

3 DISEÑO DE LA RED DE REPARTO PARA SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN

3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Examinando la configuración del inmueble puede observarse fácilmente que será necesaria amplificación intermedia, debido al elevado número de plantas y viviendas por planta a las que se debe dar servicio.

El proceso que se seguirá para el diseño de la red pretende ofrecer una solución robusta resultante de aplicar un método no sistemático de prueba y error basado en las siguientes hipótesis:

- La arquitectura de la red será simétrica o cuasi-simétrica. Cada amplificador intermedio alimenta el mismo número de viviendas o tan aproximado como sea posible. Por tanto, todos los amplificadores intermedios tienen las mismas características con el fin de garantizar el máximo equilibrio posible en la red.
- En general, una instalación que exige amplificación intermedia suele ser crítica, por lo que la calidad del material elegido será óptima: elementos pasivos con las mínimas pérdidas posibles y elementos activos de elevadas potencias de salida.
- Se utilizarán amplificadores intermedios compactos con amplificación separada. Por tanto, los amplificadores de ambas bandas, terrenal y satélite, estarán ubicados en el mismo equipo. Además, existen amplificadores de este tipo en el mercado que admiten doble entrada, reduciendo a la mitad el número de amplificadores intermedios necesarios (recuérdese que la redes de distribución y dispersión están duplicadas).

Las fases del proceso de diseño serán las siguientes:

- ➔ Selección de los componentes.
- ➔ Determinación de los niveles máximos de salida de los amplificadores de cabecera e intermedios.
- ➔ Determinación de la estructura de la red.
- ➔ Determinación de los niveles de salida de los amplificadores de cabecera e intermedios y de los niveles de salida en la mejor y peor toma.
- ➔ Cálculo de los resultados de la instalación.

3.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

Para implementar las redes de distribución, dispersión y usuario se utilizará material existente en el mercado de las características reseñadas en este apartado, siendo diversos fabricantes los que disponen del mismo.

Las características del material elegido son las siguientes:

DISTRIBUIDOR DE CABECERA Y REPARTIDORES

	Pérdidas de inserción ± 0,25 (dB)							
Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
DC 2 Televés 5150	4	4	4	4	4	5	5	5

MEZCLADOR

	Pérdidas de inserción ± 0,5 (dB)							
Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
Televés 7452	2	2	2	2	2	2	2	2

DERIVADORES DE PLANTA:

Referencia	Pérdidas de derivación (dB)	Pérdidas de Inserción ± 0,25 (dB)								Número de salidas
		50	100	250	500	800	950	1500	2150	
DR 6 24 Televés 5494	24	3	3	3	3	3	4	4	4	6
DR 6 20 Televés 5493	20	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	6
DR 6 16 Televés 5492	16	5	5	5	5	5	5	5	5	6

CABLE COAXIAL:

Frecuencia (MHz)	Atenuación/longitud (dB/100m)							
	50	100	250	500	800	950	1500	2150
Televés 2140	3	3	3	6	7	8	10	13

PAU Y REPARTIDOR INTERIOR DE VIVIENDA:

Por simplicidad en los cálculos se considerará el conjunto compuesto por ambos elementos, de hecho el PAU pierde menos de 1 dB, obteniéndose las siguientes atenuaciones:

Frecuencia (MHz)	Pérdidas de Inserción ± 0,25 (dB)							
	50	100	250	500	800	950	1500	2150
PAU 4 Vias Televés 5154	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	9,5	9,5	9,5
PAU 5 Vias Televés 5160	10	10	10	10	10	12	12	12

BASE DE ACCESO DE TERMINACIÓN:

Frecuencia (MHz)	Pérdidas de Inserción ± 0,5 (dB)							
	50	100	250	500	800	950	1500	2150
Toma final Televés 5226	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,5	1,5	1,5

COEFICIENTE DE SEGURIDAD:

Para realizar el cálculo de las atenuaciones bastan a priori los datos anteriores. Sin embargo, en cada uno de los tramos es conveniente introducir un coeficiente de seguridad como pérdida adicional por circunstancias tan variadas como dispersión de los componentes, conexiones no correctamente hechas y otros factores no previstos. Este coeficiente queda a criterio del proyectista y puede corregirse durante la fase de certificación. En este caso se han tomado los siguientes valores:

Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
COF Seg.	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,045	0,05	0,06

AMPLIFICADORES DE CABECERA:

Con objeto de tener una idea inicial de los máximos niveles de señal que pueden utilizarse, se han seleccionado amplificadores de gama alta de las siguientes características:

- Potencia de salida máxima de los amplificadores monocanales de UHF (S/I = 56dB): 120 dBμV.
- Figura de ruido de los amplificadores monocanales: 9dB
- Ganancia máxima monocales UHF: 50dB
- Potencia de salida máxima del amplificador de banda ancha FI (S/I = 35dB): 118dBμV.

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

- Figura de ruido del amplificador de banda ancha FI: 12dB
- Ganancia máxima amplificador banda ancha FI: 40dB

AMPLIFICADORES INTERMEDIOS:

Con la misma finalidad que con la cabecera, se seleccionan dos equipos de gama alta para realizar la función de amplificación intermedia. Sus características son las siguientes:

- Potencia de salida máxima de los amplificadores banda ancha S/U (S/I = 56dB): 114 dBμV.
- Figura de ruido S/U: 10dB.
- Ganancia: variable entre 10 y 30 dB. Ecualización máxima: 6 dB
- Potencia de salida máxima de los amplificadores de banda ancha (S/I = 35dB): 118 dBμV.
- Figura de ruido: 12 dB.
- Ganancia: variable entre 20 y 40 dB. Ecualización máxima: 9dB.

3.3 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES MÁXIMOS DE SALIDA DE LOS AMPLIFICADORES DE CABECERA E INTERMEDIOS

Antes de determinar la estructura de la red, se estimarán los niveles máximos presentes en la práctica a la salida de los amplificadores, esto es, el mayor valor de tensión que dichos equipos pueden aportar.

Para realizar dicha estimación se quitarán 3 dB al valor nominal máximo de los amplificadores en concepto de margen de previsión de pérdidas por la interacción entre los amplificadores de cabecera e intermedios. Además, también se tendrán en cuenta las perdidas en el combinador Z de salida de los amplificadores monocanales (cabecera de S/U) y la reducción en el nivel de salida por la amplificación simultánea de varios canales en los equipos de banda ancha (cabecera de FI y amplificadores intermedios, tanto de S/U como de FI).

Los niveles de salida reales de que se puede disponer con los amplificadores elegidos resultan:

CABECERA:

Amplificadores de TV terrenal	$120 - 6*0,7 - 3 = 112,8 \text{ dB}\mu\text{V}$
Amplificador de FI	$118 - 7,5*\log(30 - 1) + 4 - 3 = 108 \text{ dB}\mu\text{V}$

Para TV terrena se han considerado 6 puentes en el combinador de salida a 0,7 dB de pérdida en cada uno.

Para FI se han considerado en la instalación hasta 30 canales y un incremento del nivel de salida de 4 dB debido al uso de la modulación QPSK.

INTERMEDIOS:

Amplificadores de TV terrenal	$114 - 7,5*\log(20 - 1) - 3 = 101,4 \text{ dB}\mu\text{V}$
Amplificador de FI	$118 - 7,5*\log(30 - 1) + 4 - 3 = 108 \text{ dB}\mu\text{V}$

Para TV terrena se han considerado hasta 20 canales en la instalación.

Para FI se han tomado las mismas consideraciones que en la cabecera: hasta 30 canales, 4 dB adicionales por modulación QPSK.

El número máximo de canales ampliables, tanto en TV terrena como en FI, se puede estimar restando al número total seleccionado (20 y 30 respectivamente en este caso) el número de canales que serán instalados inicialmente. El resultado será menor que la cantidad real, pues los canales digitales, FM y DAB tienen una potencia muy inferior; sin embargo, este planteamiento conservador aporta simplicidad en el cálculo a la vez que asegura un funcionamiento correcto de la instalación.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA RED

El cálculo de la atenuación de las redes de dispersión y usuario es clave para poder determinar la configuración de la red del edificio y las posibles soluciones de utilización de los elementos de la red de distribución.

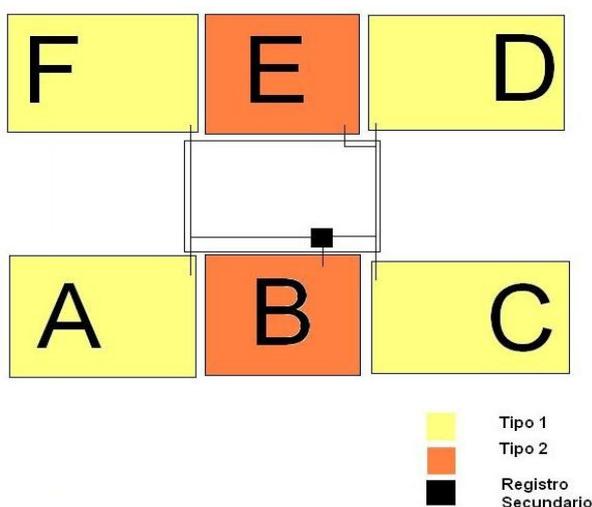


Figura 3.1: Distribución de la planta tipo de viviendas

El inmueble cuya infraestructura de telecomunicación es objeto de este proyecto consta de 16 plantas con 6 viviendas cada una más planta baja con un local comercial. De las seis viviendas, cuatro de ellas corresponden al tipo 1 y dos al tipo 2, constando las primeras de cinco estancias y las segundas de cuatro, sin contar baños ni trasteros. Según exige el Decreto, se ha decidido equipar con tres tomas de RTV (y dos de reserva) a las viviendas de tipo 1 y con dos tomas de RTV (y dos de reserva) a las de tipo 2.

Además, según su posición respecto al emplazamiento del registro secundario, las seis viviendas serán diferentes entre sí a efectos del cálculo de la atenuación. Se han denominado A, B y C a las tres más cercanas al registro secundario y D, E y F a las más lejanas, según muestra la figura.

Los amplificadores, tanto de cabecera como intermedios, dada su potencia de salida, sólo pueden atender a un número limitado de plantas, típicamente entre 3 y 6, dependiendo del número de viviendas por planta, el número de tomas por vivienda y su configuración.

El diseño consistirá, por tanto, en determinar a cuántas plantas pueden dar servicio los amplificadores y tratar de repetir un patrón de grupo de plantas, cada uno con un amplificador intermedio colocado en la planta donde comience, salvo el primero de los grupos, que se alimentará directamente desde la cabecera. Al no poder colocarse más de dos amplificadores en cascada, para un número N de grupos serán necesarias N – 1 verticales, aceptando que la vertical que da servicio a las plantas más cercanas a la cabecera es la única que puede contener dos grupos.

Tras una inspección de los planos del edificio y de las características de los componentes de la red, se plantean a priori dos posibilidades:

- ➔ **Opción A.** Grupos de 4 plantas. Se tendrían tres grupos de cuatro plantas y el último, que sería de cinco, para dar servicio al local comercial de la planta baja.
- ➔ **Opción B.** Grupos de 3 plantas. Se tendrían cinco grupos de tres plantas y el último, que sería de dos plantas, en el que estaría el local comercial de la planta baja.

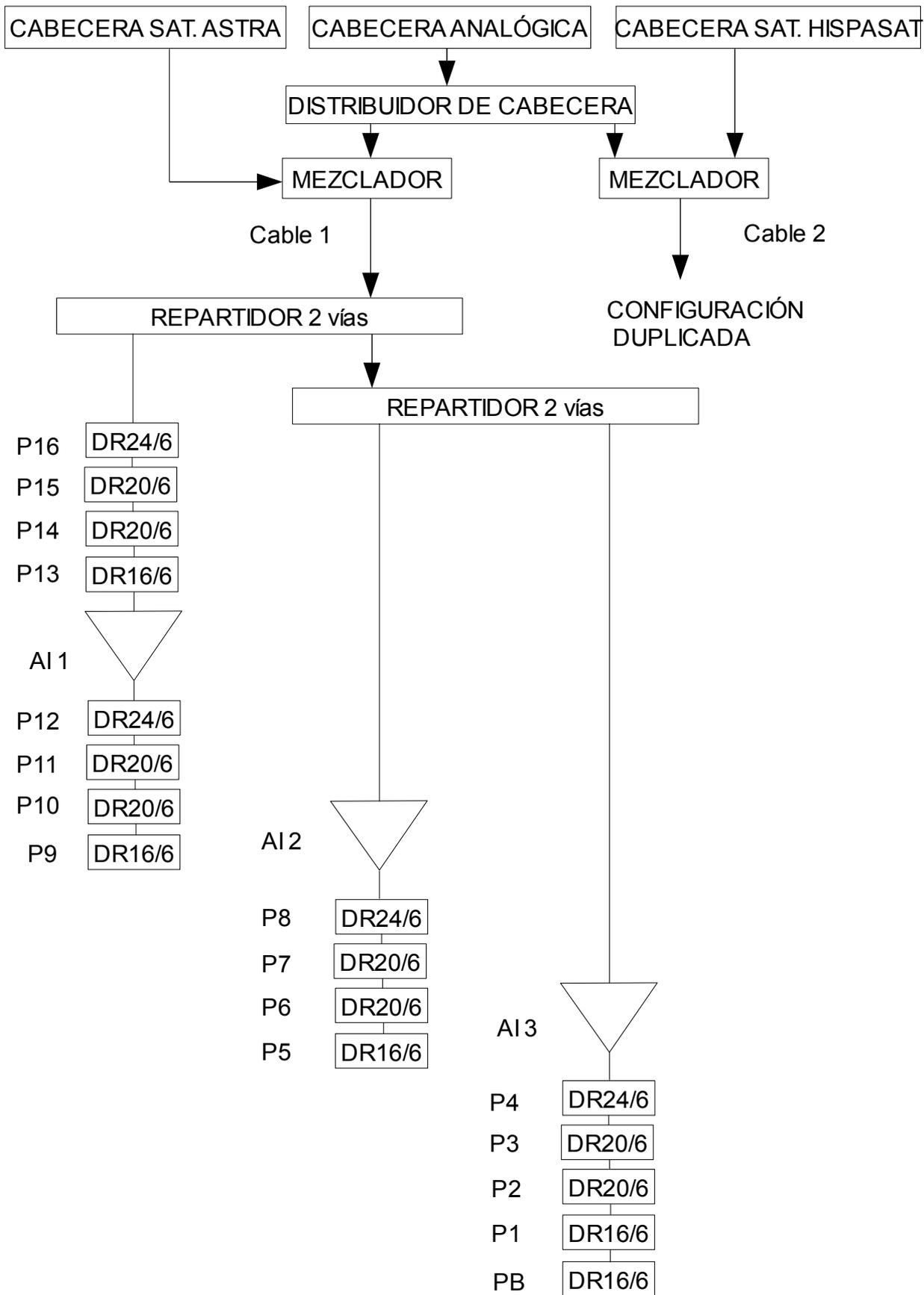


Figura 3.2: Opción A: distribución a 4 plantas

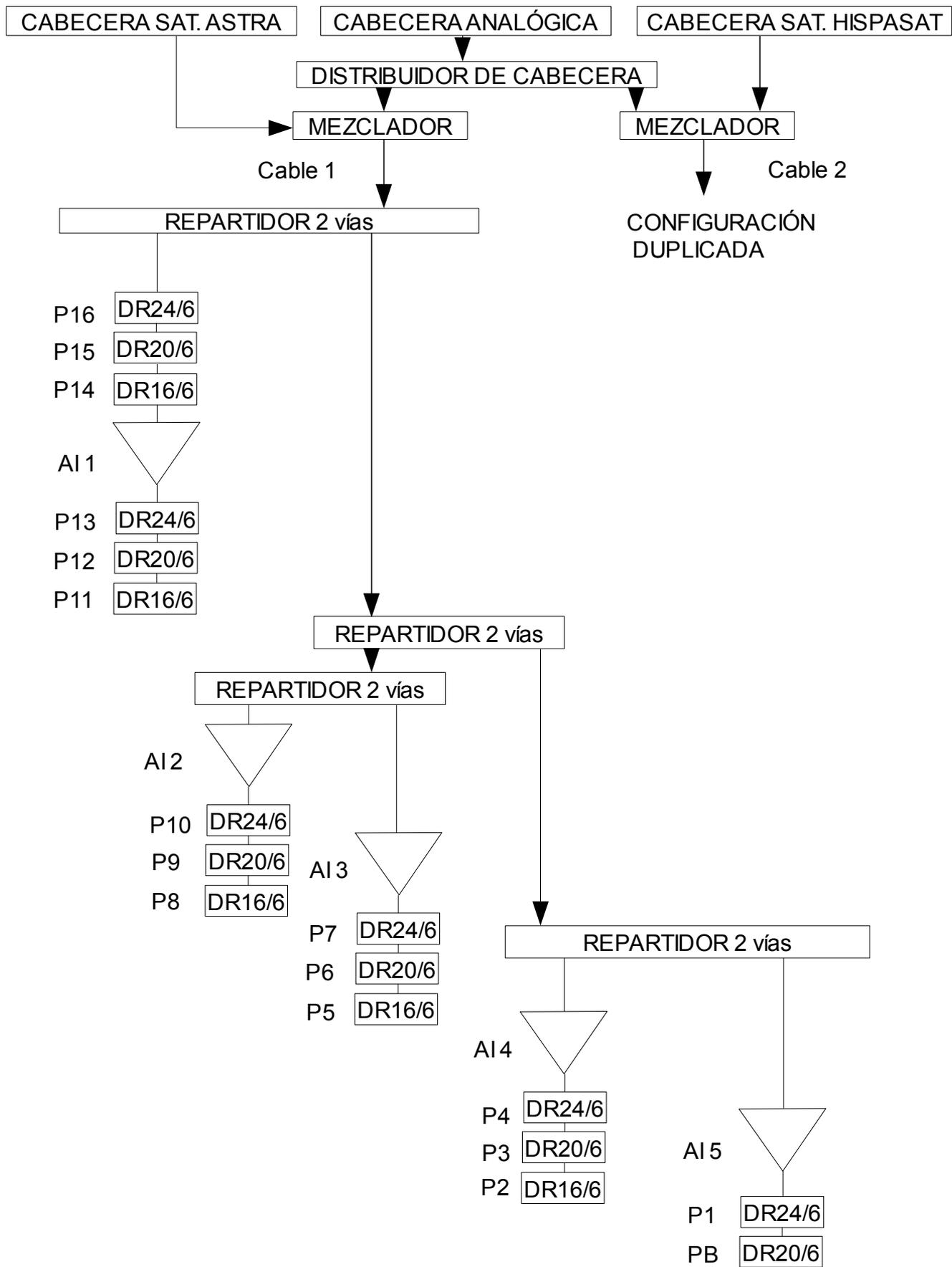


Figura 3.3: Opción B: distribución a 3 plantas

Para realizar una mejor comprensión de los cálculos también se debe atender a las siguientes consideraciones:

- Aunque el equipo es el mismo que los repartidores de 2 vías, en el distribuidor de cabecera se han tomado 0 dB como pérdida para FI en lugar de las especificadas en el apartado 3.2. Esto se debe a que las señales de TV satélite aún no han sido mezcladas y no atraviesan este dispositivo; no ocurre lo mismo en los repartidores situados más allá del mezclador.
- Las viviendas de tipo 1 (A,C,D y F) se han equipado con un PAU de 5 vías, mientras que las de tipo 2 (B y E) se han equipado con un PAU de 4 vías.

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SALIDA DE LOS AMPLIFICADORES DE CABECERA E INTERMEDIOS Y DE LOS NIVELES DE SEÑAL EN LA MEJOR Y PEOR TOMA

Con cada opción para la configuración de la red en cuanto al número de pisos y a la configuración de la Red de Distribución se procederá a realizar el cálculo de los diversos componentes de la misma y los valores de ajuste necesarios para el Proyecto. Se continuará con las dos opciones mientras ambas cumplan los requisitos marcados por la normativa y sean compatibles los valores de ajuste de la cabecera y de todos y cada uno de los amplificadores intermedios. Si se consigue llegar al final con ambas opciones se decidirá aquella a implementar por criterios económicos.

Un problema común a la hora de diseñar este tipo de instalaciones es que, aún con un ajuste correcto en la cabecera, el nivel de señal a la entrada de los amplificadores intermedios sea tal que la ganancia necesaria quede fuera del rango de ganancias proporcionado por los mismos (típicamente entre 10 y 30 dB para servicios terrenales y entre 20 y 40 dB para FI). Se deberá probar con diferentes valores dentro del rango de ajuste del nivel de señal a la salida de la cabecera y de los amplificadores intermedios hasta encontrar una solución coherente.

3.5.1 OPCIÓN A. GRUPOS DE 4 PLANTAS

3.5.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SALIDA Y GANANCIA DE LOS AMPLIFICADORES DE CABECERA

La cabecera está formada por un amplificador, o conjunto de amplificadores monocanal para cada uno de los servicios a distribuir:

- TV Analógica Terrenal. Banda 50 – 830 MHz
- TV Digital Terrenal. Banda 470 – 862 MHz
- TV Satélite. Banda 950 – 2150 MHz
- Radio FM. Banda 87,5 – 108 MHz
- Radio Digital (DAB) Banda 195 – 223 MHz

Debiendo garantizarse para cada uno de ellos los siguientes niveles de señal en toma de usuario:

- TV Analógica Terrenal 57 – 80 dB μ V
- TV Digital Terrenal 45 – 70 dB μ V
- TV Satélite 47 – 77 dB μ V
- Radio FM 40 – 70 dB μ V
- Radio Digital (DAB) 30 – 70 dB μ V

Para cada uno de los servicios se deberá calcular el nivel de salida de los amplificadores, su ganancia y los niveles de señal máximo y mínimo en toma de usuario.

Todos los datos que aquí se utilizan y los cálculos correspondientes están en el libro Excel adjunto “ajusteamplificadores.xls”, donde, si se desea, es posible modificar libremente el valor de ajuste para cada servicio, tanto en la cabecera como en los amplificadores intermedios, y comprobar instantáneamente el efecto en el resto de parámetros a considerar de la red.

De la hoja de cálculo se obtienen las atenuaciones máxima y mínima de la red de distribución y dispersión desde la cabecera hasta la toma de usuario a cada frecuencia:

Frecuencia (MHz)	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax (dB)	48,1	48,5	49,0	50,0	50,9	52,9	53,9	55,4
Amin (dB)	41,9	42,3	42,7	43,1	43,6	44,6	45,0	45,8

Cálculo del nivel de señal de salida de los amplificadores.

A continuación se calcula el rango válido de ajuste del nivel de señal a la salida de la cabecera. Para ello se determinarán los valores máximo y mínimo de dicho rango de la siguiente forma:

Banda S/U:

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 80 + 41,9 = 121,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 50,9 = 107,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (121,9 + 107,9)/2 = 114,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Nótese que los valores calculados anteriormente proporcionan límites del rango de ajuste de la señal a la salida de la cabecera. Corresponden al valor por debajo del cual habría una toma de usuario con menor nivel de señal que el mínimo requerido, y al valor por encima del cual habría otra toma de usuario con mayor nivel de señal que el máximo permitido.

Sin embargo, el rango puede reducirse debido a máximos más restrictivos impuestos por el mayor nivel real de salida de los amplificadores calculado en el apartado 2.2 (112,8 dB μ V para S/U), o el impuesto por el R.D. 401/2003, Anexo I, punto 4.2 (120 dB μ V para S/U).

Así, el nivel de salida de cabecera deberá estar en el rango [107,9 – 112,8] dB μ V, no pudiéndose trabajar en el punto óptimo. Si el edificio constara únicamente de plantas alimentadas por la cabecera, sería inmediato ajustar el nivel a 112 dB μ V, el valor entero más próximo de nuestro rango al punto óptimo, pero por razones de ajuste de los amplificadores intermedios se tomarán **108 dB μ V**, justificándose esta decisión en los apartados posteriores.

Banda FI:

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 77 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 77 + 44,6 = 121,6 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 47 + 55,4 = 102,4 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (121,6 + 102,4)/2 = 112,0 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Este valor es mayor que el valor máximo real de salida del amplificador, calculado en el apartado 2.2 (108 dB μ V para FI) y que el máximo nivel de salida permitido por el R.D 401/2003, Anexo I, punto 4.2 (110 dB μ V para FI).

Así, el nivel de salida de cabecera deberá estar en el rango [102,4 – 108] dB μ V, no pudiéndose trabajar en el punto óptimo. Si el edificio constara únicamente de plantas alimentadas por la cabecera, sería inmediato ajustar el nivel a 108 dB μ V, el valor más próximo de nuestro rango al punto óptimo, pero por razones de ajuste de los amplificadores intermedios se tomarán **103 dB μ V**, justificándose esta decisión en los apartados posteriores.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	121,9	107,9	114,9	108
TV Digital Terrenal	113,1	95,9	104,5	102
TV Satélite	121,6	102,4	112,0	103
FM	112,3	88,5	100,4	90
DAB	112,7	79	95,9	85

Ganancia de los amplificadores.

La ganancia necesaria se obtendrá de restar al nivel ajustado de salida el nivel de señal esperado en la antena, teniendo en cuenta las pérdidas en el cable de la antena y en la combinación en Z, que en el peor caso serán de 4 dB. De esta forma:

$$\rightarrow \text{Ganancia} = 108 - 65 + 4 = 47 \text{ dB}$$

Se eligen amplificadores de ganancia variable, con una ganancia máxima de 50 dB, ajustándose a 47dB para que el nivel de salida sea el calculado.

Para el resto de los servicios se tienen las siguientes ganancias en dB:

TV Analógica Terrenal	47
TV Digital Terrenal	50
TV Satélite	32
FM	24
DAB	33

Nivel de señal en toma de usuario (máximo y mínimo)

Los valores en toma de usuario son el resultado de restar al nivel de señal de salida del amplificador las pérdidas de la red desde la cabecera hasta la toma de usuario.

Partiendo del valor ajustado y de las atenuaciones se obtienen los siguientes valores (hoja de cálculo):

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel a Red	108	108	108	108	108			
	Pérdidas mínimas	41,9	42,3	42,7	43,1	43,6			
	Señal máxima	66,1	65,7	65,3	64,9	64,4			
	Pérdidas máximas	48,1	48,5	49	50	50,9			
	Señal mínima	59,9	59,5	59	58	57,1			
TV Digital Terrenal	Nivel a Red				102	102			
	Pérdidas mínimas				43,1	43,6			
	Señal máxima				58,9	58,4			
	Pérdidas máximas				50	50,9			
	Señal mínima				52	51,1			
TV Satélite	Nivel a Red						103	103	103
	Pérdidas mínimas						44,6	45	45,8
	Señal máxima						58,4	58	57,2
	Pérdidas máximas						52,9	53,9	55,4
	Señal mínima						50,1	49,1	47,6
FM	Nivel a Red		90						
	Pérdidas mínimas		42,3						
	Señal máxima		47,7						
	Pérdidas máximas		48,5						
	Señal mínima		41,5						
DAB	Nivel a Red			85					
	Pérdidas mínimas			42,7					
	Señal máxima			42,3					
	Pérdidas máximas			49					
	Señal mínima			36					

Resumen de características de los amplificadores de cabecera

- ➔ TV Analógica Terrenal ➔ Amplificador de 120 dB μ V (S/I = 56dB) ajustado a 108 dB μ V, Ganancia >50dB, ajustada a 47dB y Figura de ruido 9 dB.
- ➔ TV Digital Terrenal ➔ Amplificador de 110 dB μ V (S/I = 35dB) ajustado a 102 dB μ V, Ganancia >50dB, ajustada a 50dB y Figura de ruido 9 dB.
- ➔ TV Satélite ➔ Amplificador de 118 dB μ V (S/I = 35dB) ajustado a 103 dB μ V, Ganancia >40dB, ajustada a 32dB y Figura de ruido 12 dB.
- ➔ Radio FM ➔ Amplificador de 110 dB μ V (S/I = 35dB) ajustado a 90 dB μ V, Ganancia >30dB, ajustada a 24dB y Figura de ruido 9 dB.
- ➔ Radio Digital (DAB) ➔ Amplificador de 110 dB μ V ajustado a 85 dB μ V, Ganancia >40dB, ajustada a 33dB y Figura de ruido 9 dB.

3.5.1.2 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 1. PLANTAS 12 A 9

El amplificador intermedio nº1 es alimentado por el amplificador de cabecera a través de la red de distribución de los pisos 16 a 13, por lo que el nivel de señal a su entrada es el de salida de cabecera menos las pérdidas causadas por el paso a través de los derivadores de dichos pisos y las del cable.

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 1

Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
Planta 12								
distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
Paso der 24	3	3	3	3	3	4	4	4
Paso der 20	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5
Paso der 20	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5
Paso der 16	5	5	5	5	5	5	5	5
15 m cable 1	0,45	0,45	0,45	0,90	1,05	1,20	1,50	1,95
cof. Seguridad	0,24	0,49	0,73	0,75	1,00	1,09	1,23	1,50
total	24,7	24,9	25,2	25,6	26,1	25,3	25,7	26,4

A continuación se procede, como en el caso anterior, al cálculo de las atenuaciones máxima y mínima en toma de usuario (desde la salida del amplificador intermedio a cada toma). Se tiene:

Atenuaciones máxima y mínima

Frecuencia (MHz)	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax	37,9	38,3	38,6	39,6	40,2	45,4	46,2	47,6
Amin	31,7	32,0	32,3	32,6	33,0	37,1	37,4	37,9

Con dichas atenuaciones se procede a calcular los valores máximo y mínimo del nivel de señal a la salida del amplificador intermedio y a ajustar el mismo.

Banda S/U

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 80 + 31,7 = 111,7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 40,2 = 97,2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (111,7 + 97,2)/2 = 104,5 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Sin embargo, el mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 101,4 dB μ V para S/U, de manera que el rango de ajuste se reduce a [97,2 – 101] dB μ V. Tomaremos **101 dB μ V** por ser el más próximo al punto óptimo de trabajo.

Banda FI

Nivel de salida máximo (dBμV) = 77 dBμV + Amin(dB) = 77 + 37,1 = 114,1 dBμV

Nivel de salida mínimo (dBμV) = 47 dBμV + Amax(dB) = 47 + 47,6 = 94,6 dBμV

El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: (114,1 + 94,6)/2 = 104,4 dBμV

El mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 108 dBμV para FI, de manera que el rango de ajuste se reduce a [94,6 – 108] dBμV. Se tomarán **105 dBμV** por ser un valor cercano al punto de trabajo.

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	111,7	97,2	104,5	101
TV Digital Terrenal	102,6	85,2	93,9	94
TV Satélite	114,1	94,6	104,4	105
FM	102	78,3	90,2	91
DAB	102,3	68,6	85,5	86

Nótese (página siguiente) cómo los valores ajustados proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Digital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

Ecualización_SU = 19,1 – 17,7 = 1,4 dB < 6dB

Ecualización_FI = 28,4 – 27,3 = 1,1 dB < 9dB

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0			
	Atenuación a la entrada	24,7	24,9	25,2	25,6	26,1			
	Nivel señal a la entrada	83,3	83,1	82,8	82,4	81,9			
	Nivel a Red	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0			
	Ganancia amplificador	17,7	17,9	18,2	18,6	19,1			
	Pérdidas mínimas	31,7	32,0	32,3	32,6	33,0			
	Señal máxima	69,3	69,0	68,7	68,4	68,0			
	Pérdidas máximas	37,9	38,3	38,6	39,6	40,2			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				102,0	102,0			
	Atenuación a la entrada				25,6	26,1			
	Nivel señal a la entrada				76,4	75,9			
	Nivel a Red				94,0	94,0			
	Ganancia amplificador				17,6	18,1			
	Pérdidas mínimas				32,6	33,0			
	Señal máxima				61,4	61,0			
	Pérdidas máximas				39,6	40,2			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						103,0	103,0	103,0
	Atenuación a la entrada						25,3	25,7	26,4
	Nivel señal a la entrada						77,7	77,3	76,6
	Nivel a Red						105,0	105,0	105,0
	Ganancia amplificador						27,3	27,7	28,4
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						67,9	67,6	67,1
	Pérdidas máximas						45,4	46,2	47,6
FM	Nivel salida cabecera		90,0						
	Atenuación a la entrada		24,9						
	Nivel señal a la entrada		65,1						
	Nivel a Red		91,0						
	Ganancia amplificador		25,9						
	Pérdidas mínimas		32,0						
	Señal máxima		59,0						
	Pérdidas máximas		38,3						
DAB	Nivel salida cabecera			85,0					
	Atenuación a la entrada			25,2					
	Nivel señal a la entrada			59,8					
	Nivel a Red			86,0					
	Ganancia amplificador			26,2					
	Pérdidas mínimas			32,3					
	Señal máxima			53,7					
	Pérdidas máximas			38,6					
	Señal mínima			47,4					

3.5.1.3 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 2. PLANTAS 8 A 5

El amplificador intermedio nº 2 es alimentado directamente por el de cabecera a través del cable, por lo que el nivel de señal de entrada es el de salida de la cabecera menos las pérdidas desde la cabecera a su entrada. Se tiene:

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 2

	Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
	Planta 8								
	distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
	función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
27	m cable 1	0,81	0,81	0,81	1,62	1,89	2,16	2,70	3,51
	cof. Seguridad	0,15	0,30	0,44	0,47	0,64	0,64	0,74	0,93
	total	15,0	15,1	15,3	16,1	16,5	14,8	15,4	16,4

Atenuaciones máxima y mínima

Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax	37,9	38,3	38,6	39,6	40,2	45,4	46,2	47,6
Amin	31,7	32,0	32,3	32,6	33,0	37,1	37,4	37,9

Con dichas atenuaciones se procede a calcular los valores máximo y mínimo del nivel de señal a la salida del amplificador intermedio y a ajustar el mismo. Nótese que, al ser el grupo de plantas igual que el del amplificador intermedio nº 1, se tienen las mismas atenuaciones y rangos de ajuste:

Banda S/U:

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 80 + 31,7 = 111,7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 40,2 = 97,2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (111,7 + 97,2)/2 = 104,5 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Sin embargo, el mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 101,4 dB μ V para S/U, de manera que el rango de ajuste se reduce a [97,2 – 101] dB μ V. Se tomarán **101 dB μ V** por ser el más próximo al punto óptimo de trabajo.

Banda FI

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 77 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 77 + 37,1 = 114,1 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 47 + 47,6 = 94,6 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (114,1 + 94,6)/2 = 104,4 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 108 dB μ V para FI, de manera que el rango de ajuste se reduce a [94,6 – 108] dB μ V. Se tomarán **108 dB μ V**, ya que aun no siendo próximo al punto óptimo de trabajo, interesará

en este caso tomar el valor más alto posible de ajuste para el nivel de señal a la salida del amplificador intermedio, favoreciendo así que la ganancia requerida caiga dentro del rango entre 20 y 40 dB para FI.

Se incluyen los ajustes para el resto de servicios:

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	111,7	97,2	104,5	101
TV Digital Terrenal	102,6	85,2	93,9	96
TV Satélite	114,1	94,6	104,4	108
FM	102	78,3	90,2	90
DAB	102,3	68,6	85,5	86

En la siguiente página se incluye el cálculo de la ganancia, niveles máximo y mínimo de señal y ecualización necesaria.

Analizando los resultados, se observa que la ganancia requerida por el servicio de TV analógica terrenal queda en todas las frecuencias por debajo de 10 dB, la ganancia mínima que el amplificador intermedio puede proporcionar. Asimismo, la ganancia requerida por el servicio de TV por satélite queda a 950 MHz por debajo de 20 dB, el mínimo valor del rango de ganancias proporcionado.

En un proceso de ajuste donde ocurre esto se pueden adoptar dos medidas:

- ➔ Intentar solucionar localmente el problema aumentando en la medida de lo posible el nivel de señal a la salida del amplificador intermedio en cuestión. Esto hace disminuir la relación S/I, de manera que habrá que prestar atención al comportamiento de este parámetro.
- ➔ Si lo anterior no es suficiente, se decrementará el nivel de salida de la cabecera, adoptando precauciones para no provocar que la ganancia de otros amplificadores intermedios anteriormente ajustados vuelva a quedar fuera de su rango.

Como puede comprobarse, en este caso los niveles de señal de salida del amplificador intermedio ya están ajustados a su máximo posible (101 dB μ V para S/U y 108 dB μ V para FI). Pero los de la cabecera ya están ajustados a su mínimo posible (108dB μ V para S/U y 103dB μ V para FI), por lo que ya no hay alternativa y queda demostrado que en el edificio objeto de este proyecto **no es posible la distribución a 4 plantas.**

Se deberá buscar, por tanto, otra solución.

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0			
	Atenuación a la entrada	15,0	15,1	15,3	16,1	16,5			
	Nivel señal a la entrada	93,0	92,9	92,7	91,9	91,5			
	Nivel a Red	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0			
	Ganancia amplificador	8,0	8,1	8,3	9,1	9,5			
	Pérdidas mínimas	31,7	32,0	32,3	32,6	33,0			
	Señal máxima	69,3	69,0	68,7	68,4	68,0			
	Pérdidas máximas	37,9	38,3	38,6	39,6	40,2			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				102,0	102,0			
	Atenuación a la entrada				16,1	16,5			
	Nivel señal a la entrada				85,9	85,5			
	Nivel a Red				96,0	96,0			
	Ganancia amplificador				10,1	10,5			
	Pérdidas mínimas				32,6	33,0			
	Señal máxima				63,4	63,0			
	Pérdidas máximas				39,6	40,2			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						103,0	103,0	103,0
	Atenuación a la entrada						14,8	15,4	16,4
	Nivel señal a la entrada						88,2	87,6	86,6
	Nivel a Red						108,0	108,0	108,0
	Ganancia amplificador						19,8	20,4	21,4
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						70,9	70,6	70,1
	Pérdidas máximas						45,4	46,2	47,6
FM	Nivel salida cabecera		90,0						
	Atenuación a la entrada		15,1						
	Nivel señal a la entrada		74,9						
	Nivel a Red		90,0						
	Ganancia amplificador		15,1						
	Pérdidas mínimas		32,0						
	Señal máxima		58,0						
	Pérdidas máximas		38,3						
DAB	Nivel salida cabecera			85,0					
	Atenuación a la entrada			15,3					
	Nivel señal a la entrada			69,7					
	Nivel a Red			86,0					
	Ganancia amplificador			16,3					
	Pérdidas mínimas			32,3					
	Señal máxima			53,7					
	Pérdidas máximas			38,6					
	Señal mínima			47,4					

3.5.2 OPCIÓN B. GRUPOS DE 3 PLANTAS

3.5.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SALIDA Y GANANCIA DE LOS AMPLIFICADORES DE CABECERA

La cabecera está formada por un amplificador, o conjunto de amplificadores monocanal para cada uno de los servicios a distribuir:

- TV Analógica Terrenal. Banda 50 – 830 MHz
- TV Digital Terrenal. Banda 470 – 862 MHz
- TV Satélite. Banda 950 – 2150 MHz
- Radio FM. Banda 87,5 – 108 MHz
- Radio Digital (DAB) Banda 195 – 223 MHz

Debiendo garantizarse para cada uno de ellos los siguientes niveles de señal en toma de usuario:

- TV Analógica Terrenal 57 – 80 dB μ V
- TV Digital Terrenal 45 – 70 dB μ V
- TV Satélite 47 – 77 dB μ V
- Radio FM 40 – 70 dB μ V
- Radio Digital (DAB) 30 – 70 dB μ V

Para cada uno de los servicios se deberá calcular el nivel de salida de los amplificadores, su ganancia y los niveles de señal máximo y mínimo en toma de usuario.

Todos los datos que aquí se utilizan y los cálculos correspondientes están en el libro Excel adjunto “ajusteamplificadores.xls”, donde, si se desea, es posible modificar libremente el valor de ajuste para cada servicio, tanto en la cabecera como en los amplificadores intermedios, y comprobar instantáneamente el efecto en el resto de parámetros a considerar de la red.

De la hoja de cálculo se obtienen las atenuaciones máxima y mínima de la red de distribución y dispersión desde la cabecera hasta la toma de usuario a cada frecuencia:

Frecuencia (MHz)	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax (dB)	45,9	46,3	46,8	47,6	48,3	49,0	49,9	51,3
Amin (dB)	41,0	41,4	41,8	42,2	42,8	44,6	45,0	45,8

Cálculo del nivel de señal de salida de los amplificadores.

A continuación se calcula el rango válido de ajuste del nivel de señal a la salida de la cabecera. Para ello se determinarán los valores máximo y mínimo de dicho rango de la siguiente forma:

Banda S/U:

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 80 + 41,0 = 121,0 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 48,3 = 105,3 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (121,0 + 105,3)/2 = 113,2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Nótese que los valores calculados anteriormente proporcionan límites del rango de ajuste de la señal a la salida de la cabecera. Corresponden al valor por debajo del cual habría una toma de usuario con menor nivel de señal que el mínimo requerido, y al valor por encima del cual habría otra toma de usuario con mayor nivel de señal que el máximo permitido.

Sin embargo, el rango puede reducirse debido a máximos más restrictivos impuestos por el mayor nivel real de salida de los amplificadores calculado en el apartado 2.2 (112,8 dBμV para S/U), o el impuesto por el R.D. 401/2003, Anexo I, punto 4.2 (120 dBμV para S/U).

Así, el nivel de salida de cabecera deberá estar en el rango [105,3 – 112,8] dBμV, no pudiéndose trabajar en el punto óptimo. Si el edificio constara únicamente de plantas alimentadas por la cabecera, sería inmediato ajustar el nivel a 112 dBμV, el valor entero más próximo de nuestro rango al punto óptimo, pero por razones de ajuste de los amplificadores intermedios se tomarán **109 dBμV**, justificándose esta decisión en los apartados posteriores.

Banda FI:

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 77 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 77 + 44,6 = 121,6 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 47 + 51,3 = 98,3 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (121,6 + 98,3)/2 = 110,0 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Este valor es mayor que el valor máximo real de salida del amplificador, calculado en el apartado 2.2 (108 dBμV para FI) y corresponde al máximo nivel de salida permitido por el R.D 401/2003, Anexo I, punto 4.2 (110 dBμV para FI).

Así, el nivel de salida de cabecera deberá estar en el rango [98,3 – 108] dBμV, no pudiéndose trabajar en el punto óptimo. Si el edificio constara únicamente de plantas alimentadas por la cabecera, sería inmediato ajustar el nivel a 108 dBμV, el valor más próximo de nuestro rango al punto óptimo, pero por razones de ajuste de los amplificadores intermedios se tomarán **107 dBμV**, justificándose esta decisión en los apartados posteriores.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	121	105,3	113,2	109
TV Digital Terrenal	112,2	93,3	102,8	100
TV Satélite	121,6	98,3	110,0	107
FM	111,4	86,3	98,9	95
DAB	111,8	76,8	94,3	82

Ganancia de los amplificadores.

La ganancia necesaria se obtendrá de restar al nivel ajustado de salida el nivel de señal esperado en la antena, teniendo en cuenta las pérdidas en el cable de la antena y en la combinación en Z, que en el peor caso serán de 4 dB. De esta forma:

$$\text{Ganancia} = 109 - 65 + 4 = 48 \text{ dB}$$

Se eligen amplificadores de ganancia variable, con una ganancia máxima de 50 dB, ajustándose a 48dB para que el nivel de salida sea el calculado.

Para el resto de los servicios se tienen las siguientes ganancias en dB:

TV Analógica Terrenal	48
TV Digital Terrenal	48
TV Satélite	36
FM	29
DAB	30

Nivel de señal en toma de usuario (máximo y mínimo).

Los valores en toma de usuario son el resultado de restar al nivel de señal de salida del amplificador las pérdidas de la red desde la cabecera hasta la toma de usuario.

Partiendo del valor ajustado y de las atenuaciones se obtienen los siguientes valores (hoja de cálculo):

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel a Red	109	109	109	109	109			
	Pérdidas mínimas	41	41,4	41,8	42,2	42,8			
	Señal máxima	68	67,6	67,2	66,8	66,2			
	Pérdidas máximas	45,9	46,3	46,8	47,6	48,3			
	Señal mínima	63,1	62,7	62,2	61,4	60,7			
TV Digital Terrenal	Nivel a Red				100	100			
	Pérdidas mínimas				42,2	42,8			
	Señal máxima				57,8	57,2			
	Pérdidas máximas				47,6	48,3			
	Señal mínima				52,4	51,7			
TV Satélite	Nivel a Red						107	107	107
	Pérdidas mínimas						44,6	45	45,8
	Señal máxima						62,4	62	61,2
	Pérdidas máximas						49	49,9	51,3
	Señal mínima						58	57,1	55,7
FM	Nivel a Red		95						
	Pérdidas mínimas		41,4						
	Señal máxima		53,6						
	Pérdidas máximas		46,3						
	Señal mínima		48,7						
DAB	Nivel a Red			82					
	Pérdidas mínimas			41,8					
	Señal máxima			40,2					
	Pérdidas máximas			46,8					
	Señal mínima			35,2					

Resumen de características de los amplificadores de cabecera

- ➔ TV Analógica Terrenal ➔ Amplificador de 120 dBμV (S/I = 56dB) ajustado a 109 dBμV, Ganancia >50dB, ajustada a 48dB y Figura de ruido 9 dB.
- ➔ TV Digital Terrenal ➔ Amplificador de 110 dBμV (S/I = 35dB) ajustado a 100 dBμV, Ganancia >50dB, ajustada a 48dB y Figura de ruido 9 dB.

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

- ➔ TV Satélite ➔ Amplificador de 118 dB μ V (S/I = 35dB) ajustado a 107 dB μ V, Ganancia >40dB, ajustada a 36dB y Figura de ruido 12 dB.
- ➔ Radio FM ➔ Amplificador de 110 dB μ V (S/I = 35dB) ajustado a 95 dB μ V, Ganancia >30dB, ajustada a 29dB y Figura de ruido 9 dB.
- ➔ Radio Digital (DAB) ➔ Amplificador de 110 dB μ V ajustado a 82 dB μ V, Ganancia >40dB, ajustada a 30dB y Figura de ruido 9 dB.

3.5.2.2 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 1. PLANTAS 13 A 11

El amplificador intermedio nº1 es alimentado por el amplificador de cabecera a través de la red de distribución de los pisos 16 a 14, por lo que el nivel de señal a su entrada es el de salida de cabecera menos las pérdidas causadas por el paso a través de los derivadores de dichos pisos y las del cable.

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 1

Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
Planta 13								
distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
Paso der 24	3	3	3	3	3	4	4	4
Paso der 20	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5
Paso der 16	5	5	5	5	5	5	5	5
12 m cable 1	0,36	0,36	0,36	0,72	0,84	0,96	1,20	1,56
cof. Seguridad	0,21	0,43	0,64	0,65	0,87	0,92	1,04	1,26
total	21,6	21,8	22,0	22,4	22,7	21,4	21,7	22,3

A continuación se procede, como en el caso anterior, al cálculo de las atenuaciones máxima y mínima en toma de usuario (desde la salida del amplificador intermedio a cada toma). Se tiene:

Atenuaciones máxima y mínima

Frecuencia (MHz)	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax (dB)	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7	41,4	42,2	43,5
Amin (dB)	30,8	31,1	31,4	31,7	32,2	37,1	37,4	37,9

Con dichas atenuaciones se procede a calcular los valores máximo y mínimo del nivel de señal a la salida del amplificador intermedio y a ajustar el mismo.

Niveles de señal a la salida

Banda S/U

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + \text{Amin(dB)} = 80 + 30,8 = 110,8 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 37,7 = 94,7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (110,8 + 94,7)/2 = 102,8 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Sin embargo, el mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 101,4 dB μ V para S/U, de manera que el rango de ajuste se reduce a [94,7 – 101] dB μ V. Tomaremos **98 dB μ V** por ser un valor relativamente cercano al punto óptimo de trabajo que permite aumentar la relación S/I sin hacer que la ganancia requerida quede fuera del rango proporcionado por el amplificador (entre 10 y 30 dB).

Banda FI

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 77 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 77 + 37,1 = 114,1 \text{ dB}\mu\text{V.}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 47 + 43,5 = 90,5 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (114,1 + 90,5)/2 = 102,3 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 108 dB μ V para FI, de manera que el rango de ajuste se reduce a [90,5 – 108] dB μ V. Se tomarán **106 dB μ V** puesto que, tomando valores más cercanos al punto de trabajo, la ganancia requerida a ciertas frecuencias de FI es menor que 20dB, el mínimo del rango que puede proporcionar el amplificador. Se elige subir el nivel de salida lo necesario para que la ganancia requerida este comprendida entre 20 y 40 dB, comprobando que la relación S/I siga cumpliendo los requisitos legales (>18 dB para TV satélite).

Ganancia, señal mínima y máxima y ecualización

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	110,8	94,7	102,8	98
TV Digital Terrenal	101,7	82,7	92,2	93
TV Satélite	114,1	90,5	102,3	106
FM	101,1	76	88,6	89
DAB	101,4	66,4	83,9	84

Nótese cómo los valores ajustados proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Digital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

$$\text{Ecualización}_{\text{SU}} = 10,7 - 10,6 = 0,1 \text{ dB} < 6\text{dB}$$

$$\text{Ecualización}_{\text{FI}} = 21,3 - 20,4 = 0,9 \text{ dB} < 9\text{dB}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0			
	Atenuación a la entrada	21,6	21,8	22,0	22,4	21,7			
	Nivel señal a la entrada	87,4	87,2	87,0	86,6	87,3			
	Nivel a Red	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0			
	Ganancia amplificador	10,6	10,8	11,0	11,4	10,7			
	Pérdidas mínimas	30,8	31,1	31,4	31,7	32,2			
	Señal máxima	67,2	66,9	66,6	66,3	65,8			
	Pérdidas máximas	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				100,0	100,0			
	Atenuación a la entrada				22,4	21,7			
	Nivel señal a la entrada				77,6	78,3			
	Nivel a Red				93,0	93,0			
	Ganancia amplificador				15,4	14,7			
	Pérdidas mínimas				31,7	32,2			
	Señal máxima				61,3	60,8			
	Pérdidas máximas				37,1	37,7			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						107,0	107,0	107,0
	Atenuación a la entrada						21,4	21,7	22,3
	Nivel señal a la entrada						85,6	85,3	84,7
	Nivel a Red						106,0	106,0	106,0
	Ganancia amplificador						20,4	20,7	21,3
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						68,9	68,6	68,1
	Pérdidas máximas						41,4	42,2	43,5
FM	Nivel salida cabecera		95,0						
	Atenuación a la entrada		21,8						
	Nivel señal a la entrada		73,2						
	Nivel a Red		89,0						
	Ganancia amplificador		15,8						
	Pérdidas mínimas		31,1						
	Señal máxima		57,9						
	Pérdidas máximas		36,0						
DAB	Nivel salida cabecera			82,0					
	Atenuación a la entrada			22,0					
	Nivel señal a la entrada			60,0					
	Nivel a Red			84,0					
	Ganancia amplificador			24,0					
	Pérdidas mínimas			31,4					
	Señal máxima			52,6					
	Pérdidas máximas			36,4					
	Señal mínima			47,6					

3.5.2.3 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 2. PLANTAS 10 A 8

El amplificador intermedio nº 2 es alimentado directamente por el de cabecera a través del cable, por lo que el nivel de señal de entrada es el de salida de la cabecera menos las pérdidas desde la cabecera a su entrada. Se tiene:

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 2

	Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
	Planta 10								
	distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
	función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
	repartidor 4 vías	8	8	8	8	8	10	10	10
21	m cable 2	1,47	1,47	1,47	2,52	3,15	3,57	4,41	5,46
	cof. Seguridad	0,19	0,39	0,58	0,62	0,85	0,93	1,07	1,35
	total	19,7	19,9	20,1	21,1	22,0	21,5	22,5	23,8

Nótese que la atenuación a la entrada de los mismos, debido a las diferentes pérdidas hasta ellos, será el único parámetro en que difieran los amplificadores intermedios nº 1,2,3 y 4, siendo el amplificador intermedio 5 diferente en cuanto a su distribución (2 plantas, una de ellas la planta baja). Ello implica que para los amplificadores intermedios 1,2,3 y 4 la atenuación hasta las tomas de usuario es la misma y, por tanto, el rango de niveles permitidos de señal a la salida es el mismo; sólo será diferente el valor que deba ajustarse para obtener en todos ellos una ganancia requerida entre 10 y 30dB para S/U y entre 20 y 40dB para FI.

Nivel de señal a la salida

Banda S/U

El rango de ajuste es, de nuevo, [94,7 –101] dBµV.

Tomaremos **101 dBµV** para garantizar que la ganancia requerida quede dentro del rango proporcionado por el amplificador (entre 10 y 30 dB)

Banda FI

El rango de ajuste es, de nuevo, [90,5 – 108] dBµV.

Se tomarán **108 dBµV** puesto que, tomando valores inferiores, la ganancia requerida a ciertas frecuencias de FI es menor que 20dB, el mínimo del rango que puede proporcionar el amplificador. Se elige subir el nivel de salida lo necesario para que la ganancia requerida este comprendida entre 20 y 40 dB, comprobando que la relación S/I siga cumpliendo los requisitos legales (>18 dB para TV satélite). Esto se ha realizado en conjunción con una bajada del nivel de salida de la cabecera FI a 107 dBµV.

Ganancia, señal mínima y máxima y ecualización

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida

será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	110,8	94,7	102,8	101
TV Digital Terrenal	101,7	82,7	92,2	93
TV Satélite	114,1	90,5	102,3	108
FM	101,1	76	88,6	89
DAB	101,4	66,4	83,9	84

Nótese cómo los valores ajustados (página siguiente) proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Digital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

$$\text{Ecualización}_{\text{SU}} = 11,7 - 10,3 = 1,4 \text{ dB} < 6\text{dB}$$

$$\text{Ecualización}_{\text{FI}} = 21,4 - 20,0 = 0,9 \text{ dB} < 9\text{dB}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0			
	Atenuación a la entrada	19,7	19,9	20,1	21,1	22,0			
	Nivel señal a la entrada	89,3	89,1	88,9	87,9	87,0			
	Nivel a Red	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0			
	Ganancia amplificador	11,7	11,9	12,1	13,1	14,0			
	Pérdidas mínimas	30,8	31,1	31,4	31,7	32,2			
	Señal máxima	70,2	69,9	69,6	69,3	68,8			
	Pérdidas máximas	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				100,0	100,0			
	Atenuación a la entrada				21,1	22,0			
	Nivel señal a la entrada				78,9	78,0			
	Nivel a Red				93,0	93,0			
	Ganancia amplificador				14,1	15,0			
	Pérdidas mínimas				31,7	32,2			
	Señal máxima				61,3	60,8			
	Pérdidas máximas				37,1	37,7			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						107,0	107,0	107,0
	Atenuación a la entrada						21,5	22,5	23,8
	Nivel señal a la entrada						85,5	84,5	83,2
	Nivel a Red						108,0	108,0	108,0
	Ganancia amplificador						22,5	23,5	24,8
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						70,9	70,6	70,1
	Pérdidas máximas						41,4	42,2	43,5
FM	Nivel salida cabecera		95,0						
	Atenuación a la entrada		19,9						
	Nivel señal a la entrada		75,1						
	Nivel a Red		89,0						
	Ganancia amplificador		13,9						
	Pérdidas mínimas		31,1						
	Señal máxima		57,9						
	Pérdidas máximas		36,0						
DAB	Nivel salida cabecera			82,0					
	Atenuación a la entrada			20,1					
	Nivel señal a la entrada			61,9					
	Nivel a Red			84,0					
	Ganancia amplificador			22,1					
	Pérdidas mínimas			31,4					
	Señal máxima			52,6					
	Pérdidas máximas			36,4					
			47,6						

3.5.2.4 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 3. PLANTAS 7 A 5

El amplificador intermedio nº 3 es alimentado directamente por el de cabecera a través del cable, por lo que el nivel de señal de entrada es el de salida de la cabecera menos las pérdidas desde la cabecera a su entrada. Se tiene:

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 3

	Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
	Planta 7								
	distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
	función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
	repartidor 4 vías	8	8	8	8	8	10	10	10
30	m cable 2	2,10	2,10	2,10	3,60	4,50	5,10	6,30	7,80
	cof. Seguridad	0,20	0,40	0,60	0,65	0,90	0,99	1,17	1,49
	total	20,3	20,5	20,7	22,2	23,4	23,1	24,5	26,3

De nuevo se procede según lo explicado para el amplificador intermedio nº2:

Nivel de señal a la salida

Banda S/U

El rango de ajuste es, de nuevo, [94,7 –101] dB μ V.

Tomaremos **101 dB μ V** para garantizar que la ganancia requerida quede dentro del rango proporcionado por el amplificador (entre 10 y 30 dB)

Banda FI

El rango de ajuste es, de nuevo, [90,5 – 108] dB μ V.

Se tomarán **108 dB μ V** puesto que, tomando valores inferiores, la ganancia requerida a ciertas frecuencias de FI es menor que 20dB, el mínimo del rango que puede proporcionar el amplificador. Se elige subir el nivel de salida lo necesario para que la ganancia requerida este comprendida entre 20 y 40 dB, comprobando que la relación S/I siga cumpliendo los requisitos legales (>18 dB para TV satélite). Esto se ha realizado en conjunción con una bajada del nivel de salida de la cabecera FI a 107 dB μ V.

Ganancia, señal mínima y máxima y ecualización

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	110,8	94,7	102,8	101
TV Digital Terrenal	101,7	82,7	92,2	93
TV Satélite	114,1	90,5	102,3	108
FM	101,1	76	88,6	89
DAB	101,4	66,4	83,9	84

Nótese cómo los valores ajustados (página siguiente) proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Digital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

$$\text{Ecualización}_{\text{SU}} = 12,4 - 10,6 = 1,8 \text{ dB} < 6\text{dB}$$

$$\text{Ecualización}_{\text{FI}} = 22,6 - 20,8 = 1,8 \text{ dB} < 9\text{dB}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0			
	Atenuación a la entrada	20,3	20,5	20,7	22,2	23,4			
	Nivel señal a la entrada	88,7	88,5	88,3	86,8	85,6			
	Nivel a Red	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0			
	Ganancia amplificador	12,3	12,5	12,7	14,2	15,4			
	Pérdidas mínimas	30,8	31,1	31,4	31,7	32,2			
	Señal máxima	70,2	69,9	69,6	69,3	68,8			
	Pérdidas máximas	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7			
	Señal mínima	65,3	65,0	64,6	63,9	63,3			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				100,0	100,0			
	Atenuación a la entrada				22,2	23,4			
	Nivel señal a la entrada				77,8	76,6			
	Nivel a Red				93,0	93,0			
	Ganancia amplificador				15,2	16,4			
	Pérdidas mínimas				31,7	32,2			
	Señal máxima				61,3	60,8			
	Pérdidas máximas				37,1	37,7			
	Señal mínima				55,9	55,3			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						107,0	107,0	107,0
	Atenuación a la entrada						23,1	24,5	26,3
	Nivel señal a la entrada						83,9	82,5	80,7
	Nivel a Red						108,0	108,0	108,0
	Ganancia amplificador						24,1	25,5	27,3
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						70,9	70,6	70,1
	Pérdidas máximas						41,4	42,2	43,5
	Señal mínima						66,6	65,8	64,5
FM	Nivel salida cabecera		95,0						
	Atenuación a la entrada		20,5						
	Nivel señal a la entrada		74,5						
	Nivel a Red		89,0						
	Ganancia amplificador		14,5						
	Pérdidas mínimas		31,1						
	Señal máxima		57,9						
	Pérdidas máximas		36,0						
	Señal mínima		53,0						
DAB	Nivel salida cabecera			82,0					
	Atenuación a la entrada			20,7					
	Nivel señal a la entrada			61,3					
	Nivel a Red			84,0					
	Ganancia amplificador			22,7					
	Pérdidas mínimas			31,4					
	Señal máxima			52,6					
	Pérdidas máximas			36,4					
	Señal mínima			47,6					

3.5.2.5 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 4. PLANTAS 4 A 2

El amplificador intermedio nº 4 es alimentado directamente por el de cabecera a través del cable, por lo que el nivel de señal de entrada es el de salida de la cabecera menos las pérdidas desde la cabecera a su entrada. Se tiene:

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 4

	Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
	Planta 4								
	distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
	función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
	repartidor 4 vías	8	8	8	8	8	10	10	10
39	m cable 2	2,73	2,73	2,73	4,68	5,85	6,63	8,19	10,14
	cof. Seguridad	0,21	0,41	0,62	0,68	0,95	1,06	1,26	1,63
	total	20,9	21,1	21,4	23,4	24,8	24,7	26,4	28,8

De nuevo se procede según lo explicado para el amplificador intermedio nº2:

Nivel de señal a la salida

Banda S/U

El rango de ajuste es, de nuevo, [94,7 –101] dB μ V.

Tomaremos **101 dB μ V** para garantizar que la ganancia requerida quede dentro del rango proporcionado por el amplificador (entre 10 y 30 dB)

Banda FI

El rango de ajuste es, de nuevo, [90,5 – 108] dB μ V.

Se tomarán **107 dB μ V** puesto que, tomando valores inferiores, la ganancia requerida a ciertas frecuencias de FI es menor que 20dB, el mínimo del rango que puede proporcionar el amplificador. Se elige subir el nivel de salida lo necesario para que la ganancia requerida este comprendida entre 20 y 40 dB, comprobando que la relación S/I siga cumpliendo los requisitos legales (>18 dB para TV satélite). Esto se ha realizado en conjunción con una bajada del nivel de salida de la cabecera FI a 107 dB μ V.

Ganancia, señal mínima y máxima y ecualización

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	110,8	94,7	102,8	101
TV Digital Terrenal	101,7	82,7	92,2	94
TV Satélite	114,1	90,5	102,3	107
FM	101,1	76	88,6	90
DAB	101,4	66,4	83,9	85

Nótese cómo los valores ajustados (página siguiente) proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Dígital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

$$\text{Ecualización}_{\text{SU}} = 13,0 - 10,9 = 2,1 \text{ dB} < 6\text{dB}$$

$$\text{Ecualización}_{\text{FI}} = 22,9 - 20,5 = 2,4 \text{ dB} < 9\text{dB}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0			
	Atenuación a la entrada	20,9	21,1	21,4	23,4	24,8			
	Nivel señal a la entrada	88,1	87,9	87,6	85,6	84,2			
	Nivel a Red	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0			
	Ganancia amplificador	12,9	13,1	13,4	15,4	16,8			
	Pérdidas mínimas	30,8	31,1	31,4	31,7	32,2			
	Señal máxima	70,2	69,9	69,6	69,3	68,8			
	Pérdidas máximas	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7			
	Señal mínima	65,3	65,0	64,6	63,9	63,3			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				100,0	100,0			
	Atenuación a la entrada				23,4	24,8			
	Nivel señal a la entrada				76,6	75,2			
	Nivel a Red				94,0	94,0			
	Ganancia amplificador				17,4	18,8			
	Pérdidas mínimas				31,7	32,2			
	Señal máxima				62,3	61,8			
	Pérdidas máximas				37,1	37,7			
	Señal mínima				56,9	56,3			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						107,0	107,0	107,0
	Atenuación a la entrada						24,7	26,4	28,8
	Nivel señal a la entrada						82,3	80,6	78,2
	Nivel a Red						107,0	107,0	107,0
	Ganancia amplificador						24,7	26,4	28,8
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						69,9	69,6	69,1
	Pérdidas máximas						41,4	42,2	43,5
	Señal mínima						65,6	64,8	63,5
FM	Nivel salida cabecera		95,0						
	Atenuación a la entrada		21,1						
	Nivel señal a la entrada		73,9						
	Nivel a Red		90,0						
	Ganancia amplificador		16,1						
	Pérdidas mínimas		31,1						
	Señal máxima		58,9						
	Pérdidas máximas		36,0						
	Señal mínima		54,0						
DAB	Nivel salida cabecera			82,0					
	Atenuación a la entrada			21,4					
	Nivel señal a la entrada			60,6					
	Nivel a Red			85,0					
	Ganancia amplificador			24,4					
	Pérdidas mínimas			31,4					
	Señal máxima			53,6					
	Pérdidas máximas			36,4					
	Señal mínima			48,6					

3.5.2.6 CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR INTERMEDIO Nº 5. PLANTAS 1 Y BAJA

El amplificador intermedio nº 5 es alimentado directamente por el de cabecera a través del cable, por lo que el nivel de señal de entrada es el de salida de la cabecera menos las pérdidas desde la cabecera a su entrada:

Atenuación a la entrada del amplificador intermedio nº 5:

	Frecuencia (MHz)	50	100	250	500	800	950	1500	2150
	Planta 1								
	distribuidor de cabecera	4	4	4	4	4	0	0	0
	función de mezcla	2	2	2	2	2	2	2	2
	repartidor 2 vías	4	4	4	4	4	5	5	5
	repartidor 4 vías	8	8	8	8	8	10	10	10
48	m cable 2	3,36	3,36	3,36	5,76	7,20	8,16	10,08	12,48
	cof. Seguridad	0,21	0,43	0,64	0,71	1,01	1,13	1,35	1,77
	total	21,6	21,8	22,0	24,5	26,2	26,3	28,4	31,2

Atenuaciones máxima y mínima

En este caso las atenuaciones máxima y mínima a algunas frecuencias hasta toma de usuario pueden variar en comparación con los demás grupos de plantas, ya que en este grupo se incluye la planta baja, de muy distinta naturaleza respecto a la de la planta tipo de viviendas de la edificación. Se tiene:

Frecuencia (MHz)	50	100	200	500	800	950	1500	2150
Amax (dB)	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7	41,4	42,2	43,5
Amin (dB)	32,6	32,9	33,2	33,4	33,8	37,1	37,4	37,9

Con dichas atenuaciones se procede a calcular los valores máximo y mínimo del nivel de señal a la salida del amplificador intermedio y a ajustar el mismo.

Nivel de señal a la salida

Banda S/U

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 80 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 80 + 32,6 = 112,6 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 57 + 37,7 = 94,7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (112,6 + 94,7)/2 = 103,7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Sin embargo, el mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 101,4 dB μ V para S/U, de manera que el rango de ajuste se reduce a [94,7 – 101] dB μ V. Tomaremos **100 dB μ V** por ser el mínimo valor que garantiza una ganancia requerida dentro del rango proporcionado por el amplificador (entre 10 y 30 dB), sin degradar la relación S/I en exceso.

Banda FI

$$\text{Nivel de salida máximo (dB}\mu\text{V)} = 77 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{min}}(\text{dB}) = 77 + 37,1 = 114,1 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Nivel de salida mínimo (dB}\mu\text{V)} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + A_{\text{max}}(\text{dB}) = 47 + 43,5 = 90,5 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{El punto de trabajo óptimo sería, por tanto: } (114,1 + 90,5)/2 = 102,3 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El mayor nivel de señal real a la salida del amplificador intermedio de banda ancha calculado en el apartado 2.2 es 108 dB μ V para FI, de manera que el rango de ajuste se reduce a [90,5 – 108] dB μ V. Se tomarán **106 dB μ V** puesto que, tomando valores más cercanos al punto de trabajo, la ganancia requerida a ciertas frecuencias de FI es menor que 20dB, el mínimo del rango que puede proporcionar el amplificador. Se elige subir el nivel de salida lo necesario para que la ganancia requerida este comprendida entre 20 y 40 dB, comprobando que la relación S/I siga cumpliendo los requisitos legales (>18 dB para TV satélite).

Ganancia, señal mínima y máxima y ecualización

A partir de estos datos se puede calcular la ganancia restando al nivel ajustado para el grupo de plantas el nivel de señal presente a la entrada del amplificador intermedio. Véanse filas "Nivel a Red" y "Ganancia del amplificador" en la hoja de cálculo. Como en este caso la ganancia requerida será diferente según la frecuencia, se necesitará ecualización.

Para todos los servicios se incluye el ajuste y los cálculos de ganancia, ecualización y señal máxima y mínima.

	Máximo	Mínimo	Punto de trabajo	N. Salida
TV Analógica Terrenal	112,6	94,7	103,7	100
TV Digital Terrenal	103,4	82,7	93,1	94
TV Satélite	114,1	90,5	102,3	106
FM	102,9	76	89,5	90
DAB	103,2	66,4	84,8	85

Nótese cómo los valores ajustados (página siguiente) proporcionan a todas las frecuencias una ganancia requerida que en el caso de los servicios terrenales (TV Analógica, TV Digital, FM y DAB) se encuentra entre 10 y 30dB y en el caso de televisión por satélite entre 20 y 40 dB, los rangos de ganancia especificados para sendos amplificadores de banda ancha (apartado 2.2). Es sencillo comprobar también que la ecualización exigida puede ser proporcionada en ambos casos. En efecto:

$$\text{Ecualización}_{\text{SU}} = 12,7 - 10,1 = 2,6 \text{ dB} < 6\text{dB}$$

$$\text{Ecualización}_{\text{FI}} = 23,1 - 20,3 = 2,8 \text{ dB} < 9\text{dB}$$

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Servicio	Frecuencia	50	100	200	500	800	950	1500	2150
TV Analógica Terrenal	Nivel salida cabecera	109,0	109,0	109,0	109,0	109,0			
	Atenuación a la entrada	21,6	21,8	22,0	24,5	26,2			
	Nivel señal a la entrada	87,4	87,2	87,0	84,5	82,8			
	Nivel a Red	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
	Ganancia amplificador	12,6	12,8	13,0	15,5	17,2			
	Pérdidas mínimas	32,6	32,9	33,2	33,4	33,8			
	Señal máxima	67,4	67,1	66,8	66,6	66,2			
	Pérdidas máximas	35,7	36,0	36,4	37,1	37,7			
	Señal mínima	64,3	64,0	63,6	62,9	62,3			
TV Digital Terrenal	Nivel salida cabecera				100,0	100,0			
	Atenuación a la entrada				24,5	26,2			
	Nivel señal a la entrada				75,5	73,8			
	Nivel a Red				94,0	94,0			
	Ganancia amplificador				18,5	20,2			
	Pérdidas mínimas				33,4	33,8			
	Señal máxima				60,6	60,2			
	Pérdidas máximas				37,1	37,7			
	Señal mínima				56,9	56,3			
TV Satélite	Nivel salida cabecera						107,0	107,0	107,0
	Atenuación a la entrada						26,3	28,4	31,2
	Nivel señal a la entrada						80,7	78,6	75,8
	Nivel a Red						106,0	106,0	106,0
	Ganancia amplificador						25,3	27,4	30,2
	Pérdidas mínimas						37,1	37,4	37,9
	Señal máxima						68,9	68,6	68,1
	Pérdidas máximas						41,4	42,2	43,5
	Señal mínima						64,6	63,8	62,5
FM	Nivel salida cabecera		95,0						
	Atenuación a la entrada		21,8						
	Nivel señal a la entrada		73,2						
	Nivel a Red		90,0						
	Ganancia amplificador		16,8						
	Pérdidas mínimas		32,9						
	Señal máxima		57,1						
	Pérdidas máximas		36,0						
	Señal mínima		54,0						
DAB	Nivel salida cabecera			82,0					
	Atenuación a la entrada			22,0					
	Nivel señal a la entrada			60,0					
	Nivel a Red			85,0					
	Ganancia amplificador			25,0					
	Pérdidas mínimas			33,2					
	Señal máxima			51,8					
	Pérdidas máximas			36,4					
	Señal mínima			48,6					

3.5.3 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN

3.5.3.1 CÁLCULO DEL RIZADO

El cálculo se realizará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R_t(\text{dB}) = L_{\text{cab}}(\text{dB}) + 2R(\text{dB})$$

Donde el rizado total en la toma es la suma del rizado producido en el cable más el doble del producido en los componentes de la red.

El rizado en los componentes se calcula usando las tolerancias especificadas para los mismos en el apartado 3.2, planteando el peor caso posible para los distintos recorridos de señal, esto es, cuando todas las tolerancias se sumen entre sí.

Se tiene el siguiente esquema para las tomas en las viviendas alimentadas directamente desde la cabecera:

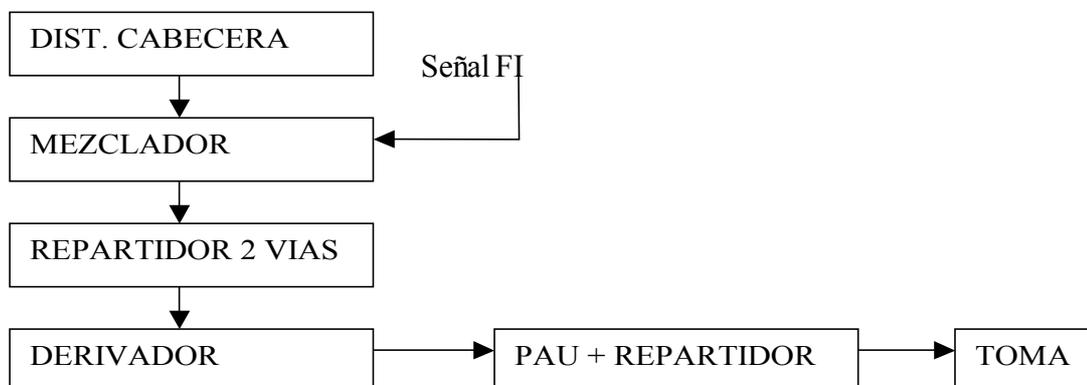


Figura 3.4: Rizado en tomas alimentadas desde cabecera

Así, para las tomas de la primera planta del grupo se tiene el siguiente rizado en S/U:

$$R(\text{dB}) = 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} + 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} + 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} = 2,25 \text{ dB}$$

Para las plantas segunda y tercera sólo habrá que añadir 0,25 dB o 0,5 dB respectivamente, correspondiendo al paso a través de uno y dos derivadores adicionales.

Nótese que para el cálculo del rizado de los componentes en FI no habrá que tener en cuenta el distribuidor de cabecera, ya que éste no es atravesado por la señal del servicio de satélite. Se tiene:

$$R(\text{dB}) = 0,5 \text{ dB} + 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} + 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} = 2 \text{ dB}$$

Para los tramos de amplificación intermedia el esquema será el siguiente:

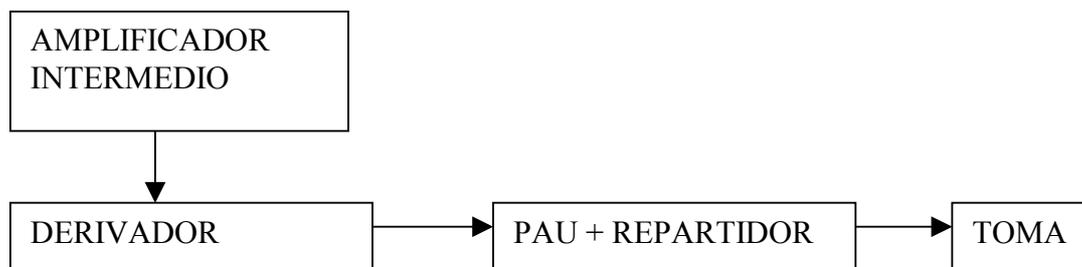


Figura 3.5: Rizado en tomas alimentadas desde amplificador intermedio

Así, para las tomas de la primera planta del grupo se tiene el siguiente rizado:

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

$$R(\text{dB}) = 0,5 \text{ dB} + 0,25 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} = 1,25 \text{ dB}$$

Para las plantas segunda y tercera sólo habrá que añadir 0,25 dB o 0,5 dB respectivamente, correspondiendo al paso a través de uno y dos derivadores adicionales.

Por último, se muestran los valores del rizado total para todas las tomas. Todos ellos están dentro de los límites permitidos (<16 dB en S/U y <20 dB en FI).

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Rizado en S/U

Cabecera

Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2
Piso 16	5,3	5,2	5,4	5,0	5,3	4,9	5,2	4,9	4,9	5,2	5,1	5,3	4,9	5,2	5,4	5,3	5,5	5,1	5,4	5,3	5,6	5,3	5,3	5,5	5,4	5,6	5,2	5,5
Piso 15	5,9	5,8	6,0	5,6	6,0	5,6	5,8	5,5	5,5	5,8	5,7	5,9	5,5	5,8	6,0	5,9	6,1	5,7	6,0	6,0	6,2	5,9	5,9	6,1	6,0	6,2	5,8	6,2
Piso 14	6,5	6,4	6,6	6,3	6,6	6,2	6,5	6,1	6,1	6,4	6,3	6,5	6,1	6,5	6,6	6,5	6,7	6,3	6,7	6,6	6,9	6,5	6,5	6,7	6,6	6,8	6,5	6,8

Amplificadores intermedios

Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 13	3,2	3,1	3,3	2,9	3,2	2,8	3,1	2,7	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	3,2	3,5	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,4				
Piso 12	3,8	3,7	3,9	3,5	3,8	3,4	3,7	3,4	3,4	3,7	3,6	3,8	3,4	3,7	3,9	3,8	4,0	3,6	3,9	3,8	4,1	3,8	3,8	4,0	3,9	4,1	3,7	4,0				
Piso 11	4,4	4,3	4,5	4,1	4,5	4,1	4,3	4,0	4,0	4,3	4,2	4,4	4,0	4,3	4,5	4,4	4,6	4,2	4,5	4,5	4,7	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,3	4,7				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 10	3,2	3,1	3,3	2,9	3,2	2,8	3,1	2,7	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	3,2	3,5	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,4				
Piso 9	3,8	3,7	3,9	3,5	3,8	3,4	3,7	3,4	3,4	3,7	3,6	3,8	3,4	3,7	3,9	3,8	4,0	3,6	3,9	3,8	4,1	3,8	3,8	4,0	3,9	4,1	3,7	4,0				
Piso 8	4,4	4,3	4,5	4,1	4,5	4,1	4,3	4,0	4,0	4,3	4,2	4,4	4,0	4,3	4,5	4,4	4,6	4,2	4,5	4,5	4,7	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,3	4,7				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 7	3,2	3,1	3,3	2,9	3,2	2,8	3,1	2,7	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	3,2	3,5	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,4				
Piso 6	3,8	3,7	3,9	3,5	3,8	3,4	3,7	3,4	3,4	3,7	3,6	3,8	3,4	3,7	3,9	3,8	4,0	3,6	3,9	3,8	4,1	3,8	3,8	4,0	3,9	4,1	3,7	4,0				
Piso 5	4,4	4,3	4,5	4,1	4,5	4,1	4,3	4,0	4,0	4,3	4,2	4,4	4,0	4,3	4,5	4,4	4,6	4,2	4,5	4,5	4,7	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,3	4,7				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 4	3,2	3,1	3,3	2,9	3,2	2,8	3,1	2,7	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	3,2	3,5	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,4				
Piso 3	3,8	3,7	3,9	3,5	3,8	3,4	3,7	3,4	3,4	3,7	3,6	3,8	3,4	3,7	3,9	3,8	4,0	3,6	3,9	3,8	4,1	3,8	3,8	4,0	3,9	4,1	3,7	4,0				
Piso 2	4,4	4,3	4,5	4,1	4,5	4,1	4,3	4,0	4,0	4,3	4,2	4,4	4,0	4,3	4,5	4,4	4,6	4,2	4,5	4,5	4,7	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,3	4,7				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2	L1	L2	L3	
Piso 1	3,2	3,1	3,3	2,9	3,2	2,8	3,1	2,7	2,8	3,1	2,9	3,1	2,8	3,1	3,3	3,1	3,3	3,0	3,3	3,2	3,5	3,1	3,2	3,4	3,3	3,5	3,1	3,4				
Piso Bajo																														3,6	4,0	4,1

Diseño de ICT para edificio de 96 viviendas y local comercial y adaptación de la misma a servicios domóticos

Rizado en FI

Cabecera

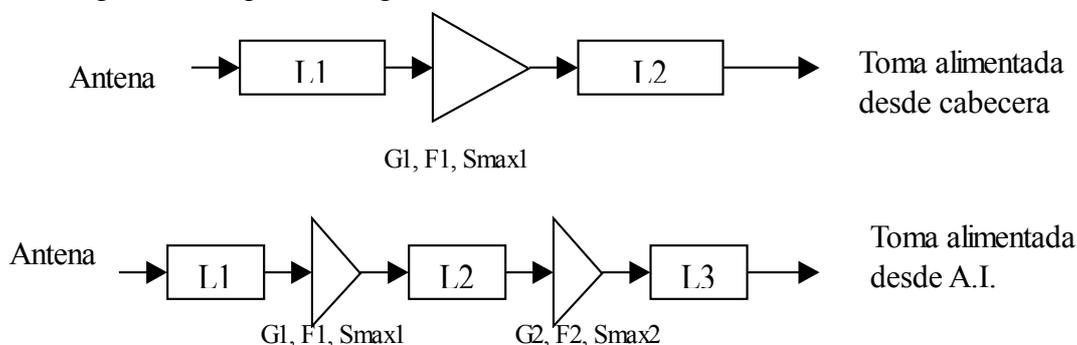
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2
Piso 16	5,0	4,9	5,1	4,7	5,1	4,6	4,9	4,5	4,5	4,9	4,7	5,0	4,5	4,9	5,1	5,0	5,2	4,8	5,2	5,1	5,4	5,0	5,0	5,3	5,1	5,4	4,9	5,3
Piso 15	5,7	5,5	5,8	5,3	5,7	5,2	5,6	5,1	5,2	5,5	5,4	5,6	5,2	5,6	5,8	5,6	5,9	5,4	5,8	5,7	6,1	5,6	5,7	5,9	5,8	6,0	5,6	6,0
Piso 14	6,3	6,2	6,4	6,0	6,4	5,9	6,2	5,8	5,8	6,2	6,0	6,3	5,8	6,2	6,4	6,3	6,5	6,1	6,5	6,4	6,7	6,3	6,3	6,6	6,4	6,7	6,2	6,6

Amplificadores intermedios

Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 13	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	2,9	3,3	2,8	2,9	3,2	3,1	3,3	2,9	3,3	3,5	3,3	3,6	3,1	3,5	3,4	3,8	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,3	3,7				
Piso 12	4,0	3,9	4,1	3,7	4,1	3,6	3,9	3,5	3,5	3,9	3,7	4,0	3,5	3,9	4,1	4,0	4,2	3,8	4,2	4,1	4,4	4,0	4,0	4,3	4,1	4,4	3,9	4,3				
Piso 11	4,7	4,5	4,8	4,3	4,7	4,2	4,6	4,1	4,2	4,5	4,4	4,6	4,2	4,6	4,8	4,6	4,9	4,4	4,8	4,7	5,1	4,6	4,7	4,9	4,8	5,0	4,6	5,0				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 10	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	2,9	3,3	2,8	2,9	3,2	3,1	3,3	2,9	3,3	3,5	3,3	3,6	3,1	3,5	3,4	3,8	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,3	3,7				
Piso 9	4,0	3,9	4,1	3,7	4,1	3,6	3,9	3,5	3,5	3,9	3,7	4,0	3,5	3,9	4,1	4,0	4,2	3,8	4,2	4,1	4,4	4,0	4,0	4,3	4,1	4,4	3,9	4,3				
Piso 8	4,7	4,5	4,8	4,3	4,7	4,2	4,6	4,1	4,2	4,5	4,4	4,6	4,2	4,6	4,8	4,6	4,9	4,4	4,8	4,7	5,1	4,6	4,7	4,9	4,8	5,0	4,6	5,0				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 7	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	2,9	3,3	2,8	2,9	3,2	3,1	3,3	2,9	3,3	3,5	3,3	3,6	3,1	3,5	3,4	3,8	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,3	3,7				
Piso 6	4,0	3,9	4,1	3,7	4,1	3,6	3,9	3,5	3,5	3,9	3,7	4,0	3,5	3,9	4,1	4,0	4,2	3,8	4,2	4,1	4,4	4,0	4,0	4,3	4,1	4,4	3,9	4,3				
Piso 5	4,7	4,5	4,8	4,3	4,7	4,2	4,6	4,1	4,2	4,5	4,4	4,6	4,2	4,6	4,8	4,6	4,9	4,4	4,8	4,7	5,1	4,6	4,7	4,9	4,8	5,0	4,6	5,0				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2				
Piso 4	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	2,9	3,3	2,8	2,9	3,2	3,1	3,3	2,9	3,3	3,5	3,3	3,6	3,1	3,5	3,4	3,8	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,3	3,7				
Piso 3	4,0	3,9	4,1	3,7	4,1	3,6	3,9	3,5	3,5	3,9	3,7	4,0	3,5	3,9	4,1	4,0	4,2	3,8	4,2	4,1	4,4	4,0	4,0	4,3	4,1	4,4	3,9	4,3				
Piso 2	4,7	4,5	4,8	4,3	4,7	4,2	4,6	4,1	4,2	4,5	4,4	4,6	4,2	4,6	4,8	4,6	4,9	4,4	4,8	4,7	5,1	4,6	4,7	4,9	4,8	5,0	4,6	5,0				
Toma	A1	A2	A3	AR1	AR2	B1	B2	BR1	BR2	C1	C2	C3	CR1	CR2	D1	D2	D3	DR1	DR2	E1	E2	ER1	ER2	F1	F2	F3	FR1	FR2	L1	L2	L3	
Piso 1	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	2,9	3,3	2,8	2,9	3,2	3,1	3,3	2,9	3,3	3,5	3,3	3,6	3,1	3,5	3,4	3,8	3,3	3,4	3,6	3,5	3,7	3,3	3,7				
Piso Bajo																														3,8	4,3	4,4

3.5.3.2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN SEÑAL/RUIDO

Se realiza en todas las subredes, para cada servicio, a la frecuencia más alta y para la peor toma. Se tienen los siguientes esquemas, según la subred a analizar:



donde:

L1 → Atenuación entre la salida de la antena y la entrada del amplificador de cabecera (típicamente unos 4dB pues incluye las pérdidas del combinador de entrada en el peor monocanal).

L2 → Atenuación desde la salida de la cabecera hasta la toma de usuario en el tramo alimentado desde cabecera o hasta la entrada del amplificador intermedio en los restantes.

L3 → Atenuación entre la salida del amplificador intermedio y la peor toma.

G1,F1 y Smax1 → Ganancia, Figura de Ruido y Señal Máxima del amplificador de cabecera.

G2,F2 y Smax2 → Ganancia, Figura de Ruido y Señal Máxima del amplificador de cabecera.

La figura de ruido de las cadenas se calcula mediante las expresiones, donde todos los datos deben ser introducidos en unidades naturales:

$$F_t = F_1 L_1 + (L_2 - 1) L_1 / G_1 \quad (\text{subred alimentada desde cabecera})$$

$$F_t = F_1 L_1 + (L_2 - 1) L_1 / G_1 + (F_2 - 1) L_1 L_2 / G_1 + (L_3 - 1) L_1 L_2 / G_1 G_2 \quad (\text{subred alimentada A.I.})$$

A partir de F_t se calcula la relación señal/ruido para cada red y servicio de la siguiente forma, dependiendo del servicio:

$$C/N_{TV_Analógica} = S_{TV_Analógica} (\text{dB}\mu\text{V}) - F_t (\text{dB}) - 2 \text{ dB}\mu\text{V}. \quad (\text{TV Analógica, } B = 5 \text{ MHz})$$

$$C/N_{TDT} = S_{TDT} (\text{dB}\mu\text{V}) - F_t (\text{dB}) - 4 \text{ dB}\mu\text{V}. \quad (\text{TDT, } B = 8 \text{ MHz})$$

$$C/N_{FM} = S_{FM} (\text{dB}\mu\text{V}) - F_t (\text{dB}) + 10.2 \text{ dB}\mu\text{V}. \quad (\text{FM, } B = 0,3 \text{ MHz})$$

$$C/N_{DAB} = S_{DAB} (\text{dB}\mu\text{V}) - F_t (\text{dB}) + 2 \text{ dB}\mu\text{V}. \quad (\text{DAB, } B = 2 \text{ MHz})$$

Donde $S (\text{dB}\mu\text{V})$ es la señal de salida de antena para cada uno de los servicios y B el ancho de banda de cada canal para los mismos.

Para el servicio de televisión por satélite se impone un valor de C/N que cumpla la normativa (típicamente 17,5 dB) desde el principio del cálculo de la red, quedando el diámetro de las parábolas como parámetro de diseño. De este modo, se puede suponer que la red no influye en la relación C/N para este servicio.

Puede comprobarse que los resultados obtenidos cumplen los requisitos exigidos por la normativa.

Cabecera

Características de los amplificadores

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	48,0	63095,73445
	Figura de ruido	9,0	7,943282347
TV Digital Terrenal	Ganancia	48,0	63095,73445
	Figura de ruido	9,0	7,943282347
TV Satélite	Ganancia	36,0	3981,071706
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	29,0	794,3282347
	Figura de ruido	9,0	7,943282347
DAB	Ganancia	30,0	1000
	Figura de ruido	9,0	7,943282347

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas hasta peor toma	48,3	67608,29754
	Figura de ruido total	13,5	22,64411814
	SNR	49,5	
	SNR RD 401/2003	≥ 43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas hasta peor toma	48,3	67608,29754
	Figura de ruido total	13,5	22,6
	SNR	38,5	
	SNR RD 401/2003	≥ 25	
TV Satélite	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas hasta peor toma	46,3	42657,95188
	Figura de ruido total	21,9	154,8457491
	SNR	58,3	
	SNR RD 401/2003	≥ 38	
DAB	Pérdidas hasta peor toma	46,8	47863,00923
	Figura de ruido total	21,5	140,1765547
	SNR	36,5	
	SNR RD 401/2003	≥ 18	

Amplificador intermedio nº 1

Características

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	10,7	11,74897555
	Figura de ruido	10,0	10
TV Digital Terrenal	Ganancia	14,7	29,51209227
	Figura de ruido	10,0	10
TV Satélite	Ganancia	21,3	134,8962883
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	15,8	38,01893963
	Figura de ruido	10,0	10
DAB	Ganancia	24,0	251,1886432
	Figura de ruido	10,0	10

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas entrada AI	21,7	147,9108388
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	14,7	29,45377508
	SNR	53,3	
	SNR RD 401/2003	≥ 43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas entrada AI	21,7	147,9108388
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,2	20,93246085
	SNR	37,8	
	SNR RD 401/2003	≥ 25	
TV Satélite	Pérdidas entrada AI		
	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas entrada AI	21,8	151,3561248
	Pérdidas hasta peor toma	36,0	3981,071706
	Figura de ruido total	18,7	74,8418959
	SNR	61,5	
	SNR RD 401/2003	≥ 38	
DAB	Pérdidas entrada AI	22,0	158,4893192
	Pérdidas hasta peor toma	36,4	4365,158322
	Figura de ruido total	14,9	30,84790778
	SNR	43,1	
	SNR RD 401/2003	≥ 18	

Amplificador intermedio nº 2

Características

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	14,0	25,09573964
	Figura de ruido	10,0	10
TV Digital Terrenal	Ganancia	15,0	31,59366436
	Figura de ruido	10,0	10
TV Satélite	Ganancia	24,8	302,5241156
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	13,9	24,31868011
	Figura de ruido	10,0	10
DAB	Ganancia	22,1	160,4759665
	Figura de ruido	10,0	10

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas entrada AI	22,0	158,3434124
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,3	21,4890501
	SNR	49,7	
	SNR RD 401/2003	>=43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas entrada AI	22,0	158,3434124
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,3	21,19031902
	SNR	38,7	
	SNR RD 401/2003	>=25	
TV Satélite	Pérdidas entrada AI		
	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas entrada AI	19,9	96,8144093
	Pérdidas hasta peor toma	36,0	3981,071706
	Figura de ruido total	18,6	73,11713542
	SNR	61,6	
	SNR RD 401/2003	>=38	
DAB	Pérdidas entrada AI	20,1	101,2534897
	Pérdidas hasta peor toma	36,4	4365,158322
	Figura de ruido total	14,7	29,41020875
	SNR	43,3	
	SNR RD 401/2003	>=18	

Amplificador intermedio nº 3

Características

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	15,4	34,67368505
	Figura de ruido	10,0	10
TV Digital Terrenal	Ganancia	16,4	43,65158322
	Figura de ruido	10,0	10
TV Satélite	Ganancia	27,3	535,5499708
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	14,5	28,19681143
	Figura de ruido	10,0	10
DAB	Ganancia	22,7	186,3373865
	Figura de ruido	10,0	10

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas entrada AI	23,4	218,7761624
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,3	21,51075883
	SNR	49,7	
	SNR RD 401/2003	>=43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas entrada AI	23,4	218,7761624
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,3	21,21437773
	SNR	38,7	
	SNR RD 401/2003	>=25	
TV Satélite	Pérdidas entrada AI		
	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas entrada AI	20,5	112,2535282
	Pérdidas hasta peor toma	36,0	3981,071706
	Figura de ruido total	18,7	73,60536323
	SNR	61,5	
	SNR RD 401/2003	>=38	
DAB	Pérdidas entrada AI	20,7	117,5709426
	Pérdidas hasta peor toma	36,4	4365,158322
	Figura de ruido total	14,7	29,82008463
	SNR	43,3	
	SNR RD 401/2003	>=18	

Amplificador intermedio nº 4

Características

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	16,8	47,907113
	Figura de ruido	10,0	10
TV Digital Terrenal	Ganancia	18,8	75,92765726
	Figura de ruido	10,0	10
TV Satélite	Ganancia	28,8	753,0780684
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	16,1	41,15854371
	Figura de ruido	10,0	10
DAB	Ganancia	24,4	272,3892726
	Figura de ruido	10,0	10

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas entrada AI	24,8	302,273448
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,3	21,54073151
	SNR	49,7	
	SNR RD 401/2003	≥ 43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas entrada AI	24,8	302,273448
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,2	21,00601638
	SNR	38,8	
	SNR RD 401/2003	≥ 25	
TV Satélite	Pérdidas entrada AI		
	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas entrada AI	21,1	130,1547433
	Pérdidas hasta peor toma	36,0	3981,071706
	Figura de ruido total	18,1	63,8660323
	SNR	62,1	
	SNR RD 401/2003	≥ 38	
DAB	Pérdidas entrada AI	21,4	136,518026
	Pérdidas hasta peor toma	36,4	4365,158322
	Figura de ruido total	14,6	28,87343885
	SNR	43,4	
	SNR RD 401/2003	≥ 18	

Amplificador intermedio nº 5

Características

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Ganancia	17,2	52,57750823
	Figura de ruido	10,0	10
TV Digital Terrenal	Ganancia	20,2	104,9059208
	Figura de ruido	10,0	10
TV Satélite	Ganancia	30,2	1058,961083
	Figura de ruido	12,0	15,84893192
FM	Ganancia	16,8	47,72214984
	Figura de ruido	10,0	10
DAB	Ganancia	25,0	316,2860227
	Figura de ruido	10,0	10

Relación Señal / Ruido

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Pérdidas entrada AI	26,2	417,637993
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,4	21,96503582
	SNR	49,6	
	SNR RD 401/2003	>=43	
TV Digital Terrenal	Pérdidas entrada AI	26,2	417,637993
	Pérdidas hasta peor toma	37,7	5888,436554
	Figura de ruido total	13,2	21,05194383
	SNR	38,8	
	SNR RD 401/2003	>=25	
TV Satélite	Pérdidas entrada AI		
	Pérdidas hasta peor toma		
	Figura de ruido total		
	SNR		
	SNR RD 401/2003		
FM	Pérdidas entrada AI	21,8	150,9106883
	Pérdidas hasta peor toma	36,0	3981,071706
	Figura de ruido total	18,1	64,52239291
	SNR	62,1	
	SNR RD 401/2003	>=38	
DAB	Pérdidas entrada AI	22,0	158,5185167
	Pérdidas hasta peor toma	36,4	4365,158322
	Figura de ruido total	14,7	29,42606619
	SNR	43,3	
	SNR RD 401/2003	>=18	

3.5.3.3 CÁLCULO DE LA RELACIÓN SEÑAL / INTERMODULACIÓN

Este último cálculo puede realizarse con más facilidad si se calcula la relación S/I de cada amplificador y se aplica la siguiente fórmula:

$$\rightarrow \frac{1}{\sqrt{(S/I)_{TOTAL}}} = \frac{1}{\sqrt{(S/I)_{CAB}}} + \frac{1}{\sqrt{(S/I)_{INT}}}$$

$$\rightarrow (S/I)_{TOTAL} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{(S/I)_{CAB}}} + \frac{1}{\sqrt{(S/I)_{INT}}}\right)^2}$$

Siendo $(S/I)_{CAB}$ y $(S/I)_{INT}$ las relaciones señal/intermodulación en cada uno de los amplificadores. Su valor depende de los niveles máximos de salida de los mismos, la S/I para la que se define este nivel, de sus niveles de operación y del número de canales amplificados. Las relaciones S/I de la expresión deben introducirse en unidades naturales. Para este diseño se han utilizado 20 canales terrenales y 30 canales por satélite.

A modo de ejemplo, veamos cómo se calcula la relación señal/intermodulación para el servicio de TV Analógica, tanto en cabecera como en alguno de los amplificadores intermedios. Los datos utilizados son los especificados en el apartado 3.2 o los ajustados en el apartado 3.4.

$$(S/I) = (S/I)_{Max_Fabricante} + 2*(S_{max} - S_{ajuste})$$

Así, en la cabecera se tiene:

$$(S/I)_{CAB} = 56 + 2*(116-109) = 70 \text{ dB} \rightarrow 10^7 \text{ U.N.}$$

En la anterior fórmula se han descontado los 4 dB de pérdida en el cable de antena y en el combinador en Z de S_{max}

En el amplificador intermedio 1 se tendrá, por ser de banda ancha:

$$(S/I) = (S/I)_{Max_Fabricante} + 2*(S_{max} - 7.5*\log(N-1) - S_{ajuste}), \text{ con } N = n^\circ \text{ canales}$$

$$(S/I)_{INT} = 56 + 2*(114 - 7.5*\log(20-1) - 98) = 68.82 \text{ dB} \rightarrow 7620790,1 \text{ U.N.}$$

Utilizando las fórmulas del principio de página, entrando en unidades naturales, se tiene:

$$(S/I)_{TOTAL} = 2172041.395 \text{ U.N.} \rightarrow 63,4 \text{ dB}$$

Se presentan a continuación los resultados del diseño para todas las subredes y servicios, teniendo en cuenta que en la normativa no se especifica ningún cálculo de S/I para DAB. Puede comprobarse que en todos los casos se obtiene una S/I mayor que el mínimo exigido por la normativa.

Cabecera

Características amplificadores

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	120,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	110,0	
	S/I	35,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	110,0	
	S/I	35,0	
DAB	Nivel max salida	110,0	
	S/I		

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	R.D. 401/2003
TV Analógica Terrenal	S max	116,0	
	S nom	109,0	
	S/I	70,0	>54
TV Digital Terrenal	S max	106,0	
	S nom	100,0	
	S/I	47,0	>30
TV Satélite	S max	118,0	
	S nom	107,0	
	S/I	35,1	>18
FM	S max	106,0	
	S nom	95,0	
	S/I	57,0	>27
DAB	S max		
	S nom		
	S/I		

Amplificador intermedio n° 1

Características amplificador intermedio

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
DAB	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	U.N.
TV Analógica Terrenal	S/I Cab	70,00	10000000
	S/I Int	68,82	7618502,222
	S/I	63,4	2172041,395
	S/I R.D 401/2003	>54	
TV Digital Terrenal	S/I Cab	47,00	50118,72336
	S/I Int	78,82	76185022,22
	S/I	46,8	47643,39927
	S/I R.D 401/2003	>30	
TV Satélite	S/I Cab	35,06	3209,24596
	S/I Int	37,06	5086,312075
	S/I	30,0	996,7797834
	S/I R.D 401/2003	>18	
FM	S/I Cab	57,00	501187,2336
	S/I Int	86,82	480694993,1
	S/I	56,7	470323,5632
	S/I R.D 401/2003	>27	

Amplificador intermedio nº 2

Características amplificador intermedio

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
DAB	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	U.N.
TV Analógica Terrenal	S/I Cab	70,00	10000000
	S/I Int	62,82	1913681,236
	S/I	59,7	926147,6347
	S/I R.D 401/2003	>54	
TV Digital Terrenal	S/I Cab	47,00	50118,72336
	S/I Int	78,82	76185022,22
	S/I	46,8	47643,39927
	S/I R.D 401/2003	>30	
TV Satélite	S/I Cab	35,06	3209,24596
	S/I Int	33,06	2024,897309
	S/I	28,0	628,9255251
	S/I R.D 401/2003	>18	
FM	S/I Cab	57,00	501187,2336
	S/I Int	86,82	480694993,1
	S/I	56,7	470323,5632
	S/I R.D 401/2003	>27	

Amplificador intermedio nº 3

Características amplificador intermedio

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
DAB	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	U.N.
TV Analógica Terrenal	S/I Cab	70,00	10000000
	S/I Int	62,82	1913681,236
	S/I	59,7	926147,6347
	S/I R.D 401/2003	>54	
TV Digital Terrenal	S/I Cab	47,00	50118,72336
	S/I Int	78,82	76185022,22
	S/I	46,8	47643,39927
	S/I R.D 401/2003	>30	
TV Satélite	S/I Cab	35,06	3209,24596
	S/I Int	33,06	2024,897309
	S/I	28,0	628,9255251
	S/I R.D 401/2003	>18	
FM	S/I Cab	57,00	501187,2336
	S/I Int	86,82	480694993,1
	S/I	56,7	470323,5632
	S/I R.D 401/2003	>27	

Amplificador intermedio nº 4

Características amplificador intermedio

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
DAB	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	U.N.
TV Analógica Terrenal	S/I Cab	70,00	10000000
	S/I Int	62,82	1913681,236
	S/I	59,7	926147,6347
	S/I R.D 401/2003	>54	
TV Digital Terrenal	S/I Cab	47,00	50118,72336
	S/I Int	76,82	48069499,31
	S/I	46,7	47032,35632
	S/I R.D 401/2003	>30	
TV Satélite	S/I Cab	35,06	3209,24596
	S/I Int	35,06	3209,24596
	S/I	29,0	802,31149
	S/I R.D 401/2003	>18	
FM	S/I Cab	57,00	501187,2336
	S/I Int	84,82	303298036,4
	S/I	56,7	462796,7064
	S/I R.D 401/2003	>27	

Amplificador intermedio nº 5

Características amplificador intermedio

Servicio		dB	U.N
TV Analógica Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Digital Terrenal	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
TV Satélite	Nivel max salida	118,0	
	S/I	35,0	
FM	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	
DAB	Nivel max salida	114,0	
	S/I	56,0	

Relación Señal / Intermodulación

Servicio		dB	U.N.
TV Analógica Terrenal	S/I Cab	70,00	10000000
	S/I Int	64,82	3032980,364
	S/I	61,0	1261246,623
	S/I R.D 401/2003	>54	
TV Digital Terrenal	S/I Cab	47,00	50118,72336
	S/I Int	76,82	48069499,31
	S/I	46,7	47032,35632
	S/I R.D 401/2003	>30	
TV Satélite	S/I Cab	35,06	3209,24596
	S/I Int	37,06	5086,312075
	S/I	30,0	996,7797834
	S/I R.D 401/2003	>18	
FM	S/I Cab	57,00	501187,2336
	S/I Int	84,82	303298036,4
	S/I	56,7	462796,7064
	S/I R.D 401/2003	>27	

3.5.4 CONCLUSIÓN

Al cumplir la opción B planteada en el apartado 3.4 los requisitos impuestos por la normativa en todos los parámetros, será la que se implemente. Por razones de canalización que se explicarán en el Capítulo 5, los tramos de cable que van desde los repartidores de dos vías a los amplificadores intermedios nº 2, 3, 4 y 5 se realizan con cable coaxial convencional, de diámetro menor que el cable de bajas pérdidas usado tras el amplificador. Por este motivo, aparece “cable 2” en el desglose de los cálculos de la atenuación a la entrada de cada amplificador intermedio.