una de las salidas auxiliares y se trasladan a memoria.

### **4.3.5 Calibración de retorno**

En el Retorno, mantenemos el mismo criterio de ganancia unitaria de lo contrario las señales llegarán al láser (Nodo) con el nivel equivocado y como resultado se tendrá distorsión o una relación pobre de C/N con el riesgo de degradar los datos.

Cada entrada de retorno puede provenir desde varios amplificadores.

La salida de retorno va a alimentar un solo amplificador.

Solo existe un Pad a la entrada de retorno del siguiente amplificador.  
Se ecualiza y atenúa con el Pad que están a la salida del amplificador

Se pide a headend coloque el analizador de espectro en el receptor del sector que estamos trabajando, y se les solicita además que coloquen el marcador de calibración previamente definido por la unidad de estandarización.

Se inyecta una señal (aprox. 42 dB) de una portadora fija, normalmente en el rango entre 25 y 35 Mhz, preferiblemente en el test point marcado como FWD out & Rev. Inc., hasta lograr en el test point de entrada al amplificador de retorno un nivel de -4 dB (es decir, se inyectan 16 dB a la entrada del amplificador de retorno).

Se coloca el pad de entrada main de retorno (rev main in pad) con un valor tal que alcance justamente el marcador de calibración.

Se prueba a levantar el modem de prueba.

#### **4.3.6 Cierre correcto del *housing***

Se deja copia de la memoria en el interior.

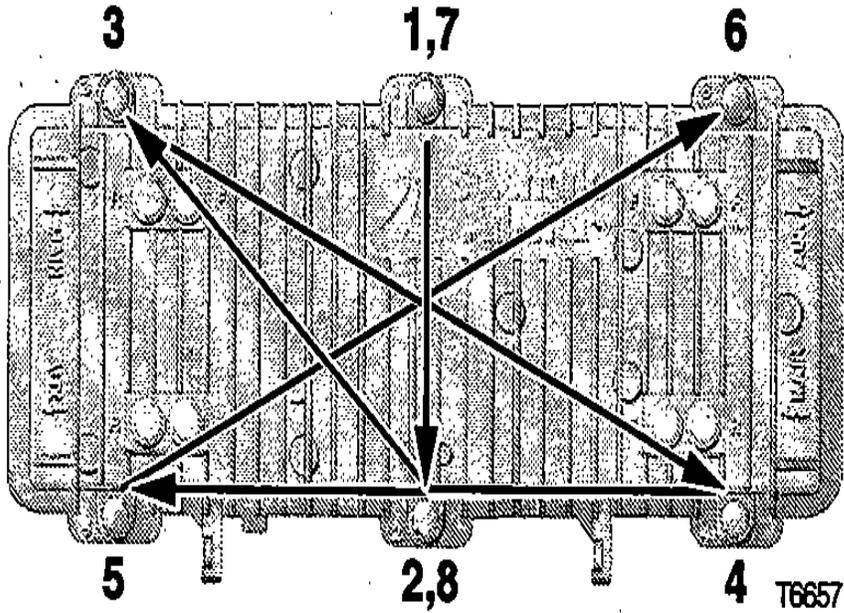
Se limpian los bordes del *housing*.

Se procede al cierre de la tapa siguiendo la secuencia numerada en el *housing*.

Se respetan los torques máximos y mínimos de 12 a 5 libras-pie.

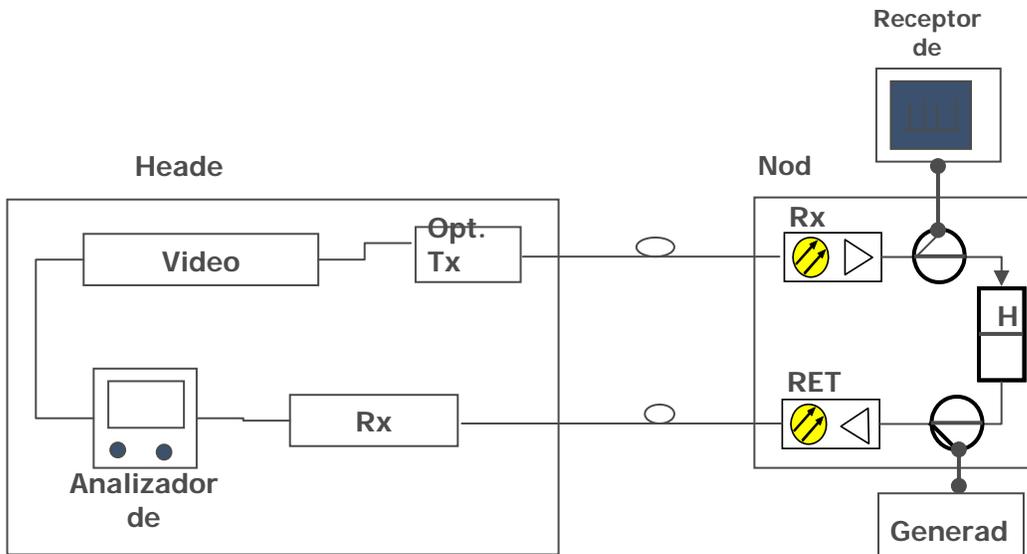
Asegúrese que los tapones de test point estén asegurados a 3 libras pie (+- 1 lb.-p).

Figura 105. Secuencia de apriete del housing del amplificador



#### 4.4 Método de Round Robin para calibración

Figura 106. Aplicando método Round Robin



Conecte el analizador de espectro al receptor de retorno y ajuste los controles de nivel para desplegar la salida esperada del receptor. El nivel de salida del receptor es dependiente de la potencia óptica recibida, el nivel del Tx de RF del retorno y los ajustes de ganancia de los receptores internos.

Si el analizador tiene una salida de video, úselo para modular un canal abierto. Este canal es usado por el receptor de TV en el monitor de campo los niveles de señal del receptor de retorno.

Ajuste el generador con una salida plana y el nivel requerido en la entrada del transmisor de retorno. El nivel total de RF para el transmisor de retorno dependerá del número de portadoras inyectadas y el nivel especificado recomendado por el fabricante.

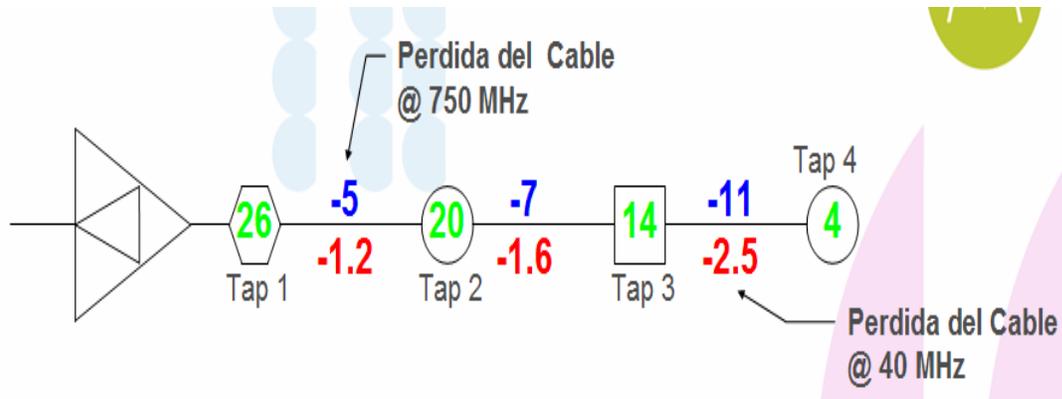
Compare la salida del receptor del retorno (como se ve en el TV) para los niveles esperados dados por el número de portadoras probadas. Los ajustes de ganancias dentro del nodo podrían ajustarse antes de continuar en el primer amplificador en la cascada.

Una vez ajustados los niveles del nodo, continúe en el primer amplificador de la cascada.

Los niveles de inyección están basados en el nivel óptimo de entrada al amplificador. Ajuste el nivel de salida del generador de retorno igual al nivel de entrada óptimo más la pérdida pasiva combinada del punto de prueba.

La Ecuación y atenuación serán desarrollados después de que hayan sido ajustados los niveles de entrada de los amplificadores. Inserte el ecualizador apropiado para una respuesta plana vista en el receptor de TV. Atenué la salida del amplificador para referenciar los niveles establecidos.

**Figura 107. Método Round Robin**



**Tabla V: Pérdidas desde el activo al tap**

	FWD @ 750 MHz Pérdida desde el Activo al puerto del Tap	RTN @ 40 MHz Pérdida desde el puerto del Tap al Activo
Tap 1	26 dB	26 dB
Tap 2	5+20=25 dB	20+1.2=21.2 dB
Tap 3	5+7+14=26 dB	14+1.6+1.2=16.8 dB
Tap 4	5+7+11+4=27 dB	4+2.5+1.6+1.2=9.3 dB
Variación Max entre Taps	2 dB	16.7 dB

#### 4.5 Inyección del nodo o receptor óptico

Es importante considerar la potencia de inyección de un número de señales a los Tx láser de acuerdo a su nivel de potencia por unidad de BW (energía por Hz) para no saturarlos (*clipping*). Cuando tenemos un número determinado de servicios fluyendo en el RTN, tenemos una cantidad proporcional de energía que deberá ser inyectada, cuando incrementamos la cantidad de servicios también incrementamos dicha energía por lo que es

imprescindible disminuir la potencia de entrada de todos estos servicios en proporción logarítmica (dB's) para evitar la saturación del equipo.

#### **4.5.1 RTN (retorno)**

Las señales vienen de puntos diferentes por lo que hay que balancear toda la red para que todas las señales de los distintos puntos lleguen en un mismo nivel y poder garantizar el desempeño de la red.

#### **4.5.2 FWD (forward)**

La ganancia del Nodo típicamente incluye 4 entradas de RTN combinadas, para lograr el máximo C/N es necesario asegurar que el nivel de la señal sea el mismo en las 4 ramas ajustando el atenuador común a la entrada del TX para evitar que cualquier señal de retorno lleve al transmisor a Clipping.

Quiere decir que en cada salida de FWD y RTN de cada amplificador en la red o en una cascada de amplificadores siempre se va a manejar los mismos niveles de salida para compensar las pérdidas involucradas en el transporte de la señal a través de su medio de comunicación.

Ejemplo:

Niveles de 40/52 para 860Mhz (donde la pendiente de 12dB's es la diferencia del nivel de la pendiente entre el canal alto y el canal bajo a la salida de cada amplificador de RF) no importando el valor de llegada al siguiente amplificador en la cascada.

En el retorno pasa lo mismo, sin importar el valor de la señal de entrada proveniente del amplificador previo, el valor de salida del amplificador en el retorno debe ser tal que compense las pérdidas ocurridas y podamos recuperar el valor de referencia fijado en el HE.

De acuerdo a la teoría de operación, cuando combinamos pasivamente varias señales eléctricas, el C/N (*carrie to noise* o relación señal ruido)

resultante será aproximado al enlace con el C/N más bajo degradando el desempeño del resto de los enlaces ópticos.

En la cabecera vamos a tener distintas distancias a los nodos, hay que garantizar que todos los enlaces ópticos que llegan a la cabecera tienen el mismo nivel, esto se puede lograr modificando las ganancias de los receptores, atenuando electrónicamente o colocando atenuadores externos tipo FOAM para ajustar la salida de los TX a un mismo valor antes de ser combinados.

En el FWD, cuando se acaba la señal se requiere adecuarla nuevamente para mantener los niveles de ganancia unitaria a la salida a través de la red insertando un amplificador ecualizable.

En el retorno pasa lo mismo, se adecua la señal de salida dependiendo del valor de la señal de entrada recibida para cada amplificador previo directamente conectado a cada pierna del amplificador donde se realiza el balanceo.

Para determinar el nivel apropiado del transmisor para cada caja en casa y poder asegurar que las señales llegarán al amplificador en el nivel apropiado es necesario un entendimiento claro del AGC.

Este se refiere al proceso de ajuste de los niveles de señal originada en la caja (CM) en casa a través de las instrucciones del demodulador en la cabecera (CMTS). La mayoría de los demoduladores miden el nivel de la señal de RF en su puerto de entrada (7).

Si este nivel es incorrecto, es enviado un comando por FWD a través de Planta Externa hasta la caja pidiendo incrementar o reducir su nivel. Para hacer esos ajustes, el demodulador se asegura que todas las señales de la Planta Externa llegarán al demodulador en el mismo nivel dentro de algún límite preciso.

El control de ganancia se refiere al proceso de ajustar automáticamente el nivel.

#### **4.6 Niveles a ser considerados en planta externa**

El nivel en el puerto de entrada de la Ruta de Retorno de cada amplificador.

El nivel en la entrada del modulo láser de Ruta de Retorno.

El nivel en la entrada al demodulador.

Estos 3 niveles están basados sobre criterios independientes, el primer paso es:

1. Seleccionar el nivel ideal en los amplificadores (basado en el poder disponible del transmisor de la caja en la casa) contra la pérdida máxima a través del cual la señal debe viajar en su camino al amplificador.

2. Seleccionar el nivel ideal en el modulo láser de la Ruta de Retorno basado en un rango dinámico y "Clipping" para un máximo desempeño C/N (de acuerdo a la especificación del fabricante).

3. Seleccionar el nivel ideal en el demodulador (de acuerdo a la especificación del fabricante). Una vez seleccionado, agregar la ganancia o la pérdida para cada localidad para que esos 3 niveles ideales ocurran simultáneamente.

4. Seleccionar el nivel ideal en el amplificador basado en la potencia disponible desde la caja en la casa (1) y la pérdida entre la caja y el amplificador (2). Si distintos tipos de servicios serán cargados en la Ruta de Retorno, seleccionar el servicio cuya máxima potencia de transmisión es la menor.

De instancia, un cable módem podría tener una máxima potencia de +55dBmV.

1. Determinar la máxima pérdida para llegar al amplificador. Para esto, 6 dB para los divisores y cable de acometida, 2 dB para el cable de tiraje interno y 23 dB para el Tap de mayor valore.

2. Agregar los factores extras para las imprecisiones en el balanceo de Planta Externa y para cambios en ganancia como resultado de las variaciones por temperatura (típicamente 6 dB). En el peor caso, los +55dBmV llegarán al amplificador con:

$$55-6-2-23-6=18 \text{ dBmV.}$$

Por lo tanto, 18dBmV se escogerían como el nivel ideal para este servicio en el puerto del amplificador. Todas las cajas que en su camino tienen menos perdidas para transmitir recibirán instrucciones del ciclo extenso del demodulador (CMTS) desde la cabecera para ajustarse a sus niveles.

#### **4.7 Fuentes de alimentación CATV**

Son utilizadas para proveer la alimentación necesaria a un sistema CATV.

Proveen una alimentación en CA regulada, con limitación de sobre corrientes, libre de picos, transitorios y ruido.

Con una entrada de CA senoidal (110 V), proveen a su salida una onda cuasi cuadrada con valores que están entre los 60 y 90 voltios.

Mantienen en carga flotante un banco de baterías, para su operación en caso de apagones.

##### **4.7.1 Partes de una fuente típica**

- a) *Housing*
- b) Módulo Transformador
- c) Módulo inversor.
- d) Módulo de monitoreo.

- e) Módulo transponder.
- f) Banco de baterías.
- g) Sensor de temperatura.
- h) Supresor de transitorios.
- i) Caja de transferencia interna.
- j) Luces pilotos.

#### **4.7.1.1 Housing**

Es la carcaza en la cual están alojados todos los elementos constitutivos de la fuente de alimentación, a los cuales provee protección de los elementos exteriores, tales como humedad, y viento, además del factor de seguridad.

#### **4.7.1.2 Módulo transformador**

Transformador de tipo ferro resonante.

Tiene las siguientes funciones:

Aislar eléctricamente el sistema CATV de la red eléctrica.

Proveer una forma de onda cuasi cuadrada a los equipos activos del sistema.

Capacidad de proveer diversos niveles de voltaje (60,75 y 90) al sistema, dependiendo de nuestros requerimientos.

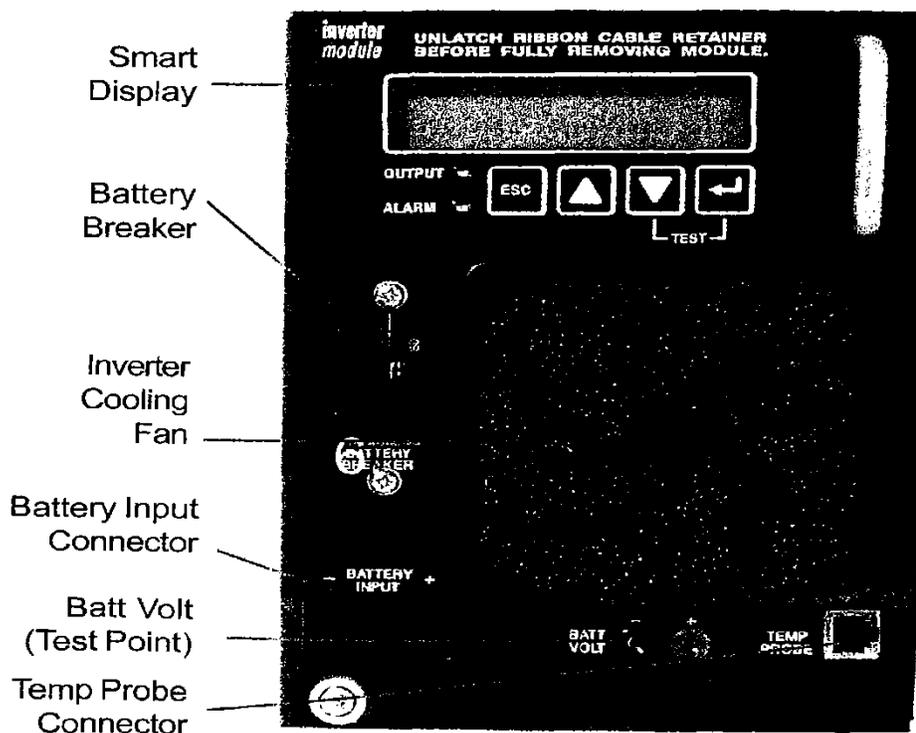
#### **4.7.1.3 Módulo inversor**

Es el encargado de detectar un fallo en la alimentación comercial y activar el circuito de inversor.

También procesa las señales para el módulo de monitoreo.

Asimismo controla los parámetros necesarios para la carga eficiente del banco de baterías.

**Figura 108. Módulo inversor**



#### 4.7.1.4 Módulo de monitoreo

Trabaja en conjunto con el módulo inversor para la adquisición de datos sobre los parámetros más importantes de funcionamiento de la fuente, tales como:

- Voltaje de entrada.
- Voltaje de salida.
- Corriente de salida.
- Voltaje del banco de baterías.

- Cantidad de eventos en periodo.
- Modo de carga.
- Modo de operación (line o baterías).

#### 4.7.1.5 Módulo transponder

Es el encargado de la comunicación con el sistema de monitoreo en el headend, tiene conexión directa con el módulo de monitoreo.

**Figura 109. Posición de módulos**

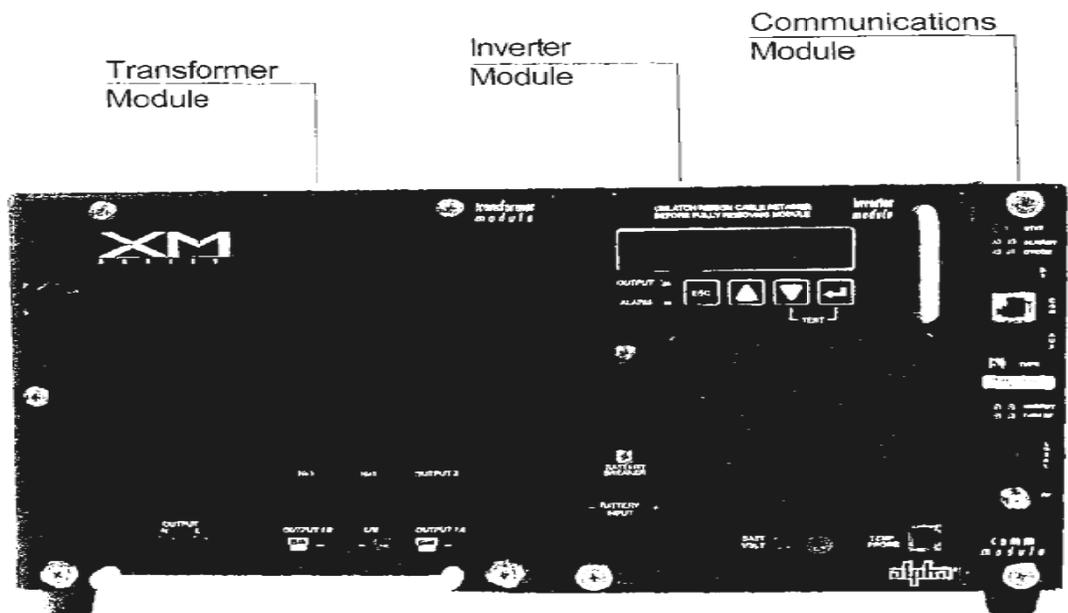


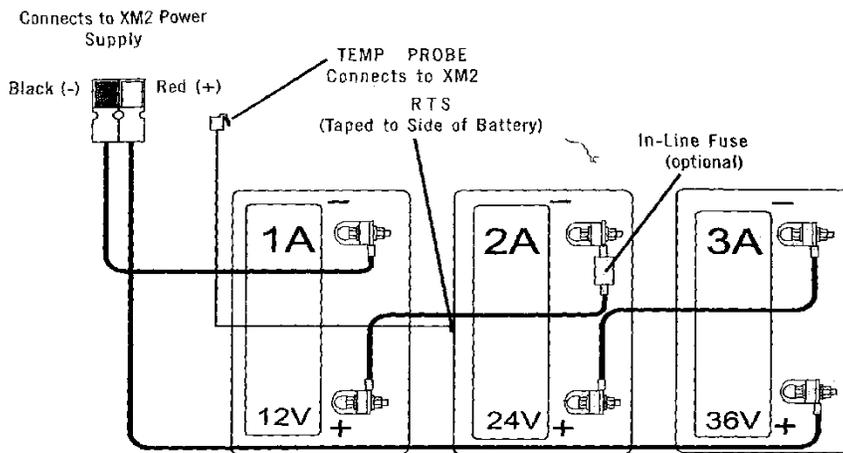
Fig. 1-1, XM Series 2 Power Supply

#### 4.7.1.6 Banco de baterías

Consta de un conjunto de baterías de tipo especial (gel), generalmente en configuración serie.

Cada batería es de 12 voltios con una capacidad en amperios no menor a 185.

**Figura 110. Conexión del banco de baterías**



#### 4.7.1.7 Sensor de temperatura

Es el encargado de retroalimentar al módulo del inversor la temperatura en el cuerpo de las baterías.

Debe situarse entre la batería del centro y cualquiera de las de los lados.

La ubicación recomendada es a la mitad del lado mas largo y a 2/3 de su altura.

Debe fijarse con una cinta de alta resistencia (duct tape).

#### 4.7.1.8 Supresor de transitorios

Su función es la de evitar que una sobre tensión sea aplicada a la fuente.

Generalmente se utilizan varistores de uso pesado.

Van conectados en paralelo al tomacorriente del modulo de la fuente.

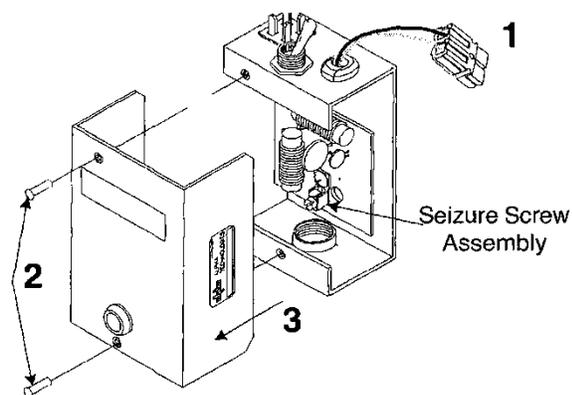
El suministrado por el fabricante posee una luz de advertencia de supresor dañado

#### 4.7.1.9 Caja de transferencia

Su función es la de poder proporcionar un punto de conexión fácil y practica a un generador externo, en los casos en que el corte de energía vaya a ser muy largo.

Pueden ser internas (suministrada por el fabricante), o externas (según norma de la empresa).

**Figura 111. Caja de Transferencia**



#### 4.7.1.10 Luces Piloto

Son las encargadas de dar una indicación del estado básico de la fuente, la cual puede ser observada desde el plano de tierra.

Figura 112. Ubicación de las luces piloto en la caja de transferencia

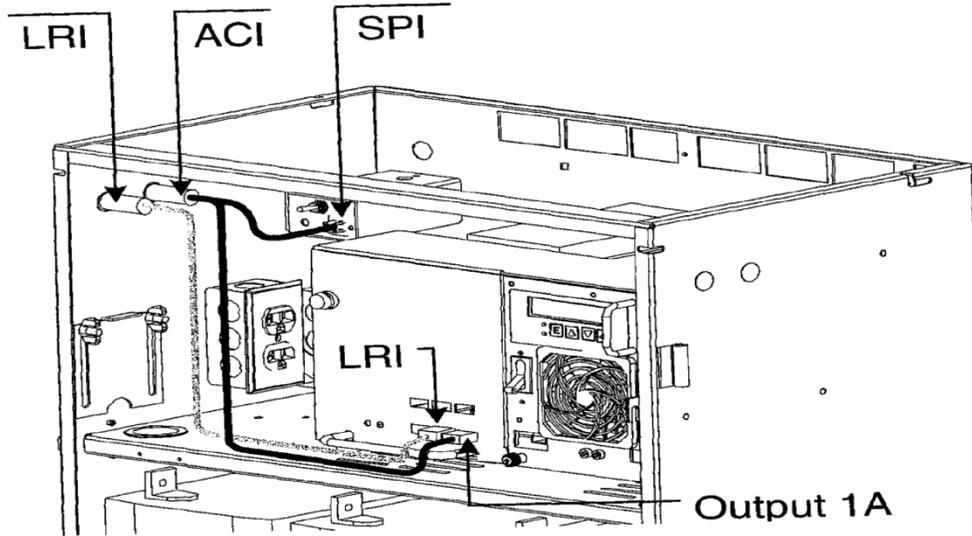


Figura 113. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación para CATV

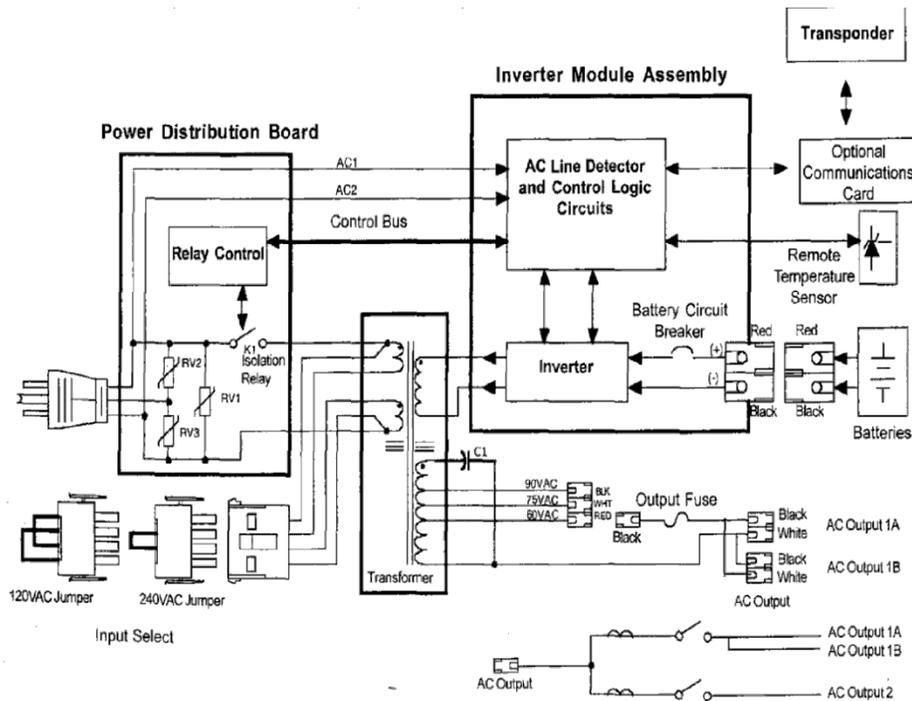


Fig. 1-2, Simplified Block Diagram With PIM Option

#### 4.7.2 Power inserter

Es el pasivo por medio del cual se le puede acoplar a la línea coaxial la potencia necesaria para el funcionamiento de los activos, proviniendo dicha energía de la fuente de alimentación.

Posee 3 puertos:

2 conocidos como de RF/AC.

1 conocido como de AC *only*

**Figura 114.** Power Inserter





## **5. ANÁLISIS ECONÓMICO TRIPLE PLAY**

### **5.1 Tendencias del mercado local**

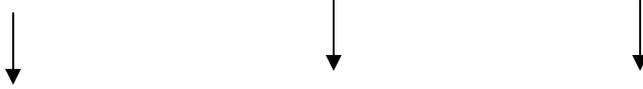
En la era del triple play, no es nada novedoso hablar de convergencia. Sin embargo, es necesario dejar siempre en claro que tecnológicamente hablando, empaquetamiento no es lo mismo que convergencia, por lo cual lo que en este momento estamos disfrutando como nueva oferta del mercado de telecomunicaciones es empaquetamiento. Telefonía, internet y televisión, cobrados en una sola factura, es empaquetamiento, con muchas bondades y comodidad para los usuarios en términos de costos y de servicio post venta. Pero esos tres servicios por un mismo canal (cobre, fibra, satélite...) es convergencia total.

Siguiendo con la descripción del mundo de las telecomunicaciones, hoy en día, es importante aclarar que, ya sea a través de convergencia total o empaquetamiento, se puede hablar de triple play o incluso de tetra play, si a los servicios mencionados se les suma la posibilidad de la telefonía móvil, o celular.

Lo más importante es que hay múltiples ofertas en precio y contenido para escoger el operador de los tres servicios.

Triple Play Servicios Incluidos

TV por Suscripción + Acceso a Internet + Telefonía Sobre Internet = **TRIPLE PLAY**



Entretenimiento  
 •Canales de TV.  
 •Eventos Exclusivos.  
 •PPV/VOD  
 •PREMIUM  
 •Contenidos  
 •Interactividad

DATOS  
 Banda ancha.  
 Buzón de correo.  
 Acceso de correo remoto.  
 Página Web  
 Contenidos

Voz  
 Phone on line  
 Derecho a generar y recibir llamadas.  
 Llamadas locales: Red Pública.  
 Telefonía IP

**HOY**

**MAÑANA**



### **5.1.1 Propuestas de valor**

Hábitos del cliente: la oferta está diseñada para satisfacer hábitos de consumos identificados en nuestros clientes.

Oferta completa: paquetes integrales: el cliente encuentra todos los servicios en una sola oferta.

Comprabilidad: paquetes con el beneficio en precio de todo en uno.

Simple: Oferta fácil de entender, formato único de solicitud de servicios para el Hogar.

Facturación integral del paquete.

Flexible: desarrollada bajo el esquema de matriz de productos, para poder definir ágilmente nuevas ofertas o paquetes, según las necesidades del mercado.

### **5.2 Costos de materiales**

Se Realizara el análisis sobre un proyecto de aproximadamente 50 casas en las que se pretende darles el servicio de triple play con una red híbrida cable coaxial y fibra óptica ( HFC), dichas casas se encuentran en un condominio con red subterránea en su totalidad.

Figura 115. Diseño propuesto



La siguiente cuantificación de materiales se realiza según el diseño propuesto.

Los precios de los materiales se refieren a precios en el mercado de local pueden tener una variación, con respeto al cambio del dólar.

**Tabla VI: Precio de materiales.**

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD SOLICITADA	PRECIO MATERIALES	TOTAL MATERIALES
coplas de 8 DBS	UNI	1	\$27.67	\$27.67
coplas de 16 DBS	UNI	1	\$27.67	\$27.67
soporte para TAP	UNI	24	\$11.55	\$311.85
Splitter de 2 way	UNI	3	\$0.00	\$0.00
TAP de 2 way 4 DBS	UNI	4	\$20.00	\$80.00
TAP de 2 way 11 DBS	UNI	2	\$20.00	\$40.00
TAP de 2 way 14 DBS	UNI	2	\$20.00	\$40.00
TAP de 2 way 20 DBS	UNI	1	\$20.00	\$20.00
TAP de 4 way 8 DBS	UNI	2	\$20.00	\$40.00
TAP de 4 way 11 DBS	UNI	1	\$20.00	\$20.00
TAP de 4 way 14 DBS	UNI	3	\$20.00	\$60.00
TAP de 4 way 17 DBS	UNI	1	\$20.00	\$20.00
TAP de 4 way 20 DBS	UNI	1	\$20.00	\$20.00
TAP de 8 way 17 DBS	UNI	2	\$20.00	\$40.00
Amplificador Troncal	UNI	1	\$739.20	\$739.2
Tapadera de concreto para caja troncal	UNI	1	\$23.16	\$0.00
Instalación de caja para Amplificador	UNI	1	\$490.00	\$490.00
cable coaxial RG-500 ducto	UNI	716	\$1.07	\$766.12
Canalización en banquetta 1 vía de 2"	ML	70	\$1.26	\$0.00
Restauración en banquetta	ML	70	\$9.92	\$0.00

tubo BX de plástico de 1/2"	MTS	6	\$0.39	\$0.00
abrazadera de 1/2" p/c	UNI	80	\$0.12	\$9.24
Instalación Tierra Física en accesorio subterráneo	UNI	12	\$11.72	\$140.64
ecualizador de línea 9 DBS	UNI	1	\$27.67	\$0.00
ecualizador de línea 11 DBS	UNI	2	\$27.67	\$0.00

Total:

US \$2,892.39

### 5.3 Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra fueron estimados en base a los precios estipulados por las diferentes contratistas que trabajan en el ramo de las telecomunicaciones.

**Tabla VII. Costos de mano de obra**

Mano de obra	UNIDAD	CANTIDAD REALIZADA	PRECIO MANO DE OBRA	TOTAL MANO DE OBRA
Montaje de coplas de 8 DBS	UNI	1	\$6.64	\$6.64
Montaje de coplas de 16 DBS	UNI	1	\$6.64	\$6.64
Montaje de soporte para TAP	UNI	27	\$4.41	\$119.07
Montaje de Splitter de 2 way	UNI	3	\$6.64	\$19.93
Montaje de TAP de 2 way 4 DBS	UNI	4	\$5.26	\$21.03
Montaje de TAP de 2 way 11 DBS	UNI	2	\$5.26	\$10.52
Montaje de TAP de 2 way 14 DBS	UNI	2	\$5.26	\$10.52
Montaje de TAP de 2 way 20 DBS	UNI	1	\$5.26	\$5.26
Montaje de TAP de 4 way 8 DBS	UNI	2	\$5.26	\$10.52
Montaje de TAP de 4 way 11	UNI	1	\$5.26	\$5.26

DBS					
Montaje de TAP de 4 way 14 DBS	UNI	3	\$5.26	\$15.77	
Montaje de TAP de 4 way 17 DBS	UNI	1	\$5.26	\$5.26	
Montaje de TAP de 4 way 20 DBS	UNI	1	\$5.26	\$5.26	
Montaje de TAP de 8 way 17 DBS	UNI	2	\$5.26	\$10.52	
Montaje de Amplificador Troncal	UNI	1	\$3.70	\$3.70	
Tapadera de concreto para caja troncal	UNI	0	\$32.16	\$0.00	
Instalación de caja para Amplificador	UNI	1	\$104.62	\$104.62	
Montaje de cable coaxial RG-500 ducto	MT S	716	\$0.48	\$345.36	
Canalización en banquetta 1 vía de 2"	MT S	0	\$6.79	\$0.00	
Restauración en banquetta	MT S	0	\$13.96	\$0.00	
Instalación tubo BX de plástico de 1/2"	MT S	0	\$0.54	\$0.00	
Instalación de abrazadera de 1/2" p/c	UNI	77	\$0.16	\$12.38	
Instalación Tierra Física en accesorio subterráneo	UNI	12	\$4.48	\$53.76	
Suministro e instalación ecualizador de línea 9 DBS	UNI	0	\$6.61	\$0.00	
Suministro e instalación ecualizador de línea 11 DBS	UNI	0	\$6.61	\$0.00	
INSTALACIÓN SOPORTE DE ANCLAJE PARA TAP O COPLAS RG-500	UNI	3	\$4.41	\$13.23	
MONTAJE DE EQUALIZADOR DE LÍNEA 9DBS	UNI	1	\$6.61	\$6.61	

MONTAJE DE EQUALIZADOR DE LINEA 11DBS	ML	2	\$6.61	\$13.22
---------------------------------------	----	---	--------	---------

Total: US\$ 772.01

## 5.5 Recepción y liquidación del proyecto

### 5.5.1 Recepción de unidades montadas en campo

La recepción en campo de la ejecución de los proyectos de crecimiento, Modernización, Mantenimiento de redes HFC, se hace, haciendo un recorrido conjunto con la compañía contratista verificando que el proyecto se construyo de acuerdo a la planificación y de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas, verificar que las unidades de construcción de los proyectos finalizados, estén de acuerdo a la realidad.

Se hace el recorrido verificando con los planos de diseño las distancias interpostales y entre pozos, colocación y fijación adecuada de cables que se encuentran tanto en pozos como en postes.

Verificar que se realizaron todos los desmontajes de cables, y equipos cuando los proyectos son modernizaciones.

Por comprobación se le solicita a la contratista encargada de la construcción del proyecto realizar calas para la verificación del tipo de terreno y distancias de carga en la canalización construida. Se verifica la calidad de las restauraciones realizadas en trabajos de obra civil.

**Tabla VIII:** Listado de unidades montadas en el proyecto propuesto.

#### Cable de distribución

	Desde	No. Pozo	Hacia	No. Pozo	Distancia (M)
1	Caja Troncal nueva donde se ubica Troncal Gain Maker	8	Pozo donde se ubica Splitter 2 way, área verde a un costado de casa 80	7	38
2	Pozo donde se ubica Splitter 2 way, área verde a un costado de	7	Pozo 2 en área verde costado casa 1	6	12

	casa 80				
3	Pozo 2 en área verde costado casa 1	6	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 4,5	9	38
4	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 4,5	9	Pozo donde se ubica Tap 11/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 11,10	10	38
5	Pozo donde se ubica Splitter 2 way, área verde a un costado de casa 80	7	Pozo donde se ubica Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 76,77	11	33
6	Pozo donde se ubica Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 76,77	11	Pozo donde se ubica Tap 8/4 y Tap 11/2 frente a casas número 72,73	12	36
7	Caja Troncal nueva donde se ubica Troncal Gain Maker	8	Pozo donde se ubica Splitter 2, Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 68,69	13	69
8	Pozo donde se ubica Splitter 2, Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 68,69	13	Pozo donde se ubica Tap 8/4 y Tap 11/2 frente a casas número 64,65	14	33
9	Pozo donde se ubica Splitter 2, Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 68,69	13	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 18,19	15	25
10	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 18,19	15	Pozo donde se ubica Tap 14/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 22,23	16	28
11	Caja Troncal nueva donde se ubica Troncal Gain Maker	8	Pozo situado en jardinería central frente a casas serie 50 y 60	17	15
12	Pozo situado en jardinería central frente a casas serie 50 y 60	17	Pozo donde se ubica Tap 20/2 y Tap 20/4, ubicado en área verde a un costado de casa número 60	18	15
13	Pozo donde se ubica Tap 20/2 y Tap 20/4, ubicado en área verde a un costado de casa número 60	18	Pozo donde se ubica Tap 17/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 54,55	19	49
14	Caja Troncal nueva donde se ubica Troncal Gain Maker	8	Pozo de distribución a Casa Club	20	106
			<b>Total</b>		<b>535 mts.</b>

### 5.5.2 Liquidación del proyecto

Se verifica a través de una revisión detallada todas las unidades de construcción tomando como base las bitácoras (reportes de campo), las cuales cada contratista esta obligada a presentar dentro de la papelería de liquidación,

revisar cada plano (canalización, posteo) comparando planos vrs unidades de construcción.

Validar que la papelería, planos, unidades de construcción, ocupaciones finales (en casos de modernización) y protocolos de mediciones cumplan los requisitos técnicos de cantidad y calidad, que se constataron en la recepción de campo.

Se revisa cada bitácora o reporte de campo, en el caso del reporte de instalación de cables se analiza cada uno de los tramos instalados comparando la medida marcada en el plano de canalización y posteo se adiciona porcentaje por corte de empalme y por reserva que se dejan en pozos o postes y se compara tramo por tramo, se totaliza y se compara con la cantidad total reportada por la contratista.

Para el caso de canalización se verifica todo el recorrido de la canalización separando todas las partes por donde paso la misma (jardín, banquetta, asfalto tierra), así como las diferentes profundidades que se dieron en el recorrido, se totaliza y se compara con lo reportado por la contratista, esto se repite para cada una de las diferentes canalizaciones.

Validando que los planos, protocolos de pruebas, ocupaciones finales y formato de unidades de construcción concuerden con la recepción hecha en campo, así como también que la papelería de liquidación cumpla con los costos y precios establecidos, y finalmente revisar que los planos entregados estén debidamente actualizados, legibles y con buena calidad revisando la ocupación de red actualizada.

**Tabla IX: Direccionamiento de materiales**

Descripción	Dirección	No. Pozo	Pozo troncal de metal	Tap 20 dB 4 way	Tap 20 dB 2 way	Tap 17 dB 8 way	Tap 17 dB 4 way	Tap 14 dB 4 way	Tap 14 dB 2 way	Tap 11 dB 4 way	Tap 11 dB 2 way	Tap 8 dB 4 way	Tap 4 dB 2 way	Splitter RG-500	Copla 16 dB RG-500	Copla 8 dB RG-500	Amplificador Troncal	Conectores PM RG-500	Tomillos 1/2" X 1/4"	Tanques plásticos S10	Abrazadera Medía Luna 1/2"	Soporte para copla, Tap o Splitter	
<b>Troncal</b>																							
Caja Troncal Existente	Pozo de donde se tomó servicio, frente a Res. Santa Mónica I	1													1			3				1	
Caja de Registro	Caja frente a Res. Santa Mónica II	2																	4	4	4		
Caja de Registro	Caja tipo VII nueva ubicada al otro lado de calle de acceso a Res. Santa Mónica II	3																	4	4	4		
Caja de Registro	Pozo ubicado a la entrada de Res. Monte Vista Club	4																	4	4	4		
Caja de Registro	Pozo 1 en área verde costado casa 1	5																	4	4	4		
<b>Troncal y Distribución 1</b>																							
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Splitter 2 way, área verde a un costado de casa 80	7												1				3	11	11	11	1	
Caja Troncal	Caja Troncal nueva donde se ubica Troncal Gain Maker	8	1												1	1	1	9				2	
<b>Distribución 2</b>																							
Caja de Registro	Pozo 2 en área verde costado casa 1	6																	6	6	6		
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 4,5	9			1														2	6	6	6	1
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 11/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 11,10	10							1				1						5	4	4	4	3
<b>Distribución 3</b>																							
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 76,77	11						1	1										4	5	5	5	2
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 8/4 y Tap 11/2 frente a casas número 72,73	12								1	1								3	3	3	3	2
<b>Distribución 4</b>																							
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Splitter 2, Tap 14/4 y Tap 14/2 frente a casas número 68,69	13						1	1					1					7	4	4	4	3
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 8/4 y Tap 11/2 frente a casas número 64,65	14								1	1								3	5	5	5	2
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 17/8 frente a casas número 18,19	15			1														2	4	4	4	1
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 14/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 22,23	16						1						1					5	3	3	3	3
<b>Distribución 5</b>																							
Caja de Registro	Pozo situado en jardinería central frente a casas serie 50 y 60	17																		3	3	3	
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 20/2 y Tap 20/4, ubicado en área verde a un costado de casa número 60	18		1	1														4	2	2	2	2
Caja de Registro	Pozo donde se ubica Tap 17/4, Tap 4/2 y ecualizador de línea frente a casas número 54,55	19				1								1					5	3	3	3	3
<b>Distribución 6</b>																							
Caja de Registro	Pozo de distribución a Casa Club	20												1					1	2	2	2	1
<b>Totales:</b>				1	1	1	2	1	3	2	1	2	2	4	3	1	1	1	56	77	77	77	27

### 5.5.3 Protocolo de mediciones

En el protocolo de mediciones, hace constatar que los niveles de señal en cada una de las líneas troncales y de distribución, estén de acuerdo a los diseños planteados con anterioridad, para esto se realizan Sweeps o barridos en cada una de las líneas troncales y de distribución, se hace mediciones de ruido y de reflectometria así como los niveles de salida en cada amplificador y taps.

#### 5.5.3.1 Sweep o barridos de líneas troncales y distribuciones

Figura 116. Sweep línea troncal

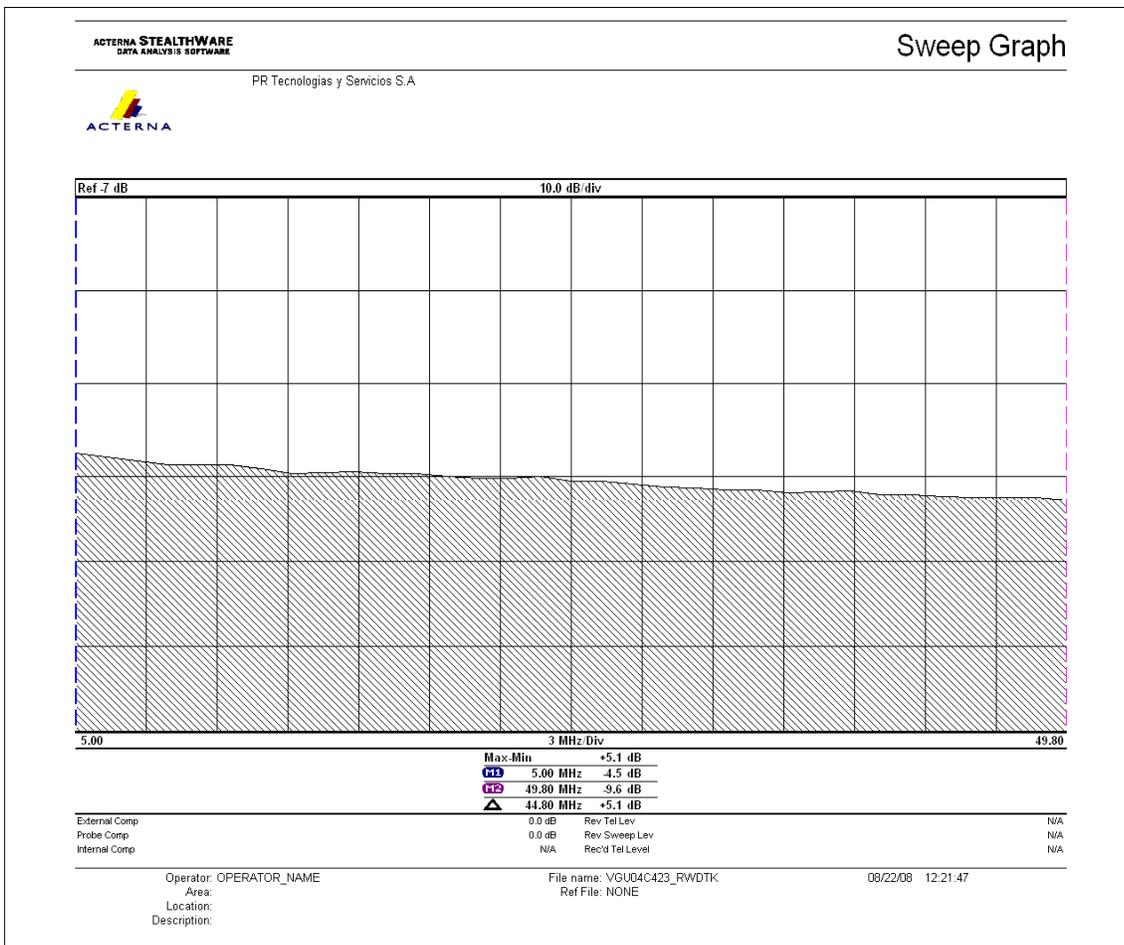


Figura 117. Sweep distribución 1

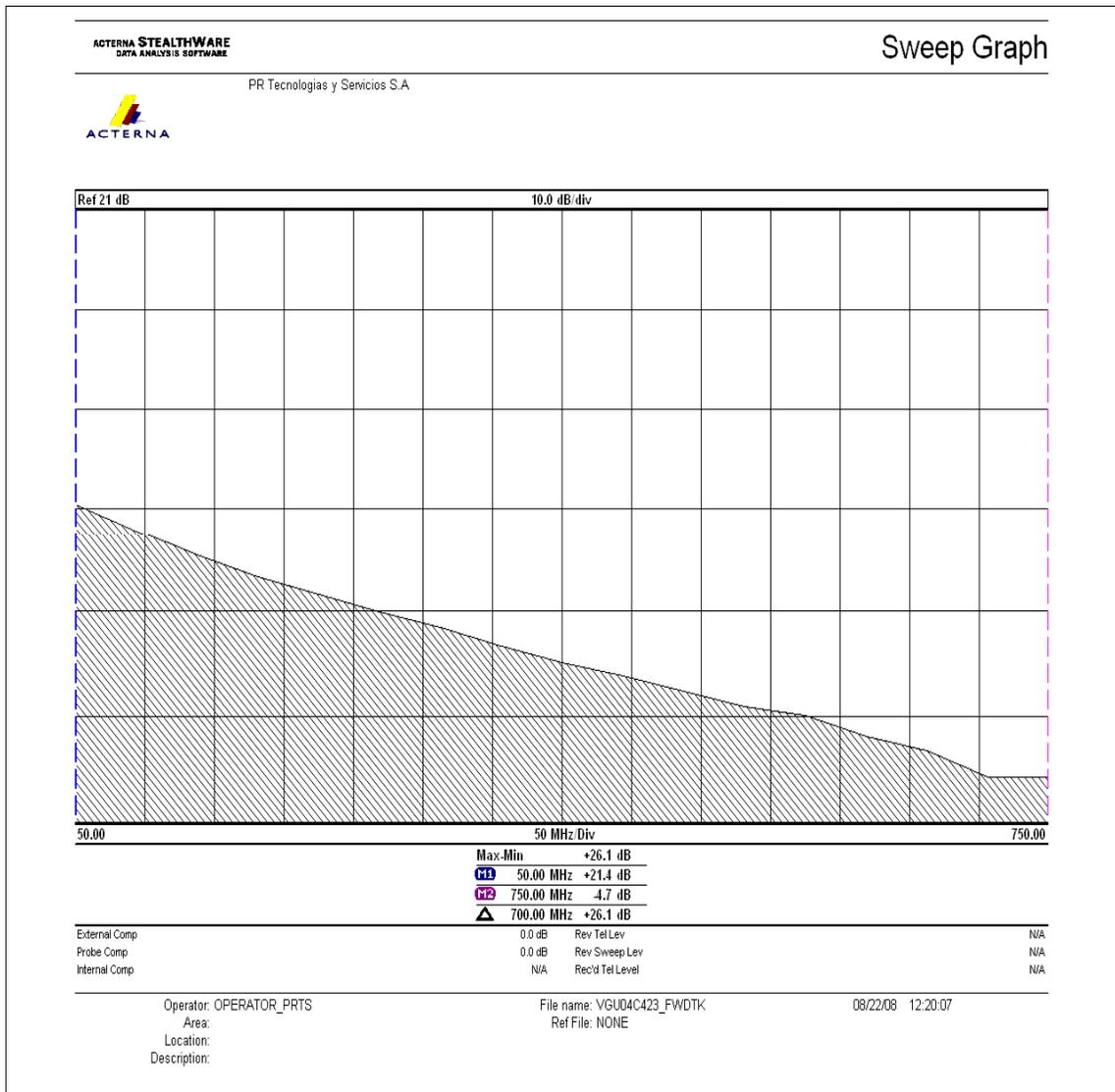


Figura 118. Sweep distribución 2

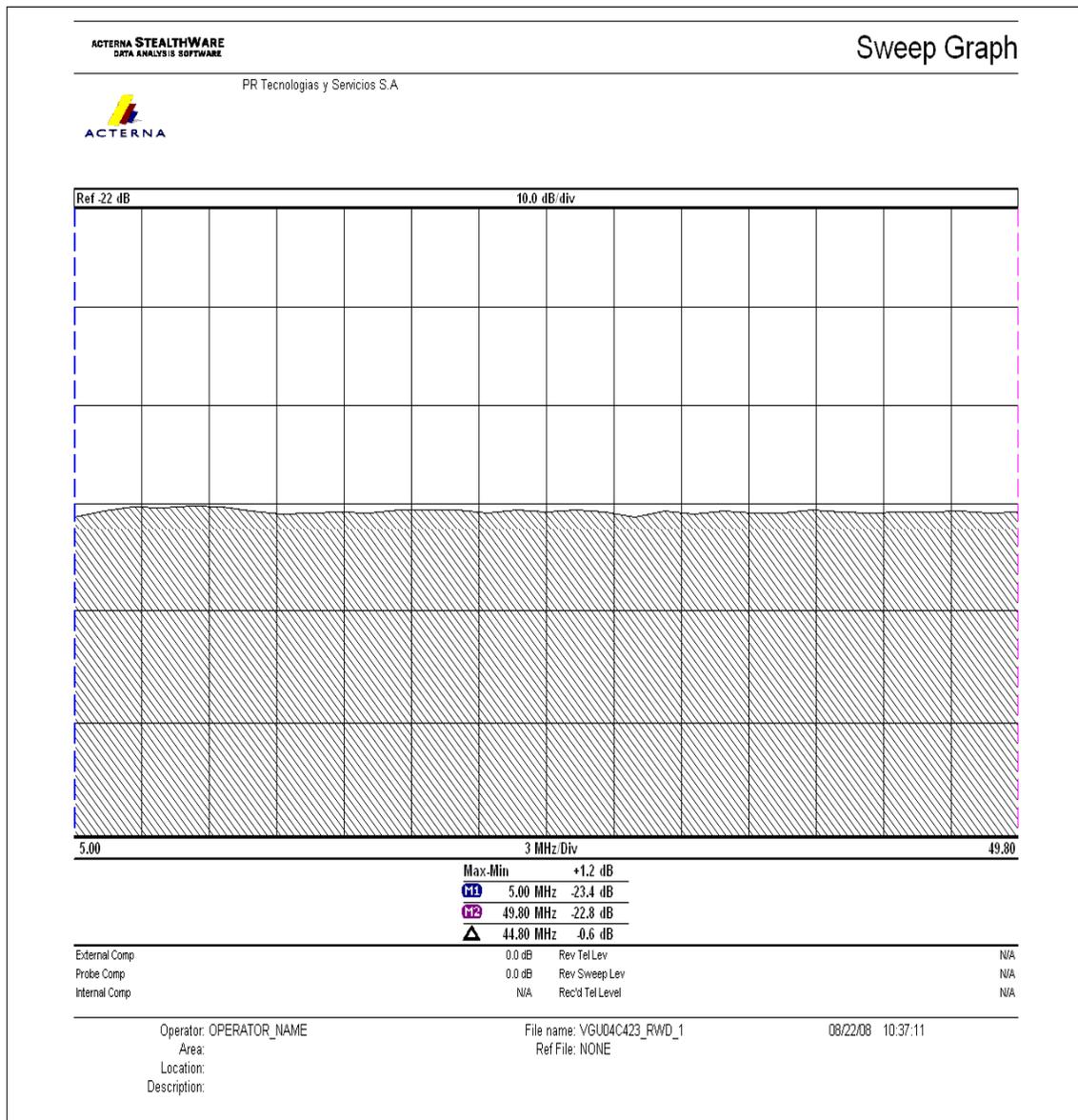


Figura 119. Sweep distribución 3

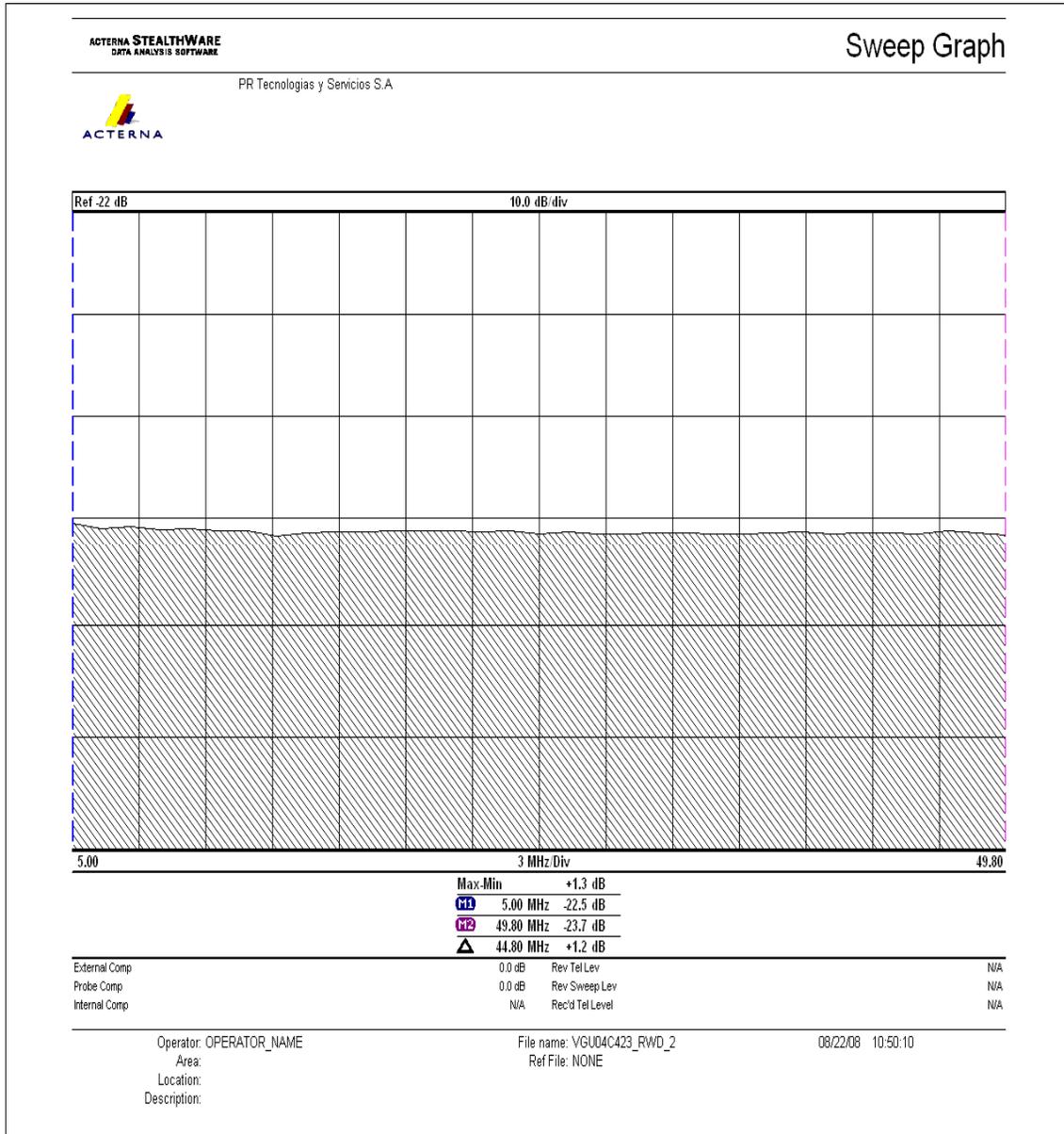


Figura 120. Sweep distribución 4

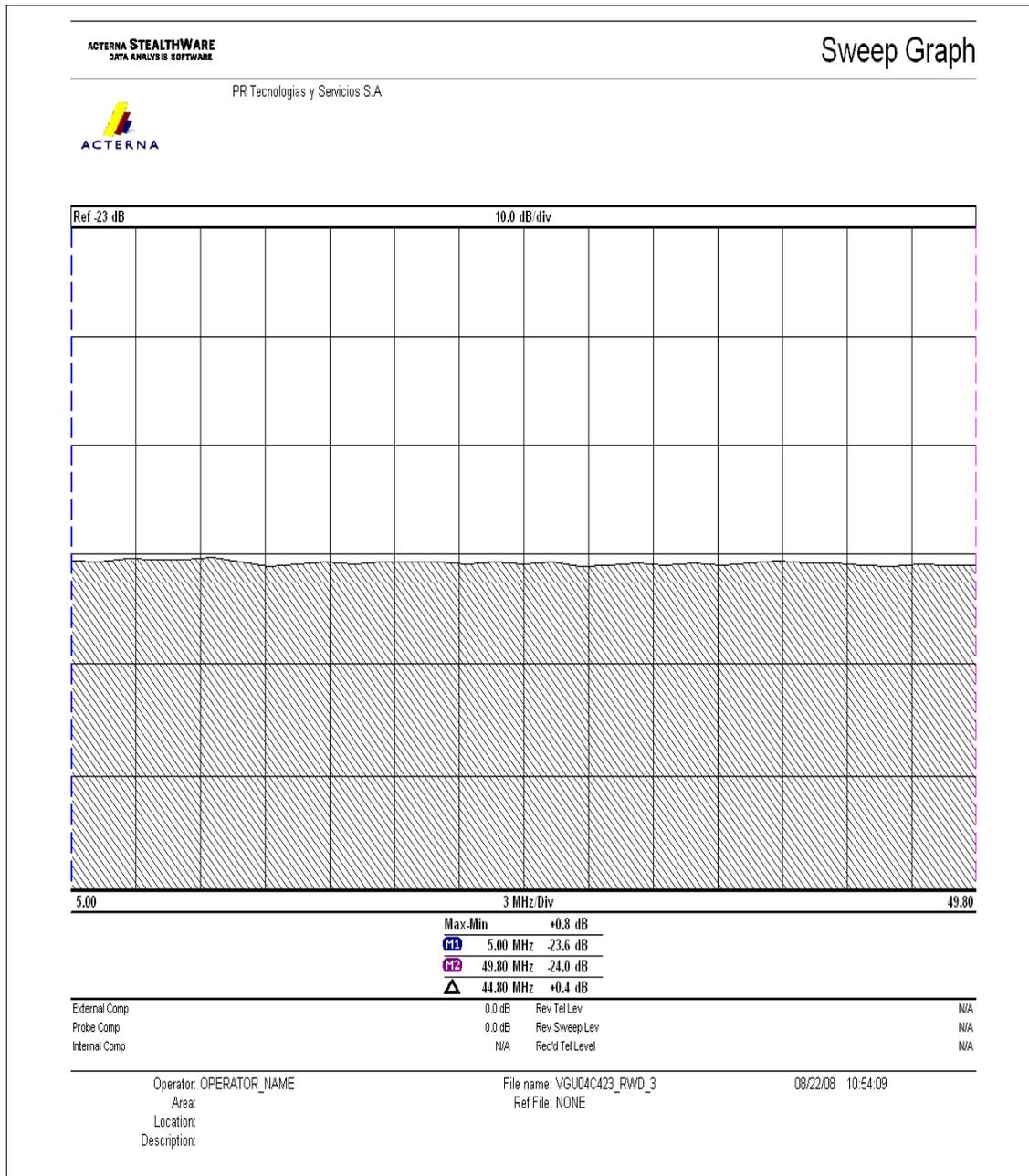


Figura 121. Sweep distribución 5

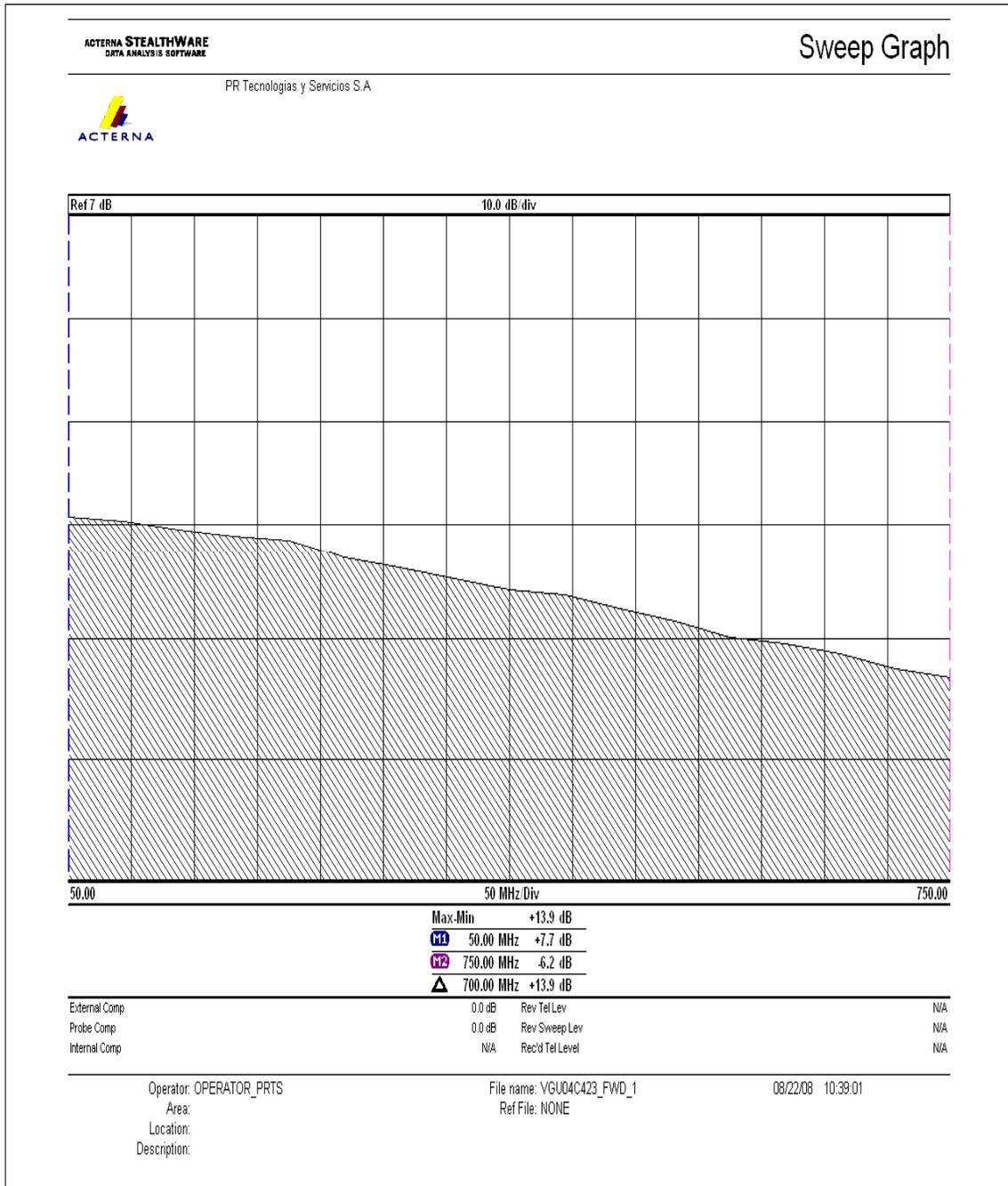
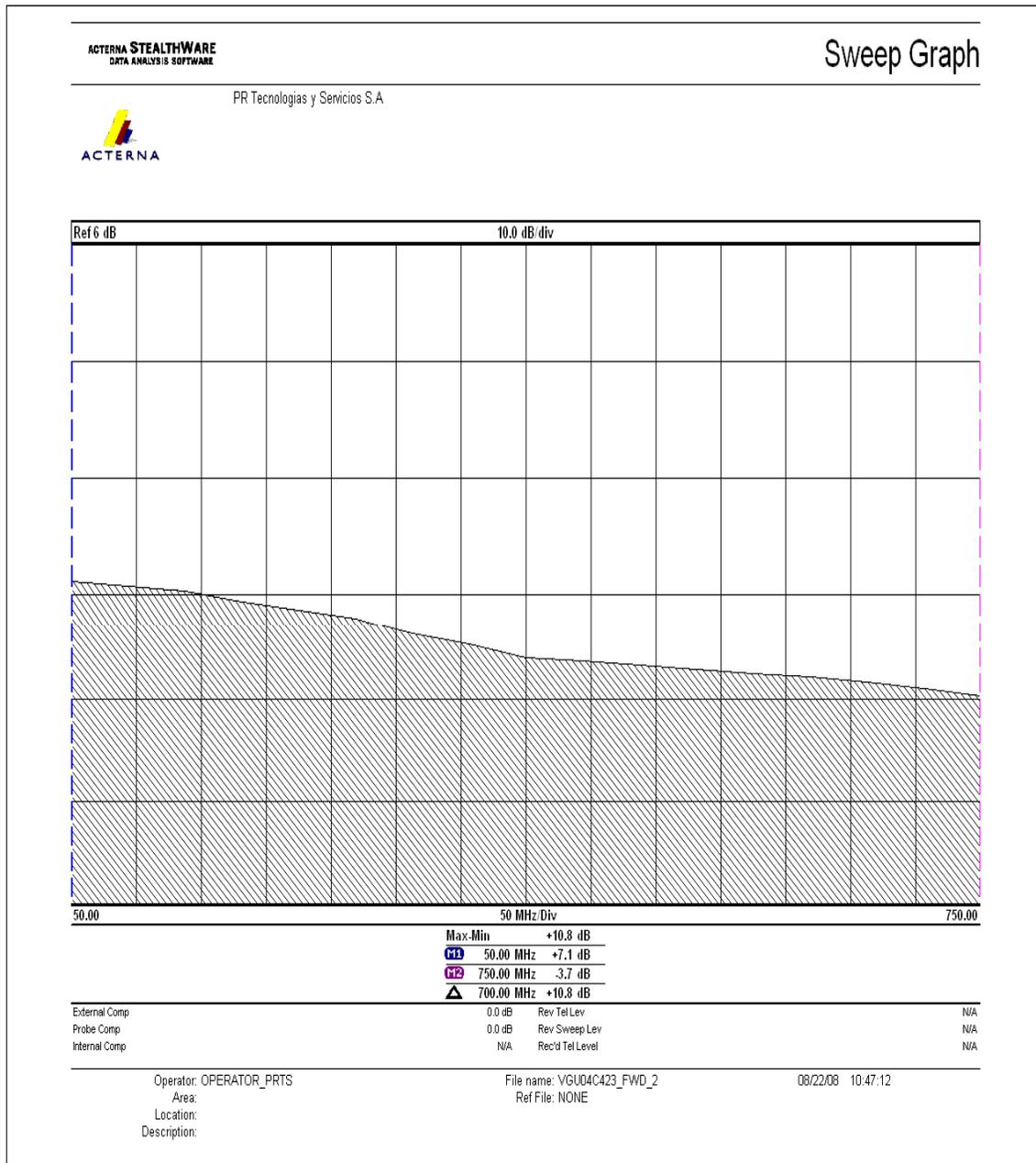
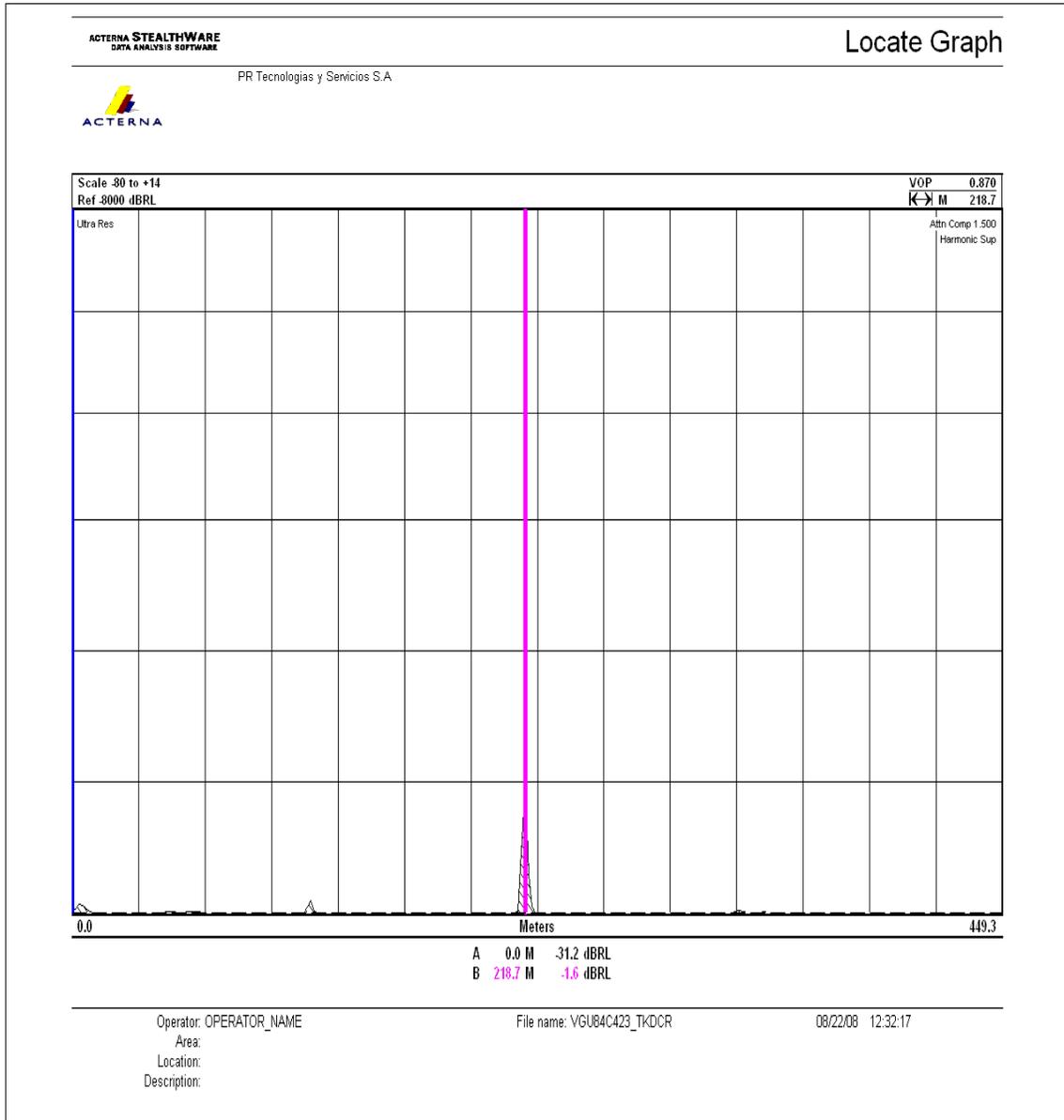


Figura 122. Sweep distribución 6



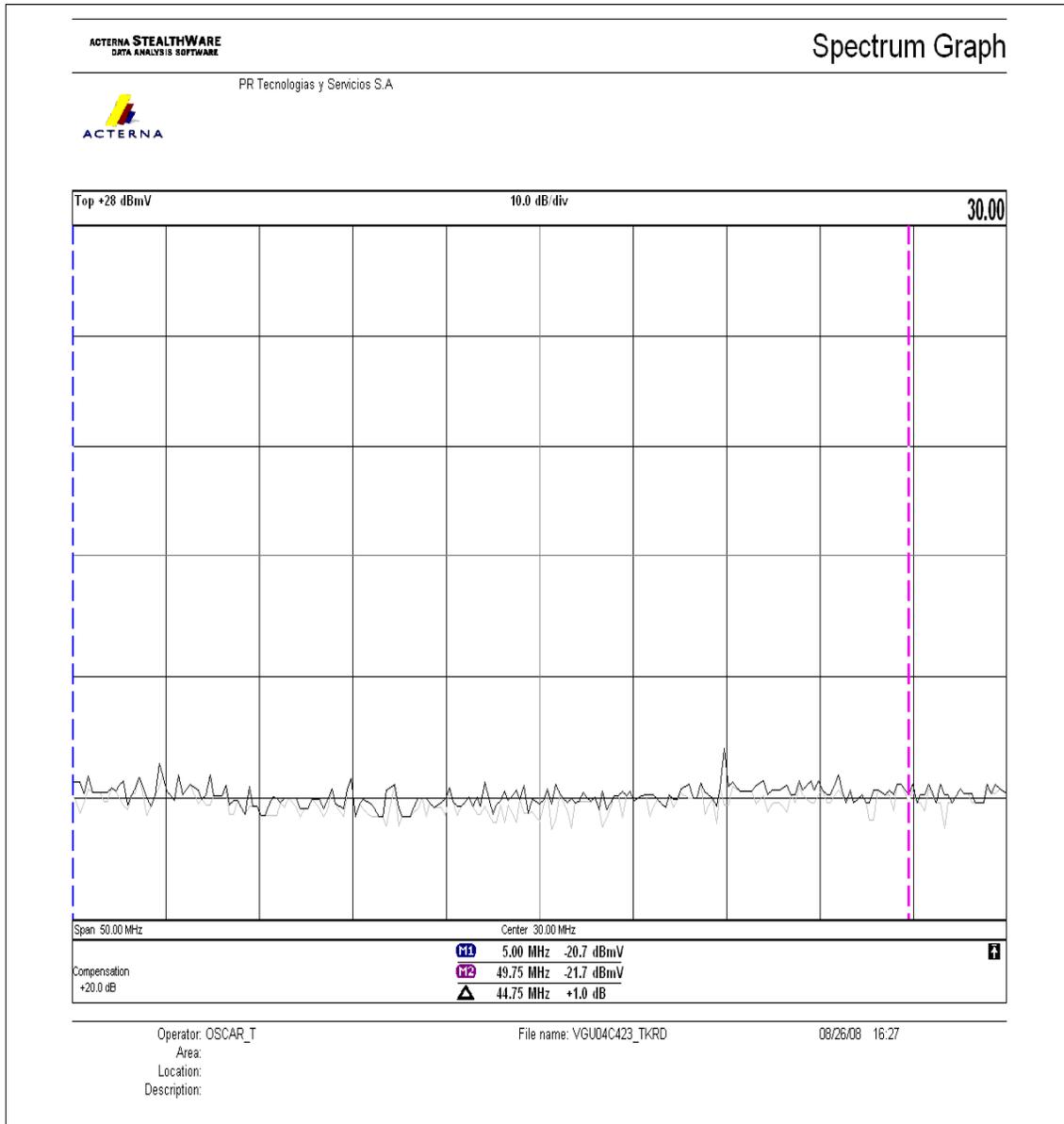
### 5.5.3.2 Reflectometria de línea troncal

Figura 123. Reflectometria línea troncal



### 5.5.3.3 Gráficas de ruido de línea troncal

Figura 124. Gráfica de ruido línea troncal



### 5.5.3.4 Memorias de amplificador troncal

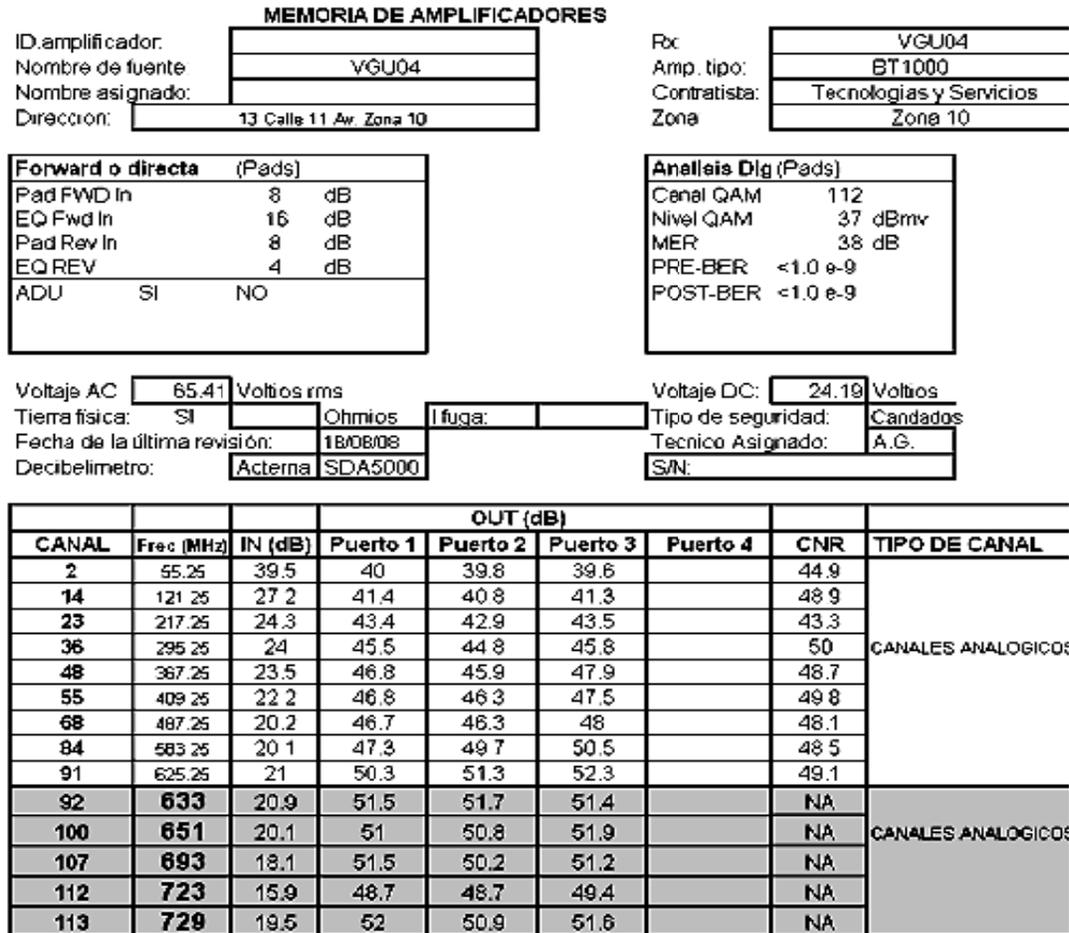
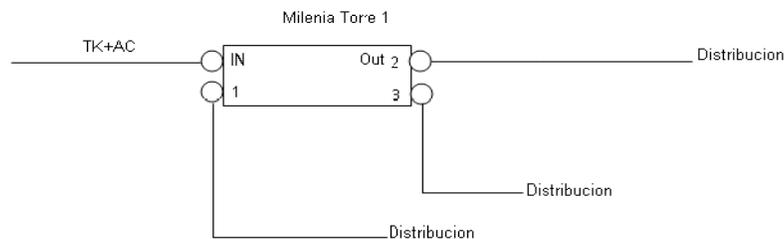


Figura 125. Diagrama unifilar amplificador troncal



## **5.6 Desarrollo y aceptación de los clientes**

Hace algunos años solo se contemplaba como un sueño el poder manejar la telefonía, Internet y televisión de paga por un solo medio de comunicación (la Convergencia de Medios), aunque ya existen estos servicios, en la gran mayoría de los países todavía son manejados por separado, pero hoy en día esta integración ya es una realidad, el llamado Triple Play, pero sin duda tiene sus complicaciones.

Con la digitalización de las llamadas telefónicas, se integra la tecnología digital al mundo de las telecomunicaciones, la voz es captada por un convertidor que la transforma en señal de ceros y unos (datos) que viajan a través del cable, para que posteriormente del otro extremo vuelvan a ser convertidos en la voz que la originó inicialmente, para esto lo único que se requiere comprender es que a través de los cables, en lugar de viajar impulsos eléctricos sujetos a las condiciones del medio, ahora viajan ceros y unos, que por la velocidad a la que lo hacen y son interpretados, resulta algo instantáneo que, a fin de cuentas, nos ofrece una mejor calidad en el servicio, la facilidad de transmitirla por una gran variedad de medios y tener una mayor cobertura.

Como un ejemplo de esta tecnología digital, podemos mencionar la nueva televisión en alta definición la cual maneja el mismo concepto de ceros y unos, con el fin de recibir una imagen sin problemas y libre de errores. Con la digitalización de los medios antes mencionados, se ha conseguido transmitir la señal por un mismo canal, y, al hablar de digitalización nos estamos refiriendo a que la Voz, el Video y los Datos son convertidos en paquetes que pueden ser fácilmente identificados por los equipos de transmisión y Recepción (Módems), en los cuales cada paquete cuenta con la prioridad y la calidad de servicio de transmisión que la señal requiere, evitando la pérdida parcial o total

del mismo.

El avance que actualmente se tiene en Guatemala sobre este tema ya es alentador, en este momento ya está operando en la mayor parte de la ciudad capital y municipios aledaños además de la cabecera departamental de Escuintla

La aceptación del mercado local muestra una creciente demanda en sectores de mayor poder adquisitivo, aunque los servicios van enfocados para ser adquiridos por la mayor parte de los clientes, debido a que se pueden dar los servicios por separado, y diferentes paquetes según la capacidad de cada cliente.

En Guatemala el Triple PLay es relativamente nuevo, siendo su implementación de 2 años a la fecha, comenzando en un principio solo a sectores exclusivos de la ciudad capital, pero en la actualidad hay un amplio crecimiento de las redes hfc en todos los núcleos urbanos significativos.



## CONCLUSIONES

1. La implementación de una red HFC en un centro urbano proporciona muchas ventajas a los clientes del área al poder acceder, a varios servicios de telecomunicaciones, sobre una sola infraestructura de acceso, e incluso una sola cuota mensual por dos o tres servicios de telecomunicaciones.
2. Antes de diseñar una red convergente en determinada área, se debe de hacer un estudio socioeconómico y de mercadeo para ver la funcionabilidad de dicha red.
3. Una red HFC garantiza una mayor estabilidad, más que la mayoría de las demás redes de telecomunicaciones, debido al uso de la fibra óptica cada vez más cerca del cliente final.
4. La principal ventaja de una red HFC para el operador de la red, es el costo inicial, comparado a la cantidad de servicios que pueden ofrecer.
5. Para la construcción de una red HFC se deben de seguir cuidadosamente las normas y especificaciones propuestas por las compañías de telecomunicaciones, dadas a través de años de experiencia en la construcción.

6. Toda red diseñada debe tener la capacidad de absorber el crecimiento de la demanda en determinado centro urbano.
  
7. Con la implementación de una red HFC tenemos la posibilidad de proporcionar Televisión Digital, con las ventajas que esto conlleva, como pago por evento y video en demanda, pudiendo tener más de 500 canales digitales.
  
8. El acceso de una banda ancha de internet con la velocidad que escoja el cliente es otra de las ventajas que se tiene con una red convergente o HFC.
  
9. Al utilizar voz sobre IP (VoIP), para la telefonía sobre la red HFC, se presentan nuevos desafíos al no tener un canal dedicado para la voz. La revisión y la limpieza de todos los conectores, empalmes y demás elementos de la red en el área de cobertura de un nodo óptico es obligatoria para minimizar problemas en la implementación.
  
10. El servicio de telefonía en una red HFC permitirá brindarle al usuario la provisión de todos los servicios de telecomunicaciones a través de una sola plataforma. Esto reduce significativamente el costo de instalación y consecuentemente un menor costo al usuario.

## RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable tomar en cuenta el nivel de crecimiento del área urbana a la hora del diseño para tener un diseño funcional por más tiempo.
2. El personal de construcción de una red HFC debe de estar capacitado teórica y prácticamente, sobre las normas de construcción.
3. Es conveniente escoger equipos de plataforma abierta para la operación y mantenimiento. Esto permite tener un solo sistema de información (software), para la gestión de todos los equipos de la red, lo cual facilita la labor de los operadores, y del personal de monitoreo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Intelgua. **Normas de construcción de redes HFC.** Instituto de telecomunicaciones de Guatemala. 1ra edición 2005.
2. Intelgua. **Mantenimiento y calibración de la red troncal en redes HFC.** Instituto de telecomunicaciones de Guatemala 2006.
3. Motorolola. **Canopy Entreprises Solution.** 2005.
4. Intelgua. **Video, Datos y Voz en Redes HFC.** Instituto de Telecomunicaciones de Guatemala, 2007.
5. America Mobil. **Srand Walkut and Mapping Manual-Español.** 2007.
6. TELMEX. **Requerimientos de Telmex para diseños.** 2006.
7. Motorota. **Telmex Engineering Workbook .** 2007.
8. DIMANT NOAM. **IP Telephony over CATV.** Commatch Application Note, Septiembre 2000.
9. IEEE Std. 1100-1999. **Practicas Recomendadas para Alimentar y Aterrizar Equipo Electronico.** Mayo 1999.
10. Cortes Pablo. **Diseño de redes HFC.** Universidad de Sevilla 2003.
11. Electroodos Massatierra. **Manual de instalación.** 2007.

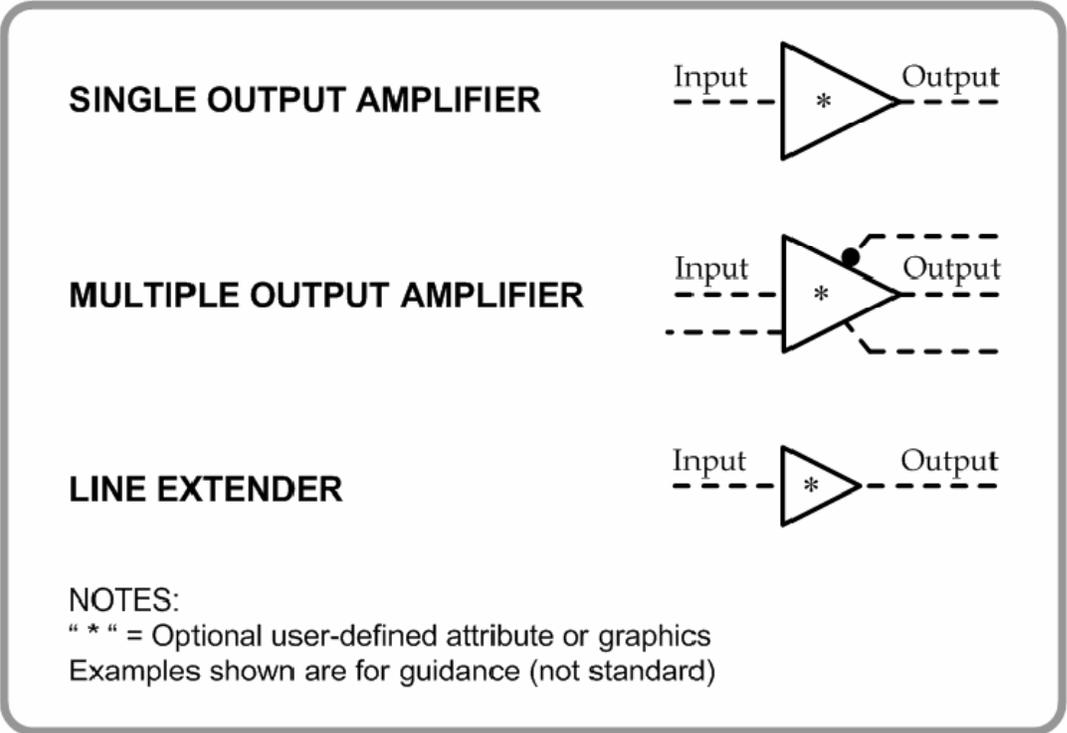
### Artículos en INTERNET

12. IEC Web ProForum Tutorials, "Access Gateways" international Engineering Consortium, <http://www.ied.org>. 2008.
13. ADC Telecommunications, Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Telephony international Engineering Consortium, <http://www.iec.org>. 2008.
14. Texas Instruments, "Carrier-Class, High Density Voice Over Packet (VOIP) Gateways" International Engineering Consortium <http://www.iec.org>. 2008.

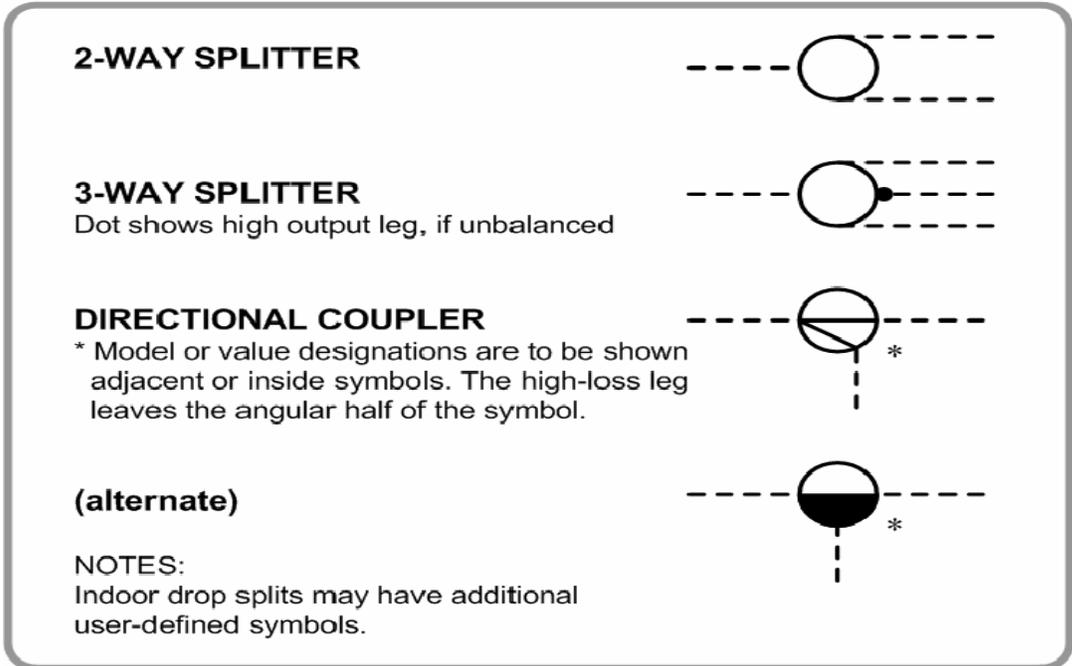
# Apéndice

# Simbología

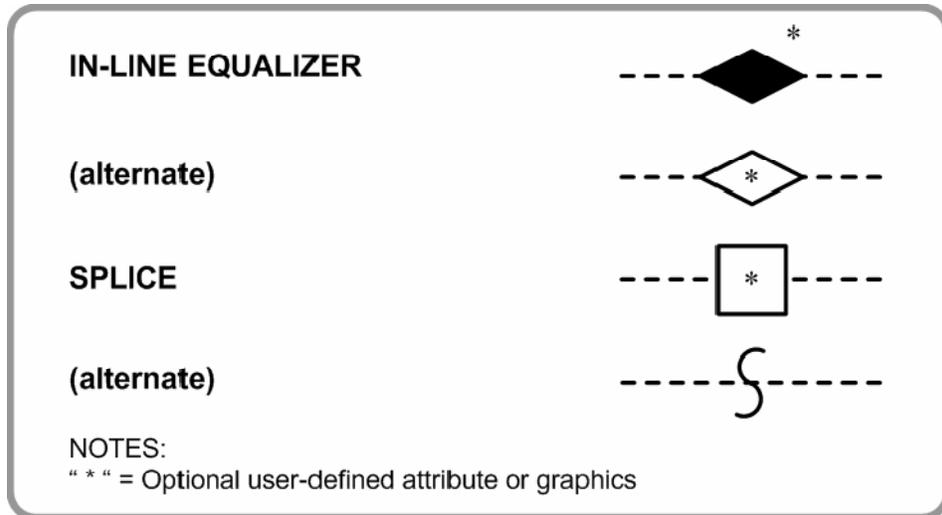
## Amplificadores



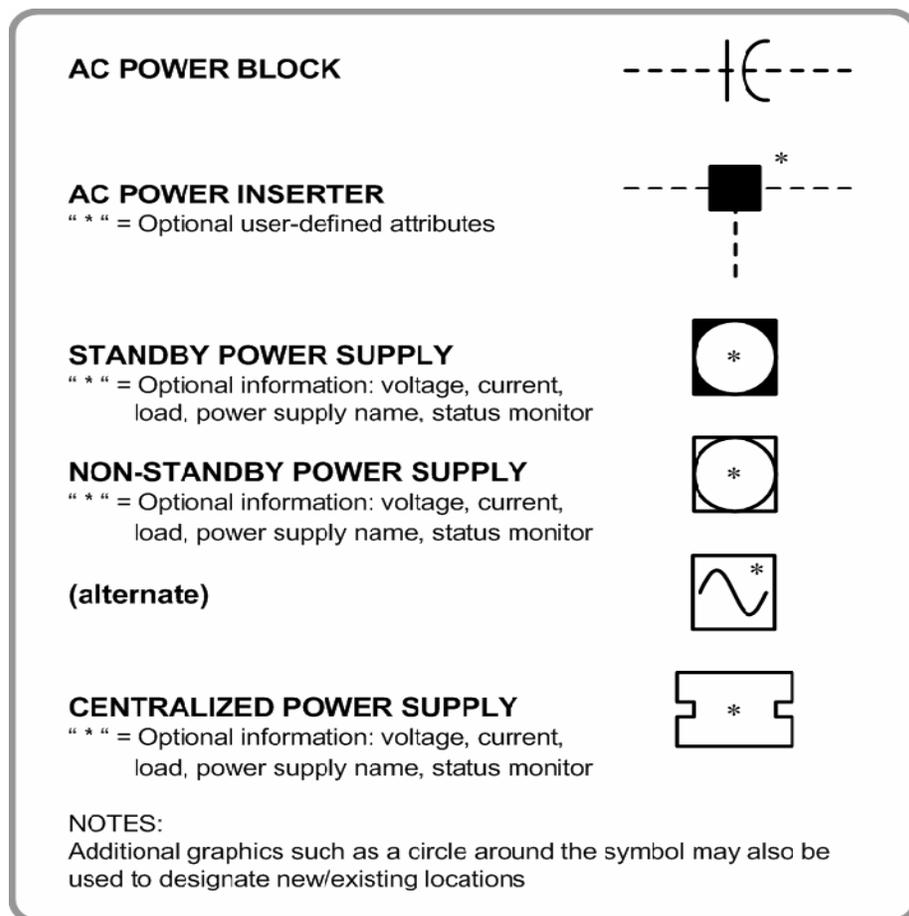
## Dispositivos de Empalme



## Dispositivos de línea

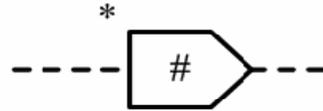


## Dispositivos de alimentación

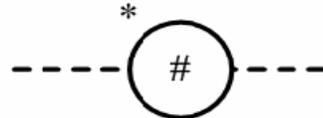


## Derivadores de señal de suscripción

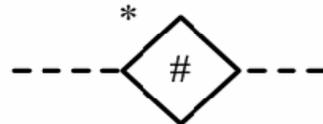
### 1-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



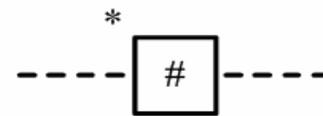
### 2-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



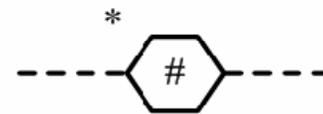
### 3-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



### 4-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



### 8-OUTPUT DIRECTIONAL TAP



#### NOTES:

“ # “ Represents value of tap

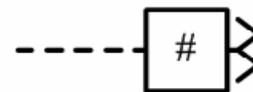
“ \* “ Represents value of pad, cable equalizer, addressable or telephony tap

Indoor taps may have additional user-defined symbols

## Terminadores de línea

### RF TERMINATOR

(4-output tap shown for example only)

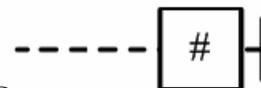


### SELF-TERMINATING TAP

Applies to lowest-value tap within any family group.

(4-output tap shown for example only)

Self-terminating tap may be shown without symbol



## Ubicaciones de procesamiento de señales

<p><b>HEADEND</b> Location where the highest level of signal Processing takes place</p>	
<p><b>PRIMARY HUB</b> In multi-level networks, a signal processing location connected between the Headend and secondary hubs or nodes</p>	
<p><b>SECONDARY HUB</b> In multi-level networks, a signal processing location connected between the primary hub and the node</p>	
<p><b>WIRELESS HUB</b></p>	
<p>NOTES: “ * “ = Optional user-defined attributes</p>	

## Cables coaxiales

<b>1.000 inch (25.4 mm)</b>	
<b>0.875 inch (22.2 mm)</b>	
<b>0.750 inch (19.2 mm)</b>	
<b>0.625 inch (15.9 mm)</b>	
<b>0.500 inch (12.7 mm)</b>	
<b>0.412 inch (10.5 mm)</b>	

## Empalmes ópticos

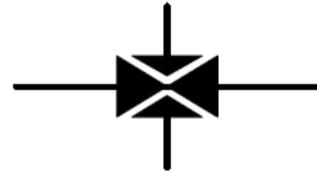
EMPALME DE 2 VÍAS



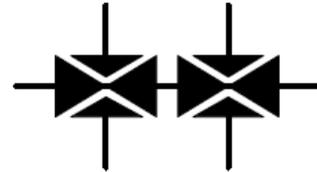
EMPALME DE 3 VÍAS



EMPALME DE 4 VÍAS



EMPALME DE MÁS DE 4 VÍAS



EMPALME DE ENTRADA  
MEDIA / CORTE ANULAR



## Dispositivos ópticos

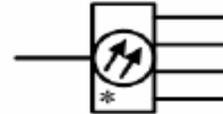
### AMPLIFICADOR ÓPTICO

“\*” Indica la ganancia (dB)



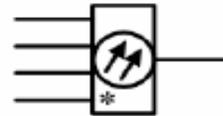
### DEMÚLTIPLEXOR

“\*” Indica el número de salidas



### MÚLTIPLEXOR

“\*” Indica el número de entradas



### TRANSMISOR ÓPTICO

“\*” = Nivel de RF de entrada

“\*\*” = Potencia óptica de salida



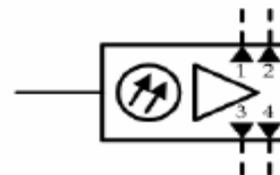
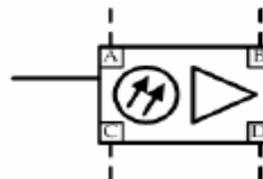
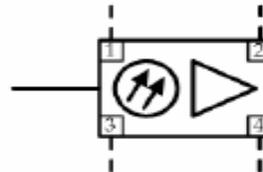
### NODO ÓPTICO

“\*” = Potencia óptica de entrada

“\*\*” = Nivel de RF de salida



(ejemplos)



## Símbolos ópticos varios

### CABLE DE FIBRA ÓPTICA

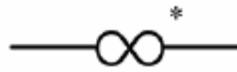
"#" Indica el conteo de fibras

"\*" Denota atributos definidos por el usuario



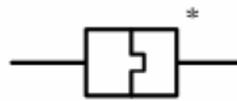
### BUCLE DE ALMACENAMIENTO ÓPTICO

"\*" Denota atributos definidos por el usuario



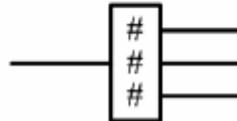
### CONECTOR

"\*" = Tipo de conector



### DIVISOR

"#" = Pérdida porcentual o en dB



(alternativa)

Se muestra el símbolo con salidas opcionales a agregar según sea necesario



# Anexos



