UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen

"Diseño de un sistema de radiocomunicaciones para servicios de emergencia en un túnel de carreteras"

ANEXOS

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Alejandro Fuster Ferrer

Tutor/a:
María Consuelo Part Escrivá

GANDIA, 2013

INDICE

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 7

SISTEMAS DE CAPTACIÓN 7
1.1 Antena para VHF banda baja 7
1.2 Antena para FM 8
1.3 Antena para VHF banda alta 9
1.4 Antena para UHF 10

EQUIPOS ACTIVOS 11
1.5 Amplificador VHF banda baja 11
1.5.1 Amplificador VHF banda baja canalizado 11
1.5.2 Amplificador VHF banda baja banda selectiva 13
1.6 Amplificador FM 13
1.7 Amplificador VHF banda alta 13
1.8 Amplificador FM 14
1.8.1 Amplificador FM canalizado 14
1.8.2 Amplificador FM banda selectiva 16
1.9 Amplificador VHF 17
1.9.1 Amplificador VHF canalizado 17
1.9.2 Amplificador VHF banda selectiva 19
1.10 Amplificador UHF 20
1.10.1 Amplificador UHF canalizado 20
1.10.2 Amplificador UHF banda selectiva 22
1.11 Procesador digital SDR 23
1.12 Transmisor y receptor óptico 24
1.13 Modulador FM 25

EQUIPOS PASIVOS 27
1.14 Acoplador direccional 27
1.15 Acoplador híbrido 28
1.16 Combinador banda cruzada 29
1.16.1 Combinador banda cruzada 108/143MHz 29
1.16.2 Combinador banda cruzada 250/380MHz 30
1.17 Distribuidor-combinador simétrico 31
1.17.1 Distribuidor-combinador simétrico baja potencia 31
1.17.2 Distribuidor-combinador simétrico potencia media 32
1.18 Filtros duplexores 33
1.18.1 Filtros duplexores VHF banda baja 33
1.18.2 Filtros duplexores VHF 34
1.18.3 Filtros duplexores UHF 35
1.19 Multiplexor/demultiplexor óptico 36

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN 37

1.20 Cable coaxial enlace principal 37
1.21 Cable coaxial enlace secundario 38
1.22 Cable radiante. Tipos 39
1.22.1 Cable radiante modelo RLK78-50JFNA 40
1.22.2 Cable radiante modelo RLK114-50JFNA 41
1.23 Fibra óptica 42

ANEXO 2. CÁLCULOS 43

2 CÁLCULOS 43
2.1 Niveles Sistema amplificación boca España 43
2.2 Niveles enlace secundario boca España 43
2.3 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. España 44
2.4 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. España 45
2.5 Cálculos atenuaciones multicombinador 3. España 46
2.6 Niveles sistema amplificación remoto 47
2.7 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. Remoto 48
2.8 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. Remoto 49
2.9 Niveles sistema amplificación boca Francia 50
2.10 Niveles enlace secundario boca Francia 51
2.11 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. Francia 51
2.12 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. Francia 52
2.13 Cálculos atenuaciones multicombinador 3. Francia 53
2.14 Cálculos atenuaciones cables coaxiales 55
2.15 Cálculos atenuaciones cables radiante desde España 56
2.16 Cálculos atenuaciones cables radiante desde Remotos 57
2.17 Cálculos atenuaciones cables radiante desde Francia 58

ANEXO 3. PLANOS 59

3 PLANOS 59
3.1 Plano general túnel 59
3.2 Plano conexionado sistema boca España 60
3.3 Plano sistema de combinación boca España 61
3.4 Diseño rack boca España 62
3.5 Plano conexionado sistema remoto 63
3.6 Plano sistema de combinación remoto 64
3.7 Diseño rack remoto 65
3.8 Plano conexionado sistema boca Francia 66
3.9 Plano sistema de combinación boca Francia 67
3.10 Diseño rack boca Francia 68

ANEXO 4. PRESUPUESTOS 69

4 PRESUPUESTOS GENERALES 69
4.1 Presupuesto equipos España 69
4.2 Presupuesto multicombinadores boca España 70
4.3 Presupuesto sistema remoto 71
4.4 Presupuesto multicombinadores sistema remoto 72
4.5 Presupuesto cable radiante 72
4.6 Presupuesto equipos Francia 73
4.7 Presupuesto multicombinadores boca Francia 74
4.8 Presupuesto TOTAL 75

Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones antena VHF Banda Baja 7
Tabla 2. Especificaciones antena FM 8
Tabla 3. Especificaciones antena VHF Banda Alta 9
Tabla 4. Especificaciones antena TETRA 10
Tabla 5. Especificaciones equipo canalizado VHF banda baja 12
Tabla 6. Especificaciones equipo banda selectiva VHF banda baja 13
Tabla 7. Especificaciones equipo canalizado FM 15
Tabla 8. Especificaciones equipo banda selectiva FM 16
Tabla 9. Especificaciones equipo canalizado VHF 18
Tabla 10. Especificaciones equipo banda selectiva VHF 19
Tabla 11. Especificaciones equipos TETRA Canalizados 21
Tabla 12. Especificaciones equipos TETRA banda selectiva 22
Tabla 13. Especificaciones transmisor óptico 24
Tabla 14. Especificaciones receptor óptico 24
Tabla 15. Especificaciones modulador mensajes emergencia 25
Tabla 16. Especificaciones acoplador direccional 70-1000MHz 27
Tabla 17. Especificaciones acoplador banda cruzada 108/143MHz 28
Tabla 18. Especificaciones acoplador banda cruzada 108/143MHz 29
Tabla 19. Especificaciones acoplador banda cruzada 250/380MHz 30
Tabla 20. Especificaciones distribuidor-combinador simétrico 2 salidas baja potencia 31
Tabla 21. Especificaciones distribuidor-combinador simétrico 2 salidas potencia media 32
Tabla 22. Especificaciones duplexor VHF banda baja 33
Tabla 23. Especificaciones duplexor VHF 34
Tabla 24. Especificaciones duplexor UHF 35
Tabla 25. Especificaciones multiplexor/demultiplexor óptico 36
Tabla 26. Especificaciones cable coaxial LCF12-50J 37
Tabla 27. Atenuación cable LCF12-50J 38
Tabla 28. Especificaciones cable coaxial LCF78-50JA 38
Tabla 29. Atenuación cable LCF78-50JA 39
Tabla 30. Especificaciones cable radiante RLK78-50JFNA 40

Tabla 31. Atenuaciones cable radiante RLK78-50JFNA 40
Tabla 32. Especificaciones cable radiante RLK114-50JFNA 41
Tabla 33. Atenuaciones cable radiante RLK114-50JFNA 41
Tabla 34. Especificaciones manguera fibra óptica 42
Tabla 35. Cálculos niveles sistema enlace principal y salida a secundario 43
Tabla 36. Niveles de señal inyectados al cable radiante 43
Tabla 37. Tabla atenuaciones multicombinador 1 45
Tabla 38. Tabla atenuaciones multicombinador 2 46
Tabla 39. Tabla atenuaciones multicombinador 3 47
Tabla 40. Niveles de potencia remoto óptico 47
Tabla 41. Tabla atenuaciones multicombinador 1 49
Tabla 42. Tabla atenuaciones multicombinador 2 50
Tabla 43. Cálculos niveles sistema enlace principal y salida a secundario 50
Tabla 44. Niveles de señal inyectados al cable radiante 51
Tabla 45. Tabla atenuaciones multicombinador 1 52
Tabla 46. Tabla atenuaciones multicombinador 2 53
Tabla 47. Tabla atenuaciones multicombinador 2 54
Tabla 48. Atenuaciones cable coaxial 1/2” y 7/8” 55
Tabla 49. Nivel de potencia en el interior del túnel desde lado España 56
Tabla 50. Nivel de potencia en el interior del túnel desde remoto 57
Tabla 51. Nivel de potencia en el interior del túnel desde lado Francia 58
Tabla 52. Presupuesto total equipos boca España 70
Tabla 53. Presupuesto multicombinadores boca España 71
Tabla 54. Presupuesto sistema remoto 71
Tabla 55. Presupuesto multicombinadores sistema remoto 72
Tabla 56. Presupuesto cable radiante 72
Tabla 57. Presupuesto total equipos boca Francia 74
Tabla 58. Presupuesto multicombinadores boca Francia 74

Índice de imágenes

Imagen 1. Antena VHF Banda Baja 7
Imagen 2. Plano Vertical 7
Imagen 3. Plano Horizontal 7
Imagen 4. Antena FM 8
Imagen 5. Diagrama radiación FM 8
Imagen 6. Plano Horizontal 9
Imagen 7. Antena VHF Banda Alta 9
Imagen 8. Plano Vertical 9
Imagen 9. Plano Horizontal 380-410MHz 10
Imagen 10. Antena optimizada TETRA 10
Imagen 11. Plano Vertical 380-410MHz 10
Imagen 12. Diagrama de bloques amplificador canalizado VHF banda baja 12
Imagen 13. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva VHF banda baja 13
Imagen 14. Diagrama de bloques amplificador canalizado FM 14
Imagen 15. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva FM 16
Imagen 16. Diagrama de bloques amplificador canalizado VHF 17
Imagen 17. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva VHF 19
Imagen 18. Diagrama de bloques amplificador canalizado TETRA 20
Imagen 19. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva TETRA 22
Imagen 20. Modulador de FM 25
Imagen 21. Modulador de FM conectado a amplificador FM 26
Imagen 22. Acoplador direccional 70-1000MHz 27
Imagen 23. Vista acoplador híbrido 3dB ref: 05-000101 28
Imagen 24. Vistas combinador banda cruzada ref: 07-005704 29
Imagen 25. Vistas combinador banda cruzada ref: 07-005701 30
Imagen 26. Vistas distribuidor-combinador simétrico 2 salidas baja potencia 31
Imagen 27. Vistas distribuidor-combinador simétrico 2 salidas potencia media 32
Imagen 28. Vistas filtro duplexor VHF banda baja 33
Imagen 29. Vistas filtro duplexor VHF 34
Imagen 30. Vistas filtro duplexor UHF 35
Imagen 31. Multiplexor-demultiplexor óptico 1310/1550nm 36
Imagen 32. Plano general sistema 59
Imagen 33. Plano conexionado sistema España 60
Imagen 34. Esquemas multicombinadores lado español 61
Imagen 35. Rack secundario España 62
Imagen 36. Rack principal España 62
Imagen 37. Esquema conexionado remoto 63
Imagen 38. Esquemas multicombinadores sistema remoto 64
Imagen 39. Rack sistema remoto 65
Imagen 40. Esquema conexionado sistema lado francés 66
Imagen 41. Esquemas multicombinadores lado Francia 67
Imagen 42. Rack principal Francia 68
Imagen 43. Rack secundario Francia 68

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SISTEMAS DE CAPTACIÓN

1.1 Antena para VHF banda baja

Se ha seleccionado una antena Yagi en la banda de 68-87,5MHz con una ganancia elevada para conseguir una captación óptima. Esta antena puede ser instalada en mástiles con un diámetro entre 60 y 115mm.

Imagen 1. Antena VHF Banda Baja

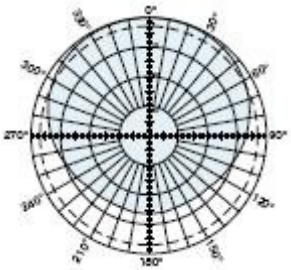


Imagen 2. Plano Vertical

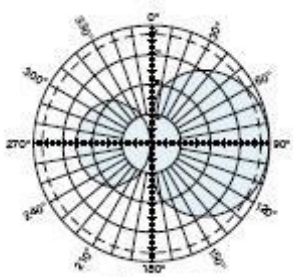


Imagen 3. Plano Horizontal

Especificaciones

Fabricante	KATHREIN
Modelo	K531741
Rango de frecuencias	68-87.5MHz
Impedancia	50Ω
Ganancia	8dBi
ROE	<1.5:1
Polarización	Vertical
Máxima Potencia de entrada	100W (a 50ºC)
Conector	N-hembra
Peso	22Kg
Dimensiones	2.380 x 2030 mm
Carga de viento	150Kph 520N
Montaje	En mástil de 60 a 115mm)
Cumplimiento normativas	ETS 300019-1-4, TIA-222-G-2

Tabla 1. Especificaciones antena VHF Banda Baja

1.2 Antena para FM

Vamos a seleccionar una antena omnidireccional para FM, ya que las portadoras se recibirán desde diferentes emplazamientos, no pudiendo ser orientada a una dirección determinada.

Imagen 4. Antena FM

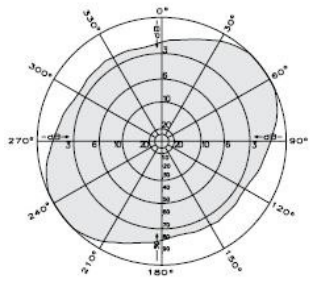


Imagen 5. Diagrama radiación FM

Especificaciones

Fabricante	KATHREIN
Modelo	FMO
Rango de frecuencias	88-108MHz
Impedancia	50Ω
Ganancia	0,5
ROE	<1.5:1
Polarización	Horizontal
Máxima Potencia de entrada	500W
Conector	N-hembra
Peso	5,5Kg
Dimensiones	0,46m
Carga de viento	150Kph 154N
Montaje	En mástil de 60mm
Cumplimiento normativas	ETS 300019-1-4, TIA-222-G-2

Tabla 2. Especificaciones antena FM

1.3 Antena para VHF banda alta

Una antena óptima para la recepción de la banda VHF sería una yagi de 10.5dBi de ganancia.

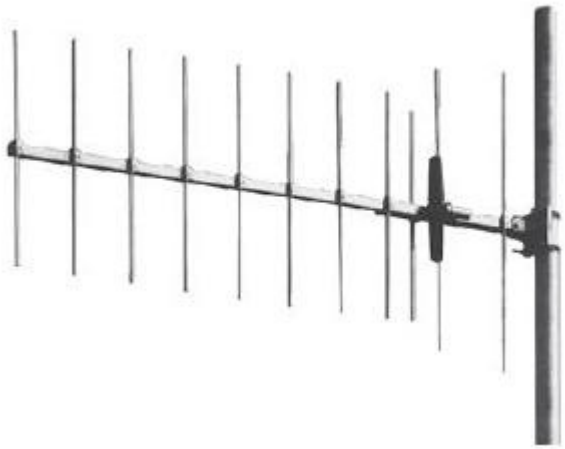


Imagen 7. Antena VHF Banda Alta

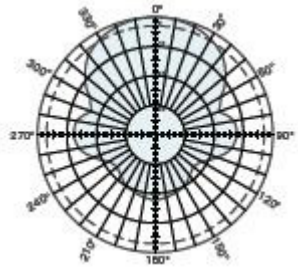


Imagen 6. Plano Horizontal

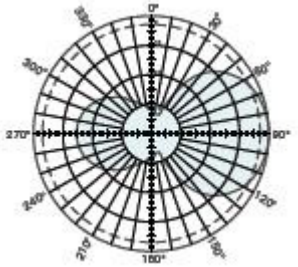


Imagen 8. Plano Vertical

Especificaciones

Fabricante	KATHREIN
Modelo	K520721
Rango de frecuencias	146-174MHz
Impedancia	50Ω
Ganancia	10.5dBi
ROE	<1.5:1
Polarización	Vertical ó Horizontal
Máxima Potencia de entrada	250W (a 50ºC)
Ancho de lóbulo plano H	63º
Ancho de lóbulo plano E	53º
Conector	N-hembra
Peso	22Kg
Dimensiones	1.910 x 1022 mm
Carga de viento Frente/lado H-pol Frente/lado V-pol	150Kph 140N/235N 140N/210N
Montaje	En mástil de 60 a 115mm)
Cumplimiento normativas	ETS 300019-1-4, TIA-222-G-2

Tabla 3. Especificaciones antena VHF Banda Alta

1.4 Antena para UHF

Como hemos visto en los puntos anteriores la banda necesaria para UHF será de 380-395MHz, por lo tanto se ha seleccionado una antena optimizada para esta tecnología que cubrirá las frecuencias de 380-520MHz.

Imagen 10. Antena optimizada TETRA

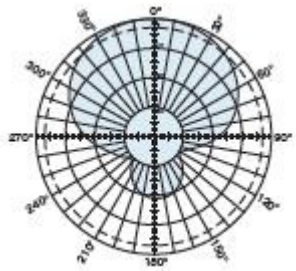


Imagen 9. Plano Horizontal 380-410MHz

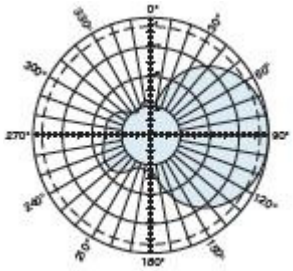


Imagen 11. Plano Vertical 380-410MHz

Especificaciones

Fabricante	KATHREIN
Modelo	80010391
Rango de frecuencias	380-520MHz
Impedancia	50Ω
Ganancia	10.5dBi
ROE	<1.5:1
Polarización	Vertical
Máxima Potencia de entrada	500W (a 50ºC)
Ancho de lóbulo plano H	63º
Ancho de lóbulo plano E	53º
Conector	7/16 DIN-Hembra
Peso	6Kg
Dimensiones	785 x 400 x 400 mm
Carga de viento Frente/lado H-pol	150Kph 54N/150N
Montaje	En mástil de 50 a 115mm)
Cumplimiento normativas	ETS 300019-1-4, TIA-222-G-2

Tabla 4. Especificaciones antena TETRA

EQUIPOS ACTIVOS

Entenderemos por equipos activos, todos aquellos que serán utilizados para amplificar las diferentes bandas de frecuencia tanto en el maestro de la boca España, el maestro de la boca Francia y los respectivos amplificadores de cobertura interior. También se incluirán los equipos ópticos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema óptico y los moduladores de FM para la inserción de mensajes de emergencia.

1.5 Amplificador VHF banda baja

El amplificador de VHF banda baja deberá funcionar al menos en la banda de frecuencia comprendida entre 66-87,5MHz para poder amplificar las portadoras correspondientes al sistema TETRAPOL que utiliza la Gendarmería francesa.

Podemos distinguir entre los amplificadores VHF banda baja canalizados y banda selectiva.

1.5.1 Amplificador VHF banda baja canalizado

Se trata de un amplificador bidireccional canalizado encargado de recibir/transmitir la banda de VHF banda baja desde/hacia la antena y de amplificar e inyectar en el sistema las portadoras correspondientes a esta tecnología. Este amplificador será instalado en el master del lado Francia, ya que es en este punto donde la señal será recibida.

Una vez que la señal se ha introducido en el equipo, esta pasará a través de un filtro duplexor para separar las sub-bandas de uplink y downlink.

En sentido DL, una vez separada la sub-banda correspondiente, esta pasará por un amplificador de bajo ruido y un atenuador variable para adecuar la sub-banda antes de proceder con la selección de frecuencias. Para seleccionar los canales necesarios, se procederá a convertir toda la banda a una frecuencia intermedia definida por un oscilador local. Luego se pasará por unos filtros monocanales y se seleccionarán cada una de las portadoras DL necesarias. Todas las salidas de estos filtros, son combinadas y devueltas a la sub-banda inicial antes de pasar por el amplificador de alta potencia. Posteriormente pasarán por el filtro duplexor de salida para separar la señal de DL, que será enviada hacia el sistema de combinación multibanda para atacar al cable radiante y el sistema óptico.

En sentido UL, se recibirán las portadoras directamente desde el cable radiante correspondiente al primer tramo del túnel, desde el sistema óptico proveniente del esclavo de cobertura y del master de la boca España, todas ellas combinadas previamente a la entrada del amplificador.

Se separará la sub-banda correspondiente al UL mediante el duplexor, y se realizará el mismo proceso de filtrado y selección de portadoras que en el caso del DL. Una vez seleccionada y amplificadas las portadoras correspondientes, estas son transmitidas hacia la antena de VHF banda baja para enlazar con la estación base correspondiente.

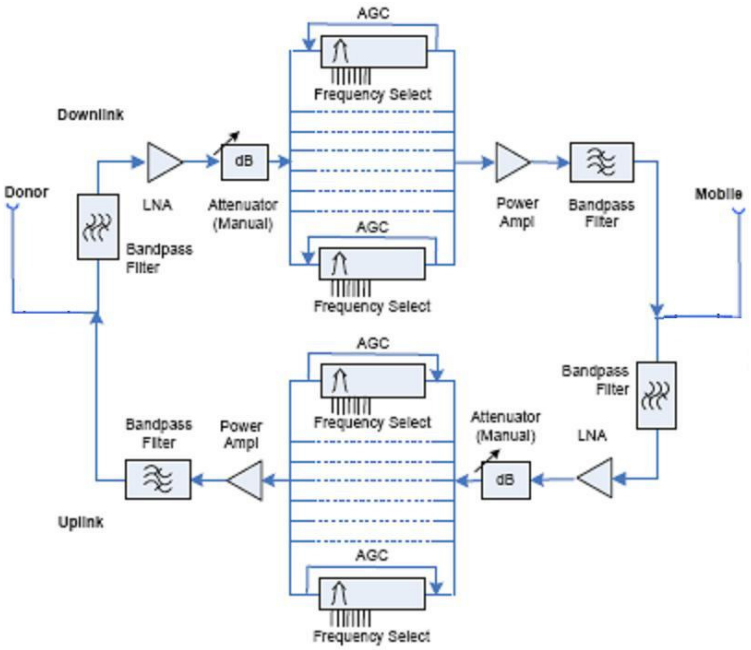


Imagen 12. Diagrama de bloques amplificador canalizado VHF banda baja

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	CSR 138LB
Rango de frecuencias	66-87,5MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<6dB
Número de canales	Hasta 8
BW del canal	12.5 ó 25KHz
AGC	30dB (rango dinámico)
Potencia DL y UL	10W
Ganancia	65-95dB (en pasos de 2dB)
Supervisión de alarmas	Alarmas locales y relé de contacto
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	<300W
Conectores	N-Hembra
Dimensiones	600x600x250mm
Peso	50Kg

Tabla 5. Especificaciones equipo canalizado VHF banda baja

1.5.2 Amplificador VHF banda baja banda selectiva

La diferencia fundamental con el amplificador canalizado, es que en este caso no se realiza el filtrado y selección de las portadoras de la banda de VHF banda baja. En este caso no es necesario ya que todas las señales que se inyectaran al amplificador habrán sido previamente seleccionadas mediante el amplificador canalizado o por el propio terminal de usuario.

Estos amplificadores serán instalados en la boca España y en el sistema de amplificación remota del interior del túnel.

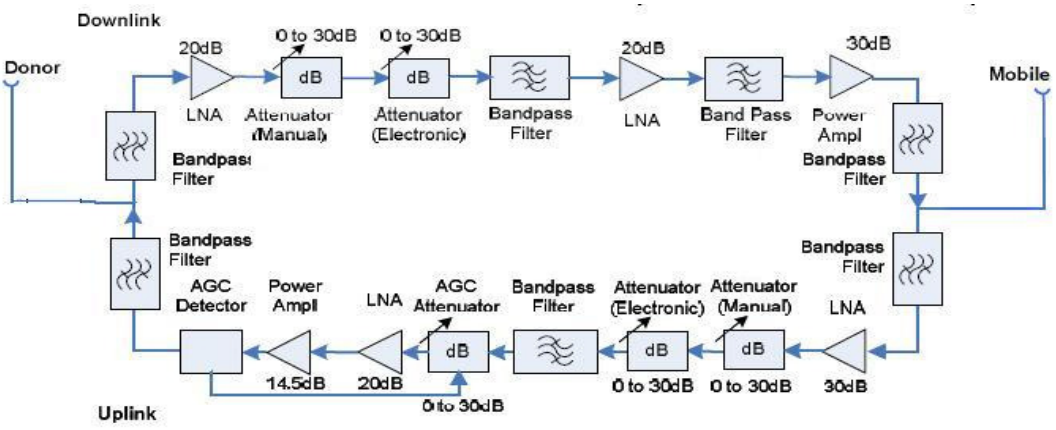


Imagen 13. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva VHF banda baja

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	BSR124LB
Rango de frecuencias	66-88MHz
Impedancia	50Ω
Potencia DL	10W
Potencia UL	1W
Potencia por portadora	4W potencia compuesta 2W/ 2 portadoras 1W/ 4portadoras
Ganancia	20-50dB (en pasos de 2dB)
Supervisión de alarmas	Relé de contacto
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	<200W
Conectores	N-Hembra
Dimensiones	600x400x250mm
Peso	<30Kg

Tabla 6. Especificaciones equipo banda selectiva VHF banda baja

1.8 Amplificador FM

El amplificador de FM deberá funcionar al menos en la banda de frecuencia comprendida entre 87,5MHz y 108MHz para poder amplificar las portadoras correspondientes al sistema de radiodifusión sonora comercial en FM.

Distinguiremos entre el amplificador canalizado y el banda selectiva.

1.8.1 Amplificador FM canalizado

El amplificador de FM canalizado se encargará de recibir toda la banda de FM, y de amplificar e inyectar en el sistema los canales correspondientes a esta tecnología. Este amplificador será instalado tanto en el master del lado España como en el lado Francia, seleccionando en cada uno de ellos las portadoras correspondientes a las frecuencias de FM comerciales.

Toda la banda de FM será introducida en el amplificador y mediante un filtro selectivo en banda se dejará pasar todo el espectro de FM. Una vez realizado el filtrado se seleccionarán digitalmente los canales que deben ser amplificados e introducidos en el sistema, utilizando para ello un procesador digital SDR. Antes de que las portadoras sean extraídas del amplificador pasarán por otro filtro para eliminar cualquier frecuencia no deseada.

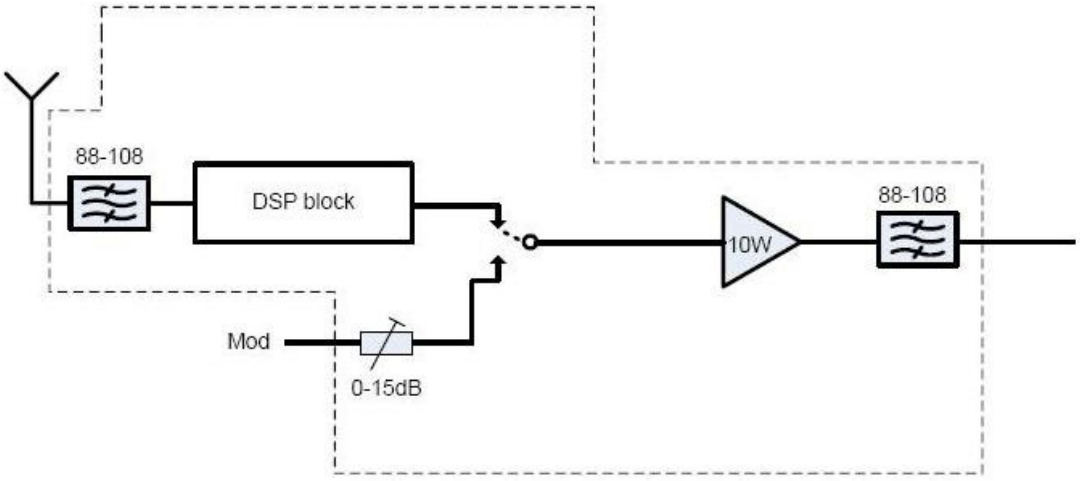


Imagen 14. Diagrama de bloques amplificador canalizado FM

Este amplificador incluye una entrada para los mensajes de emergencia que va conectada directamente a un conmutador interno. En el momento que el sistema de conmutación interno detecte señal por la entrada de emergencia, cortará automáticamente la transmisión de la señal de FM comercial, pasando a transmitir los mensajes de emergencia por cada uno de los canales de FM que se transmiten al interior del túnel. Este sistema será de vital importancia para los usuarios del túnel, ya que podrán escuchar cualquier mensaje transmitido por el centro de control en cualquier frecuencia que tengan sintonizada en el receptor de radio del vehículo.

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	CSR 2601
Rango de frecuencias	87,5-108MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<4,5dB
Número de canales	Hasta 16
BW del canal	200KHz
Filtro paso banda	20MHz
Potencia de salida	+23dBm/2portadoras +19dBm/4portadoras +17dBm/8portadoras
Ganancia	65-95dB (en pasos de 1dB)
Gestión remota y supervisión de alarmas	IP, GSM, UMTS ó Ethernet
Alarmas externas	4
Salida alarma relé	1
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	<140W
Conectores	7/16-Hembra
Dimensiones	540x382x198mm
MTBF	>100.000 horas
Cumplimiento normativas	EN 301 489-18 ETSI TS 101 789-1 EN 60 950

Tabla 7. Especificaciones equipo canalizado FM

1.8.2 Amplificador FM banda selectiva

Los amplificadores de FM banda selectiva serán instalados tanto en los masters de ambas bocas como en el sistema de amplificación de cobertura interior. Cada uno de los amplificadores instalados en los master, serán los encargados de amplificar los canales de FM captados en la boca opuesta y que han sido previamente filtrados por los amplificadores canalizados. Cabe destacar que el amplificador remoto del interior del túnel, amplificará todos los canales del sistema, tanto los recibidos en la parte francesa como los recibidos en la parte española.

La diferencia fundamental de estos amplificadores con los amplificadores canalizados anteriores, es que en este caso no se realiza un filtrado y selección de las portadoras ya que ha sido realizado previamente por los amplificadores canalizados.

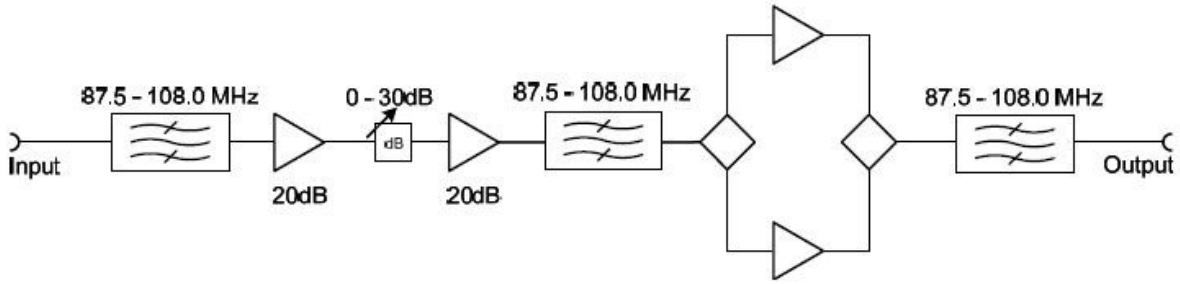


Imagen 15. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva FM

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	BSR 2601
Rango de frecuencias	87,5-108MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<4dB
Retardo de grupo	2µs
Potencia de salida	+26dBm
ALC	Implementado
Ganancia	30-60dB (en pasos de 1dB)
Gestión remota y alarmas	IP, GSM ó Ethernet
Alarmas externas / relé salida	2/1
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	160W
Conectores	N-Hembra
Dimensiones	540x382x198mm
Peso	22Kg
MTBF	>100.000 horas
Cumplimiento normativas	EN 301 489-18 EN 60 950

Tabla 8. Especificaciones equipo banda selectiva FM

1.9 Amplificador VHF

Llamaremos amplificadores VHF al equipo que será capaz de amplificar la banda de frecuencia comprendida entre 146MHz y 174MHz, utilizada por los servicios de Protección Civil española.

Dentro de los amplificadores para VHF de banda alta, diferenciaremos entre los amplificadores canalizados y los de banda selectiva

1.9.1 Amplificador VHF canalizado

Se trata de un amplificador bidireccional que recibirá/transmitirá los canales de VHF desde/hacia la antena. Esta señal se introducirá a la entrada del amplificador donde un duplexor separará las sub-bandas correspondientes al uplink de la sub-banda correspondiente al downlink. Una vez separadas cada una de las sub-bandas, se seleccionarán digitalmente las portadoras que deben ser amplificadas e introducidas en el sistema, y las que deben ser transmitidas hacia la estación base. Para poder realizar esta selección de portadoras se utiliza el procesador digital SDR. A la salida del amplificador existe un duplexor para separar las portadoras de downlink que se enviaran hacia los terminales de usuario de las portadoras uplink que vienen de los mismos terminales.

Este amplificador será instalado en el maestro de la boca España, ya que es en este punto donde se recibirán las señales de esta banda de frecuencia.

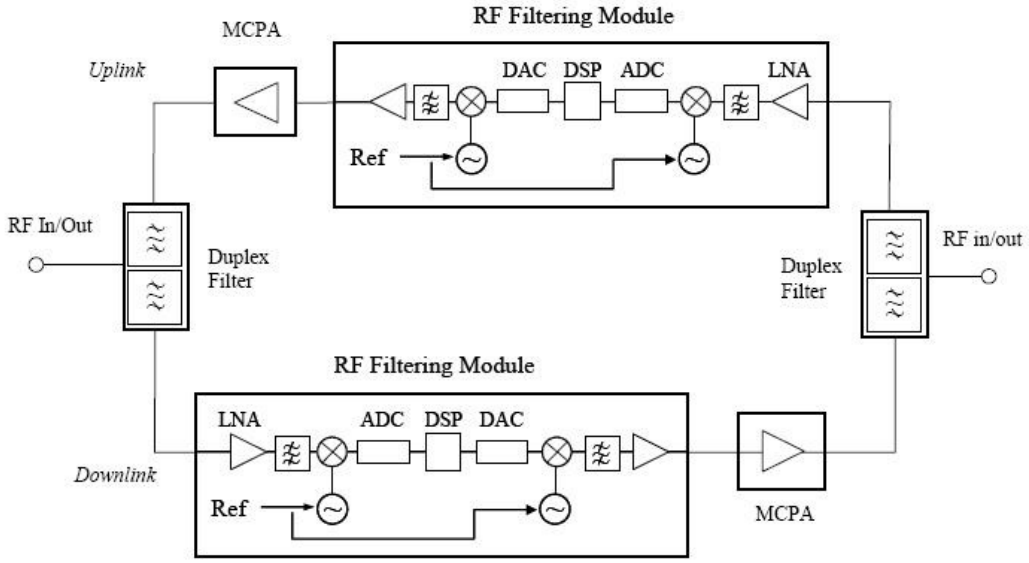


Imagen 16. Diagrama de bloques amplificador canalizado VHF

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	CSR 2502
Rango de frecuencias	148-174MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<4dB
Número de canales	Hasta 8
BW del canal	100KHz a 5MHz (pasos de 25KHz)
Espaciado del duplexor	10MHz (típico) Opcional 3MHz
ALC	Por slot de tiempo
Potencia de salida DL	+25dBm
Potencia de salida UL	+21dBm
Ganancia	65-95dB (en pasos de 1dB)
Gestión remota y supervisión de alarmas	IP, GSM, UMTS ó Ethernet
Alarmas externas	2
Salida alarma relé	1
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	170W
Conectores	N-Hembra
Dimensiones	620x420x300mm
Carcasa exterior	Aluminio
Potección IP	IP 65
MTBF	>100.000 horas
Cumplimiento normativas	ETSI EN 300 019-2-4

Tabla 9. Especificaciones equipo canalizado VHF

1.9.2 Amplificador VHF banda selectiva

Estos amplificadores serán instalados tanto en el sistema master de la parte francesa como en el sistema de amplificación de cobertura interior. El amplificador instalado en el master tendrá la función de amplificar las portadoras provenientes de la boca opuesta del túnel, que luego serán combinadas con las señales propias de cada boca. Y los instalados en el sistema remoto tendrán como función amplificar las portadoras recibidas vía fibra óptica desde el master situado en la parte española. La diferencia fundamental de estos amplificadores con los amplificadores canalizados anteriores, es que en este caso no se realiza un filtrado y selección de las portadoras. Esto no es necesario porque todas las portadoras ya han sido filtradas con anterioridad.

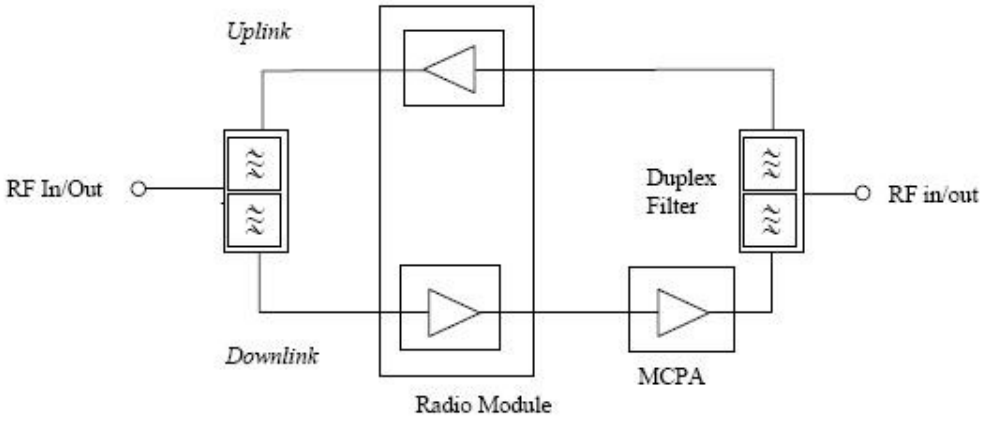


Imagen 17. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva VHF

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	BSR 2502
Rango de frecuencias	87,5-108MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<4dB
Retardo de grupo	2µs
Potencia de salida	+26dBm
ALC	Implementado
Ganancia	30-60dB (en pasos de 1dB)
Gestión remota y alarmas	IP, GSM ó Ethernet
Alarmas externas / relé salida	2/1
Alimentación eléctrica	230Vac
Consumo	160W
Conectores	N-Hembra
Dimensiones	620x420x300mm
Peso	25Kg
Cumplimiento normativas	ETSI EN 301 489-1

Tabla 10. Especificaciones equipo banda selectiva VHF

1.10 Amplificador UHF

El amplificador seleccionado cubrirá la banda de frecuencia comprendida al menos entre 380-395MHz, necesaria para el funcionamiento del sistema TETRAPOL/ACROPOL. Este amplificador diferenciará y gestionará de manera independiente las señales de downlink y de uplink, manteniendo una distancia entre ellas de 10MHz y ocupando un ancho de banda de 5MHz por sub-banda.

Dentro de los amplificadores para UHF diferenciaremos entre los amplificadores canalizados y los de banda selectiva

1.10.1 Amplificador UHF canalizado

Estos amplificadores bidireccionales serán los encargados de recibir/transmitir las señales de UHF desde/hacia las antenas. Esta señal se introducirá a la entrada del amplificador donde un duplexor separará los 5MHz correspondientes del uplink (390-395MHz) de los 5MHz del downlink (380-385MHz). Una vez recibida la sub-banda correspondiente al downlink, se seleccionarán digitalmente las portadoras que deben ser amplificadas e introducidas en el sistema, utilizando para ello un procesador digital SDR. En el último paso del proceso, las portadoras pasan por otro duplexor para separar las correspondientes al downlink que se enviaran hacia los terminales de usuario, de las portadoras uplink que vienen de los mismos terminales.

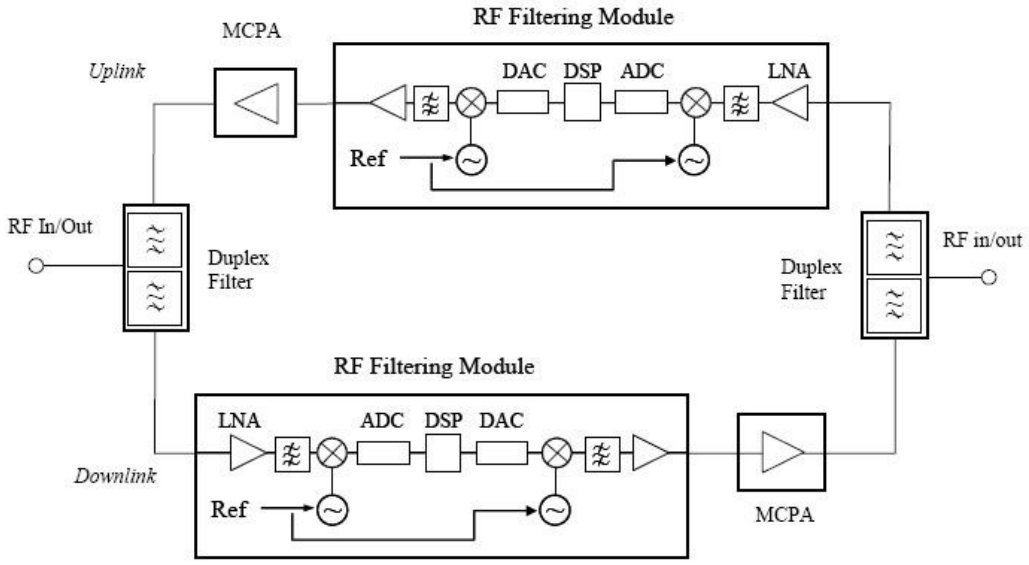


Imagen 18. Diagrama de bloques amplificador canalizado TETRA

Este equipo puede gestionar un total de 8 portadoras, existiendo dos licencias diferentes: de 1 a 4 portadoras ó de 5 a 8 portadoras. En ambos casos el hardware del equipo es el mismo, simplemente se realizará un cambio de licencia para elegir entra una u otra opción.

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	CSR 3604
Rango de frecuencias	380-470MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	4.5dB
Retardo de grupo	<12µs
ALC	slots de tiempo por canal
Squelch	Configurable DL y UL
Potencia por portadora	+36 dBm(1 portadora) +33 dBm (2 portadoras) +30 dBm (4 portadoras)
Ganancia	55-85dB (en pasos de 1dB)
Productos intermodulación	-60dBc (TS 101-789-1)
Gestión remota y supervisión de alarmas	IP, GSM, UMTS ó Ethernet
Alimentación eléctrica	230Vac ó -48Vdc
Consumo	180W
Conectores	7/16-Hembra
Alarmas externas	4
Salida relé alarma	1
Dimensiones	540x382x198mm
Peso	22Kg
MTBF	>100.000 horas
Cumplimiento normativas	EN 301 489-18 ETSI TS 101 789-1 EN 60 950

Tabla 11. Especificaciones equipos TETRA Canalizados

1.10.2 Amplificador UHF banda selectiva

Estos amplificadores serán instalados tanto en los sistemas masters de ambas bocas como en el sistema de amplificación de cobertura interior. Los instalados en los master tendrán la función de amplificar las portadoras provenientes de la boca opuesta del túnel, que luego serán combinadas con las señales propias de cada boca. Y los instalados en el sistema remoto tendrán como función principal amplificar las portadoras recibidas vía fibra óptica desde cada uno de los masters instalados en ambas bocas del túnel.

La diferencia fundamental de estos amplificadores con los amplificadores canalizados anteriores, es que en este caso no se realiza un filtrado y selección de las portadoras, que ya ha sido realizada por los canalizados y los terminales de usuario.

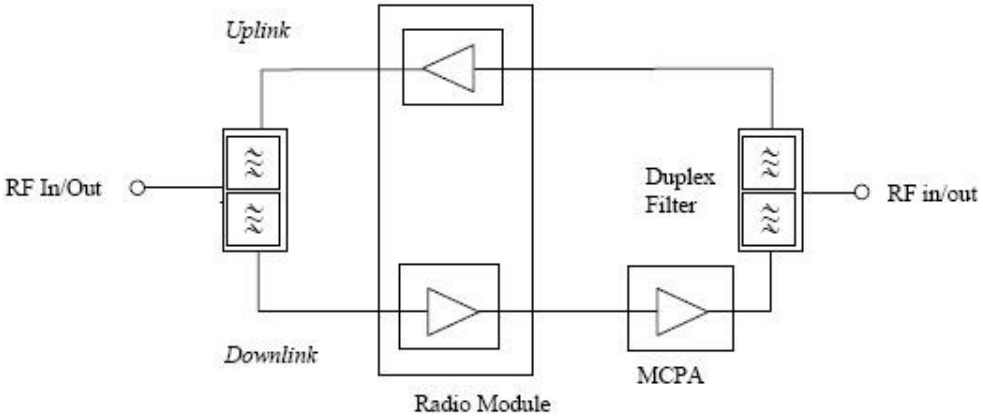


Imagen 19. Diagrama de bloques amplificador banda selectiva TETRA

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	BSR 3604
Rango de frecuencias	380-470MHz
Impedancia	50Ω
Figura de Ruido	<5dB
Retardo de grupo	<2µs
ALC	Implementado
Potencia por portadora	+36 dBm(1 portadora)
Ganancia	45-60dB (en pasos de 1dB)
Gestión remota y alarmas	IP, GSM ó Ethernet
Alimentación eléctrica	230Vac ó -48Vdc
Consumo	<150W
Conectores	7/16-Hembra
Alarmas externas /salida relé	4/1
Dimensiones	540x382x198mm
Peso	22Kg
Cumplimiento normativas	R&TTE D

Tabla 12. Especificaciones equipos TETRA banda selectiva

1.11 Procesador digital SDR

Los repetidores de última tecnología, utilizan el procesado digital SDR (*Software Defined Radio*) dejando atrás los equipos con tecnología de filtrado analógica SAW (*Surface Acustic Wave*). Este nuevo concepto ofrece un mayor rendimiento y flexibilidad, permitiendo añadir futuras mejoras y nuevas funcionalidades, simplemente cargando un nuevo software en los equipos.

Los filtros SAW utilizados anteriormente, solamente estaban disponibles para ciertas frecuencias fijas, y era necesaria una unidad de conversión downlink y uplink por cada uno de los canales amplificados. Por lo tanto, se necesitaban un gran número de componentes para las soluciones con filtro SAW multicanal, provocando una reducción de la fiabilidad, coste más elevado, mayor consumo de energía y mayor tamaño del equipo en comparación con la nueva solución de filtrado digital.

Por el contrario, el filtrado digital requiere una sola conversión uplink y downlink por cada ruta de señal, independientemente del número de canales o segmentos de frecuencias que deben ser filtrados. La banda de frecuencia de cada una de las rutas downlink y uplink se pasan a un convertidor analógico-digital (ADC), que convierte todas las señales RF a valores digitales representando la suma de todas las señales de RF en un momento dado. Los valores digitales se inyectan a un procesador de señal digital (DSP), que busca y selecciona las portadoras de RF digitalizadas que deben pasar por el filtro. Los resultados digitales del procesamiento matemático se transmiten al convertidor digital-analógico (DAC), reconstruyendo la señal de RF con las portadoras previamente seleccionadas. El DSP puede atenuar las diferentes portadoras de RF en relación con sus amplitudes de señal relativa y actuar como ecualizador y unidad de control automático de nivel. La función de control automático de nivel (ALC) es extremadamente rápida y hace posible la aplicación de las funciones *squelch*[1] y *time slot* en ambos enlaces, downlink y uplink.

La función *squelch* reduce la ganancia del repetidor en el enlace para todos los slots de tiempo no utilizados en cada canal amplificado por el repetidor. Esto elimina la reducción de sensibilidad causada por los repetidores convencionales que constantemente transmiten ruido hacia la estación base en el enlace uplink, ya que estos amplificadores están constantemente activados haya señal de entrada o no.

La otra función *time slot* está basada en ALC, reduciendo los efectos cerca-lejos de los repetidores convencionales. Una fuerte señal de un equipo de radio portátil situado cerca del repetidor provocará que la función ALC reduzca la ganancia para el enlace uplink en los posteriores slots de tiempo. Otro equipo de radio portátil situado más lejos del repetidor, que utiliza un segundo slot de tiempo, también se verá afectado por la reducción de ganancia, y la llamada no podrá llevarse a cabo. La rápida actuación de la función ALC ecualizará los niveles de señal entre las dos llamadas, con el resultado de un menor número de llamadas caídas debido a un sistema más robusto y fiable.

[1] Squelch. Actúa dejando sin amplificar las portadoras que no supere un umbral de potencia dado.

1.12 Transmisor y receptor óptico

El transmisor óptico será el encargado de convertir todo el espectro de la señal de radiofrecuencia, del ámbito eléctrico al óptico.

Especificaciones

Fabricante	Aerial Facilities Limited
Modelo	20-004001
Rango de frecuencias	70-2.200MHz
Potencia óptica Tx	1,6dBm ± 0,5dBm
Longitud de onda	1310nm
Ganancia del enlace	-20 a +5dB
Entrada IP3	+30dBm
Máxima entrada RF	0dBm
Pérdidas óptica retorno	>50dB
Pérdidas RF retorno	14dB
Impedancia	50Ω
Alimentación	12-15Vdc
Consumo	<100mA
Conector RF	SMA-hembra
Conector óptico	SC/APC

Tabla 13. Especificaciones transmisor óptico

El receptor óptico se encargará del proceso inverso, es decir, recibirá la señal óptica desde el transmisor óptico, y lo volverá a convertir al ámbito eléctrico.

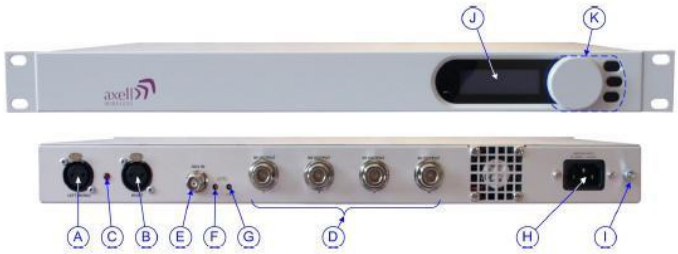
Especificaciones

Fabricante	Aerial Facilities Limited
Modelo	20-004101
Rango de frecuencias	70-2.200MHz
Potencia óptica Tx	1,6dBm ± 0,5dBm
Longitud de onda	1310/1550nm
Ganancia del enlace	-20 a +5dB
Entrada IP3	+30dBm
Máxima entrada óptica	+10dBm
Pérdidas RF retorno	14dB
Pérdidas óptica retorno	>50dB
Impedancia	50Ω
Alimentación	12-15Vdc
Consumo	<100mA
Conector RF	SMA-hembra
Conector óptico	SC/APC

Tabla 14. Especificaciones receptor óptico

1.13 Modulador FM

El modulador de FM, será utilizado para insertar mensajes de emergencia al interior del túnel.



A. Entrada micro 1 (estereo derecha o mono)
B. Entrada micro 2 (estereo izquierda)
C. LED indicador sobremodulación
D. Salidas RF
E. Entrada RDS
F. Ajuste nivel RDS
G. Ajuste nivel audio
H. Entrada alimentación
I. Conexión a tierra
J. Pantalla
K. Teclas de control para programación

Imagen 20. Modulador de FM

Especificaciones

Fabricante	Broadband House
Modelo	20-003617
Entrada analógica	
Número de entradas	2
Impedancia de entrada	600Ω
Nivel de entrada nominal	-12 a +12dBu
Nivel máximo de entrada	+24dBu
Conectores	XLR
Salida RF	
Numero de salidas	4
Potencia de salida	+10dBm
Conectores	N-hembra
Otros	
Alimentación	85-265Vac 50-60Hz
Tamaño	44 x 482 x 200 (mm)
Peso	1.6Kg

Tabla 15. Especificaciones modulador mensajes emergencia

A este equipo se le puede conectar cualquier tipo de fuente de audio, ya sea un micrófono, un reproductor de DC/DVD o un PC. Cuando se quiera notificar un aviso a los usuarios del túnel, se introducirá este mensaje al equipo, el cual lo modulará y lo transmitirá por todas las frecuencias de FM que se estén utilizando en el interior del túnel. La salida modulada se insertará al amplificador de FM, tal y como se puede observar en la figura siguiente.

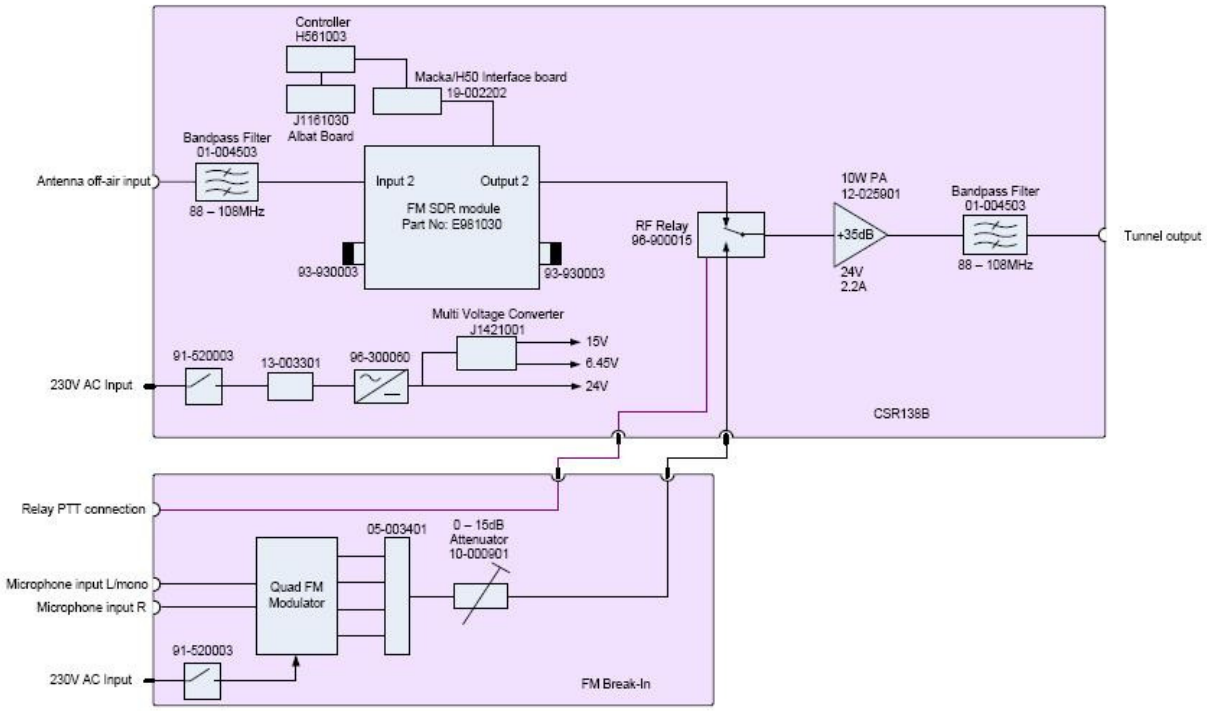


Imagen 21. Modulador de FM conectado a amplificador FM

A su vez, el equipo amplificador de FM lleva un sistema que detectará cuando se esté produciendo un mensaje de emergencia. En este caso, el amplificador cortará la señal de FM comercial, amplificando solamente los mensajes de emergencia que serán enviados al cable radiante para su transmisión. Ahora los usuarios del túnel que estén escuchando la radio del vehiculo, podrán seguir las instrucciones o avisos emitidos desde el centro de control.

EQUIPOS PASIVOS

En este apartado, vamos a describir en detalle los sistemas pasivos necesarios para la correcta realización de la distribución y combinación de todas las bandas de frecuencia que hay que incluir en este proyecto. Este punto es vital, debido a la importancia de evitar los productos de intermodulación y realizar combinaciones con mínimas pérdidas.

1.14 Acoplador direccional

Un acoplador direccional se trata de un elemento pasivo con 3 puertos. Se inyectará la señal por uno de los puertos generando una salida directa con prácticamente la totalidad de la potencia de entrada, y otra salida con un porcentaje mucho menor. En lo que a este proyecto concierne, los acopladores direccionales serán utilizados para gestionar la potencia a inyectar al cable radiante (mayor potencia) y al sistema óptico (menor potencia).

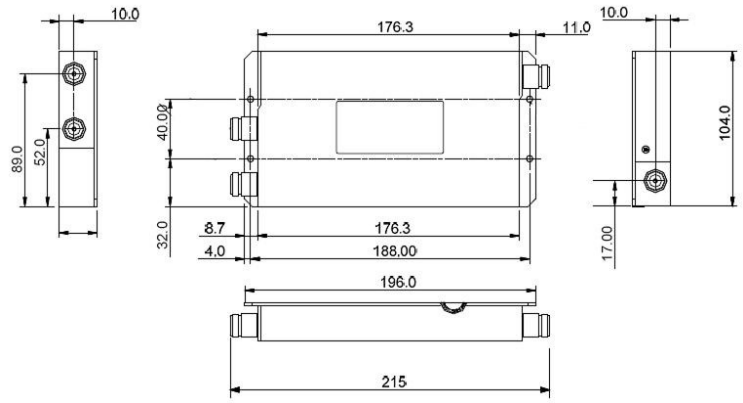


Imagen 22. Acoplador direccional 70-1000MHz

Especificaciones

Fabricante		AXELL Wireless	
Banda de frecuencia		70-1000MHz	
Impedancia		50Ω	
Conectores		N-hembra	
Protección		IP 65	
MTBF		>180.000	
Peso		0.8Kg	
Referencia	Perd. acoplo	Perd.inserc	ROE
07-018001	6 +2/-1	≤ 2.1	1.5:1
07-018002	10 ± 2.0	≤ 1.2	1.3:1
07-018003	15 ± 2.0	≤ 1.2	1.3:1
07-018004	20 ± 2.0	≤ 1.0	1.34:1
07-018005	30 ± 2.0	≤ 1.0	1.34:1

Tabla 16. Especificaciones acoplador direccional 70-1000MHz

1.15 Acoplador híbrido

El acoplador híbrido lo utilizaremos para combinar o dividir portadoras/canales muy próximos en frecuencia. Por ejemplo será utilizado para combinar/separar las bandas de frecuencia de VHF_banda baja (66-87,5MHz) con la de FM (87.5-108MHZ), también será perfectamente válida para combinar las señales de FM captadas en ambas bocas del túnel, así como para combinar/separar las portadoras de ACROPOL del departamento del interior francés con las portadoras de TETRAPOL del ministerio del interior español, ambas en la banda de 380-395MHz.

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	05-000101
Rango de frecuencia	f ± 10% (50-500MHz)
Ancho de banda	f ± 10%
Entradas/salidas	2/2
Pérdidas de inserción	<3.5dB
Aislamiento entre ent/sal	>25dB
Pérdidas de retorno-entrada	1.3:1
Pérdidas de retorno-sailda	1.3:1
MTBF	>180.000horas
Potencia distrib/comb	150W/100W
Conector	N-hembra
Protección	IP 54
Peso	0.5Kg

Tabla 17. Especificaciones acoplador banda cruzada 108/143MHz

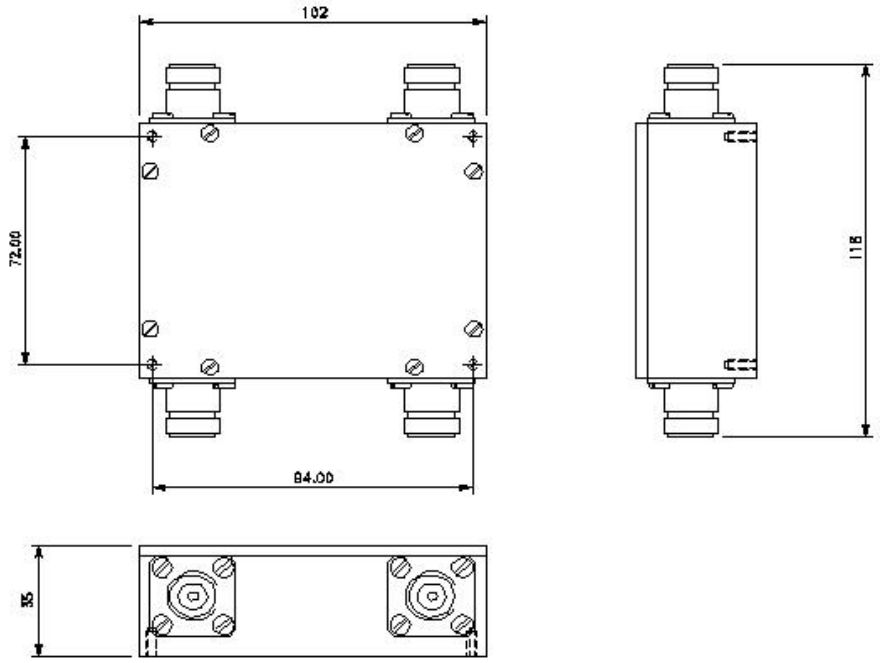


Imagen 23. Vista acoplador híbrido 3dB ref: 05-000101

1.16 Combinador banda cruzada

Los combinadores de banda cruzada ó "cross band coupler" se tratan de equipos pasivos que se utilizan para combinar dos bandas de frecuencias diferentes. En el caso del proyecto que nos ocupa, es necesaria la combinación de la bandas de VHF banda banda, FM, VHF y la banda de UHF. Para este cometido se utilizarán los siguientes elementos

1.16.1 Combinador banda cruzada 108/143MHz

Se utilizará un acoplador de banda cruzada que combinará la banda de FM (87,5-108MHz) y la de VHF (146-174MHz). En este caso, el equipo pasivo tendrá una salida/entrada común para todo el rango de frecuencias, una entrada/salida para el rango comprendido entre 0-108MHz y otra entrada/salida para el rango entre 143-500MHz.

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	07-005704
Paso bajo	0-108MHz
Paso alto	143-500MHz
Potencia máxima	100W
Pérdidas de inserción	0.5dB (máx)
ROE	1.3:1
Aislamiento entre bandas	>30dB
Conector	N-hembra
MTBF	>180.000 horas
Protección	IP64
Peso	0,6Kg

Tabla 18. Especificaciones acoplador banda cruzada 108/143MHz

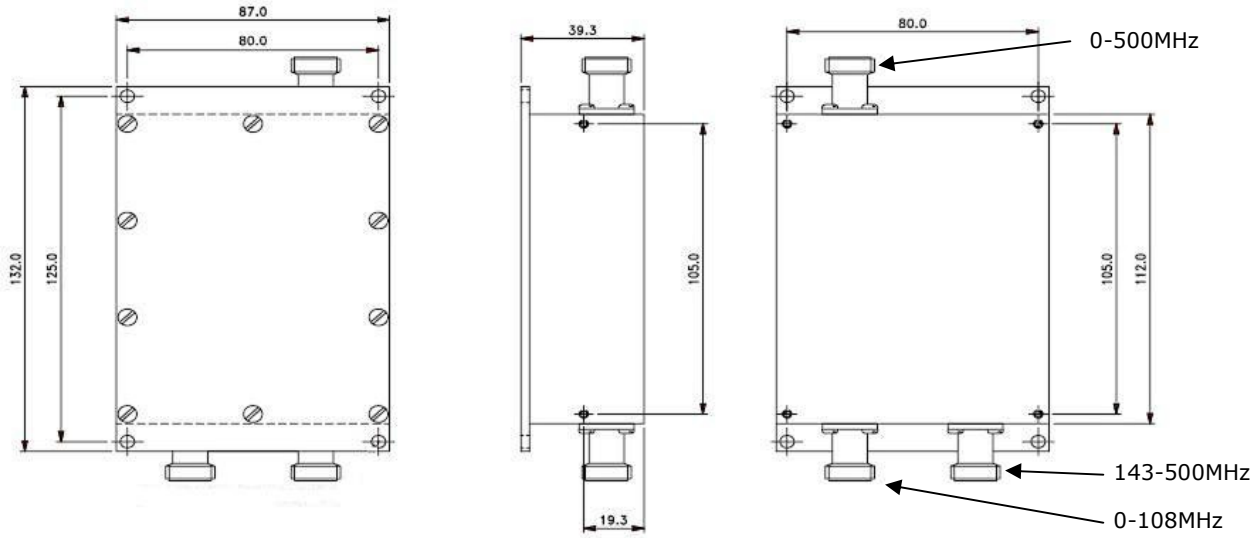


Imagen 24. Vistas combinador banda cruzada ref: 07-005704

1.16.2 Combinador banda cruzada 250/380MHz

También será necesario un pasivo para combinar la banda desde 0-250MHz, generada a la salida del combinador anterior con la banda de UHF. En este caso, el equipo pasivo tendrá una salida/entrada común para todo el rango de frecuencias, una entrada/salida para el rango comprendido entre 0-250MHz y otra entrada/salida para el rango entre 380-1.000MHz.

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	07-005701
Paso bajo	0-250MHz
Paso alto	380-1000MHz
Potencia máxima	100W
Pérdidas de inserción	0.5dB (máx)
ROE	1.3:1
Aislamiento entre bandas	>50dB
Conector	N-hembra
MTBF	>180.000 horas
Protección	IP54
Peso	0,8Kg

Tabla 19. Especificaciones acoplador banda cruzada 250/380MHz

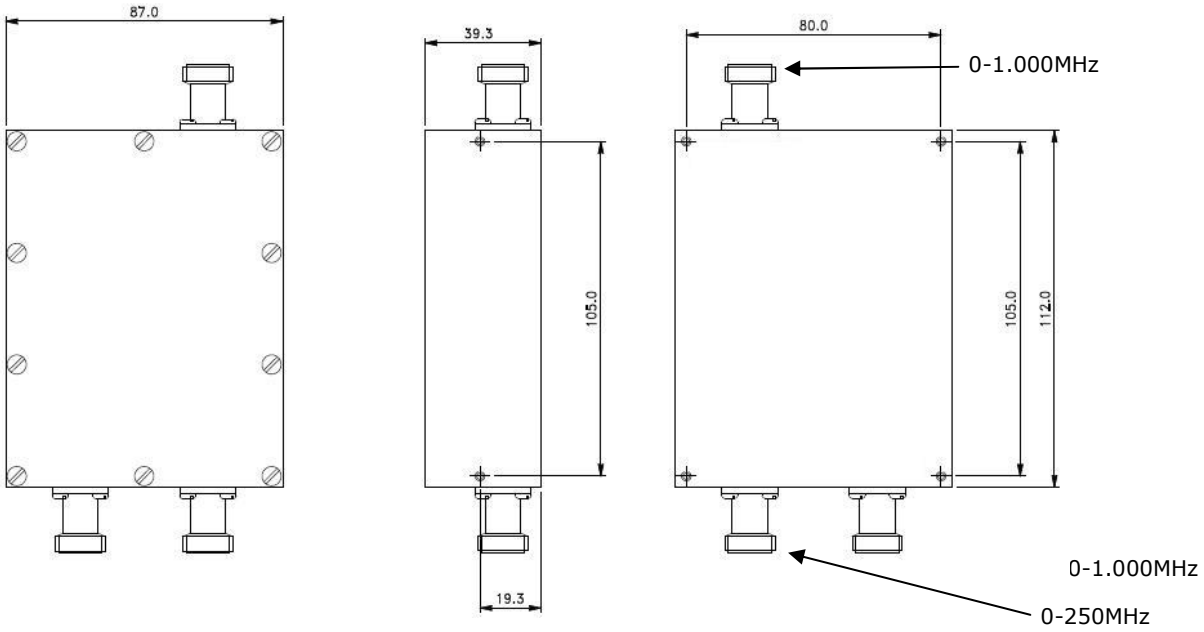


Imagen 25. Vistas combinador banda cruzada ref: 07-005701

1.17 Distribuidor-combinador simétrico

Utilizaremos dos tipos de distribuidores simétricos dependiendo de su posición en la instalación y de la potencia máxima que debe soportar.

1.17.1 Distribuidor-combinador simétrico baja potencia

El distribuidor-combinador simétrico de baja potencia, se utilizará internamente para conformar el multiacoplador. Este será el encargado de combinar todas las bandas de frecuencia del sistema antes de atacar a los equipos ópticos o para distribuir las señales a la salida de los mismos.

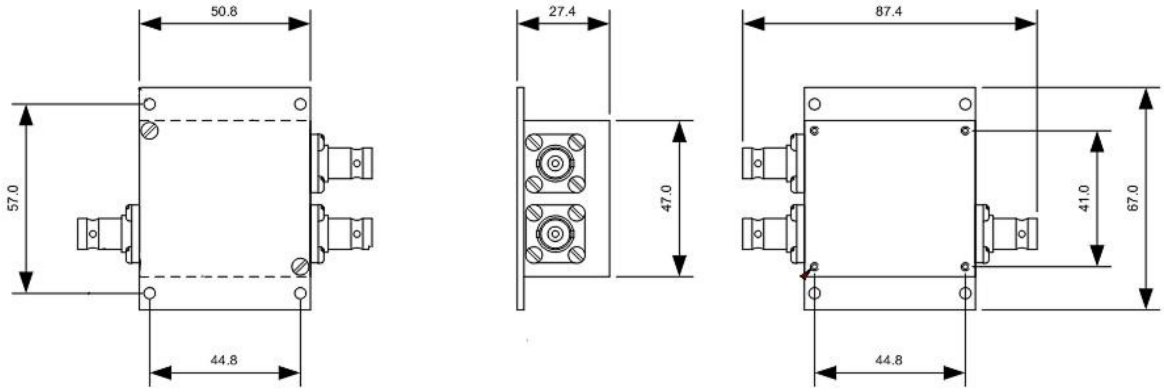


Imagen 26. Vistas distribuidor-combinador simétrico 2 salidas baja potencia

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	07-002503
Banda de frecuencia	50-500MHz
Salidas	2
Pérdidas inserción	<3.5dB
Aislamiento	>20dB
Potencia	1W
ROE	> 1.3:1
Conectores	N-hembra
Dimensiones	287.5 x 51 x 27.5mm
Peso	0,2Kg
Protección	IP 55
MTBF	>180.000 horas

Tabla 20. Especificaciones distribuidor-combinador simétrico 2 salidas baja potencia

1.17.2 Distribuidor-combinador simétrico potencia media

Este distribuidor será utilizado a la salida de los equipos amplificadores remotos para generar dos salidas simétricas y atacar a los dos ramales del cable radiante. Por este motivo requiere soportar una mayor potencia que el equipo anterior.

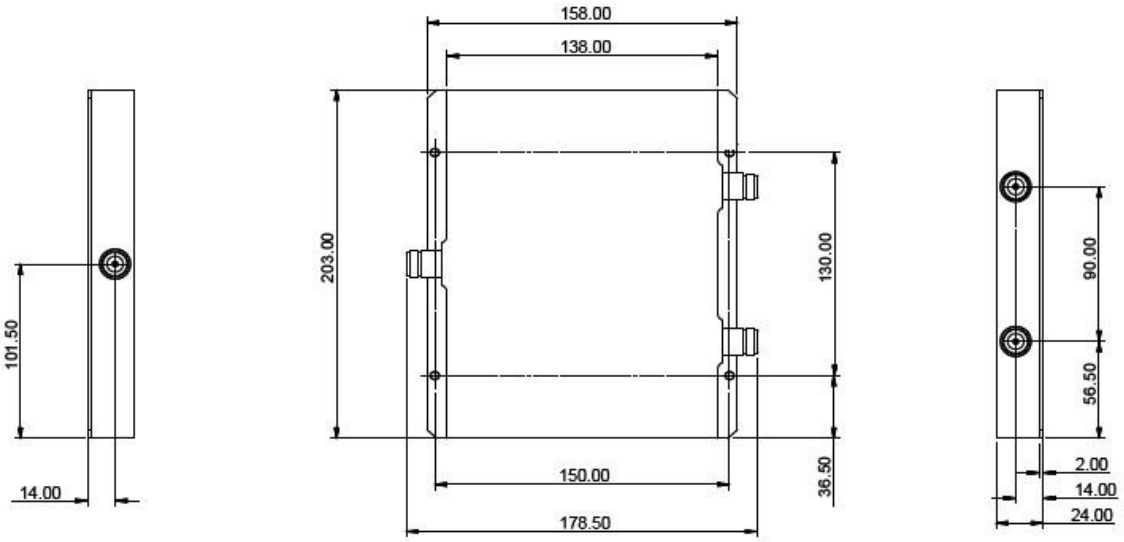


Imagen 27. Vistas distribuidor-combinador simétrico 2 salidas potencia media

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	07-002503
Banda de frecuencia	50-500MHz
Salidas	2
Pérdidas inserción	<3.5dB
Aislamiento	>20dB
Potencia	1W
ROE	> 1.3:1
Conectores	N-hembra
Dimensiones	287.5 x 51 x 27.5mm
Peso	0,2Kg
Protección	IP 55
MTBF	>180.000 horas

Tabla 21. Especificaciones distribuidor-combinador simétrico 2 salidas potencia media

1.18 Filtros duplexores

Los filtros duplexores serán utilizados en las bandas de frecuencia de 66-87,5MHz, 146-174MHz y 380-395MHz, para separar las sub-bandas correspondientes al uplink del downlink. Para la banda de 87,5-108MHz, perteneciente a la radiodifusión sonora de FM no se necesita ningún filtro duplexor, ya que señal solamente se transmite en sentido downlink.

1.18.1 Filtros duplexores VHF banda baja

Este filtro se utilizará en el multicombinador del master de la boca Francia para separar las sub-bandas de DL y UL en la banda de VHF banda baja.

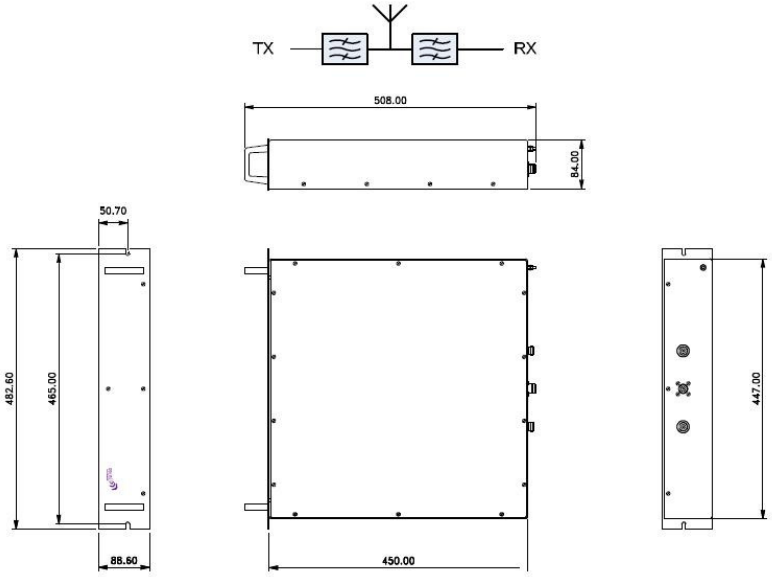


Imagen 28. Vistas filtro duplexor VHF banda baja

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	Duplex-VHFLB
Banda de frecuencia	66-87,5MHz
Ancho de banda	2-5MHz
Separación duplex	4MHz
Potencia máxima	100W
Pérdidas de inserción	Tx <2.0dB Rx <1.5dB
Aislamiento Tx/Rx	>70dB
ROE	1.3:1
Conexiones	N-hembra
Dimensiones	2U 19”

Tabla 22. Especificaciones duplexor VHF banda baja

1.18.2 Filtros duplexores VHF

Este filtro se utilizará en el multicombinador del master de la boca España para separar las sub-bandas de DL y UL en la banda de VHF.

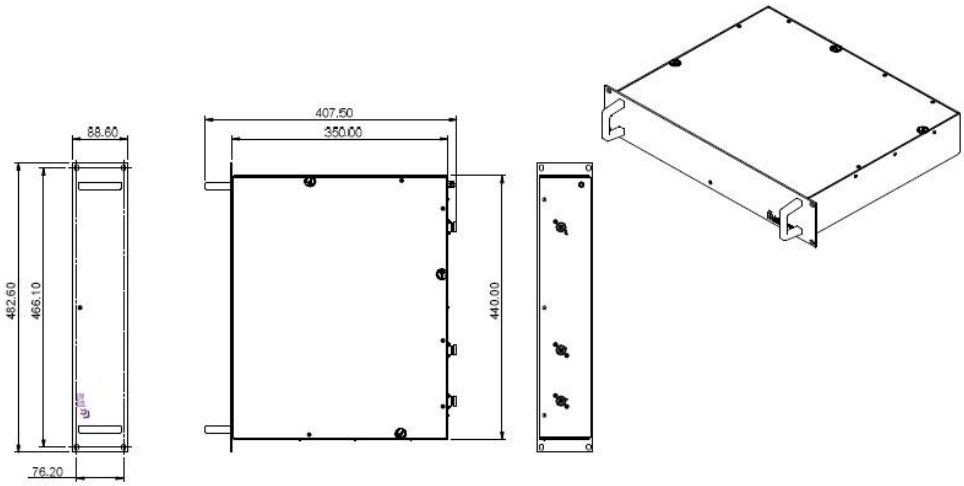


Imagen 29. Vistas filtro duplexor VHF

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	Duplex-VHF
Banda de frecuencia	Rx 156.025-157.425MHz Tx 160.625-162.025MHz
Pérdidas de inserción	2dB
Aislamiento Tx/Rx	>70dB
Potencia máxima	100W
ROE	1.2:1
Conexiones	N-hembra
Dimensiones	2U 19”

Tabla 23. Especificaciones duplexor VHF

1.18.3 Filtros duplexores UHF

Este filtro se utilizará tanto en el multicombinador del master de la boca España como en el master de la boca Francia para separar las sub-bandas de DL y UL en la banda de UHF.

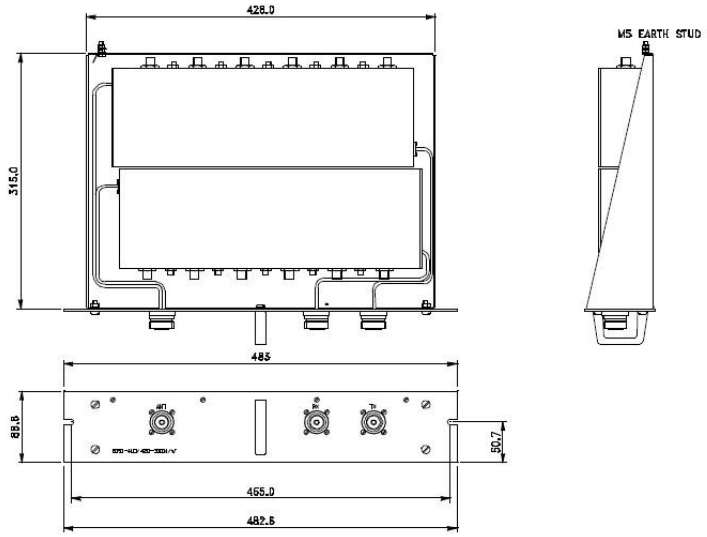


Imagen 30. Vistas filtro duplexor UHF

Especificaciones

Fabricante	AXELL Wireless
Modelo	Duplex-UHF
Rango de frecuencia	380-470MHz
Ancho de banda sub-banda	5MHz
Potencia máxima	200W
Ailamiento Tx/Rx	>80dB
Pérdidas de retorno	18dB
Conector	N-hembra
Dimensiones	2U 19”
Peso	5.4Kg

Tabla 24. Especificaciones duplexor UHF

1.19 Multiplexor/demultiplexor óptico

Con este elemento conseguimos unir la transmisión y recepción óptica en una sola fibra. Luego será transportada hacia el maestro de la boca opuesta, a los equipos de cobertura interior, así como para separarlas en recepción antes de ser tratadas de forma independiente. Será instalado a la salida de cada uno de los sistemas ópticos del master y del repetidor remoto.

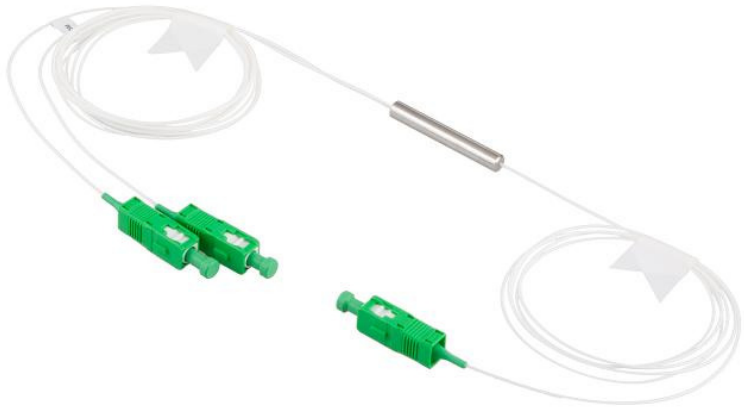


Imagen 31. Multiplexor-demultiplexor óptico 1310/1550nm

Especificaciones

Fabricante	KATHREIN
Modelo	BWMR 1310/1550
Canal 1	1310±40nm
Canal 2	1550±50nm
Pérdidas de inserción paso	0.7dB
Pérdidas de inserción reflej	0.45dB
Aislamiento	50dB
Pérdidas ópticas retorno	45dB
Potencia óptica máxima	500mW (27dBm)
Conector	SC/APC
Dimensiones	39 x 5.5mm

Tabla 25. Especificaciones multiplexor/demultiplexor óptico

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Desde que recibimos en las antenas las diferentes bandas de frecuencias, hasta que llegan a los terminales de usuario y viceversa, todas las portadoras pasan por varios medios de transmisión necesarios para que el sistema de radiocomunicaciones funcione correctamente. A continuación pasamos a definir brevemente cada uno de estos medios de transmisión, así como los diferentes modelos seleccionados para cada parte del proyecto.

1.20 Cable coaxial enlace principal

Para este caso en concreto, será necesario un cable coaxial con buena flexibilidad y baja atenuación, así como con unas características constructivas óptimas para su uso en intemperie. Se ha seleccionado el modelo LCF12-50J de la marca RFS.

Especificaciones

Fabricante	RFS
Modelo	LCF12-50J
Rango de frecuencias	0-8.000MHz
Conductor interno: Cu-Al	4,8mm
Dieléctrico	11,3mm
Conductor externo: aluminio corrugado	13,8mm
Cubierta: Polietileno	15,8mm
Peso	0,22Kg/metro
Radio curvatura mínimo	70mm
Espaciado entre grapas: recomendado/máximo	0,6m/1m
Impedancia	50Ω
Velocidad de propagación	88%
Máxima potencia de pico	38KW
Libre de halógenos	Si

Tabla 26. Especificaciones cable coaxial LCF12-50J

En la siguiente tabla, podemos observar un resumen de las atenuaciones de este cable producidas para varias frecuencias a una distancia de 100m.

Atenuación

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
0.5	0.149
1.0	0.211
1.5	0.258
2.0	0.298
10	0.67
20	0.95
30	1.17
50	1.51
88	20.2
100	2.16
108	2.24
150	2.66
174	2.87
200	3.08
300	3.81
400	4.43

Tabla 27. Atenuación cable LCF12-50J

1.21 *Cable coaxial enlace secundario*

Para el enlace secundario se ha seleccionado un cable con un mayor diámetro, para conseguir una menor atenuación.

Especificaciones

Fabricante	RFS
Modelo	LCF78-50JA
Rango de frecuencias	Hasta 5GHz
Conductor interno: Cu	9.3mm
Dilectico:	21.5mm
Conductor externo: lámina de cobre	25.2mm
Cubierta: Polietileno	27.8mm
Peso	0.48Kg/m
Radio curvatura mínimo	120mm
Espaciado entre grapas	0.8m
Impedancia	50
Velocidad de propagación	89%
Libre de halógenos	Si

Tabla 28. Especificaciones cable coaxial LCF78-50JA

En la siguiente tabla se observa un resumen de las atenuaciones producidas en este cable para una distancia de 100m. Estas pérdidas dependerán en gran medida de la frecuencia de la señal, a mayor frecuencia mayores pérdidas.

Atenuación

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
0.5	0.078
1.0	0.110
1.5	0.135
2.0	0.157
10	0.353
20	0.501
30	0.616
50	0.801
88	1.07
100	1.15
108	1.19
150	1.42
174	1.53
200	1.65
300	2.04
400	2.38

Tabla 29. Atenuación cable LCF78-50JA

1.22 Cable radiante. Tipos

El cable radiante será instalado en el techo a lo largo de todo el túnel y se utilizará como sistema radiante. La función principal de este cable será la de transmitir todas las señales captadas en ambas bocas hacia los terminales de usuario, así como de recibir las señales que son generadas en el interior del túnel.

Podemos hablar de diferentes tipos de cables radiante dependiendo de la longitud a cubrir y las frecuencias utilizadas, en este proyecto nos hemos centrado en dos modelos del fabricante RFS: RLK78-50JFNA y el RLK114-50JFNA. Aunque después de realizar el estudio correspondiente se ha seleccionado el modelo RLK114-50JFNA.

1.22.1 Cable radiante modelo RLK78-50JFNA

Tras realizar los estudios de validación de este cable, hemos llegado a la conclusión que para los niveles mínimos de potencia requerida en el interior del túnel, no podía ser validado. Los cálculos de cobertura para el modo nominal eran aceptables, pero en modo degradado estaban muy por dejado de lo esperado, por lo tanto ha sido descartado.

Especificaciones

Fabricante	RFS
Modelo	RLK78-50JFNA
Rango de frecuencias	Hasta 980MHz
Conductor interno: Cu	9.3mm
Conductor externo: lámina de cobre	23.8mm
Cubierta: Polietileno	28.5mm
Peso	0.6Kg/m
Radio curvatura mínimo	350mm
Espaciado entre grapas	0.9m
Impedancia	50
Velocidad de propagación	89%
Distancia mínima a pared	80mm
Libre de halógenos	

Tabla 30. Especificaciones cable radiante RLK78-50JFNA

La siguiente tabla muestra un resumen de las atenuación producidas en 100m, así como las pérdidas de acoplo del cable.

Atenuaciones

Frecuencia (MHz)	Pérdidas longitudinales (dB/100m)	Pérdidas acoplo 50% (dB)	Pérdidas acoplo 95% (dB)
75	1.08	46	58
150	1.56	54	66
400	2.70	53	57
450	2.90	52	56
470	2.97	52	56
500	3.10	52	56

Tabla 31. Atenuaciones cable radiante RLK78-50JFNA

1.22.2 Cable radiante modelo RLK114-50JFNA

Este cable tiene unas características mejores que el anterior. Tras la realización de los cálculos en modo nominal y en modo degradado, podemos asegurar que este cable cumplirá las especificaciones mínimas requeridas para el peor de los casos: frecuencia más alta y mayor distancia.

Especificaciones

Fabricante	RFS
Modelo	RLK114-50JFNA
Rango de frecuencias	Hasta 980MHz
Conductor interno: Cu	13.1mm
Conductor externo: lámina de cobre	34mm
Cubierta: Polietileno	38.1mm
Peso	0.9Kg/m
Radio curvatura mínimo	500mm
Espaciado entre grapas	1.3m
Impedancia	50
Velocidad de propagación	89%
Distancia mínima a pared	80mm
Libre de halógenos	

Tabla 32. Especificaciones cable radiante RLK114-50JFNA

La siguiente tabla muestra un resumen de las atenuación producidas en 100m, así como las pérdidas de acoplo del cable.

Atenuaciones

Frecuencia (MHz)	Pérdidas longitudinales (dB/100m)	Pérdidas acoplo 50% (dB)	Pérdidas acoplo 95% (dB)
75	0.73	50	61
150	10.5	59	69
380	1.84	51	56
400	1.90	51	56
420	1.97	51	56
450	2.07	51	56

Tabla 33. Atenuaciones cable radiante RLK114-50JFNA

1.23 Fibra óptica

Utilizaremos una manguera de fibra óptica del fabricante TELNET para enlazar los sistemas principales y secundarios de cada una de las bocas, con el sistema remoto instalado en el interior del túnel. También se realizarán enlaces ópticos entre cada una de las partes del túnel, con su boca opuesta.

Especificaciones

Fabricante	TELNET
Modelo	EVFTWCN11
Número de fibras	8
Tipo de fibras	monomodo
Tracción máxima	1000N
Resistencia al aplastamiento	15N/mm
Resistencia al impacto	5J
Ciclo térmico de operación	-5Cº/+60ºC
Curvatura	10 x Ø cable
Construido con materiales ignífugos	Si
Libre de halógenos	Si

Tabla 34. Especificaciones manguera fibra óptica

ANEXO 2. CÁLCULOS

2 CÁLCULOS

2.1 Niveles Sistema amplificación boca España

En la siguiente tabla se muestran los niveles de señal desde su recepción en las antenas, hasta la salida hacia el enlace secundario y hacia los transmisores ópticos. Se muestran en verde los niveles de señal, en azul las ganancias y en rojo las pérdidas.

Descripción	VHF_LB	FM	FM2	VHF	TETRP	ACROP
Nivel de señal en antena (dBm)		-70		-75	-76	
Ganancia antena		0,5		10,5	9,2	
Atenuación cable 1/2"		2,24		2,87	5,59	
Nivel entrada amplificador canalizado (dBm)		-71,74		-67,37	-72,39	
Ganancia amplificador canalizado (dB)		95		95	90	
Nivel salida amplificador canalizado (dBm)		23,26		27,63	17,61	
Pérdidas combinador 1. Sistema óptico (dB)		34,5		36,5	35,1	
Pérdidas combinador 1. Radiante (dB)		1		1	1	
Pérdidas combinador 2 (dB)	4	4	4	4	0,5	0,5
Pérdidas combinador 3 (dB)	4,5	8	8	4,5	1	4
Pérdidas enlace óptico (cable + equipos)	21,5		21,5			21,5
Nivel entrada multicombinador 2	-13,52		-12,24			-11,49
Nivel entrada amplificador banda selectiva (dBm)	-39,02		-37,74			-33,49
Ganancia amplificador banda selectiva (dB)	60		60			60

Potencia salida enlace secundario (dBm)	**20,98**	**14,26**	**22,26**	**22,13**	**15,61**	**26,51**
Hacia TX óptico (dBm)		**-11,24**		**-8,87**	**-17,49**	

Tabla 35. Cálculos niveles sistema enlace principal y salida a secundario

2.2 Niveles enlace secundario boca España

En la siguiente tabla observamos los niveles de señal que se inyectan al cable radiante, tanto hacia el equipo remoto instalado en el interior del túnel como hacia la boca del túnel.

Descripción	VHF_LB	FM	FM2	VHF	TETRP	ACROP
Nivel de salida multicombinador 3 (dBm)	20,98	14,26	22,26	22,13	15,61	26,51
Atenuación cable 7/8"	1,07	1,19	1,19	1,53	2,38	2,38
Entrada Acoplador direccional	19,91	13,07	21,07	20,6	13,23	24,13
Pérdidas directas acoplador direccional	1	1	1	1	1	1
Pérdidas de acoplo acoplador direccional	30	30	30	30	30	30

Potencia de partida cable radiante (dBm)	**18,91**	**12,07**	**20,07**	**19,6**	**12,23**	**23,13**
Potencia de partida cable radiante_ boca (dBm)	**-10,09**	**-16,93**	**-8,93**	**-9,4**	**-16,77**	**-5,87**

Tabla 36. Niveles de señal inyectados al cable radiante

2.3 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. España

Podemos observar en las siguientes tablas todos los valores de atenuación de los pasivos que componen el multicombinador 1. También se ha calculado los valores totales de atenuación del conjunto para cada una de las frecuencias que se utilizaran en este proyecto, tanto en sentido downlink como en uplink.

Frecuencias FM (DL)

Ref	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)		0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	34,5 dB	

Frecuencias VHF (DL)

Ref	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
Filtro	Duplexor paso banda VHF		2,0 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)		0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	36,5 dB	

Frecuencias VHF (UL)

Ref	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)		0,5 dB
Filtro	Duplexor paso banda VHF		2,0 dB
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	36,5 dB	
	Pérdidas totales hacia amplificadores can.	7,5	

Frecuencias TETRAPOL (DL)

Ref	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
16-0050xx	Duplexor paso banda UHF		1,1 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	35,1 dB	

Frecuencias TETRAPOL (UL)

Ref	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
16-0050xx	Duplexor paso banda UHF		1,1 dB
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	35,1 dB	
	Pérdidas totales hacia amplificadores can.	6,1 dB	

Tabla 37. Tabla atenuaciones multicombinador 1

2.4 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. España

Esta tabla muestra los valores de atenuaciones independientes de los pasivos que componen el multicombinador 2, así como los valores totales de las pérdidas en conjunto. Se han separado las atenuaciones para cada una de las bandas de frecuencias para el sentido de uplink y de downlink.

Frecuencias FM

Ref	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,0 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (DL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,0 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (UL)

Ref	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	4,0 dB

Frecuencias ACROPOL (DL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	0,5 dB

Frecuencias ACROPOL (UL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	0,5 dB

Tabla 38. Tabla atenuaciones multicombinador 2

2.5 Cálculos atenuaciones multicombinador 3. España

Observamos en la siguiente tabla los valores para el multicombinador 3.

Ref	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	8,0 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (DL)

Ref	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	4,5 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (UL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Frecuencias VHF (DL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	1,0 dB

Frecuencias VHF (UL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 1	1,0 dB

Frecuencias UHF (DL)

Ref	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	4,0 dB

Frecuencias UHF (UL)

Ref	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérd. totales hacia multicombinador 1 y amplificadores	4,0 dB

Tabla 39. Tabla atenuaciones multicombinador 3

2.6 Niveles sistema amplificación remoto

Esta tabla define los niveles esperados en el remoto óptico, donde podemos ver la potencia óptica que llega desde cada una de las bocas, así como los niveles de salida inyectados al cable radiante.

Descripción	VHF_LB	FM	FM2	VHF	TETRP	ACROP
Potencia entrada óptica (dBm)	-13,52	-11,24	-12,24	-8,87	-17,49	-11,49
Atenuación enlace óptico (fibra+equipos)	20,75	20,75	20,75	20,75	20,75	20,75
Pérdidas multicombinador 1	7,5	7,5	7,5	4,5	4,5	4,5
Ganancia amplificadores banda selectiva	60	60	60	60	60	60
Pérdidas multicombinador 2	7,5	7,5	7,5	4,5	4,5	4,5
Potencia salida sistema radiante (dBm)	**10,73**	**13,01**	**12,01**	**21,38**	**12,76**	**18,76**

Tabla 40. Niveles de potencia remoto óptico

2.7 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. Remoto

Atenuaciones de elementos pasivos que componen el multicombinador 1, tanto individualmente como en conjunto.

Frecuencias VHF_Banda Baja (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	7,5 dB

Frecuencias VHF_Banda Baja (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema óptico	4,5 dB

Frecuencias FM

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	7,5 dB

Frecuencias VHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Frecuencias VHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema óptico	4,5 dB

Frecuencias UHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Frecuencias UHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema óptico	3,5 dB

Tabla 41. Tabla atenuaciones multicombinador 1

2.8 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. Remoto

Se muestra en la siguiente tabla las atenuaciones de los elementos pasivos que componen el multicombinador 2.

Frecuencias VHF_Banda Baja (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema radiante	7,5 dB

Frecuencias VHF_Banda Baja (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	7,5 dB

Frecuencias FM

Referencia	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema radiante	7,5 dB

Frecuencias VHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema radiante	4,5 dB

Frecuencias VHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Frecuencias UHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia sistema radiante	4,5 dB

Frecuencias UHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-002501	Splitter 2 salidas	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Tabla 42. Tabla atenuaciones multicombinador 2

2.9 Niveles sistema amplificación boca Francia

En la siguiente tabla se muestran los niveles de señal desde su recepción en las antenas, hasta la salida hacia el enlace secundario y los transmisores ópticos.

Descripción	VHF_LB	FM 1	FM 2	VHF	UHF 1	UHF 2
Nivel de señal en antena (dBm)	-75		-68			-70
Ganancia antena (dB)	8		0,5			9,2
Atenuación cable 1/2" (dB/100m)	2,02		2,24			5,59
Nivel entrada amplificador canalizado (dBm)	-69,02		-69,7			-66,39
Ganancia amplificador canalizado (dB)	95		95			90
Nivel salida amplificador canalizado (dBm)	25,98		25,3			23,61
Pérdidas combinador 1. Sistema óptico (dB)	39,5		37,5			35,1
Pérdidas combinador 1. Radiante (dB)	1		1			1
Pérdidas combinador 2 (dB)		1		1	0,5	
Pérdidas combinador 3 (dB)	4,5	8	8	1	4	4
Pérdidas enlace óptico - cable + equipos (dB)	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
Nivel entrada multicombinador 2 (dBm)		-11,24		-8,87	-17,49	
Nivel entrada amplificador banda selectiva (dBm)		-33,74		-31,37	-39,49	
Ganancia amplificador banda selectiva (dB)		60		60	60	
Potencia salida enlace secundario(dBm)	**20,48**	**18,26**	**16,3**	**27,63**	**16,51**	**18,61**
Hacia TX óptico (dBm)	**-13,52**		**-12,2**			**-11,49**

Tabla 43. Cálculos niveles sistema enlace principal y salida a secundario

2.10 Niveles enlace secundario boca Francia

Mostramos a continuación los niveles esperados que van a ser inyectados al cable radiante.

Descripción	VHF_LB	FM 1	FM 2	VHF	UHF 1	UHF 2
Nivel de salida multicombinador 3 (dBm)	20,48	18,26	16,3	27,63	16,51	18,61
Atenuación cable 7/8"	1,07	1,19	1,19	1,53	2,38	2,38
Entrada Acoplador direccional	19,41	17,07	15,1	26,1	14,13	16,23
Pérdidas directas acoplador direccional	30	30	30	30	30	30
Pérdidas de acoplo acoplador direccional	1	1	1	1	1	1
Potencia de partida cable radiante (dBm)	**18,41**	**16,07**	**14,1**	**25,1**	**13,13**	**15,23**
Potencia de partida cable radiante_ boca (dBm)	**-10,59**	**-12,93**	**-14,9**	**-3,9**	**-15,87**	**-13,77**

Tabla 44. Niveles de señal inyectados al cable radiante

2.11 Cálculos atenuaciones multicombinador 1. Francia

Podemos observar en las siguientes tablas todos los valores de atenuación de los pasivos que componen el multicombinador 1. También se ha calculado los valores totales de atenuación del conjunto para cada una de las frecuencias que se utilizaran en este proyecto, tanto en sentido downlink como en uplink.

Frecuencias VHF Banda Baja (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
Filtro	Duplexor paso banda VHF Banda Baja		2,0 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB		3,5
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	39,5 dB	

Frecuencias VHF Banda Baja (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
Filtro	Duplexor paso banda VHF Banda Baja		2,0 dB
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	36,0 dB	
	Pérdidas totales hacia amplificadores can.	7,0 dB	

Frecuencias FM

Referencia	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB		3,5
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	37,5 dB	

Frecuencias ACROPOL (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
16-0050xx	Duplexor paso banda UHF		1,1 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	1,0 dB	
	Pérdidas totales hacia equipos ópticos	35,1 dB	

Frecuencias ACROPOL (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1	α línea 2
07-002501	Splitter 2 salidas		3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)		0,5 dB
16-0050xx	Duplexor paso banda UHF		1,1 dB
07-018005	Acoplador direccional xxdB	1,0 dB	30,0 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 3	35,1 dB	
	Pérdidas totales hacia amplificadores can.	6,1 dB	

Tabla 45. Tabla atenuaciones multicombinador 1

2.12 Cálculos atenuaciones multicombinador 2. Francia

Esta tabla muestra los valores de atenuaciones independientes de los pasivos que componen el multicombinador 2, así como los valores totales de las pérdidas en conjunto. Se han separado las atenuaciones para cada una de las bandas de frecuencias para el sentido de uplink y de downlink.

Frecuencias FM

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	1,0 dB

Frecuencias VHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	1,0 dB

Frecuencias VHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	0,5 dB

Frecuencias TETRAPOL (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	0,5 dB

Frecuencias TETRAPOL (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	0,5 dB

Tabla 46. Tabla atenuaciones multicombinador 2

2.13 Cálculos atenuaciones multicombinador 3. Francia

Observamos en la siguiente tabla los valores para el multicombinador 3.

Frecuencias FM

Referencia	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	8,0 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	4,5 dB

Frecuencias VHF Banda Baja (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	4,5 dB

Frecuencias VHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia amplificadores	1,0 dB

Frecuencias VHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005704	Cross band coupler (0-108/143-500MHz)	0,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia multicombinador 1	1,0 dB

Frecuencias UHF (DL)

Referencia	Descripción	α línea 1
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
	Pérdidas totales hacia radiante	4,0 dB

Frecuencias UHF (UL)

Referencia	Descripción	α línea 1
07-005701	Cross band coupler (0-250/380-1000MHz)	0,5 dB
05-000101	Acoplador híbrido 3dB	3,5 dB
	Pérd. totales hacia multicombinador 1 y amplificadores	4,0 dB

Tabla 47. Tabla atenuaciones multicombinador 2

2.14 Cálculos atenuaciones cables coaxiales

Podemos observar a continuación, los valores esperados de atenuación de los cables coaxiales de 1/2” y 7/8”. Estos niveles se han calculado dependiendo de la distancia y de la banda de frecuencia a utilizar.

RFS	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"
Referencia	LCF12	LCF12	LCF12	LCF12	LCF78	LCF78	LCF78	LCF78
Modelo	50J	50J	50J	50J	50JA	50JA	50JA	50JA
Banda de frecuencia (MHz)	**88**	**108**	**174**	**400**	**88**	**108**	**174**	**400**
Pérdidas lineales cada 1m (dB)	0,020	0,022	0,029	0,056	0,011	0,012	0,015	0,024
Distancia en metros	Atenuación dB @metro							
5	0,101	0,112	0,1435	0,2795	0,0535	0,0595	0,0765	0,119
10	0,202	0,224	0,287	0,559	0,107	0,119	0,153	0,238
15	0,303	0,336	0,4305	0,8385	0,1605	0,1785	0,2295	0,357
20	0,404	0,448	0,574	1,118	0,214	0,238	0,306	0,476
25	0,505	0,56	0,7175	1,3975	0,2675	0,2975	0,3825	0,595
30	0,606	0,672	0,861	1,677	0,321	0,357	0,459	0,714
35	0,707	0,784	1,0045	1,9565	0,3745	0,4165	0,5355	0,833
40	0,808	0,896	1,148	2,236	0,428	0,476	0,612	0,952
45	0,909	1,008	1,2915	2,5155	0,4815	0,5355	0,6885	1,071
50	1,01	1,12	1,435	2,795	0,535	0,595	0,765	1,19
55	1,111	1,232	1,5785	3,0745	0,5885	0,6545	0,8415	1,309
60	1,212	1,344	1,722	3,354	0,642	0,714	0,918	1,428
65	1,313	1,456	1,8655	3,6335	0,6955	0,7735	0,9945	1,547
70	1,414	1,568	2,009	3,913	0,749	0,833	1,071	1,666
75	1,515	1,68	2,1525	4,1925	0,8025	0,8925	1,1475	1,785
80	1,616	1,792	2,296	4,472	0,856	0,952	1,224	1,904
85	1,717	1,904	2,4395	4,7515	0,9095	1,0115	1,3005	2,023
90	1,818	2,016	2,583	5,031	0,963	1,071	1,377	2,142
95	1,919	2,128	2,7265	5,3105	1,0165	1,1305	1,4535	2,261
100	2,02	2,24	2,87	5,59	1,07	1,19	1,53	2,38
105	2,121	2,352	3,0135	5,8695	1,1235	1,2495	1,6065	2,499
110	2,222	2,464	3,157	6,149	1,177	1,309	1,683	2,618
115	2,323	2,576	3,3005	6,4285	1,2305	1,3685	1,7595	2,737
120	2,424	2,688	3,444	6,708	1,284	1,428	1,836	2,856

Tabla 48. Atenuaciones cable coaxial 1/2” y 7/8”

2.15 Cálculos atenuaciones cables radiante desde España

La siguiente tabla muestra los niveles de potencia esperados en el interior del túnel, partiendo desde el lado España. Los niveles de señal dependen de la distancia, la banda de frecuencia y el tipo de cable utilizado. Estos valores deberán de cumplir una potencia minima en recepción en el interior del túnel de -90dBm.

RFS	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"
Referencia	RLK78	RLK78	RLK78	RLK78	RLK114	RLK114	RLK114	RLK114
Modelo	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA
Band frec. (MHz)	**75**	**150**	**174**	**400**	**75**	**150**	**174**	**400**
Potencia partida (dBm)	18,91	12,07	19,6	12,23	18,91	12,07	19,6	12,23
Fade Margin dB	10	10	10	10	10	10	10	10
Pér. longitudinales dB/km	10,8	15,6	16	27	7,3	10,5	11	19
Pérdidas acoplo @2m 50%	46	54	54	53	50	59	59	51
Pérdidas acoplo @2m 95%	58	66	66	57	61	59	56	56
Distancia>2m correción dB	6	6	6	6	6	6	6	6
Potencia mínima requerida	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00
Distancia en Kilometros	Atenuación dB@Km							
0	-55,09	-69,93	-62,4	-60,77	-58,09	-62,93	-52,4	-59,77
0,1	-56,17	-71,49	-64	-63,47	-58,82	-63,98	-53,5	-61,67
0,2	-57,25	-73,05	-65,6	-66,17	-59,55	-65,03	-54,6	-63,57
0,3	-58,33	-74,61	-67,2	-68,87	-60,28	-66,08	-55,7	-65,47
0,4	-59,41	-76,17	-68,8	-71,57	-61,01	-67,13	-56,8	-67,37
0,5	-60,49	-77,73	-70,4	-74,27	-61,74	-68,18	-57,9	-69,27
0,6	-61,57	-79,29	-72	-76,97	-62,47	-69,23	-59	-71,17
0,7	-62,65	-80,85	-73,6	-79,67	-63,2	-70,28	-60,1	-73,07
0,8	-63,73	-82,41	-75,2	-82,37	-63,93	-71,33	-61,2	-74,97
0,9	-64,81	-83,97	-76,8	-85,07	-64,66	-72,38	-62,3	-76,87
1	-65,89	-85,53	-78,4	-87,77	-65,39	-73,43	-63,4	-78,77
1,1	-66,97	-87,09	-80	-90,47	-66,12	-74,48	-64,5	-80,67
1,2	-68,05	-88,65	-81,6	-93,17	-66,85	-75,53	-65,6	-82,57
1,3	-69,13	-90,21	-83,2	-95,87	-67,58	-76,58	-66,7	-84,47
1,4	-70,21	-91,77	-84,8	-98,57	-68,31	-77,63	-67,8	-86,37
1,5	-71,29	-93,33	-86,4	-101,27	-69,04	-78,68	-68,9	-88,27
1,6	-72,37	-94,89	-88	-103,97	-69,77	-79,73	-70	-90,17
1,7	-73,45	-96,45	-89,6	-106,67	-70,5	-80,78	-71,1	-92,07
1,8	-74,53	-98,01	-91,2	-109,37	-71,23	-81,83	-72,2	-93,97
1,9	-75,61	-99,57	-92,8	-112,07	-71,96	-82,88	-73,3	-95,87
2	-76,69	-101,13	-94,4	-114,77	-72,69	-83,93	-74,4	-97,77
2,1	-77,77	-102,69	-96	-117,47	-73,42	-84,98	-75,5	-99,67
2,2	-78,85	-104,25	-97,6	-120,17	-74,15	-86,03	-76,6	-101,57
2,3	-79,93	-105,81	-99,2	-122,87	-74,88	-87,08	-77,7	-103,47
2,4	-81,01	-107,37	-100,8	-125,57	-75,61	-88,13	-78,8	-105,37
2,5	-82,09	-108,93	-102,4	-128,27	-76,34	-89,18	-79,9	-107,27
2,6	-83,17	-110,49	-104	-130,97	-77,07	-90,23	-81	-109,17
2,7	-84,25	-112,05	-105,6	-133,67	-77,8	-91,28	-82,1	-111,07
2,8	-85,33	-113,61	-107,2	-136,37	-78,53	-92,33	-83,2	-112,97

Tabla 49. Nivel de potencia en el interior del túnel desde lado España

2.16 Cálculos atenuaciones cables radiante desde Remotos

La siguiente tabla muestra los niveles de potencia esperados en el interior del túnel, partiendo desde el remoto instalado en el interior del túnel.

RFS	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"
Referencia	RLK78	RLK78	RLK78	RLK78	RLK114	RLK114	RLK114	RLK114
Modelo	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA
Band frec. (MHz)	**75**	**150**	**174**	**400**	**75**	**150**	**174**	**400**
Potencia partida (dBm)	10,73	7,5	21,38	12,76	10,73	7,5	21,38	12,76
Fade Margin dB	10	10	10	10	10	10	10	10
Pér. longitudinales dB/km	10,8	15,6	16	27	7,3	10,5	11	19
Pérdidas acoplo @2m 50%	46	54	54	53	50	59	59	51
Pérdidas acoplo @2m 95%	58	66	66	57	61	59	56	56
Distancia>2m correción dB	6	6	6	6	6	6	6	6
Potencia mínima requerida	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00
Distancia en Kilometros	Atenuación dB@Km							
0	-63,27	-74,5	-60,62	-60,24	-66,27	-67,5	-50,62	-59,24
0,1	-64,35	-76,06	-62,22	-62,94	-67	-68,55	-51,72	-61,14
0,2	-65,43	-77,62	-63,82	-65,64	-67,73	-69,6	-52,82	-63,04
0,3	-66,51	-79,18	-65,42	-68,34	-68,46	-70,65	-53,92	-64,94
0,4	-67,59	-80,74	-67,02	-71,04	-69,19	-71,7	-55,02	-66,84
0,5	-68,67	-82,3	-68,62	-73,74	-69,92	-72,75	-56,12	-68,74
0,6	-69,75	-83,86	-70,22	-76,44	-70,65	-73,8	-57,22	-70,64
0,7	-70,83	-85,42	-71,82	-79,14	-71,38	-74,85	-58,32	-72,54
0,8	-71,91	-86,98	-73,42	-81,84	-72,11	-75,9	-59,42	-74,44
0,9	-72,99	-88,54	-75,02	-84,54	-72,84	-76,95	-60,52	-76,34
1	-74,07	-90,1	-76,62	-87,24	-73,57	-78	-61,62	-78,24
1,1	-75,15	-91,66	-78,22	-89,94	-74,3	-79,05	-62,72	-80,14
1,2	-76,23	-93,22	-79,82	-92,64	-75,03	-80,1	-63,82	-82,04
1,3	-77,31	-94,78	-81,42	-95,34	-75,76	-81,15	-64,92	-83,94
1,4	-78,39	-96,34	-83,02	-98,04	-76,49	-82,2	-66,02	-85,84
1,5	-79,47	-97,9	-84,62	-100,74	-77,22	-83,25	-67,12	-87,74
1,6	-80,55	-99,46	-86,22	-103,44	-77,95	-84,3	-68,22	-89,64
1,7	-81,63	-101,02	-87,82	-106,14	-78,68	-85,35	-69,32	-91,54
1,8	-82,71	-102,58	-89,42	-108,84	-79,41	-86,4	-70,42	-93,44
1,9	-83,79	-104,14	-91,02	-111,54	-80,14	-87,45	-71,52	-95,34
2	-84,87	-105,7	-92,62	-114,24	-80,87	-88,5	-72,62	-97,24
2,1	-85,95	-107,26	-94,22	-116,94	-81,6	-89,55	-73,72	-99,14
2,2	-87,03	-108,82	-95,82	-119,64	-82,33	-90,6	-74,82	-101,04
2,3	-88,11	-110,38	-97,42	-122,34	-83,06	-91,65	-75,92	-102,94
2,4	-89,19	-111,94	-99,02	-125,04	-83,79	-92,7	-77,02	-104,84
2,5	-90,27	-113,5	-100,62	-127,74	-84,52	-93,75	-78,12	-106,74
2,6	-91,35	-115,06	-102,22	-130,44	-85,25	-94,8	-79,22	-108,64
2,7	-92,43	-116,62	-103,82	-133,14	-85,98	-95,85	-80,32	-110,54
2,8	-93,51	-118,18	-105,42	-135,84	-86,71	-96,9	-81,42	-112,44

Tabla 50. Nivel de potencia en el interior del túnel desde remoto

2.17 Cálculos atenuaciones cables radiante desde Francia

La siguiente tabla muestra los niveles de potencia esperados en el interior del túnel, partiendo desde el lado Francia.

RFS	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"
Referencia	RLK78	RLK78	RLK78	RLK78	RLK114	RLK114	RLK114	RLK114
Modelo	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA	50JFNA
Banda frec. (MHz)	**75**	**150**	**174**	**400**	**75**	**150**	**174**	**400**
Potencia partida (dBm)	18,41	14,07	25,1	13,13	18,41	14,07	25,1	13,13
Fade Margin dB	10	10	10	10	10	10	10	10
Pér. longitudinales dB/km	10,8	15,6	16	27	7,3	10,5	11	19
Pérdidas acoplo @2m 50%	46	54	54	53	50	59	59	51
Pérdidas acoplo @2m 95%	58	66	66	57	61	59	56	56
Distancia>2m correción dB	6	6	6	6	6	6	6	6
Potencia mínima requerida	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00
Distancia en Kilometros	Atenuación dB@Km							
0	-55,59	-67,93	-56,9	-59,87	-58,59	-60,93	-46,9	-58,87
0,1	-56,67	-69,49	-58,5	-62,57	-59,32	-61,98	-48	-60,77
0,2	-57,75	-71,05	-60,1	-65,27	-60,05	-63,03	-49,1	-62,67
0,3	-58,83	-72,61	-61,7	-67,97	-60,78	-64,08	-50,2	-64,57
0,4	-59,91	-74,17	-63,3	-70,67	-61,51	-65,13	-51,3	-66,47
0,5	-60,99	-75,73	-64,9	-73,37	-62,24	-66,18	-52,4	-68,37
0,6	-62,07	-77,29	-66,5	-76,07	-62,97	-67,23	-53,5	-70,27
0,7	-63,15	-78,85	-68,1	-78,77	-63,7	-68,28	-54,6	-72,17
0,8	-64,23	-80,41	-69,7	-81,47	-64,43	-69,33	-55,7	-74,07
0,9	-65,31	-81,97	-71,3	-84,17	-65,16	-70,38	-56,8	-75,97
1	-66,39	-83,53	-72,9	-86,87	-65,89	-71,43	-57,9	-77,87
1,1	-67,47	-85,09	-74,5	-89,57	-66,62	-72,48	-59	-79,77
1,2	-68,55	-86,65	-76,1	-92,27	-67,35	-73,53	-60,1	-81,67
1,3	-69,63	-88,21	-77,7	-94,97	-68,08	-74,58	-61,2	-83,57
1,4	-70,71	-89,77	-79,3	-97,67	-68,81	-75,63	-62,3	-85,47
1,5	-71,79	-91,33	-80,9	-100,37	-69,54	-76,68	-63,4	-87,37
1,6	-72,87	-92,89	-82,5	-103,07	-70,27	-77,73	-64,5	-89,27
1,7	-73,95	-94,45	-84,1	-105,77	-71	-78,78	-65,6	-91,17
1,8	-75,03	-96,01	-85,7	-108,47	-71,73	-79,83	-66,7	-93,07
1,9	-76,11	-97,57	-87,3	-111,17	-72,46	-80,88	-67,8	-94,97
2	-77,19	-99,13	-88,9	-113,87	-73,19	-81,93	-68,9	-96,87
2,1	-78,27	-100,69	-90,5	-116,57	-73,92	-82,98	-70	-98,77
2,2	-79,35	-102,25	-92,1	-119,27	-74,65	-84,03	-71,1	-100,67
2,3	-80,43	-103,81	-93,7	-121,97	-75,38	-85,08	-72,2	-102,57
2,4	-81,51	-105,37	-95,3	-124,67	-76,11	-86,13	-73,3	-104,47
2,5	-82,59	-106,93	-96,9	-127,37	-76,84	-87,18	-74,4	-106,37
2,6	-83,67	-108,49	-98,5	-130,07	-77,57	-88,23	-75,5	-108,27
2,7	-84,75	-110,05	-100,1	-132,77	-78,3	-89,28	-76,6	-110,17
2,8	-85,83	-111,61	-101,7	-135,47	-79,03	-90,33	-77,7	-112,07

Tabla 51. Nivel de potencia en el interior del túnel desde lado Francia

ANEXO 3. PLANOS

3 PLANOS

3.1 Plano general túnel

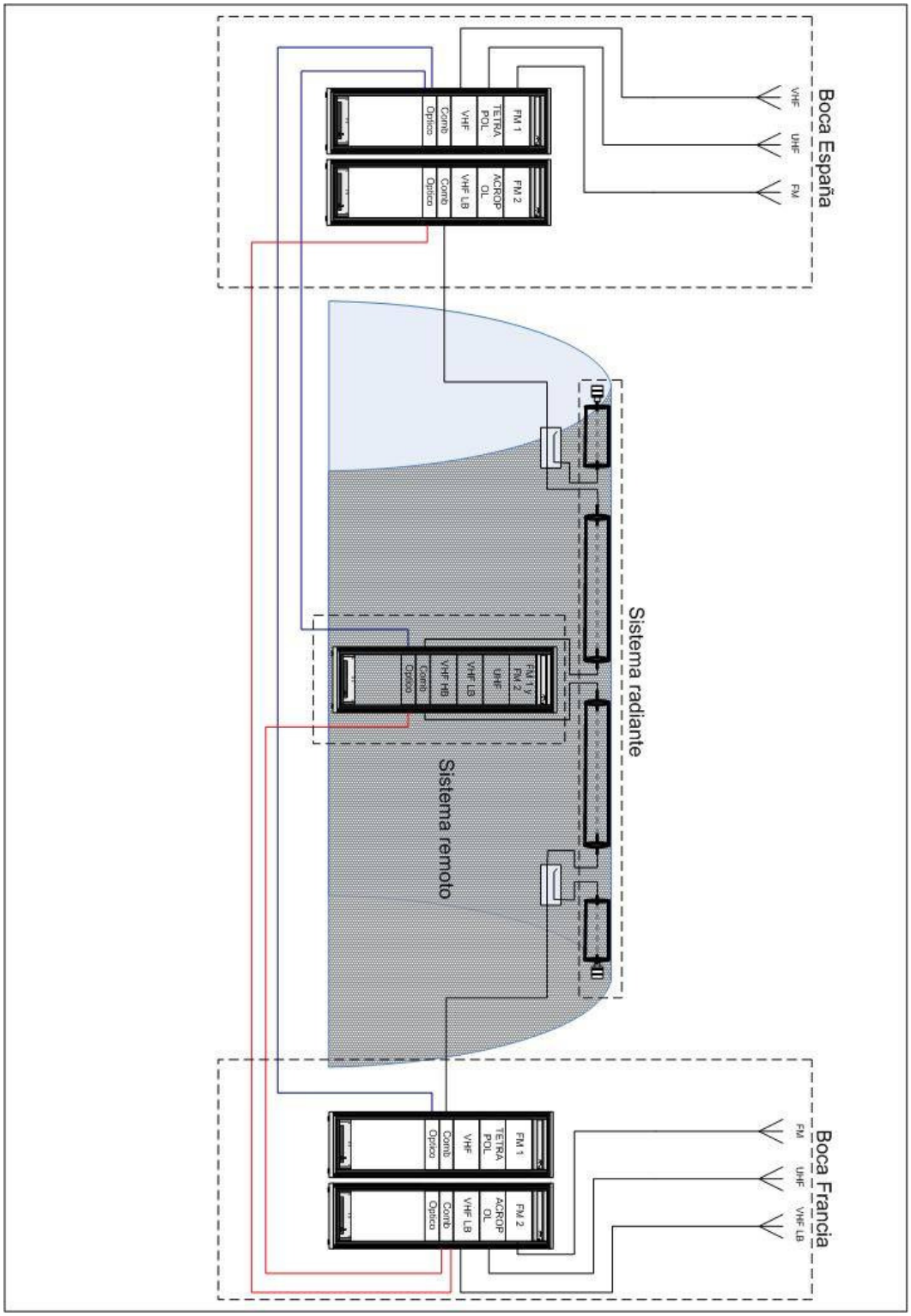


Imagen 32. Plano general sistema

3.2 Plano conexionado sistema boca España

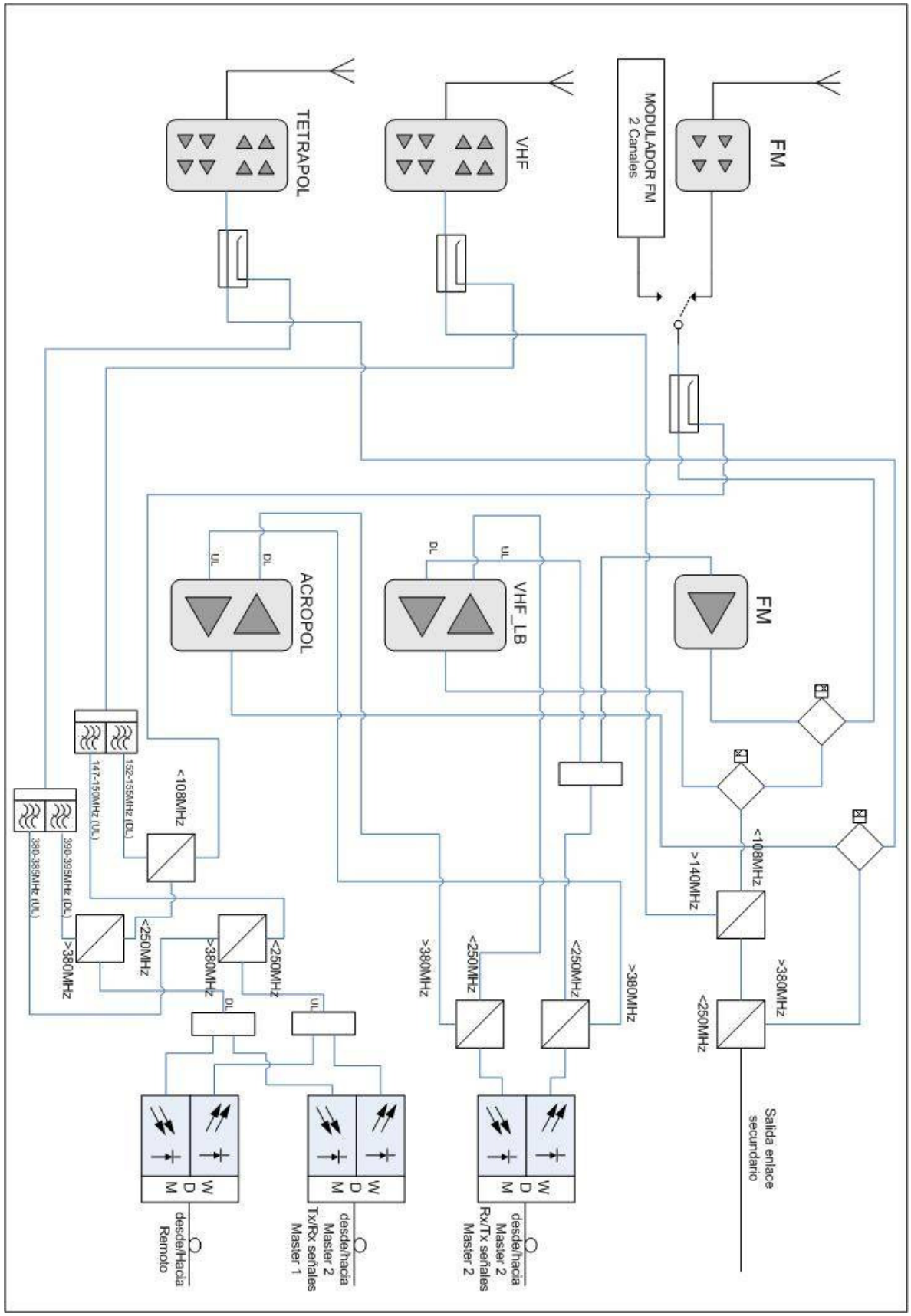


Imagen 33. Plano conexionado sistema España

3.3 Plano sistema de combinación boca España

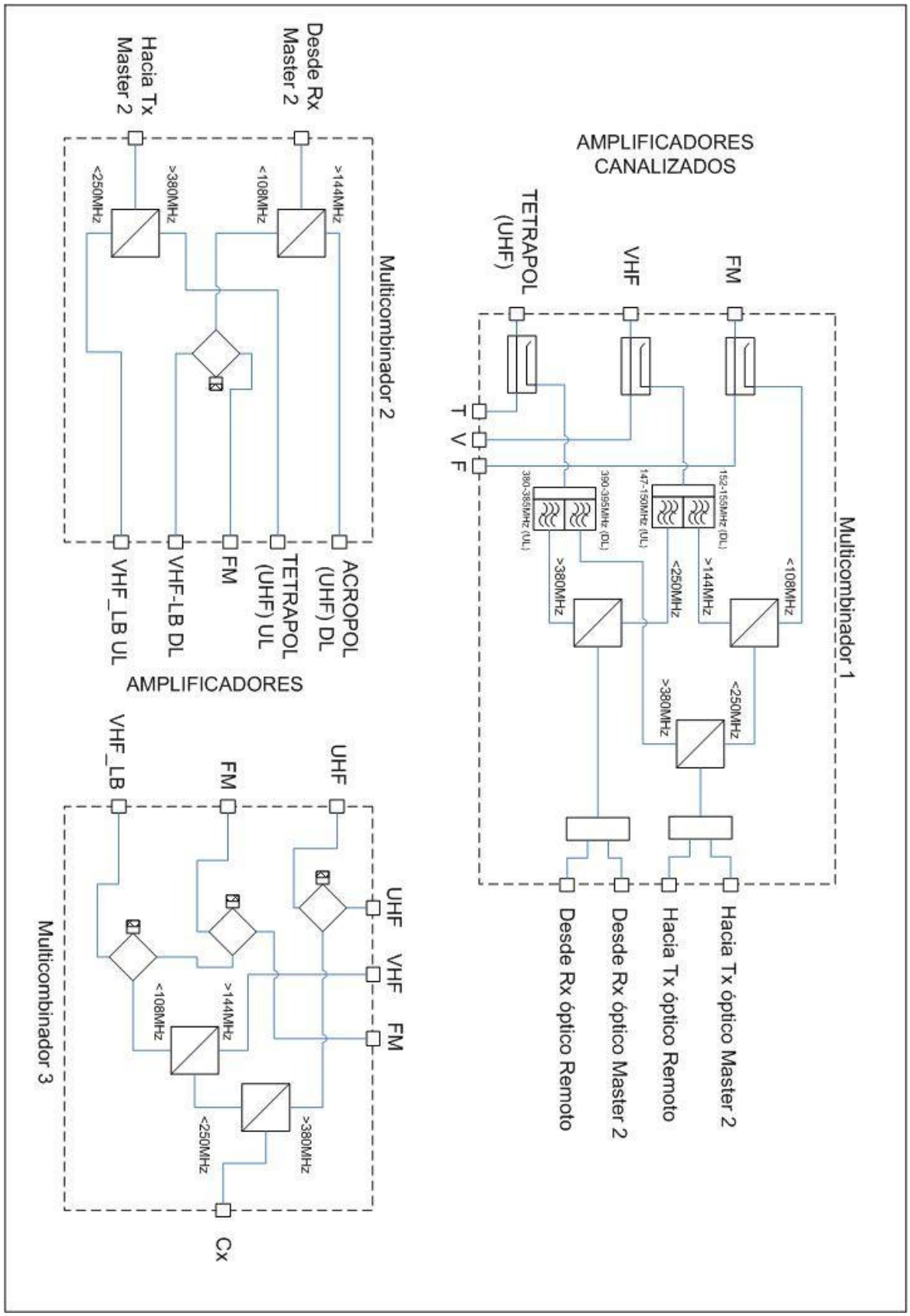


Imagen 34. Esquemas multicombinadores lado español

3.4 Diseño rack boca España

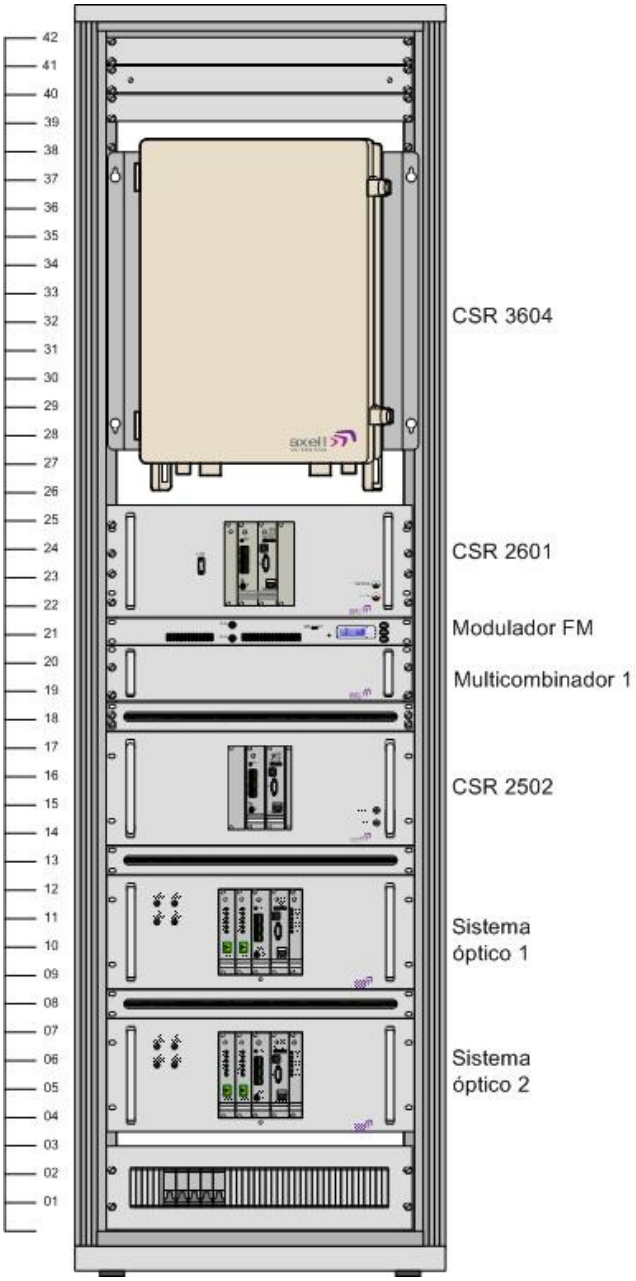


Imagen 36. Rack principal España

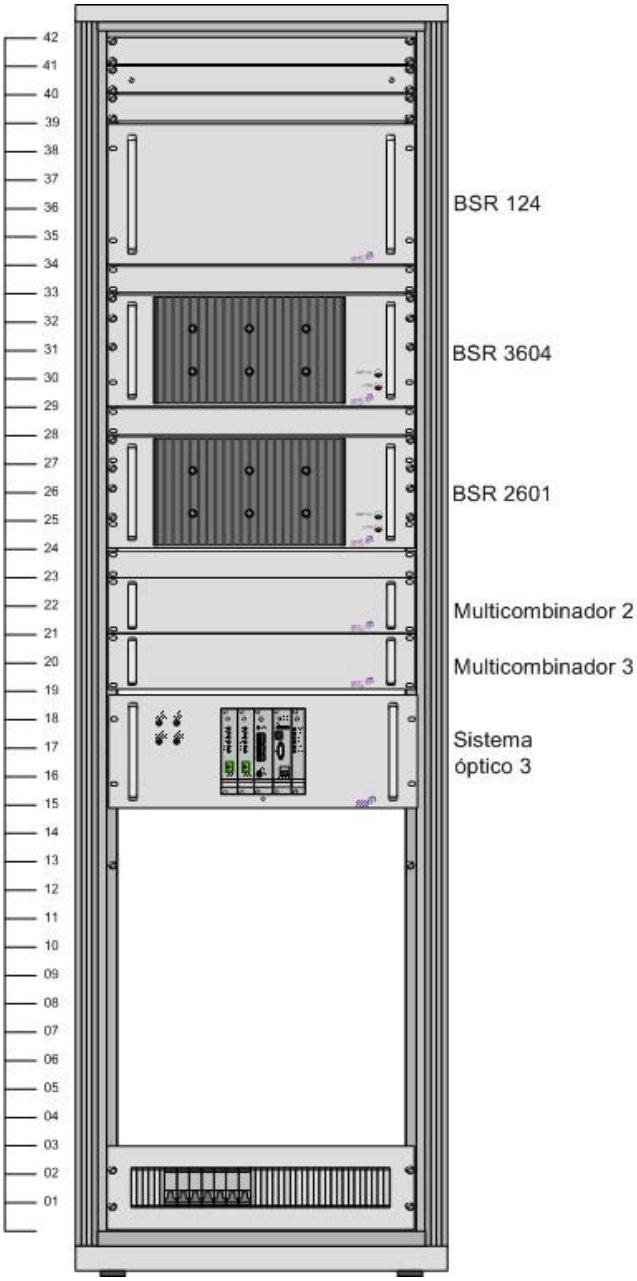


Imagen 35. Rack secundario España

3.5 Plano conexionado sistema remoto

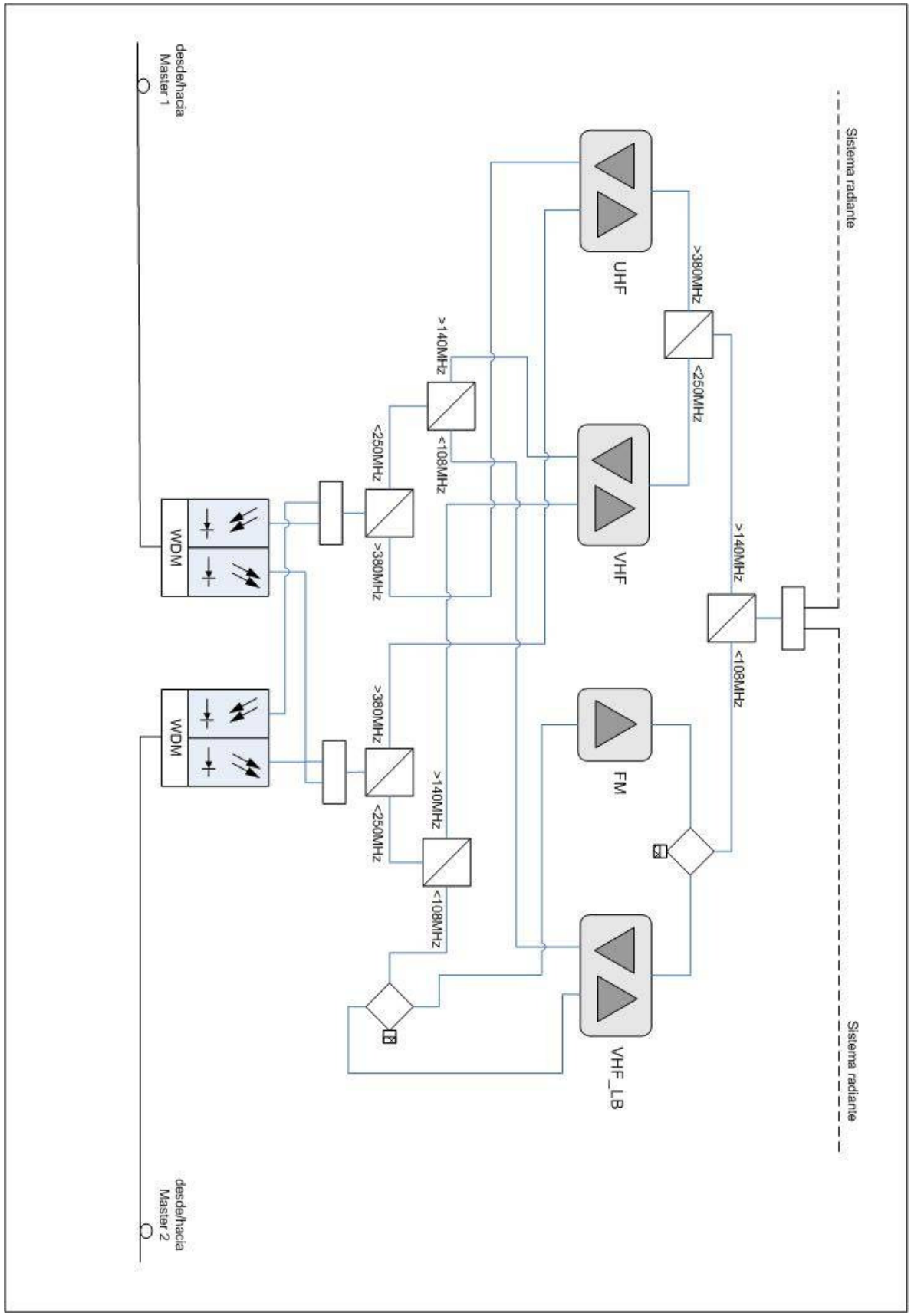


Imagen 37. Esquema conexionado remoto

3.6 Plano sistema de combinación remoto

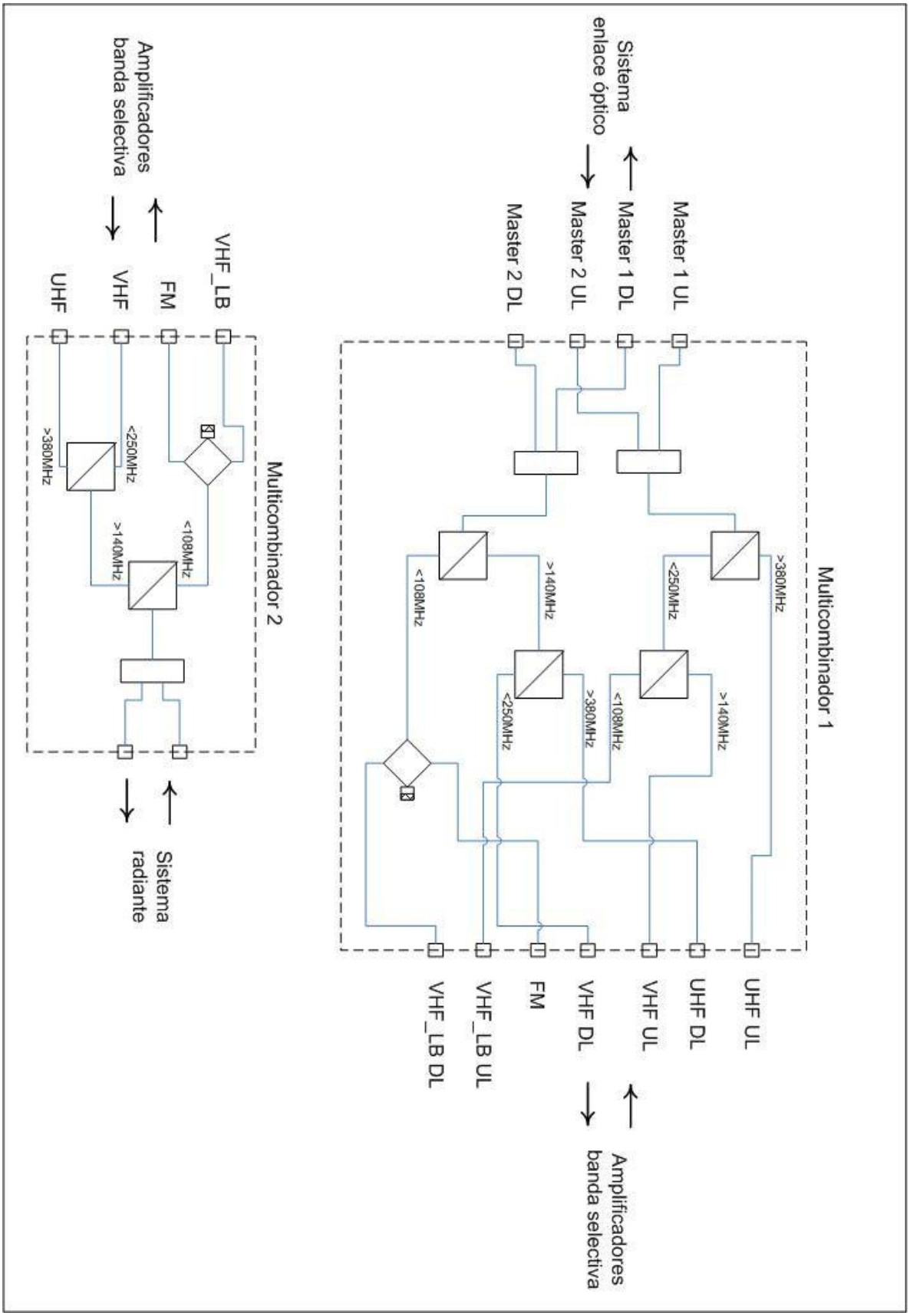


Imagen 38. Esquemas multicombinadores sistema remoto

3.7 Diseño rack remoto

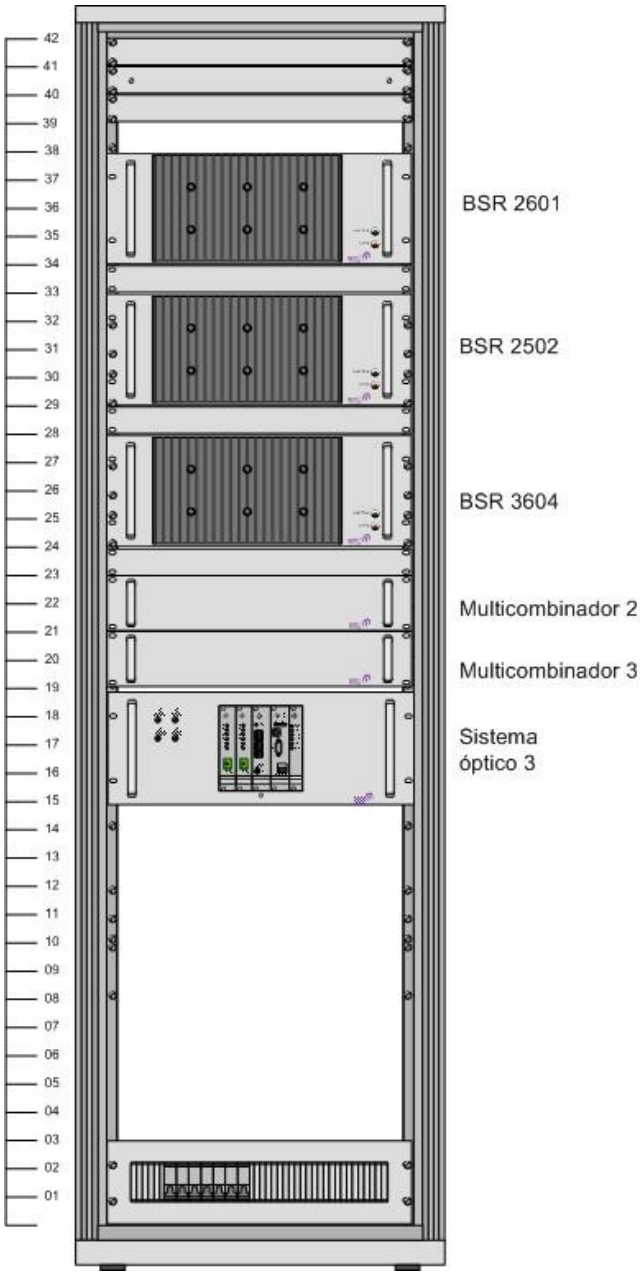


Imagen 39. Rack sistema remoto

3.8 Plano conexionado sistema boca Francia

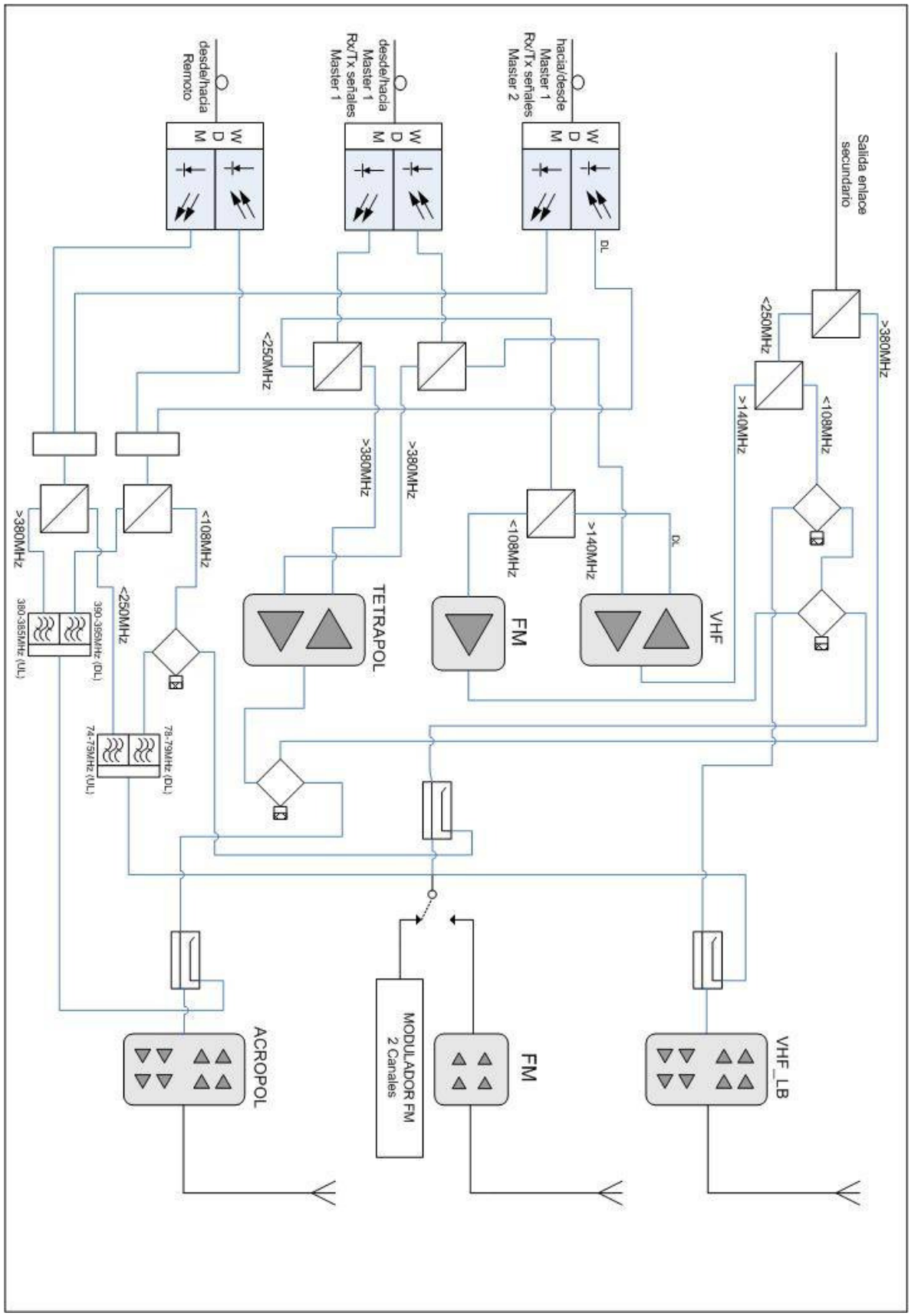


Imagen 40. Esquema conexionado sistema lado francés

3.9 Plano sistema de combinación boca Francia

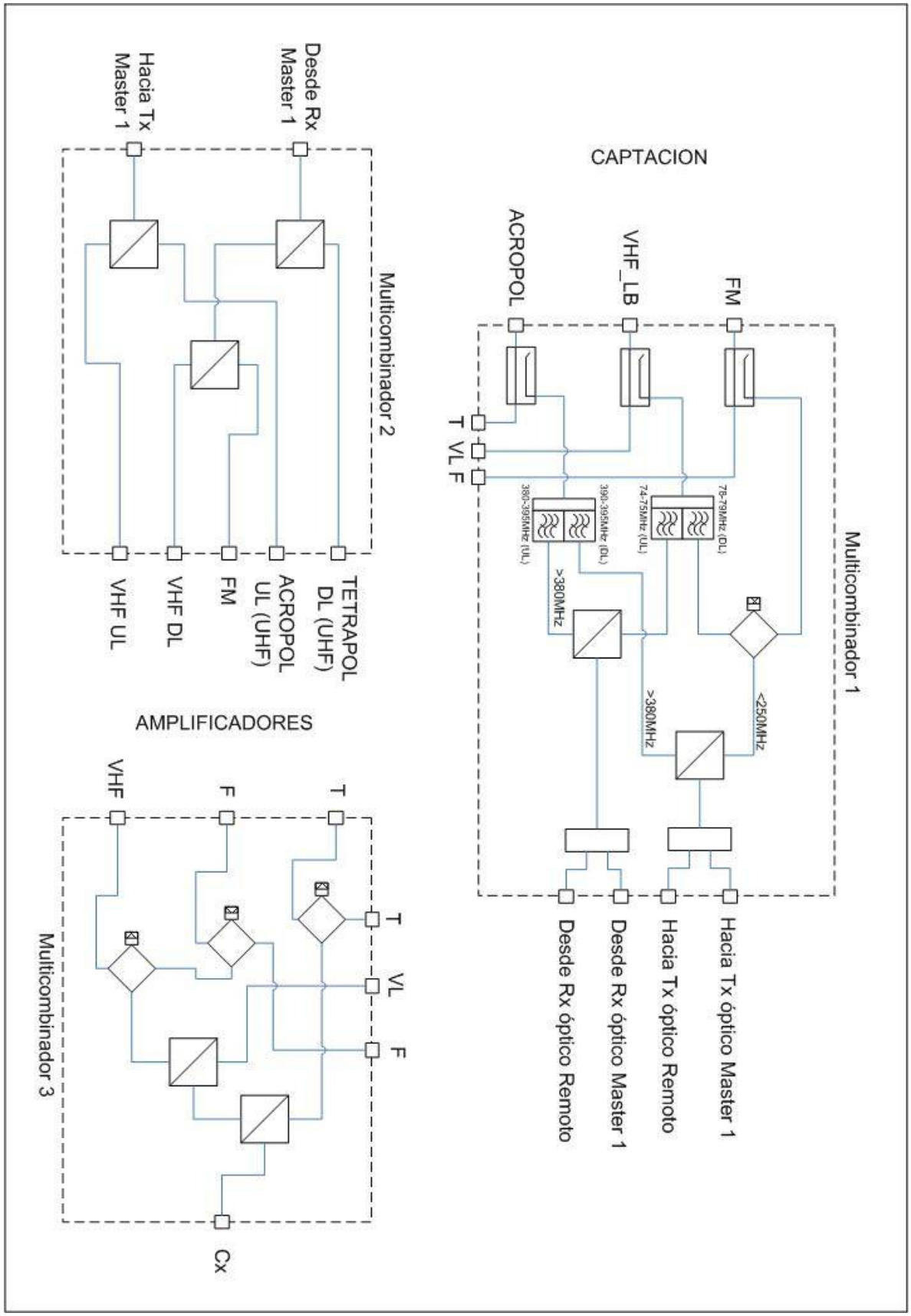


Imagen 41. Esquemas multicombinadores lado Francia

3.10 Diseño rack boca Francia

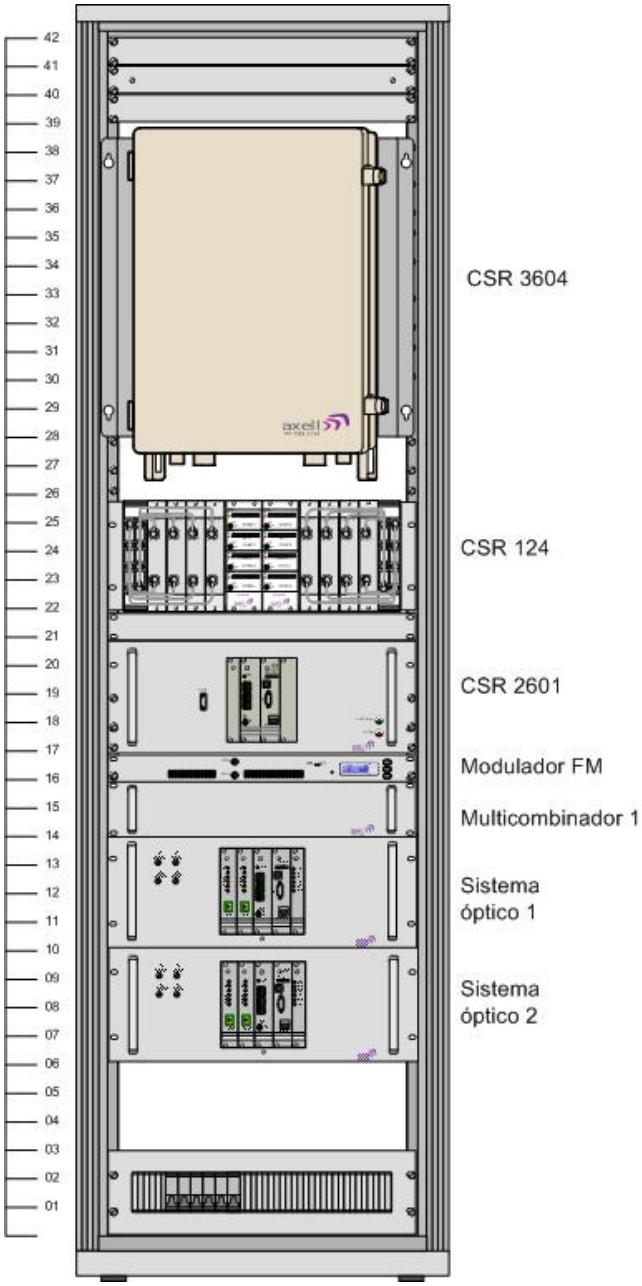


Imagen 42. Rack principal Francia

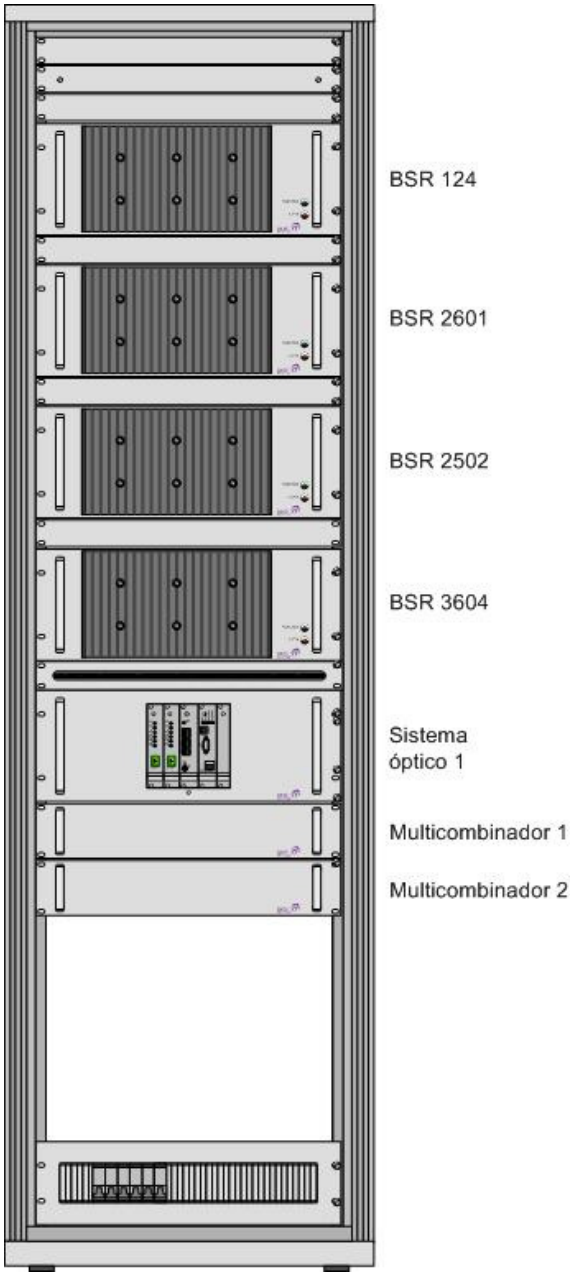


Imagen 43. Rack secundario Francia

ANEXO 4. PRESUPUESTOS

4 PRESUPUESTOS GENERALES

4.1 Presupuesto equipos España

Sistema de captación

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
80010391	Antena logoperiodica banda 380-410MHz	1	481,00 €	481,00 €
Serie FMO	Antena omnidireccional 88-108MHz	1	850,00 €	850,00 €
K520721	Antena yagi 146-174MHz	1	442,00 €	442,00 €
Mano de obra	Mano de obra instalación antenas	1	709,20 €	709,20 €
			Sub-total	2.482,20 €

Enlace principal

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
LCF12-50J	Cable coaxial 1/2" Cellflex	300	2,58 €	774,00 €
Mano obra	Mano de obra instalacion cable coaxial	1	309,60 €	309,60 €
Conector	Conectores N -(hembra y/o macho)	4	6,39 €	25,56 €
			Sub-total	1.109,16 €

Master principal

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
CSR 2601	Amplificador digital canalizado FM	1	14.427,00 €	14.427,00 €
Break-in	Modulador mensajes de emergencia	2	1.612,00 €	3.224,00 €
CSR 2502	Amplificador digital canalizado VHF	1	14.427,00 €	14.427,00 €
CSR 3604	Amplificador digital canalizado UHF	1	13.289,00 €	13.289,00 €
Multi 1	Multicombinador 1	1	6.935,00 €	6.935,00 €
Óptico	Sistema óptico	2	6.494,00 €	12.988,00 €
Rack 19"	Armario 19" más integración equipos	1	2.250,00 €	2.250,00 €
			Sub-total	67.540,00 €

Master secundario

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
BSR 2601	Amplificador banda selectiva FM	1	10.012,00 €	10.012,00 €
BSR 124	Amplificador banda selectiva VHF banda baja	1	15.000,00 €	15.000,00 €
BSR 3604	Amplificador banda selectiva UHF	1	8.000,00 €	8.000,00 €
Multi 2	Multicombinador 2	1	1.836,00 €	1.836,00 €
Multi 3	Multicombinador 3	1	2.256,00 €	2.256,00 €
Optico	Sistema óptico	1	6.494,00 €	6.494,00 €
Rack 19"	Armario 19" más integración equipos	1	2.250,00 €	2.250,00 €
			Sub-total	45.848,00 €

Enlace secundario

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
LCF78-50J	Cable coaxial 7/8" Cellflex	100	3,70 €	370,00 €
07-018005	Acoplador direccional 30dB	1	630,00 €	630,00 €
RSB-78	Clip instalación pared (10uds)	5	7,60 €	38,00 €
Conectores	Conectores 7/8"	1	5,14 €	5,14 €
Mano obra	Mano de obra instalación cable	1	417,26 €	417,26 €
			Sub-total	1.460,40 €

Enlace de fibra óptica

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
EVFTWC	Manguera fibra óptica 8 fibras	1500	0,45 €	675,00 €
Latiguillos	Latiguillos ópticos 1m SC/APC-SC/APC	3	8,00 €	24,00 €
Bandeja	Bandeja conexionado óptico 19"	1	25,00 €	25,00 €
Enfrentadores	Enfrentadores ópticos SC/APC	3	2,50 €	7,50 €
Mano obra	Mano de obra instalación y fusiones	1	292,60 €	292,60 €
			Sub-total	1.024,10 €

TOTAL Equipos boca España 119.463,86 €

Tabla 52. Presupuesto total equipos boca España

4.2 Presupuesto multicombinadores boca España

Multicombinador 1

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-018005	Acoplador direccional 30dB	3	630,00 €	1.890,00 €
TBC	Filtro duplexor VHF	1	700,00 €	700,00 €
16-005004	Filtro duplexor UHF	1	850,00 €	850,00 €
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	2	563,00 €	1.126,00 €
07-002503	Distribuidor simetrico 2 vias	2	653,00 €	1.306,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	6.935,00 €

Multicombinador 2

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	1	563,00 €	563,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	1	210,00 €	210,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	1.836,00 €

Multicombinador 3

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	1	563,00 €	563,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	3	210,00 €	630,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	2.256,00 €

TOTAL multicombinadores boca España 11.027,00 €

Tabla 53. Presupuesto multicombinadores boca España

4.3 Presupuesto sistema remoto

Sistema remoto

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
BSR 2601	Amplificador banda selectiva FM	1	10.012,00 €	10.012,00 €
BSR 2502	Amplificador banda selectiva VHF banda baja	1	11.900,00 €	11.900,00 €
BSR 124	Amplificador banda selectiva VHF banda baja	1	15.000,00 €	15.000,00 €
BSR 3604	Amplificador banda selectiva UHF	1	8.000,00 €	8.000,00 €
Multi 1	Multicombinador 1	1	4.268,00 €	4.268,00 €
Multi 2	Multicombinador 2	1	2.489,00 €	2.489,00 €
Optico	Sistema óptico (redundante)	1	8.000,00 €	8.000,00 €
Latiguillos	Latiguillos ópticos 1m SC/APC-SC/APC	2	8,00 €	16,00 €
Bandeja	Bandeja conexionado óptico 19"	1	25,00 €	25,00 €
Enfrentadores	Enfrentadores ópticos SC/APC	2	2,50 €	5,00 €
Rack 19"	Armario 19" más integración equipos	1	2.250,00 €	2.250,00 €

TOTAL sistema remoto 61.965,00 €

Tabla 54. Presupuesto sistema remoto

4.4 Presupuesto multicombinadores sistema remoto

Multicombinador 1

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	2	563,00 €	1.126,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	2	563,00 €	1.126,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	1	210,00 €	210,00 €
07-002503	Distribuidor simetrico 2 vias	2	653,00 €	1.306,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	4.268,00 €

Multicombinador 2

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	1	563,00 €	563,00 €
07-002503	Distribuidor simetrico 2 vias	1	653,00 €	653,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	1	210,00 €	210,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	2.489,00 €

TOTAL multicombinadores remotos 6.757,00 €

Tabla 55. Presupuesto multicombinadores sistema remoto

4.5 Presupuesto cable radiante

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
RLK114-50JFNA	Cable radiante 1-1/4"	3000	10,85 €	32.535,00 €
RA114	Grapas plásticas retardantes 10uds	250	7,90 €	1.975,00 €
RA78	Grapas metalicas	25	1,17 €	29,25 €
716FRA78	Conectores	50	26,00 €	1.300,00 €
Mano obra	Mano de obra instalación	1	7.167,85 €	7.167,85 €

TOTAL sistema radiante túnel 43.007,10 €

Tabla 56. Presupuesto cable radiante

4.6 Presupuesto equipos Francia

Sistema de captación

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
80010391	Antena logoperiodica banda 380-410MHz	1	481,00 €	481,00 €
Serie FMO	Antena omnidireccional 88-108MHz	1	850,00 €	850,00 €
K531741	Antena yagi 68-87,5MHz	1	1.030,00 €	1.030,00 €
Mano de obra	Mano de obra instalación antenas	1	944,40 €	944,40 €
			Sub-total	3.305,40 €

Enlace principal

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
LCF12-50J	Cable coaxial 1/2" Cellflex	300	2,58 €	774,00 €
Mano obra	Mano de obra instalacion cable coaxial	1	309,60 €	309,60 €
Conector	Conectores N -(hembra y/o macho)	4	6,39 €	25,56 €
			Sub-total	1.109,16 €

Master principal

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
CSR 2601	Amplificador digital canalizado FM	1	14.427,00 €	14.427,00 €
Break-in	Modulador mensajes de emergencia	2	1.612,00 €	3.224,00 €
CSR 2502	Amplificador digital canalizado VHF	1	14.427,00 €	14.427,00 €
CSR 3604	Amplificador digital canalizado UHF	1	13.289,00 €	13.289,00 €
Multi 1	Multicombinador 1	1	6.935,00 €	6.935,00 €
Optico	Sistema óptico	2	6.494,00 €	12.988,00 €
Rack 19"	Armario 19" más integración equipos	1	2.250,00 €	2.250,00 €
			Sub-total	67.540,00 €

Master secundario

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
BSR 2601	Amplificador banda selectiva FM	1	10.012,00 €	10.012,00 €
BSR 124	Amplificador banda selectiva VHF banda baja	1	15.000,00 €	15.000,00 €
BSR 3604	Amplificador banda selectiva UHF	1	8.000,00 €	8.000,00 €
Multi 2	Multicombinador 2	1	1.836,00 €	1.836,00 €
Multi 3	Multicombinador 3	1	2.256,00 €	2.256,00 €
Optico	Sistema óptico	1	6.494,00 €	6.494,00 €
Rack 19"	Armario 19" más integración equipos	1	2.250,00 €	2.250,00 €
			Sub-total	45.848,00 €

Enlace secundario

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
LCF78-50J	Cable coaxial 7/8" Cellflex	100	3,70 €	370,00 €
07-018005	Acoplador direccional 30dB	1	630,00 €	630,00 €
RSB-78	Clip instalación pared (10uds)	5	7,60 €	38,00 €
Conectores	Conectores 7/8"	1	5,14 €	5,14 €
Mano obra	Mano de obra instalación cable	1	417,26 €	417,26 €
			Sub-total	1.460,40 €

Enlace de fibra óptica

Referencia	Concepto	Ud	Precio	Total
EVFTWC	Manguera fibra óptica 8 fibras	1500	0,45 €	675,00 €
Latiguillos	Latiguillos ópticos 1m SC/APC-SC/APC	3	8,00 €	24,00 €
Bandeja	Bandeja conexionado óptico 19"	1	25,00 €	25,00 €
Enfrentadores	Enfrentadores ópticos SC/APC	3	2,50 €	7,50 €
Mano obra	Mano de obra instalación y fusiones	1	292,60 €	292,60 €
			Sub-total	1.024,10 €

TOTAL Equipos boca España 120.287,06 €

Tabla 57. Presupuesto total equipos boca Francia

4.7 Presupuesto multicombinadores boca Francia

Multicombinador 1

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-018005	Acoplador direccional 30dB	3	630,00 €	1.890,00 €
TBCLB	Filtro duplexor VHF banda baja	1	1.500,00 €	1.500,00 €
16-005004	Filtro duplexor UHF	1	850,00 €	850,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	1	210,00 €	210,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	2	563,00 €	1.126,00 €
07-002503	Distribuidor simetrico 2 vias	2	653,00 €	1.306,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	7.382,00 €

Multicombinador 2

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	2	563,00 €	1.126,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	2.189,00 €

Multicombinador 3

Referencia	Concepto	Ud	Oferta	Total
07-005704	Acoplador banda cruzada FM/VHF	1	563,00 €	563,00 €
07-005701	Acoplador banda cruzada VHF/UHF	1	563,00 €	563,00 €
05-000101	Acoplador hibrido 3dB	3	210,00 €	630,00 €
Band_19"	Montaje bandeja 19"	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	2.256,00 €

TOTAL multicombinadores remotos 11.827,00 €

Tabla 58. Presupuesto multicombinadores boca Francia

4.8 Presupuesto TOTAL

El coste total del sistema estará compuesto por la suma de las siguientes partidas:

- Sistema de radiocomunicaciones boca España. Precio: 130.490,88€
- Sistema de radiocomunicaciones sistema remoto. Precio: 68.722,00€
- Sistema de radiocomunicaciones boca Francia. Precio: 132.144,06€
- Sistema radiante cobertura interior del túnel. Precio: 43.007,10

TOTAL: 374.334,01€