

7 Caracterización, ajuste y medidas de calidad de planta externa y red de cliente

El tramo de distribución final entre el nodo terminal, donde finaliza el cableado de fibra, y el punto de terminación de red PTR, en el destino final, se denomina planta externa.

Se caracteriza por:

- Guiado de la señal con distintos tipos de cable coaxial, según la longitud y la atenuación permitida. En nuestro caso dispondremos de cables Q-540 entre nodo óptico y TAP, y RG6 o siamés entre TAP y PTR.
- La configuración de planta externa es mucho mas versátil que la planta interna o nodo primario, por lo que acotaremos el estudio, a la maqueta de la disponemos en el laboratorio.
- El guiado de señal en vías ascendente, como descendente se realiza a través de los mismos elementos de red, por tanto los elementos activos deben presentar 2 configuraciones una para la banda ascendente, y otra para la descendente, ésto lo posibilitará la presencia de filtros selectivos de cada una de las bandas, en la entrada/salida según la vía correspondiente.

Las principales consideraciones que habrá que tener en cuenta a la hora de realizar un buen ajuste en la planta exterior son determinadas por 2 causas.

La primera de ellas es la grana atenuación que sufre la señal a medida que estamos a mas alta frecuencia, debido al guiado de señal por medio de cable coaxial.

La segunda es el ruido e interferencias que se suman a nuestra señal a lo largo de su camino. Incremento de ruido por la regeneración de señal necesaria mediante amplificación, para poder llegar hasta el destino deseado con el nivel requerido, y suma de interferencias, que se acoplan a nuestro sistema, debido a que el guiado se encuentra expuesto a todo tipo de radiación electromagnética exterior.

En el caso que nos atañe, las interferencias serán casi despreciables, debido a que nos encontramos en un lugar de ensayo, con protección electromagnética.

Previamente realizaremos una introducción a la atenuación introducida por el guiado de señal en cable coaxial, y a continuación pasaremos a analizar uno a uno los elementos de nuestra configuración.

En nuestro caso se han utilizado 2 tipos de cables principalmente, para el conexionado entre elementos de red Q-540 y RG-6.

Philips en su manual Broadband Network Referente guide, hace una breve referencia práctica para determinar la atenuación de un cable coaxial, conociendo un determinado valor de atenuación, para una determinada frecuencia.

Si queremos conocer la atenuación en una frecuencia f_2 , conociendo la atenuación a frecuencia f_1 , se pueden relacionar ambas mediante un factor de conversión

determinado mediante la fórmula $\sqrt{f_2/f_1}$. De este modo podemos hallar la atenuación

en f_2 como Atenuación en $f_2 = \sqrt{f_2/f_1} * \text{Atenuación en } f_1$.

Por tanto conociendo para determinada frecuencia el valor de atenuación de ambos cables utilizados, podremos conocer su valor para todas las frecuencias.

65MHz Atenuación (dB) / 100m	
Q-540	1,75
RG-6	5.23

Por tanto podemos conocer para los valores utilizados normalmente en nuestras medidas, que valores toman en atenuación, incluso representarlos gráficamente.
Para el Q540, obtenemos la siguiente tabla de valores de atenuación en dB:

Descendente

Frecuencia (MHz)									
	88.27	130.2	210.2	322.2	430.2	554.2	658	747.25	851.25
Q540	2.03	2.47	3.14	3.89	4.50	5.10	5.56	5.93	6.33
RG6	6.09	7.40	9.40	11.64	13.45	45.27	16.64	17.73	18.92

Ascendente

Frecuencia (MHz)			
	7.2	41	65
Q540	0.5824	1.3899	1.75
RG6	1.7406	4.1537	5.23

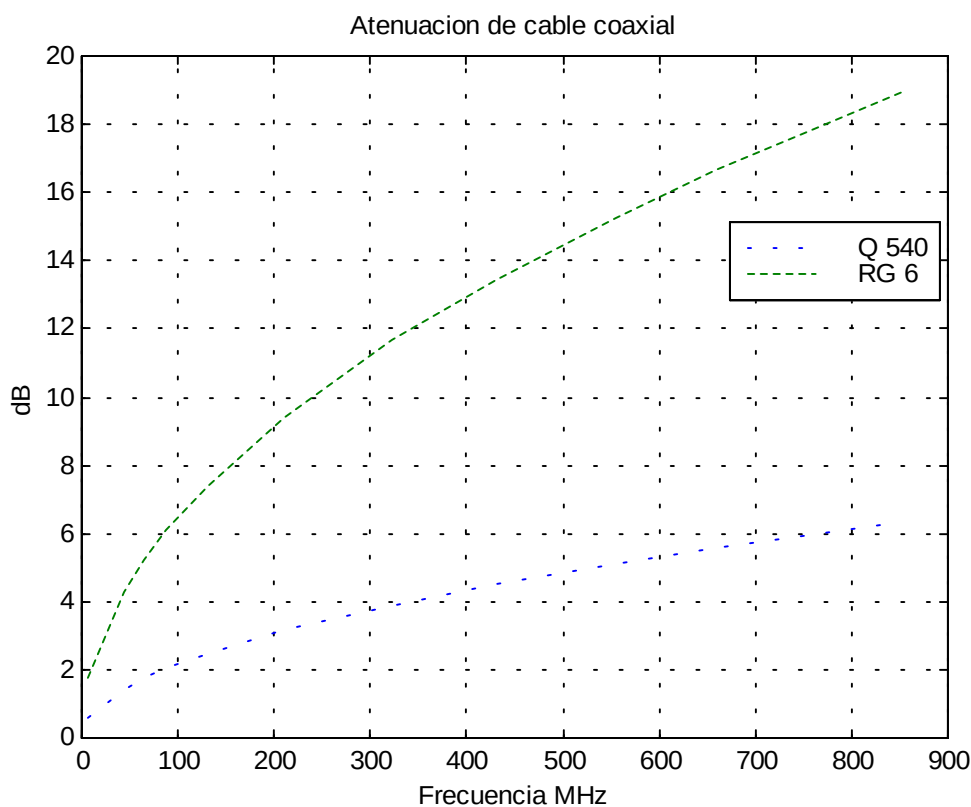


Figura 7.1: Atenuación en frecuencia correspondiente a cable coaxial tipos Q540 y RG6

En la figura 7.1 podemos observar el comportamiento en frecuencia de ambos cables, vemos como ambos poseen atenuación creciente, con el crecimiento de la frecuencia. El cable coaxial Q540 posee una mejor característica frecuencial, con un rango menor de variación, aproximadamente entre 2 y 6 dB de atenuación en nuestra banda de interés, y con valores mas bajos de atenuación que el coaxial RG6, por lo que se utilizará para trayectos mas largos.

7.1 NOT

Como vimos en el apartado 4 el nodo óptico terminal se debe configurar tanto en camino descendente como en ascendente. Es el encargado de recibir y transmitir las señales pertenecientes a la comunicación mediante fibra óptica con el nodo primario. Se encargará también de distribuir y concentrar, según hablemos de sentido descendente o ascendente respectivamente esta señal, la señal del extremo de la red HFC, es decir la vivienda o local del usuario final.

7.1.1 Vía descendente

El nodo óptico terminal, es el encargado de recibir la señal óptica, y amplificarla en RF, para que pueda alcanzar el nivel deseado.

Dispone por tanto de:

- Receptor óptico NOR 860/29, con ajuste de ganancia y atenuación. Así como puntos de test de potencia óptica, y alarma óptica.
- Amplificador 6DNA, el cual permite amplificar la señal, hasta obtener un nivel adecuado, posee 4 salidas simétricas, y se puede configurar en pendiente de compensación positiva.

Para la configuración del receptor óptico descendente, en primer lugar debemos comprobar mediante un voltímetro de continua el nivel óptico recibido. Para tal efecto existe un punto de test denominado OPT MON TP, la fórmula que relaciona la potencia óptica y la tensión en continua para una transmisión en 2ª ventana, es la misma que utilizamos para el receptor óptico 801FRX de nodo primario, es decir:

$$P_{opt}(dBm) = 10 \cdot \log(V_{dc})$$

El valor medido mediante el voltímetro es de 1'5719Vdc, por tanto tenemos una potencia óptica de 1,9642 dBm, lo cual sobrepasa, el límite superior del rango permitido de potencia óptica recibida.

Por tanto entre la fibra óptica y el receptor óptico, colocaremos un atenuador óptico de 3dB, con lo que obtenemos un valor de 0,81037Vdc, equivalente a una potencia óptica de -0.9131dBm, que si se encuentra dentro del rango +1/-4 dBm.

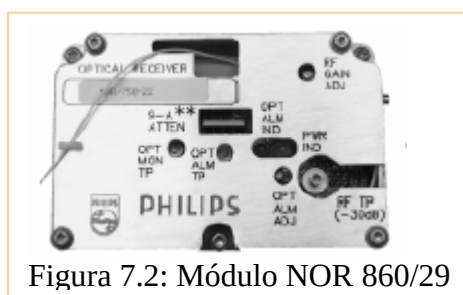


Figura 7.2: Módulo NOR 860/29

A continuación procedemos al ajuste del umbral, para ello existe un punto de test para medir el nivel de tensión del umbral, OPT ALM TP. Ajustaremos el potenciómetro relativo al umbral OPT ALM ADJ, hasta que leamos una tensión continua en el punto de test, tal que su equivalencia, en potencia óptica, se encuentre 2 dB, por debajo de la potencia óptica recibida, es decir en nuestro caso, -2,9131dBm.

La fórmula que relaciona la potencia óptica del umbral de recepción, y la tensión en continua medida en el punto de test, es $P_{opt}(dBm) = 10 \cdot \log(V_{dc} \cdot 0.1)$

Por tanto -2.9131dBm, se traduce en una lectura de tensión en continua en el punto de test de 5.1131 Vdc.

La parte correspondiente al ajuste de niveles, conlleva el ajuste o selección de 3 factores:

- Ajuste del potenciómetro dispuesto en el receptor óptico RF GAIN ADJ
- Elección del insertable correspondiente de atenuación
- Elección del insertable correspondiente de compensación de pendiente.

Los elementos insertables, son pequeños circuitos, con diferentes características, que forman parte de la terminación del circuito de un elemento, activo, normalmente un circuito amplificador. Existen distintos tipos, con diversas funcionalidades, en nuestro caso haremos fundamentalmente uso de 3 tipos:

- **Atenuadores:** poseen 3 patillas de interconexión, y son de tamaño reducido. Existe una amplia gama de valores, desde 0dB, para cerrar circuitos, sin aumentar la atenuación, hasta 19dB, con saltos de 0.5/2 dB. Su codificación, para la serie 9 es: 9-A- Valor de atenuación en dB. Ejemplo: 9-A-15= Atenuador 15dB. En las figuras 7.3 y 7.4 se muestran atenuadores insertables y su inserción dentro del NOT.



Figura 7.3: Atenuadores insertables



Figura 7.4: Inserción de atenuador

- **Ecualizadores:** Poseen funciones de desajustar una ganancia lineal con la frecuencia, produciendo una cierta pendiente positiva, para compensar el efecto de atenuación, en alta frecuencia. Existe también una gama bastante amplia de valores, desde 0.7 hasta 18.7 dB de pendiente. Su codificación varía según la serie del insertable. En las figuras 7.5 y 7.6 se muestran ecualizadores insertables y su inserción dentro del NOT.



Figura 7.5: Ecualizadores insertables



Figura 7.6: Inserción de ecualizador

- **Divisores:** Permiten dividir el camino de señal, entre 2 ramas, lo normal, es obtener salidas simétricas. Valores típicos, 0/4/8/12 dB.

Por tanto debemos cumplir con las siguientes especificaciones en cada una de las 4 salidas del nodo óptico terminal:

	160MHz	700MHz
Nivel salida NOT(<i>dBmV</i>)	99 ± 0.5	106 ± 0.5

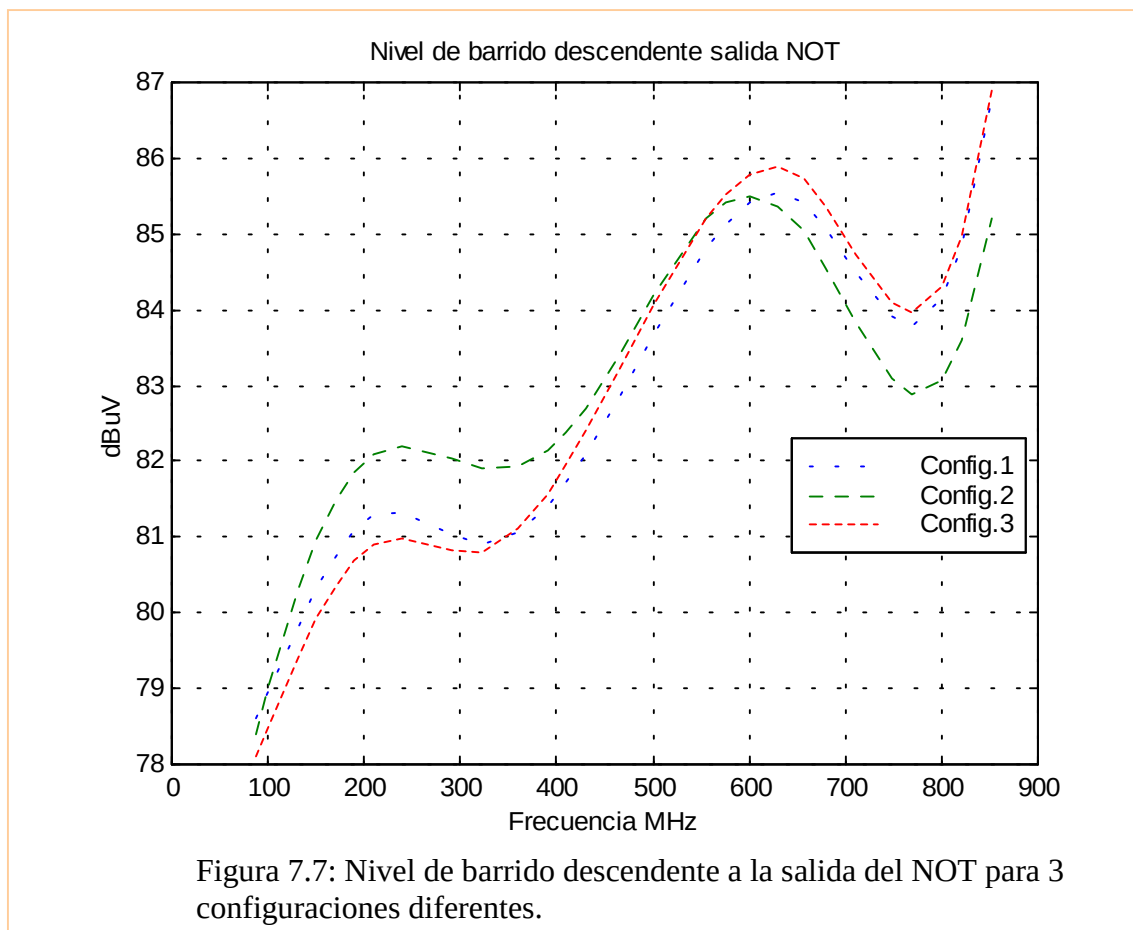
Por tanto debemos obtener en primer lugar una pendiente de 7dB, entre esas 2 frecuencias con una tolerancia de ± 1 dB, y a continuación obtener los valores requeridos.

Para distintas configuraciones de atenuación, ganancia y ajuste de pendiente, se obtuvo la figura 7.7.

Configuración 1: Atenuación 12dB, máxima ganancia en el potenciómetro y pendiente TG12.

Configuración 2: Atenuación 12dB, máxima ganancia -3dB, ecualizador 12L.

Configuración 3: Atenuador 9dB, máxima ganancia -3dB, y ecualizador TG12.



Como características comunes, presentan un pico de atenuación entre 700 y 800 MHz, lo cual es importante debido a que tenemos una de nuestras especificaciones para 700MHz. Por ello tomaremos nuestro valor de referencia, para un valor de frecuencia sensiblemente inferior a 700MHz, ya que tenemos un repunte considerable en la respuesta en frecuencia.

También posee una zona de respuesta en frecuencia entre 200 y 400 MHz, bastante homogénea.

Teniendo en cuenta que se trata de niveles de barrido descendente, 20dB por debajo del nivel se señal para portadoras de video analógicas, la tercera configuración es la que mejor se ajusta a las especificaciones requeridas:

En torno a 160MHz tenemos un nivel de 99.5 *dBmV*

En torno a 700MHz, tenemos un nivel de 105.5 *dBmV*

Por último realizaremos las medidas de calidad RF tanto de intermodulaciones como de relación portadora-ruido. En el apartado 3 comentamos como se realizaban las medidas mediante el analizador de espectro, que correcciones debíamos tomar y cual era el mínimo en dB que debían cumplir en el NOT:

C/N: Tanto para el canal 7º como para el 55º debe ser superior a 47dB

CSO/CTB: Para ambos canales deben superiores a 59dB

Recordando por tanto las configuraciones del analizador de espectro en cuanto a ancho de banda de resolución y de video para realizar las medidas de:

	BW resolución	BW video
Medida de nivel de portadora	300kHz	300kHz
Nivel de ruido (Con MKR NOISE ON)	30kHz	100Hz
Nivel de intermodulación	10kHz	100Hz

Debemos reseñar que las intermodulaciones se medirán sobre aquellos valores preestablecidos para CSO/CTB así como para frecuencias en las que se visualicen nuevas portadoras.

Con las configuraciones correspondientes se midieron y obtuvieron los siguientes valores

CANAL 7º				
Frecuencia (MHz)	Medida		Nivel medido	Intermodulación
175.25	Portadora de video	(<i>dBmV</i>)	103.49	
174	Nivel de ruido 1Hz	(<i>dBmV</i>)	-15.11	
	Correcciones	(dB)	-66.93	
	C/N	(dB)	51.67	
119.25	Intermodulación CTB	(<i>dBmV</i>)	42.05	61.44 dB
120	Intermodulación CSO	(<i>dBmV</i>)	44.23	59.26 dB
120.750	Intermodulación	(<i>dBmV</i>)	38.56	64.93 dB

Como se puede comprobar las 2 especificaciones tanto de C/N>47 y CSO/CTB>59 se cumplen.

CANAL 55°					
Frecuencia (MHz)	Medida		Nivel medido	Intermodulación	
559.25	Portadora de video	(<i>dBmV</i>)	101.53		
566.25	Nivel de ruido 1Hz	(<i>dBmV</i>)	-15.11		
	Correcciones	(dB)	-66.97		
	C/N	(dB)	49.67		
566.5	Intermodulación CSO	(<i>dBmV</i>)	36.56	64.97	dB
567.25	Intermodulación CTB	(<i>dBmV</i>)	41.25	60.28	dB
566.15	Intermodulación	(<i>dBmV</i>)	39.63	61.9	dB

Como se puede comprobar las 2 especificaciones, para el canal 55, tanto de $C/N > 49$ y $CSO/CTB > 59$ se cumplen.

7.1.2 Vía ascendente

Como vimos en el ajuste de la vía ascendente, en el nodo primario, era necesario el ajuste previo del NOT, para poder ajustar el nivel de ganancia del receptor óptico 2RRX.

En este caso el módulo que se corresponde con el transmisor óptico del NOT, es el NRT-WB2



Figura 7.8: Módulo NRT-WB2 transmisor óptico ascendente

Injectaremos una señal con un nivel de 97 dBmV en cualquiera de los cuatro puertos del amplificador 6-DNA

Conectamos el HP Calan en modo analizador de espectro el punto de prueba RF TP - 20dB del NRT

Con un destornillador ajustamos el potenciómetro RF MOD ADJ hasta que leamos una señal RF de $64 \text{ dBmV} \pm 0.5 \text{ dB}$.

Como vemos la diferencia entre el nivel inyectado y el leído es de 33dB.sin considerar las pérdidas del punto de prueba.

Por tanto inyectamos mediante un generador de portadora ascendente, una portadora a 40MHz, en mitad de banda ascendente, de 97 dBmV , configurado como 37 dBmV en el equipo, y midiendo bien con HP Calan, o con el analizador de espectro, se obtuvieron valores similares tras ajustar el potenciómetro: 63.7 dBmV , y 63.9 dBmV , respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango permitido.

7.2 Amplificadores

El amplificador utilizado en el laboratorio es el MC4 de Philips, que se puede configurar tanto como amplificador de línea, como de distribución.

- Como amplificador de distribución: El amplificador de distribución posibilita que la señal que recibe por una entrada, tenga a su salida varios destinos. Para ello a su salida deberá disponer de acopladores direccionales, o divisores que posibiliten el guiado de señal entre varias salidas.
- Como amplificador de línea: Con una entrada, solo es posible amplificar para una salida. Estos amplificadores se utilizan en tramos finales de la red exterior, para poder alcanzar el destino deseado.

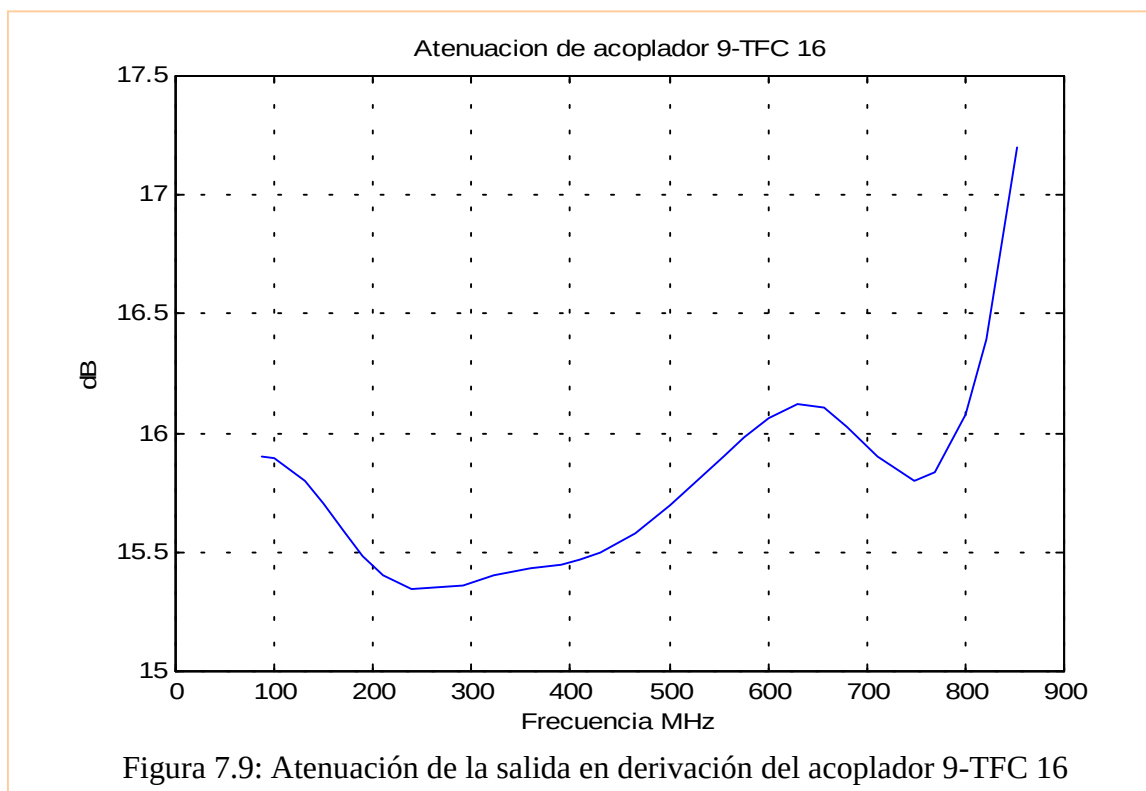
Para alcanzar con un nivel adecuado la entrada de nuestro amplificador, debido al corto trayecto existente entre el NOT y el mismo, tan solo de 200m, debemos atenuar nuestra señal fuertemente, para evitar que entre en saturación el amplificador.

Si superamos el máximo de potencia permitida a la entrada del amplificador, estaremos saturando la señal, incluso no podremos leer el barrido debido a distorsiones producidas, para la frecuencia de sincronización de barrido.

Para producir esta atenuación, situaremos a la salida del NOT, un acoplador direccional 9-TFC 16, el acoplador posee una salida de baja atenuación, en torno a 1dB, y una salida en derivación, de atenuación en torno a 16dB, procedemos a su caracterización obteniendo los siguientes valores:

Frecuencia (MHz)									
	88.27	130.20	210.2	322.2	430.2	554.2	658	747.25	851.25
9-TFC 16 (dB)	15.9	15.8	15.4	15.4	15.5	15.9	16.1	15.8	17.2

Para estos valores vemos la figura 7.9 realizada con interpolación, correspondiente a la salida en derivación.



Si guiamos la salida TAP, a través de un cable coaxial de 200m, hasta la entrada del amplificador MC4, obtenemos los siguientes valores de barrido descendente:

	Frecuencia (MHz)								
	88.27	130.20	210.2	322.2	430.2	554.2	658	747.25	851.25
Entrada MC4 (dBmV)	58	59	59.3	57.9	58	58.8	58.2	55.6	57

7.2.1 Configuración vía descendente

Las especificaciones que se deben cumplir en la vía descendente, son básicamente las mismas que se tenían para el NOT, es decir que para todos los elementos activos debemos tener una pendiente entre los extremos de la banda, 86 y 862MHz, de 10dB, con valores de 97.5 y 107.5 dBmV, respectivamente.

Es decir lo que se traduce para puntos intermedios, conociendo la pendiente:

$$10\text{dB, entre } 862 \text{ y } 86 \text{ MHz, } \frac{10}{(862 - 86)} = 0.0128865 \text{ dB/MHz.}$$

Si queremos conocer el valor que debemos obtener para 160MHz, y para 700MHz, los podremos obtener:

$$\frac{\text{Nivel}_{f_2} - \text{Nivel}_{f_1}}{f_2 - f_1} = 0.0128865 \text{ dB / MHz.}$$

Por tanto

$$\text{Nivel } 160\text{MHz} = 0.0128865 * (160 - 86) + 97.5 = 98.453608 \text{ dBmV}$$

$$\text{Nivel } 700\text{MHz} = 0.0128865 * (700 - 86) + 97.5 = 105.41237 \text{ dBmV}$$

El MC4, en su configuración descendente, se ajusta tanto con insertables de atenuación, ecualización, como acopladores.

Se probaron 4 configuraciones diferentes representadas en la figura 7.10:

- 1) Atenuador 6dB, ecualizador 06L, y una sola salida, es decir acoplador DC0.
- 2) Atenuador 6dB, ecualizador 06L, y 2 salidas simétricas, acoplador DC4.
- 3) Atenuador 6dB, ecualizador 10L, y 2 salidas simétricas, acoplador DC4.
- 4) Atenuador 4dB, ecualizador 06L, y 2 salidas simétricas, acoplador DC4.

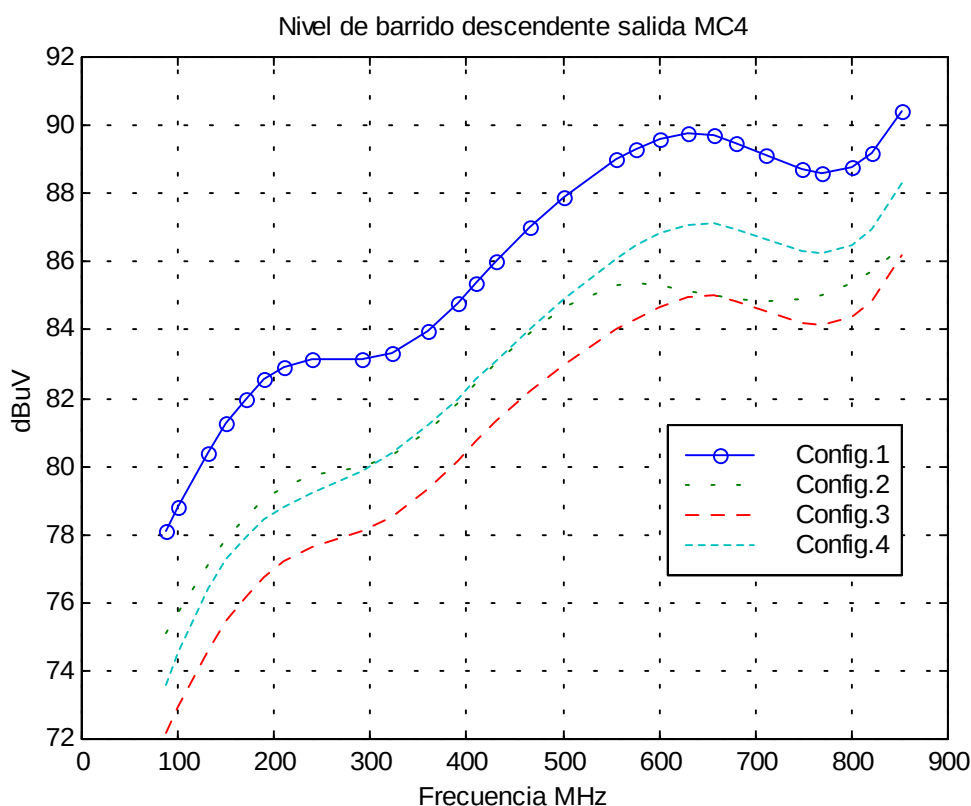


Figura 7.10: Nivel de barrido descendente a la salida del MC4 para 4 configuraciones diferentes.

Estos valores fueron obtenidos para medida de barrido descendente a la salida del amplificador. Por tanto a estos valores deben sumarse 20dB, para obtener los valores correspondientes a las portadoras analógicas.

Como vemos tienen respuestas parecidas a las obtenidas para el NOT, es decir zona de valle de ganancia entre 700 y 800MHz, y entre 200 y 300MHz, zona de inferior crecimiento de ganancia.

La traza que mejor se ajusta a las especificaciones es la realizada con la configuración 2, en torno a 160MHz, tenemos un valor aproximado de 98 dBmV, y en torno a 700MHz, de 105 dBmV

En último lugar realizaremos las medidas de calidad para comprobar que se encuentran tanto C/N como las intermodulaciones CSO/CTB, dentro de las especificaciones:

C/N: Tanto el canal 7° como el 55° deben ser $\geq 46dB$

CSO/CTB: Tanto el canal 7° como el 55° deben ser $\geq 57dB$

Con las configuraciones correspondientes se midieron y obtuvieron los siguientes valores

CANAL 7°				
Frecuencia (MHz)	Medida		Nivel medido	Intermodulación
175.25	Portadora de video	(dBmV)	100.65	
174	Nivel de ruido 1Hz	(dBmV)	-13.03	
	Correcciones	(dB)	-66.98	
	C/N	(dB)	46.7	
119.25	Intermodulación CTB	(dBmV)	42.05	58.6 dB
120	Intermodulación CSO	(dBmV)	41.23	59.42 dB
120.750	Intermodulación	(dBmV)	39.56	61.09 dB

Como se puede comprobar las 2 especificaciones tanto de C/N>46 y CSO/CTB>57 se cumplen.

CANAL 55°				
Frecuencia (MHz)	Medida		Nivel medido	Intermodulación
559.25	Portadora de video	(dBmV)	105.71	
566.25	Nivel de ruido 1Hz	(dBmV)	-9.95	
	Correcciones	(dB)	-66.98	
	C/N	(dB)	48.68	
566.5	Intermodulación CSO	(dBmV)	48.52	57.19 dB
567.25	Intermodulación CTB	(dBmV)	46.25	59.46 dB
566.15	Intermodulación	(dBmV)	42.35	63.36 dB

Como se puede comprobar las 2 especificaciones, para el canal 55, tanto de C/N>46 y CSO/CTB>57 se cumplen.

7.2.2 Configuración vía ascendente

Las especificaciones en canal de retorno suelen ser menos restrictivas, que las de canal descendente, debido a que la atenuación en esta banda es mucho mas homogénea.

Para poder configurar el MC4, en canal de retorno, debemos tener ajustado tanto nodo primario como NOT, para poder alcanzar correctamente, el HP Calan de cabecera.

Por tanto la especificación de pendiente suele ser nula, es decir que se pretende tener una respuesta plana, y en cuanto a nivel se fija un nivel para mitad de banda de 63 dBmV , para un nivel de barrido ascendente de 97 dBmV , inyectado tal y como indica la siguiente figura 7.11.

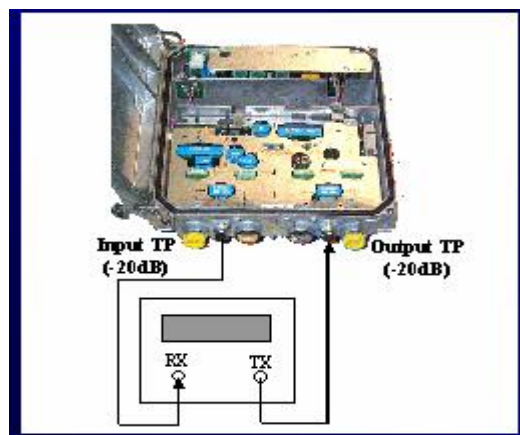


Figura 7.11: Conexión de HP Calan configuración barrido ascendente

Debemos de ajustar en primer lugar la pendiente, y en segundo lugar el nivel.

En este caso el MC4, incorpora 2 espacios para insertables del mismo tipo. Deben ser insertables de atenuación, uno tendrá funciones de ecualización, y otro, funciones de atenuación propiamente. Es importante tener el circuito cerrado, para que realice su función de amplificación correctamente, por tanto en primer lugar fijaremos el atenuador a 0dB, e iremos variando el ecualizador, y una vez ajustado éste, variaremos el atenuador hasta obtener el nivel deseado.

Para un valor de atenuador de 3dB, actuando como ecualizador se obtuvieron los siguientes resultados en $dBmV$

Frecuencia(MHz)					
	14.27	41.75	64.85	69.22	71.85
Barrido ascendente	65.3	65.1	64.8	62.3	56.5

Como vemos los valores obtenidos para frecuencias comprendidas entre 5 y 65MHz, se encuentran en un rango de valores bastante estrecho, por lo que tenemos una respuesta aproximadamente plana.

A continuación reemplazamos el atenuador de 0dB, por uno de 2dB, para alcanzar el nivel deseado, se obtuvieron los siguientes resultados en $dBmV$:

Frecuencia (MHz)					
	14.27	41.75	64.85	69.22	71.85
Barrido ascendente	63.2	63	62.9	61.2	54.2

Para la banda de interés, hemos logrado configurar el amplificador, obteniendo un nivel adecuado de $63\text{ }dBmV$.

7.3 TAP

Para distribuir la señal hacia varios usuarios en un mismo en la vertical de un edificio, se emplea un elemento pasivo, denominado TAP, o derivador de señal RF.

La estructura del mismo, permite dividir la señal en varias salidas denominadas TAP, con una misma atenuación, y a su vez, permite el paso de la señal a través del mismo, hacia una salida con niveles de atenuación muy bajos.

En la configuración del laboratorio, al tener una conexión de 50m de cable coaxial, entre el amplificador MC4 y el TAP, y disponer de poca atenuación, el TAP instalado es un modelo 9429, de la serie 9400.



Figura 7.12:TAP 9429 conexión de entrada coaxial Q540, conexión de salida siamés RG6

Esta serie se caracteriza por tener 4 puertos de derivación, indicado por el número 4.

El modelo 9429, posee una atenuación nominal en derivación de 29dB; veamos su característica frecuencial en derivación, teniendo en cuenta el nivel de barrido descendente a la entrada, y en un puerto TAP. Para medir niveles, debemos tener el resto de puertos y la salida cargados.

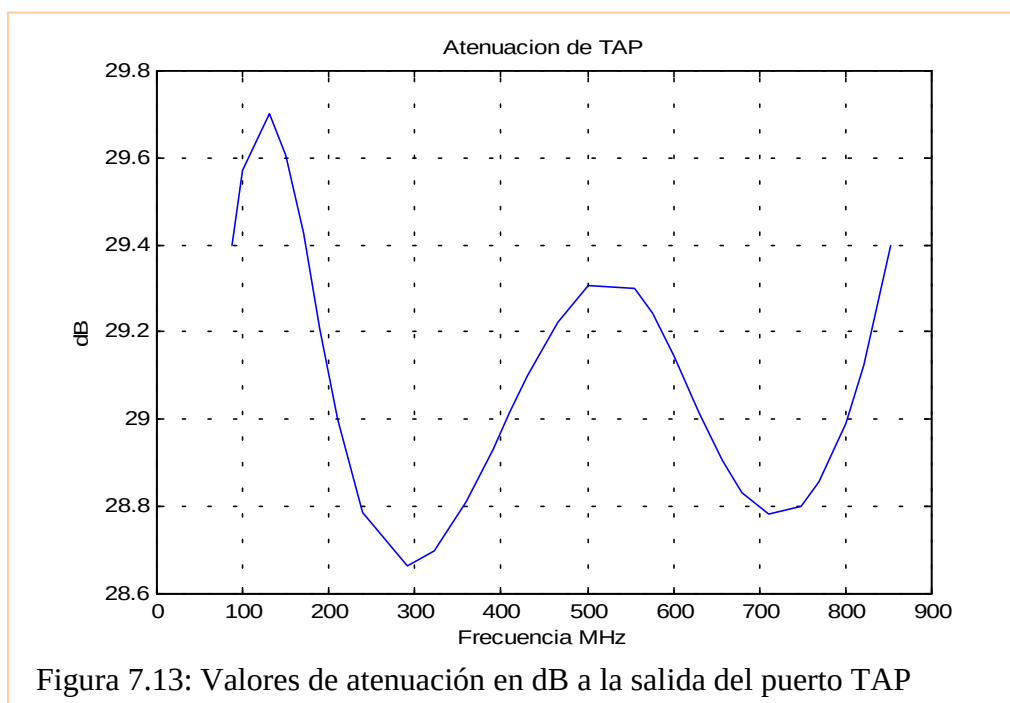


Figura 7.13: Valores de atenuación en dB a la salida del puerto TAP

La figura 7.13 muestra los valores de atenuación en un puerto TAP.

La respuesta frecuencial oscila entre 29.7 y 28.7 aproximadamente, es decir 1dB de separación entre ambos valores.

Existen dos valles de atenuación para frecuencias entre 200 y 400MHz, y otro entre 600 y 800MHz., de profundidad aproximada 0.7dB.

Para comprobar si el nivel a la salida del TAP, es aceptable, para alcanzar el PTR, se exigen unos valores mínimos y máximos para ciertas frecuencias.

En función del número de plantas que tenga el edificio en el que se encuentra situado el TAP, debemos cumplir con unos niveles u otros. Es lógico pues en función de las plantas, mas concretamente de la altura de la última vivienda la cual hay que alcanzar, tendremos mas o menos atenuación provocada por el guiado del cable coaxial.

Como indicamos anteriormente el coaxial utilizado para acometer la vivienda debe incorporar el cable de pares, para la conexión telefónica, por lo que se tratará de un cable siamés. El utilizado en nuestra instalación es el RG6, ya mencionado, disponemos de 25m de cable.

La altura media para una planta es considerada de 3m, por lo cual, con 25m, se trata de una vivienda ideal de 8 plantas.

7.3.1 Camino descendente

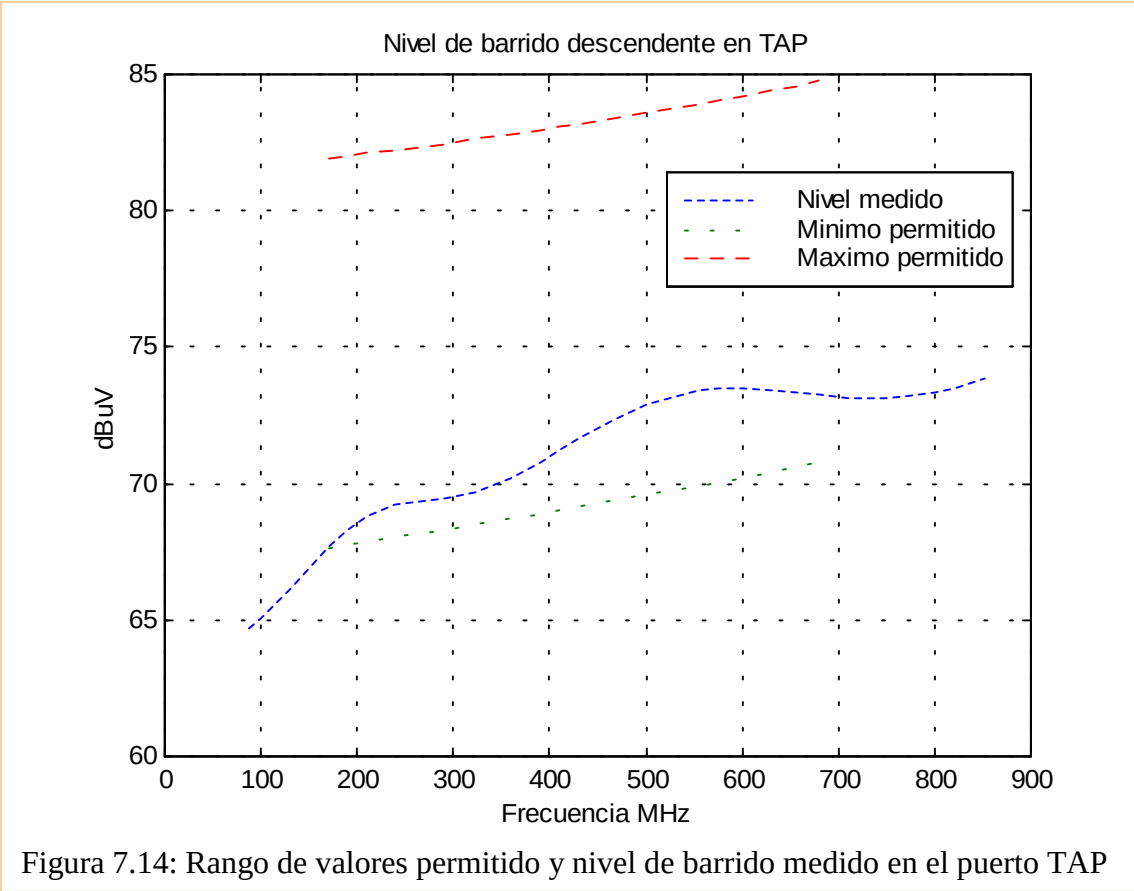
Los niveles mínimos y máximos permitidos para 160,550 y 700MHz, se muestran en la siguiente tabla

	160MHz	550MHz	700MHz
Nivel mínimo TAP(<i>dBmV</i>)	67.6	69.9	70.9
Nivel máximo TAP(<i>dBmV</i>)	81.9	83.9	84.9

Para la configuración expuesta hasta el momento se obtuvieron los siguientes valores correspondientes a barrido descendente:

	Frecuencia (MHz)								
	88.27	130.2	210.2	322.2	430.2	554.2	658	747.25	851.25
Salida TAP (<i>dBmV</i>)	44.68	46.16	48.82	49.65	51.64	53.44	53.31	53.13	53.83

Mediante la representación gráfica se verá más claramente si cumplimos las especificaciones
 Para las 3 especificaciones nos encontramos dentro del rango permitido.



7.3.2 Camino de retorno

Las especificaciones en ascendente se realizarán con el generador de barrido ascendente HP Calan, conectado a 2 puertos TAP. En uno se inyectará el barrido con un nivel de 107 *dBmV* , en el otro se conectará la entrada del HP Calan, para visualizar el nivel de señal, alcanzado en el HP Calan de cabecera. Debemos tener configurada previamente la red en sentido ascendente para poder realizar su verificación.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, debemos cumplir la siguiente especificación:

60MHz		Atenuación máxima
Nivel mínimo TAP(<i>dBmV</i>)	62	$\leq 31dB$

Los valores obtenidos de barrido ascendente en *dBmV* fueron:

Frecuencia(MHz)					
	14.27	41.75	64.85	69.22	71.85
Barrido ascendente	64.2	63.8	63.5	62.5	58.6

Como vemos se cumple la especificación, pues entorno a 60MHz, se obtienen valores de 63.5 dBmV aproximadamente.

7.4 Red de cliente

En este apartado se pretenderá justificar, que opciones de configuración de red en casa de cliente, se nos ofrecen, con los niveles medidos a la salida del punto de terminación de red o PTR.



Figura 7.15: PTR utilizado en la red de cliente

En primer lugar haremos referencia al tipo de cable usado en el interior de la vivienda para los servicios de datos y televisión. Se trata de cable coaxial RG59, con la siguiente característica en frecuencia, determinada tal y como lo hicimos al principio de este apartado 7, para el coaxial Q540 y el RG6.

Conocemos el valor de atenuación en 65MHz, del RG59, para 100m se tiene una atenuación de 7.12dB. Con ella podremos obtener la siguiente representación en atenuación, figura 7.16.

7.4.1 Camino descendente

Las restricciones que posee la red de cliente en sentido descendente son:

Alcanzar con el nivel adecuado cada uno de los servicios, dentro del rango de funcionamiento de los respectivos equipos receptores:

	Mínimo	Máximo
Entrada Decodificador TV analógico(dBmV)	50	65
Entrada Cablemódem Datos	35	65

Por tanto midiendo a la salida del PTR, los niveles correspondientes a barrido descendente, y teniendo en cuenta el nivel mínimo a la entrada de los equipos receptores, podremos determinar la longitud máxima a la cual podemos situar los dispositivos, teniendo en cuenta que el guiado de señal se realiza mediante cable coaxial RG59.

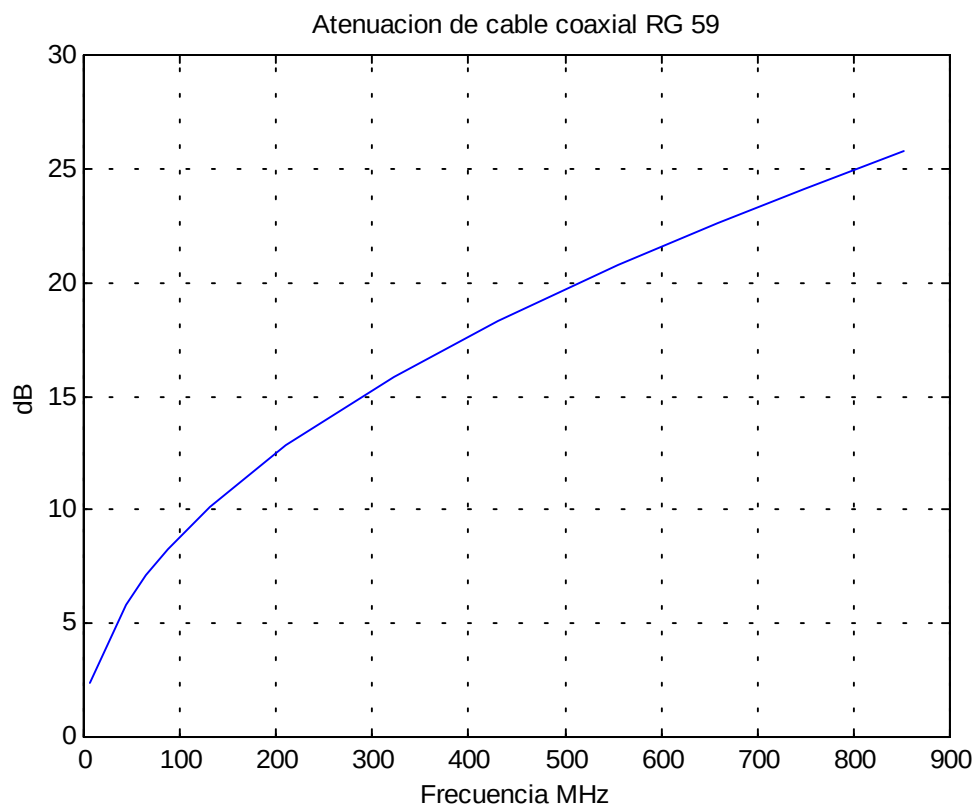


Figura 7.16: Atenuación en dB del cable coaxial RG 59 empleado en la red de cliente

La respuesta frecuencial del PTR utilizado en la instalación se muestra en la figura 7.17

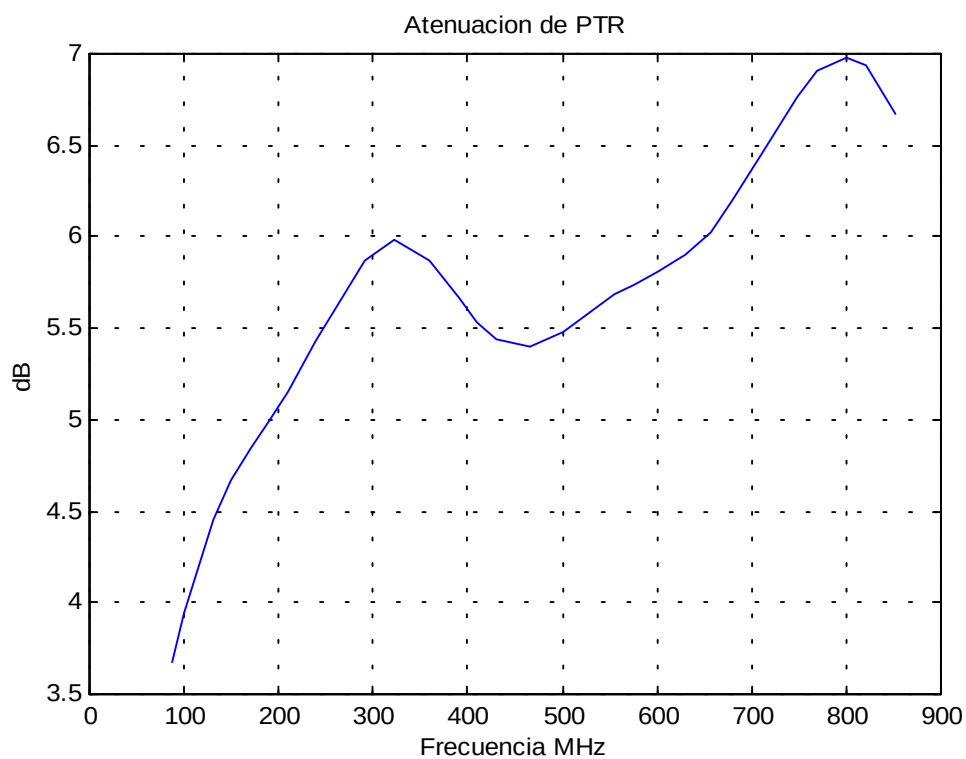


Figura 7.17: Atenuación del PTR utilizado en la vivienda

Los valores obtenidos a la salida del mismo, correspondientes a barrido descendente en ($dBmV$) fueron:

	Frecuencia (MHz)								
	88.27	130.20	210.20	322.20	430.20	554.20	658	747.25	851.25
OUT PTR ($dBmV$)	39.48	39.86	41.32	40.75	42.84	43.94	43.11	41.93	42.43

Como vemos los valores se encuentran entre $39.48 dBmV$ para baja frecuencia 88.27MHz y $43.94 dBmV$ para 554.20MHz.

Para frecuencias inferiores a 127.75MHz, no existen portadoras de video, por lo que carece de importancia el primer valor. Para el resto de la banda podemos ver que para alcanzar un nivel por encima del mínimo, tenemos la posibilidad de atenuar en torno a $1 \pm 0.5 dB$, con lo cual el razonamiento que utilizaremos será el siguiente.

A final de banda de televisión analógica, 560MHz, podremos tener una atenuación máxima de 1.5dB, para esa frecuencia veremos la atenuación del coaxial RG59, y podremos obtener de esta forma, el número de metros aproximado que podremos tener en la instalación dentro de la vivienda.

Su atenuación/metro, es de 0.2079dB, por lo que podremos disponer de un máximo de hasta $1.5/0.2079=7.21m$ de cableado RG59.

7.4.2 Camino ascendente

Por otro lado debemos conocer la exigencia en cuanto a atenuación desde la entrada del cualquier elemento activo hasta cualquier punto de la red de cliente, que nos permita garantizar el servicio. Esta se corresponde con una atenuación máxima disponible hasta la cabecera de 41dB.

Esta atenuación se tendrá en cuenta para una frecuencia determinada en mitad de banda, correspondiente a 43MHz.

Por tanto inyectando barrido ascendente a 2 salidas del PTR, una salida conectada con la salida de HP Calan, y otra de ellas conectada a la entrada del mismo, correspondiente a $97 dBmV$, se obtuvo un nivel de $46.8 dBmV$.

Por tanto entre nuestro PTR y el HP Calan3010H, existe una atenuación de $97-47.2=49.8 dB$.

Por otro lado debemos conocer la contribución existente entre los distintos tramos de red. La red de Supercable se encuentra ajustada para que a la entrada de los equipos activos, camino ascendente, tengamos un nivel de $77 dBmV$. Con este nivel de entrada obtenemos unas pérdidas hasta el nodo primario, conexión del HP CALAN 3010H, de 14 dB. Esta atenuación es igual independientemente del tipo de elemento activo según podemos ver en el diagrama de la figura 7.18.

Por tanto de los 49.8dB, 14 serán correspondientes al tramo comprendido entre la entrada de nuestro primer elemento activo, en nuestro caso entrada en sentido ascendente del amplificador MC4. Los restantes $49.8-14=35.8dB$, se deben corresponder a la atenuación de los elementos pasivos desde el PTR hasta la entrada del amplificador MC4.

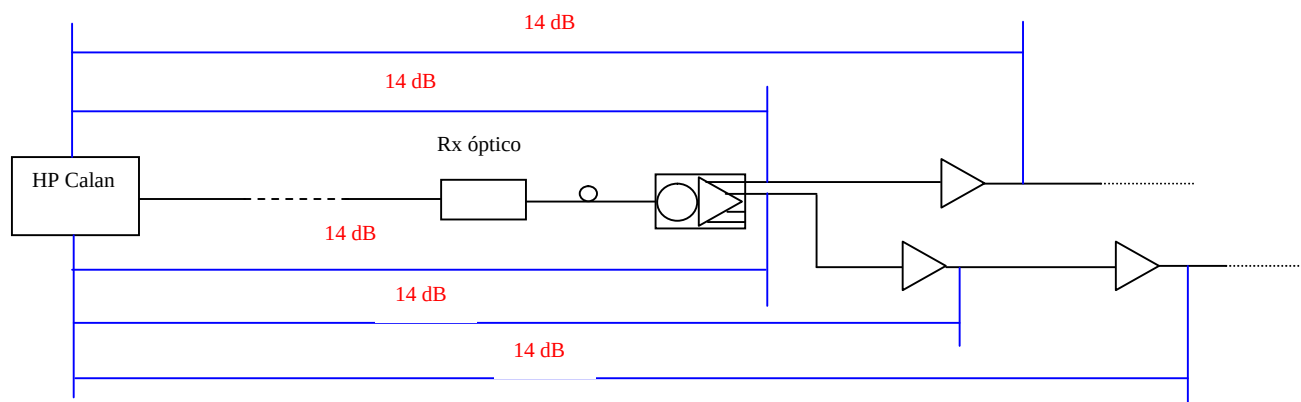


Figura 7.18: Configuración desde HP Calan de nodo primario hasta cualquier elemento activo perteneciente a la red de distribución

Desde el punto de conexión de barrido ascendente, es decir PTR, hasta el amplificador MC4, existe una atenuación ideal de:

	Atenuación en dB a 43MHz
PTR	4
25m de cable RG6	1.0653
TAP 9429	29.2
50m de cable Q540	0.7117
	34.9752

Efectivamente se ajusta bastante bien, nuestro cálculo ideal 34.9752dB de atenuación, con los 35.8dB que se obtuvieron en la práctica.

Por tanto como nuestra especificación exigía una atenuación desde la entrada del primer elemento activo hasta cualquier punto de red de cliente de 41dB, nos quedarán todavía $41-35.8=5.2$ dB de atenuación permitida entre el PTR y el extremo de la red de cliente.

Para 43MHz, y utilizando el mismo cable RG59, podemos decir que para atenuar 5.2dB a esta frecuencia, teniendo en cuenta que se atenúan 0.0579dB/m podríamos disponer de hasta $5.2/0.0579=89.81$ m de cable en nuestra instalación.

Al ser esta última menos restrictiva que para el caso descendente, escogeremos como máxima longitud permitida de cableado RG59 7.21m.