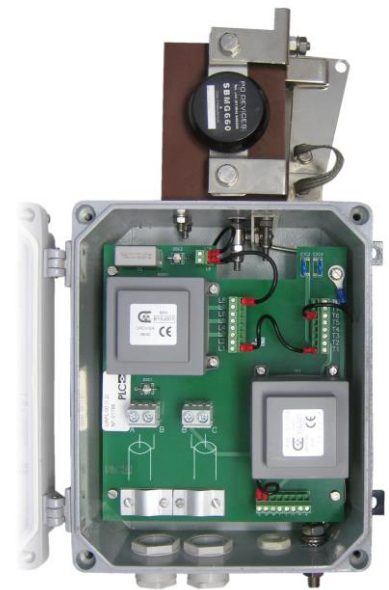


# UNIDAD DE ACOPLAMIENTO PARA SISTEMAS DE OP SOBRE LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN



## DESCRIPCIÓN UAM-4

V09 - Junio 2020

M0UAM42006Ev09

ZIV  
Carrer de les Ciències, 149-151  
08908 l'Hospitalet de Llobregat,  
Barcelona-Spain

Tel.: +34 933 490 700  
Fax: +34 933 492 258  
Mail to: [ziv@zivautomation.com](mailto:ziv@zivautomation.com)

[www.zivautomation.com](http://www.zivautomation.com)

## ÍNDICE

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 CONSTITUCIÓN	4
1.2.1 Elementos de protección	5
1.2.2 Elementos de sintonía	5
1.2.3 Unidad de adaptación	5
1.3 VERSIONES DE LA UAM-4	6
1.4 CIRCUITOS HÍBRIDOS	6
1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	8
1.5.1 Características eléctricas	8
1.5.2 Elementos de protección	9
1.5.3 Características mecánicas	10
2 ACOPLAMIENTO A LÍNEA	11
3 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	14
3.1 RECOMENDACIONES PREVIAS A LA INSTALACIÓN	14
3.2 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO	15
4 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	16
4.1 INSTALACIÓN	16
4.1.1 Acoplamiento fase-tierra	17
4.1.2 Acoplamiento fase-fase	19
4.1.3 Acoplamiento trifásico	22
4.2 PUESTA EN SERVICIO	24
4.2.1 Sintonía	24
4.2.2 Adaptación de impedancias	36
APÉNDICE A	
MÉTODO DE MEDIDA DE LA ATENUACIÓN COMPUESTA Y DE REFLEXIÓN	38

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

Las unidades de acoplamiento permiten, con ayuda de los condensadores de acoplo, la transmisión de ondas portadoras sobre líneas de alta tensión, ofreciendo al mismo tiempo una eficaz protección para los equipos y el personal contra los efectos de la tensión a frecuencia industrial y de las sobretensiones transitorias.

La unidad UAM-4 se utiliza para el acoplamiento de los terminales de onda portadora (OP) a una fase de las líneas de alta tensión, realizando las siguientes funciones:

- Sintonización del condensador de acoplamiento para compensar la parte reactiva de la impedancia de acoplamiento, de forma que se favorezca la transmisión de las señales a las frecuencias portadoras.
- Adaptación de impedancias entre la línea de alta tensión y el equipo de comunicación, permitiendo adaptación a impedancias de línea muy bajas como es el caso de los cables subterráneos.
- Limitación de las sobretensiones procedentes de la línea, drenaje a tierra de la corriente a frecuencia industrial, y puesta a tierra del grupo de acoplamiento para la protección del personal.

Existen dos versiones de la UAM-4. En la versión UAM-4, los elementos de protección están instalados en el exterior de la caja. La versión UAM-4/D, además, respecto a la anterior, incorpora un descargador de estado sólido.

Las unidades UAM-4 pueden utilizarse indistintamente en acoplamientos fase-tierra, fase-fase o trifásicos. El acoplamiento fase-tierra se realiza con una unidad. Para el acoplamiento fase-fase se utilizan dos unidades UAM-4 conectadas mediante un transformador diferencial con función de circuito híbrido. Si no es necesario garantizar la continuidad del enlace bajo el fallo de una fase, la conexión puede hacerse en paralelo, con un simple cable coaxial. No obstante, la conexión en paralelo podría no ser adecuada para impedancias de línea muy bajas, como es el caso de los cables subterráneos y, en ese caso, podría ser necesaria la utilización de un transformador diferencial.

Para el acoplamiento trifásico se necesitan tres unidades UAM-4 y dos circuitos híbridos.

## 1.2 CONSTITUCIÓN

La unidad de acoplamiento está constituida por tres bloques básicos que contienen respectivamente los elementos de protección, los de sintonía y los de adaptación de impedancia. Su esquema eléctrico está representado en la Figura 1.

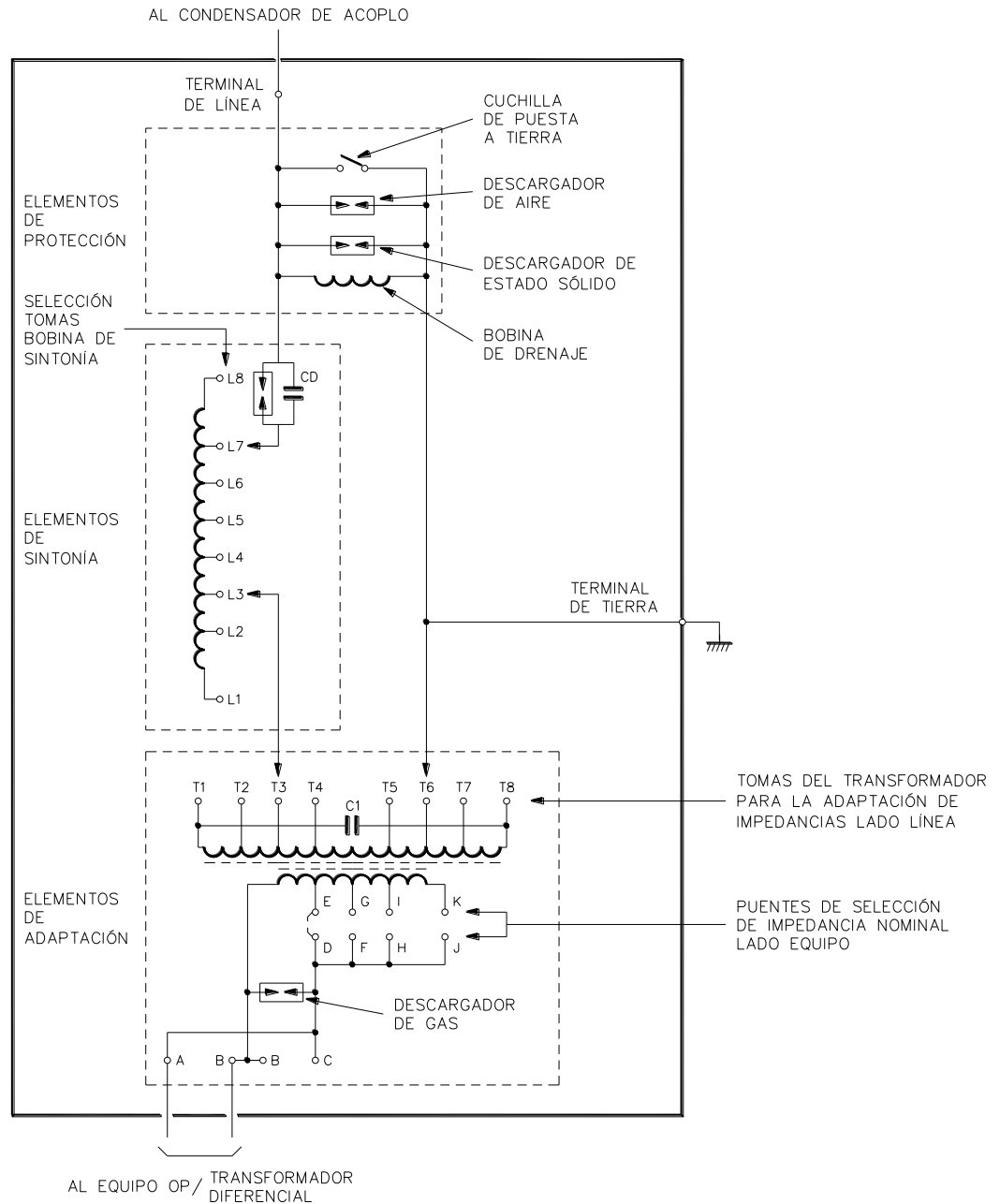


Figura 1 Esquema eléctrico de una unidad de acoplamiento UAM-4

## 1.2.1 Elementos de protección

Lado línea, están constituidos por la bobina de drenaje, el seccionador o cuchilla de puesta a tierra, el descargador de aire y el descargador de estado sólido. En la versión UAM-4, este último no está incluido.

Lado equipo, está constituido por un descargador de gas conectado entre los bornes del secundario del transformador de aislamiento. El propósito de este descargador es proteger a los equipos de OP.

La bobina de drenaje está realizada en secciones múltiples para reducir la capacidad distribuida y su núcleo es de aire para evitar la intermodulación producida por saturación. En la versión UAM-4 y UAM-4/D realiza, además, la función de aislador-atravesador. Está moldeada en un bloque de resina epoxy que, en la versión UAM-4 y UAM-4/D, es al mismo tiempo el soporte de la cuchilla de puesta a tierra.

## 1.2.2 Elementos de sintonía

Los elementos de sintonía de las unidades de acoplamiento UAM-4 están constituidos por dos circuitos resonantes que adquieren la configuración de filtro paso-banda. El primero de ellos está formado por la inductancia de dispersión del transformador adaptador de impedancias y un condensador conectado entre los bornes del devanado lado línea de éste. El otro está constituido por la inductancia de sintonía, variable a saltos, y el condensador de acoplo.

Según las Recomendaciones CEI 481, el ancho de banda se define como la banda de frecuencias dentro de la cual la atenuación compuesta es inferior a 2 dB y la de reflexión es mayor o igual a 12 dB. Esta condición es más restrictiva, puesto que normalmente la atenuación compuesta en los puntos con atenuación de reflexión de 12 dB es inferior a 1 dB. El ancho de banda aumenta con la frecuencia, el valor de la capacidad del condensador de acoplo y la impedancia de línea. La bobina de sintonía está provista de 8 tomas para sintonizar el condensador de acoplo a diferentes frecuencias.

## 1.2.3 Unidad de adaptación

La unidad de adaptación está constituida por el transformador de aislamiento, que adapta la impedancia primaria del acoplamiento fase-tierra, lado línea, a la secundaria, lado equipo. El devanado primario está referido a tierra, mientras que el secundario está equilibrado.

# UAM-4

La adaptación a la impedancia de línea se realiza mediante las tomas del devanado primario, que permiten seleccionar uno de los 17 valores nominales de impedancia de línea disponibles. Para adaptar la impedancia de equipo se utiliza uno de los cuatro puentes del secundario.

## 1.3 VERSIONES DE LA UAM-4

Según la disposición de los elementos de protección, las unidades de acoplamiento se presentan en las dos versiones siguientes:

UAM-4 Utiliza una caja de aluminio fundido para montaje exterior de un único compartimento. La bobina de drenaje está montada en el exterior de la caja, junto con la cuchilla de puesta a tierra.

UAM-4/D Es idéntica a la anterior con la excepción de que incluye un descargador de estado sólido (véase Figura 2).

## 1.4 CIRCUITOS HÍBRIDOS

La conexión de las UAM-4 utilizadas para realizar un acoplamiento a dos o tres fases se hace, respectivamente, mediante uno o dos transformadores diferenciales funcionando como circuito híbrido. El uso de dichos circuitos permite diseñar enlaces tolerantes a fallos, de forma que el fallo de una o más fases únicamente introduce una moderada atenuación adicional en el enlace.

El circuito híbrido está constituido por un transformador diferencial, con una relación de transformación  $1:\sqrt{2}$  entre el primario y el secundario, y una resistencia, cuyo valor es la mitad de la resistencia nominal del equipo, conectada entre la toma central del devanado secundario y el borne donde se conecta la pantalla de los cables coaxiales. Esta resistencia sólo disipa potencia cuando falla alguna de las fases utilizadas.

# UAM-4

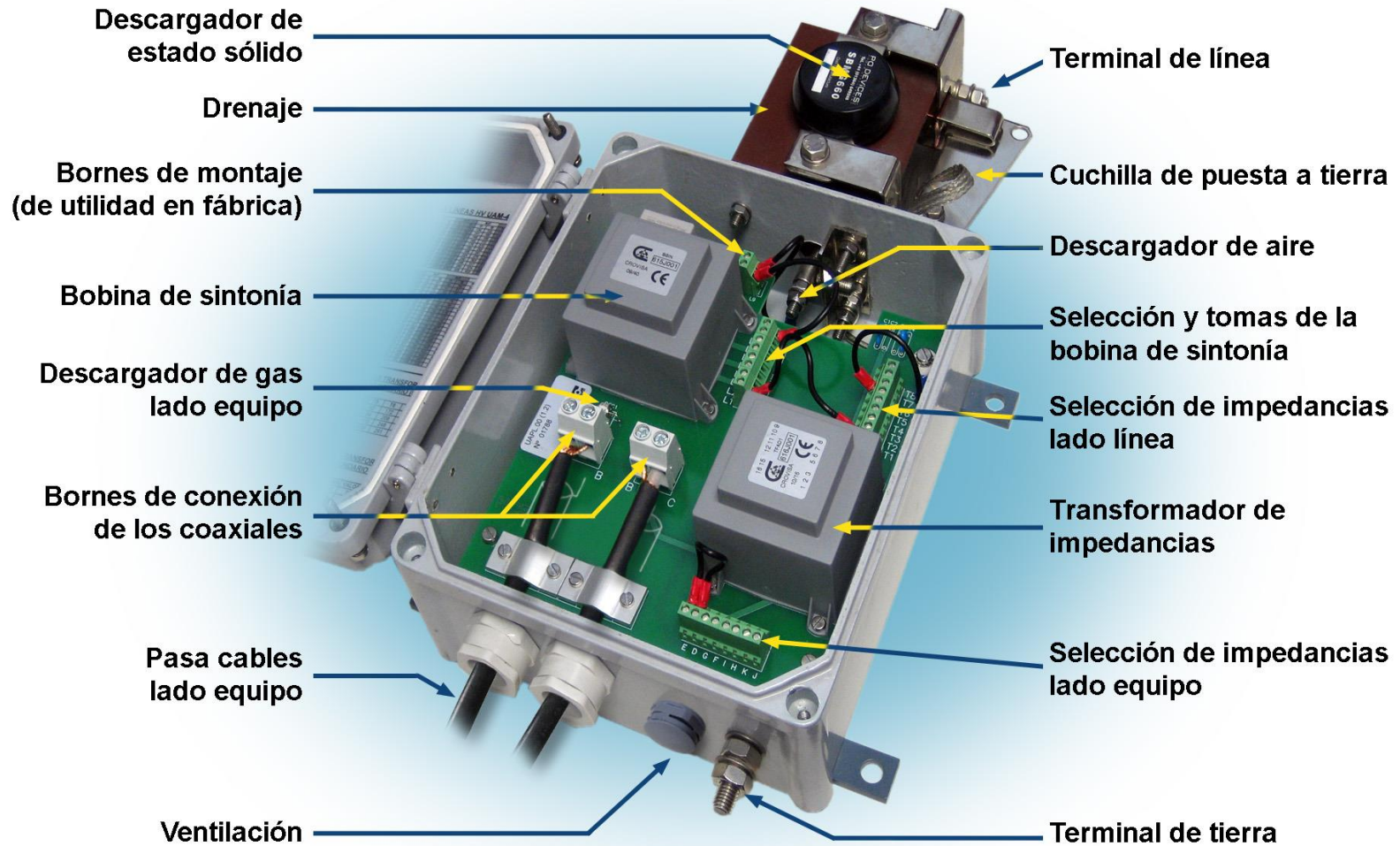


Figura 2 Unidad de acoplamiento UAM-4/D

## 1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### 1.5.1 Características eléctricas

Margen de frecuencias	40 ÷ 500 kHz
Capacidad del condensador de acoplo	2 ÷ 10 nF
Potencia nominal (p.e.p.)	400 W para dos tonos
Impedancia nominal	
Lado equipo	75, 125, 150 y 250 $\Omega$ , seleccionable mediante puentes. Otras impedancias bajo demanda.
Lado línea	25 a 750 $\Omega$ , seleccionable por conexión de tomas
Distorsión e intermodulación	80 dB por debajo del nivel correspondiente a la potencia nominal (CEI 481, cláusula 9.6)
Ancho de banda (correspondiente a una atenuación de reflexión >12 dB y a atenuación compuesta <2 dB)	Ver figuras del apartado 4.2.1, <i>Sintonía</i>
Aislamiento a frecuencia industrial	>5 kV <sub>ef</sub> (CEI 481, cláusula 8.1)
Aislamiento al choque	>2 kV <sub>ef</sub> (CEI 481, cláusula 8.2)
Aislamiento entre los terminales de conexión de la unidad UAM-4 y chasis	>1,5 kV <sub>ef</sub> /50 Hz



## 1.5.2 Elementos de protección

### Descargador de aire

Tensión de cebado nominal	1 kV <sub>ef</sub>
Corriente de descarga	>5 kA (8/20 μs)

### Descargador de estado sólido (no incluido en versión UAM-4)

Modelo	SBMG660
Tensión nominal	660 V <sub>ef</sub>
Corriente de descarga	5 kA (8/20 μs)

### Descargador de gas lado equipo

Modelo	CG2-350L
Tensión nominal	350 V <sub>ef</sub>
Corriente de descarga	20 kA (8/20 μs)

### Bobina de drenaje

Impedancia	
de 40 kHz a 65 kHz	≥5 kΩ
de 65 kHz a 500 kHz	≥8 kΩ
Inductancia nominal	26 mH
Resistencia nominal	7 Ω
Impedancia máxima a frecuencia industrial	13 Ω
Capacidad de drenaje de corriente a frecuencia industrial	1 A <sub>ef</sub> en permanencia. 50 A <sub>ef</sub> durante 0,2 s

### Seccionador de puesta a tierra

Corriente de drenaje en permanencia	150 A <sub>ef</sub>
-------------------------------------	---------------------

# UAM-4

## 1.5.3 Características mecánicas

Fijación	Mediante cuatro taladros de 8,5 mm de diámetro
Conexión a línea (condensador acoplo)	Mediante espárrago M8
Conexión lado equipo de OP	Mediante prensaestopas tipo PG-21, apto para cables de diámetro entre 9 y 18 mm
Conexión a tierra	Mediante espárrago M10
Bornes de selección de tomas	Internos. Aptos para cables de 0,3 a 1 mm <sup>2</sup> de sección
Bornes de conexión lado equipo	Internos. Aptos para conductores flexibles de 0,5 a 10 mm <sup>2</sup> y conductores rígidos de 0,5 a 16 mm <sup>2</sup>
Ventilación	Mediante un orificio con dispositivo tipo TVMP01UH
Grado de protección IP	Según IP54 UNE 20.324-93
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25°C a +60°C
Acabado	Pintura a base de polvo poliéster para exterior, color gris metalizado (Ref. B-8515 de BJC)
Dimensiones	
UAM-4 y UAM-4/D	Altura: 264 mm; Anchura: 214 mm; Profundidad: 132 mm
Peso	
UAM-4/D	6,5 kg

## 2 ACOPLAMIENTO A LÍNEA

Los principales tipos de acoplamiento a la línea utilizados actualmente son el acoplamiento fase-tierra, el fase-fase y el acoplamiento trifásico. Seguidamente se hará una breve descripción de los mismos.

El acoplamiento fase-tierra es el más sencillo y el que requiere menor cantidad de equipamiento, por lo que es ampliamente utilizado en líneas cortas o en enlaces que no requieren elevada fiabilidad en presencia de faltas en la línea. En este tipo de acoplamiento, el equipo de OP se conecta entre un conductor de fase y tierra, por lo que únicamente se requiere un condensador de acoplo, una bobina de bloqueo y una unidad de acoplamiento en cada extremo del enlace. A pesar de realizar el acoplamiento únicamente en una fase, los restantes conductores también se hallan implicados en la transmisión, lo que permite reducir la atenuación debida a las pérdidas en la tierra a la frecuencia portadora. A pesar de ello, es el acoplamiento que presenta mayor atenuación, y el menos fiable en caso de falta en la fase implicada.

En el acoplamiento fase-fase las señales inyectadas en las dos fases son iguales pero están en contrafase. Con ello se consigue repartir la potencia emitida por igual entre las dos fases utilizadas. Este modo de transmisión reduce la atenuación a frecuencias portadoras. El inconveniente que presenta este tipo de acoplamiento es la necesidad de utilizar el doble de equipamiento que en un fase-tierra.

Para inyectar las señales en las fases puede utilizarse un transformador diferencial funcionando como circuito híbrido (véase Figura 3). Con ello se aíslan entre sí las fases, lo que aumenta la fiabilidad del enlace. En este caso se habla de un acoplamiento fase-fase con conexión a través de transformador diferencial. Al producirse una falta en uno de los conductores utilizados el restante funciona como un acoplamiento fase-tierra aunque con una atenuación adicional de 6 dB.

Si no es necesaria esta mayor fiabilidad la conexión puede hacerse empleando un simple cable, hablándose entonces de un acoplamiento fase-fase con conexión en paralelo. No obstante, para impedancias de línea muy bajas, como es el caso de los cables subterráneos, la conexión en paralelo podría no ser adecuada y, en ese caso, ser necesaria la utilización de un transformador diferencial.

El acoplamiento trifásico consiste en la inyección de la potencia de las señales de AF dentro de los tres conductores de la línea, la mitad dentro del conductor central y la otra mitad distribuida por igual entre los conductores exteriores (véase Figura 4).

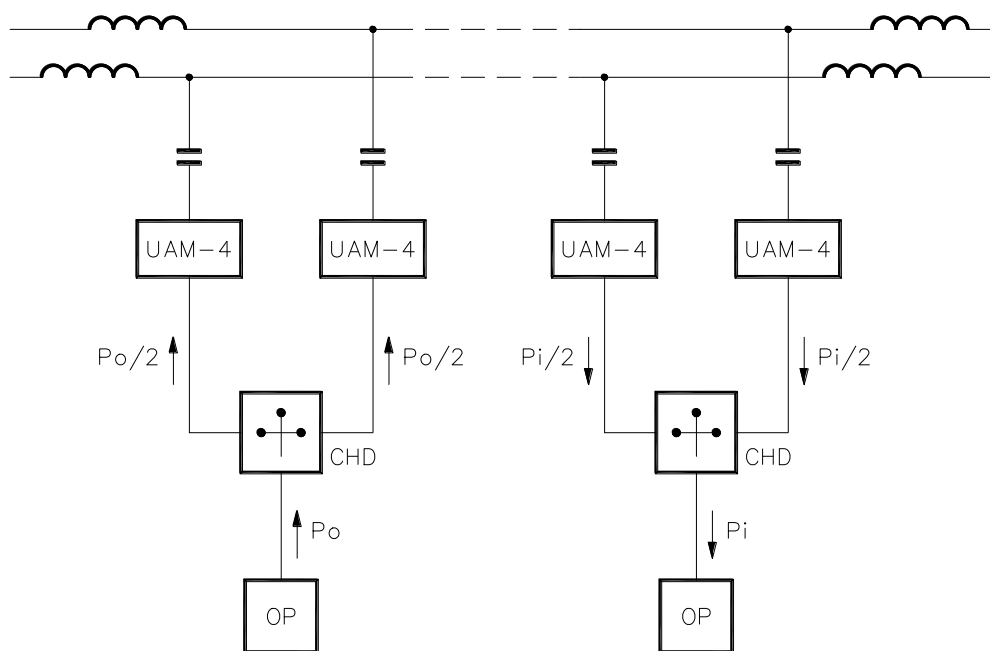


Figura 3 Acoplamiento fase-fase con conexión a través de transformador diferencial

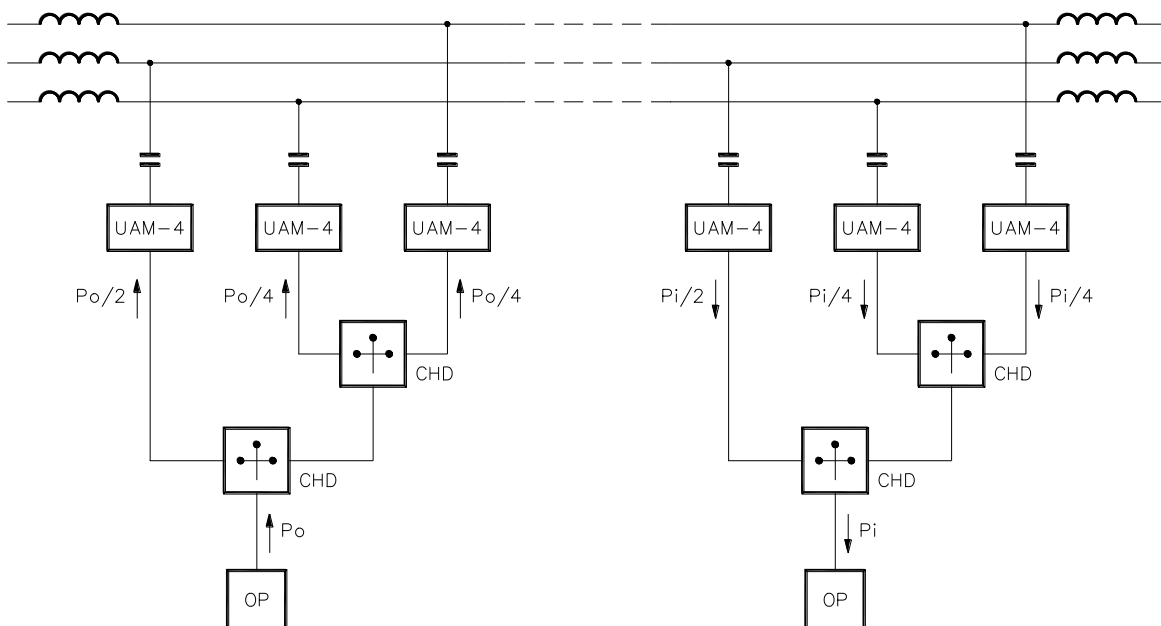


Figura 4 Acoplamiento trifásico

## UAM-4

Este tipo de acoplamiento tiene la ventaja de ser el que presenta menor atenuación y de permitir el mantenimiento de la comunicación en caso de defecto de una o dos fases de la línea. La atenuación adicional depende de la fase o fases involucradas, y varía ligeramente según se trate de una interrupción, de un cortocircuito o de ambos. De forma aproximada se puede decir que un fallo de la fase central o de las dos fases exteriores provoca una atenuación suplementaria de 6 dB, mientras que el fallo de una fase exterior da lugar a un aumento de la atenuación de 2,5 dB y el de la fase central y una exterior de 12 dB.



- !
1. La instalación de las unidades de acoplamiento en una subestación de Alta Tensión está sujeta, de modo genérico, al cumplimiento de todas las medidas de seguridad y de prevención de riesgos laborales que para este entorno de trabajo tenga establecida la compañía eléctrica usuaria de estos dispositivos. Así, únicamente el personal cualificado y designado por la compañía propietaria debe llevar a cabo la instalación y manipulación de las unidades de acoplamiento.
  2. La unidad de acoplamiento debe ser instalada en un lugar próximo al condensador de acoplo, evitando largos trayectos del cable de unión entre ambos. También es recomendable que el lugar sea fácilmente accesible al personal de mantenimiento.
    - a. El cable de conexión entre la unidad de acoplamiento y el equipo de OP debe ser adecuado para la impedancia característica de este último y en consonancia con los ajustes y predisposiciones de la unidad de acoplamiento. Generalmente, estos cables son de tipo coaxial, de 75 ó 50  $\Omega$  de impedancia característica, y con la protección adecuada para el trayecto que siguen (en la mayoría de los casos son subterráneos).
    - b. En los casos de acoplamiento Fase-Fase con utilización de circuito híbrido se recomienda que el cable coaxial de conexión entre ambas unidades Fase-Tierra y el circuito híbrido sea de igual longitud y de impedancia característica adecuada a la impedancia lado equipo de las mismas.
  3. Si la instalación se realiza en una línea SIN TENSIÓN deberán observarse las recomendaciones generales típicas de cualquier producto eléctrico ubicado en subestaciones así como las particulares de cada compañía.
  4. Si la línea está EN TENSIÓN deberán considerarse los puntos siguientes:
    - a. Puesta a tierra del condensador de acoplo.
    - b. Instalación de la unidad de acoplamiento (incluyendo la conexión con el condensador de acoplo **y la conexión a tierra del borne correspondiente**) siguiendo las recomendaciones indicadas en el punto 3.
    - c. Asegurarse de que el seccionador de puesta a tierra de la unidad de acoplamiento esté cerrado.
    - d. Liberar la conexión realizada en el apartado 4a.
  5. Para el funcionamiento normal de la unidad de acoplamiento el seccionador de puesta a tierra debe permanecer abierto.

## 3.2 RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO

Para la realización de cualquier ajuste y prueba de la unidad de acoplamiento tener en cuenta los puntos siguientes:

- !
1. Comprobar que la unidad de acoplamiento **esté conectada a tierra** a través de su terminal de tierra (espárrago M10).
  2. Cierre del seccionador de puesta a tierra que incorpora la unidad. Las unidades de acoplamiento NO deben ser manipuladas EN TENSION sin antes haber tomado esta precaución.
  3. Ajuste del equipo. Un ábaco, situado en el interior de la tapa de la unidad de acoplamiento, muestra las conexiones a realizar para las condiciones típicas de funcionamiento. Suponiendo una impedancia de línea de  $300 \Omega$ , y conocido el valor de la impedancia del equipo, se realizarán los puentes y predisposiciones en función del valor del ábaco más cercano al del condensador de acoplamiento.
  4. Una vez realizados los ajustes necesarios, deberá abrirse el seccionador de puesta a tierra para proceder con las mediciones o pruebas a realizar. En el Apéndice A se explican los métodos de medida de la atenuación compuesta y de reflexión.

Para el caso de la atenuación de reflexión, un valor superior a 12 dB se considera suficiente, aunque es posible obtener un valor superior, sobre todo en el centro de la banda. Al no ser nunca exactos los valores, tanto del condensador de acoplo como de la impedancia característica de línea, el valor definitivo se obtiene mediante prueba y error.

5. Si es necesario realizar un nuevo ajuste, considerar el punto 2.

## 4 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

### 4.1 INSTALACIÓN

Las unidades de acoplamiento se instalan normalmente sobre la misma estructura metálica que soporta el condensador de acoplo. Las dimensiones de las cajas y las cotas para la sujeción se muestran en las figuras adjuntas al final del manual.

Cada caja dispone de dos entradas para cable coaxial procedente del equipo de OP o del circuito híbrido.

La pantalla del coaxial debe ser conectada a tierra solamente en un extremo del cable, normalmente lado terminal, para evitar que circulen corrientes debido a la diferencia de tensiones entre puntos distintos de la red de tierra.

En cada caja hay cuatro bornes para la conexión del coaxial procedente del equipo de OP o del circuito híbrido con el secundario del transformador de aislamiento. Los bornes de los extremos, A y C, están unidos eléctricamente para facilitar la conexión en paralelo de dos unidades, utilizada en algunos acoplamientos fase-fase. Los bornes centrales, identificados como B, también están unidos y se usan normalmente para la conexión de la malla del coaxial.

La conexión entre el condensador de acoplo y la unidad se realiza con una barra de cobre. Si el condensador de acoplo asociado al grupo no está equipado de un seccionador de puesta a tierra, se aconseja instalar uno, en una posición fácilmente visible, para proteger al personal durante la instalación. El seccionador montado en la caja deberá ser utilizado solamente durante el ajuste o la prueba del equipo.

Es asimismo deseable conectar el condensador de acoplo al seccionador y éste a la unidad de acoplamiento en lugar de efectuar conexiones separadas entre el condensador y estos dos últimos elementos.

Seguidamente se detalla el procedimiento de instalación para cada tipo de acoplamiento.



# UAM-4

## 4.1.1 Acoplamiento fase-tierra

En el acoplamiento monofásico, el conductor interior del coaxial se conecta al borne A o al C indistintamente, y la pantalla al B.

La selección de la impedancia nominal lado equipo se realiza efectuando uno de los cuatro puentes indicados en la Figura 5.



- Posición D-E: para una impedancia de 75  $\Omega$ .
- Posición F-G: para una impedancia de 125  $\Omega$ .
- Posición H-I: para una impedancia de 150  $\Omega$ .
- Posición J-K: para una impedancia de 250  $\Omega$ .

Figura 5 Puentes de selección de la impedancia nominal lado equipo

No obstante, a fin de obtener valores de impedancia lado línea distintos de los nominales, lado equipo pueden conectarse impedancias de valor distinto al seleccionado con el puente. Las distintas combinaciones de entrada, así como los valores de impedancia lado línea asociados, se muestran en la Tabla 1. En dicha tabla, los valores nominales están resaltados en negrita.

			IMPEDANCIAS LADO LÍNEA ( $\Omega$ )																		
			T1-T3	T1-T4	T5-T6	T5-T4	T5-T3	T5-T2	T5-T1	T6-T4	T6-T3	T6-T2	T6-T1	T7-T4	T7-T3	T7-T2	T7-T1	T8-T4	T8-T3	T8-T2	T8-T1
<b>IMPEDANCIAS LADO EQUIPO</b>	<b>75 <math>\Omega</math></b>	D-E		16	28	62	84	110	139	172	208	248	291	337	387	441	498	558	622	689	759
		F-G		<10	16	36	50	65	82	101	123	146	171	199	228	260	293	329	366	406	447
		H-I		<10	13	31	42	54	69	85	103	122	143	166	191	217	245	275	306	340	374
		J-K			<10	18	25	32	41	50	61	73	85	99	113	129	146	163	182	202	222
	<b>125 <math>\Omega</math></b>	F-G	<10	15	27	61	83	108	137	169	204	243	286	331	380	433	488	548	610	676	745
		H-I	<10	13	23	51	69	90	115	141	171	204	239	277	318	362	409	458	511	566	624
		J-K		<10	13	30	41	54	68	84	102	121	142	165	189	215	243	272	303	336	370
	<b>150 <math>\Omega</math></b>	H-I	<10	15	27	61	83	109	138	170	205	244	287	333	382	435	491	550	613	679	749
		J-K		<10	16	36	49	64	82	101	122	145	170	198	227	258	291	326	364	403	444
	<b>250 <math>\Omega</math></b>	J-K	<10	15	27	60	82	107	136	168	203	242	284	329	378	430	485	544	606	672	741

Tabla 1 Impedancias lado línea correspondientes a impedancias lado equipo iguales o distintas al puente efectuado

## 4.1.2 Acoplamiento fase-fase

Para el acoplamiento fase-fase son necesarias dos unidades UAM-4 en cada extremo de la línea. La conexión entre éstas y el equipo de OP puede hacerse con un transformador diferencial, de forma que se establezca un acoplamiento fase-tierra si se abre o cortocircuita a tierra una de las fases utilizadas, o en paralelo, mediante un cable coaxial, si no es importante mantener el enlace bajo fallo y, en el caso de los cables subterráneos, siempre que la impedancia de línea lo permita.

### Conexión a través de un transformador diferencial

La Figura 6 muestra la configuración de un acoplamiento fase-fase utilizando un transformador diferencial.

Para ajustar la impedancia de entrada de las unidades de acoplamiento a la impedancia nominal del transformador diferencial es necesario efectuar en cada UAM-4 el puente D-E (véase Figura 5).

Los cables coaxiales empleados para conectar el transformador diferencial con las unidades de acoplamiento deben tener la misma longitud. Las pantallas de estos cables pueden conectarse a tierra con la ayuda del puente C-D del circuito híbrido. Del mismo modo, la malla del cable coaxial procedente del terminal de OP, normalmente conectado a tierra lado equipo, puede ser puesta a tierra lado grupo de acoplamiento, si se desea, mediante el puente A-B del circuito híbrido.

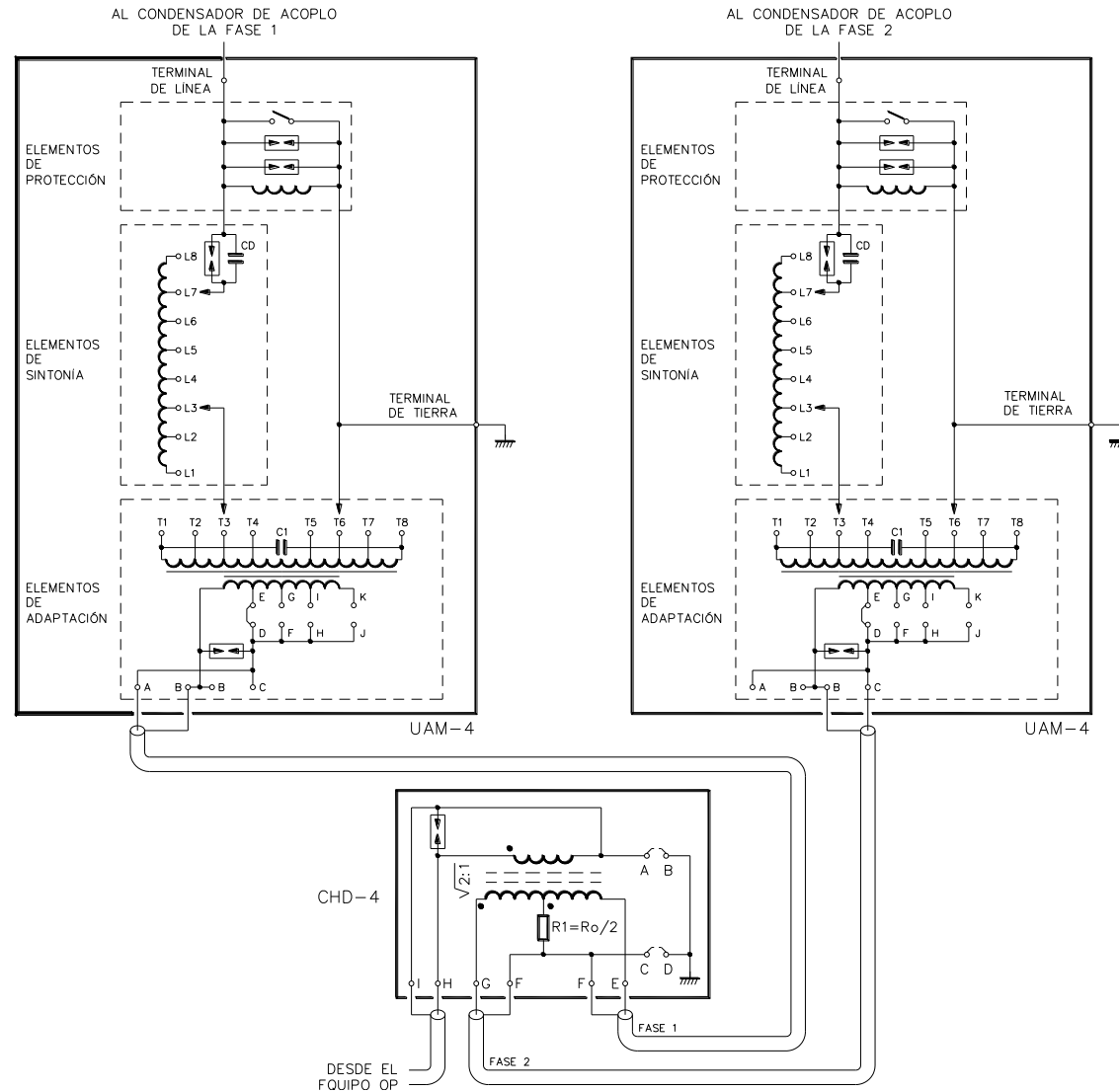


Figura 6 Acoplamiento fase-fase

## Conexión en paralelo

La conexión en paralelo de las unidades de acoplamiento se realiza mediante las conexiones indicadas en la Figura 7. El coaxial procedente del equipo de OP se conecta a los bornes A y B de una unidad de acoplamiento, mientras que el cable de interconexión va desde los bornes B y C de la misma unidad hasta los bornes A y B de la otra.

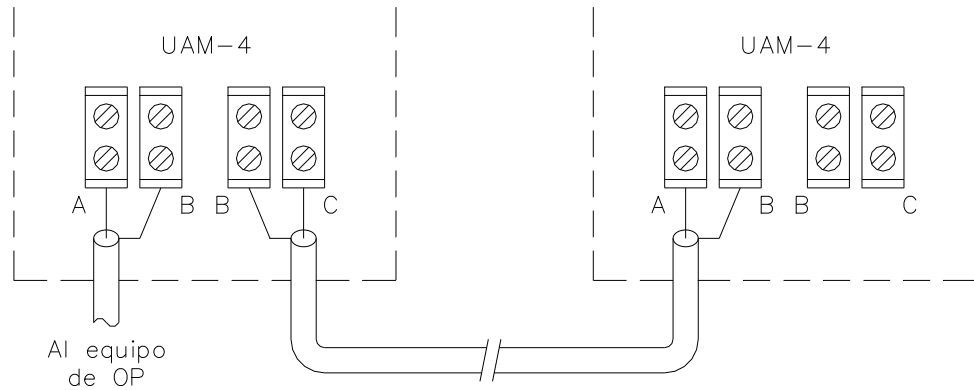


Figura 7 Conexión en paralelo de dos UAM-4

Debido a la puesta en paralelo de los transformadores, el valor de la impedancia que éstos presentan al equipo de OP debe ser el doble de la nominal de éste, es decir, de  $150 \Omega$  para  $75 \Omega$  de impedancia nominal del equipo, con lo que en ambas unidades debe establecerse el puente H-I (véase Figura 5), y de  $250 \Omega$  para  $125 \Omega$  de impedancia nominal del equipo, con lo que en ambas unidades debe establecerse el puente J-K.

En el acoplamiento fase-fase paralelo hay que tener en cuenta que la señal generada por el terminal de OP debe inyectarse en contrafase a los conductores de la línea. Por este motivo es necesario el devanado primario (lado línea) del transformador de una de las unidades al revés de la otra, como se indica en la Figura 8.

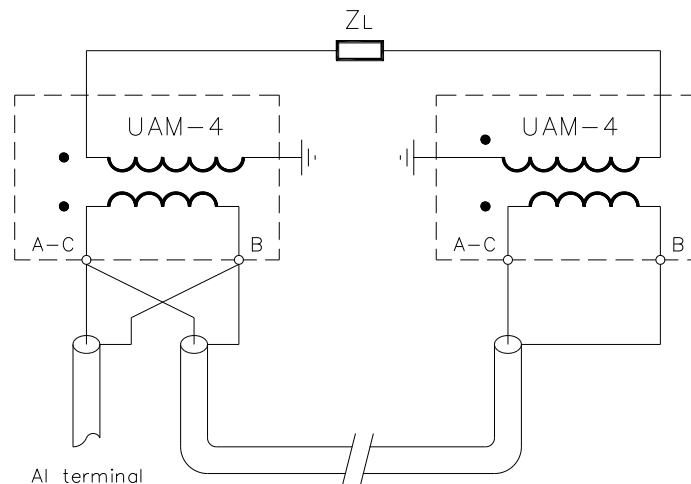


Figura 8 Conexión de los devanados primarios en el acoplamiento fase-fase paralelo

Para ello, la toma del transformador conectada a la bobina de sintonía en una unidad debe ir conectada a tierra en la otra y viceversa. La fase absoluta de uno u otro transformador es indiferente mientras estén en contrafase.

### 4.1.3 Acoplamiento trifásico

La Figura 9 muestra la configuración de prueba para el acoplamiento trifásico, donde se indica la distribución de potencia entre las fases.

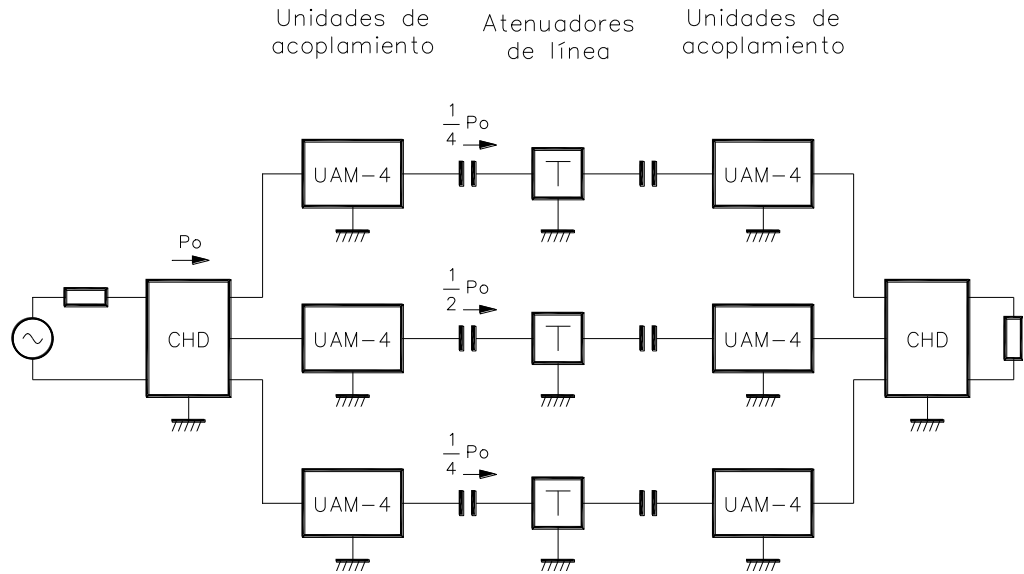


Figura 9 Configuración de prueba del acoplamiento trifásico

Las medidas de atenuación compuesta deben realizarse sobre el enlace completo, simulado por la configuración de prueba de la Figura 9 y no sobre el conjunto de una extremidad de la línea puesto que, al ser la transmisión sobre los tres conductores, no pueden haber elementos bipolares lado línea.

La configuración del acoplamiento trifásico se indica en la Figura 10. Las tres unidades de acoplamiento son idénticas, pero la polaridad del transformador de la unidad conectada a la Fase Exterior 2 debe invertirse de forma que la fase de las señales inyectadas en los conductores exteriores sea la opuesta de la del conductor central. Para ello es necesario conectar las tomas lado línea del transformador de la unidad de la fase externa 2 al revés. Así, la toma conectada a la bobina de sintonía en la unidad de la fase externa 1 debe ir conectada a tierra en la de la fase externa 2 y viceversa.

Para conectar a tierra las mallas de los cables coaxiales que enlazan las unidades de acoplamiento a los circuitos híbridos es necesario establecer en los mismos el puente C-D. Si la malla del cable coaxial procedente del terminal de OP no está conectada a tierra lado equipo, puede establecerse dicha conexión, lado grupo de acoplamiento, mediante el puente A-B del circuito híbrido.

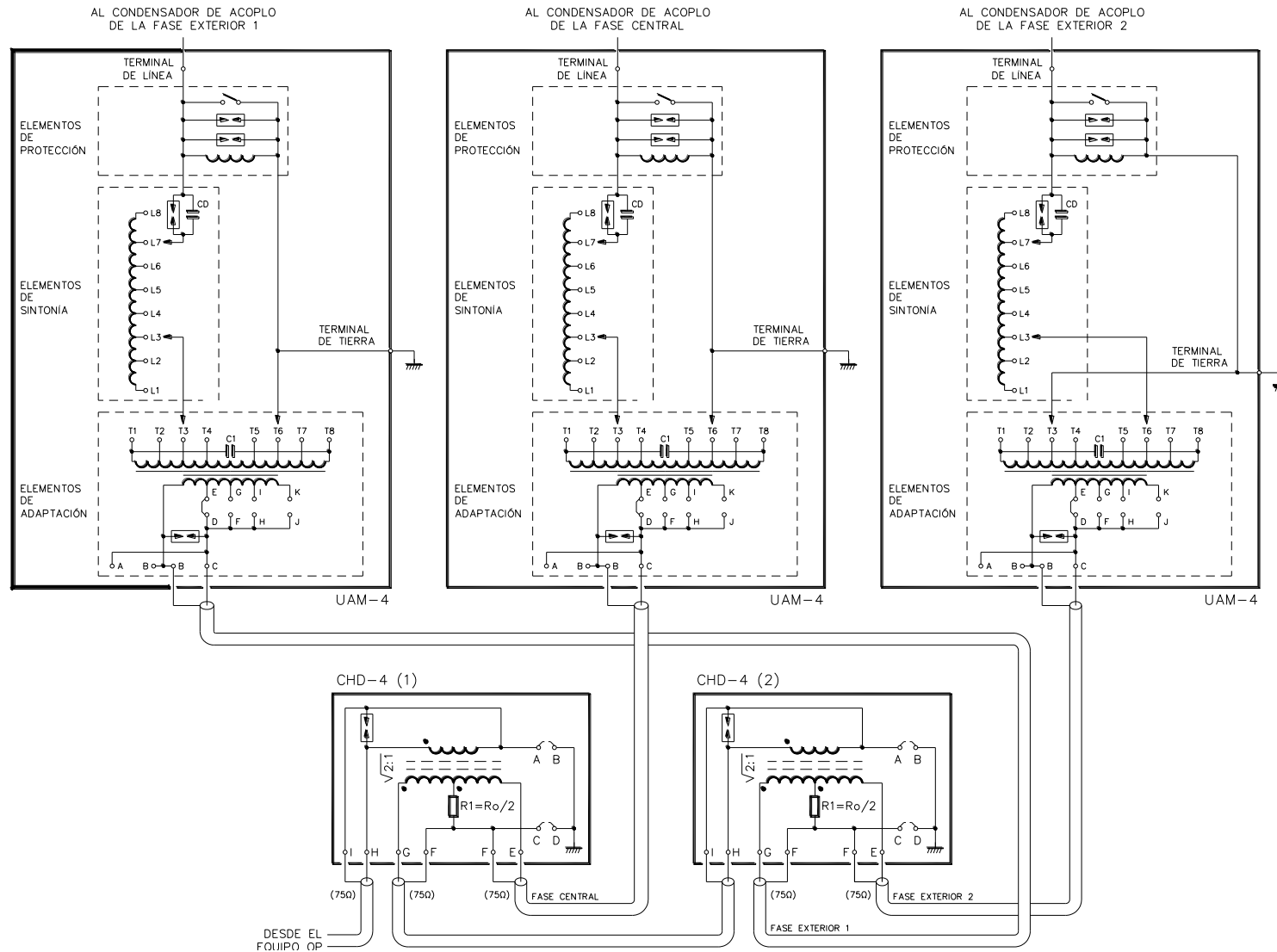


Figura 10 Acoplamiento trifásico

## 4.2 PUESTA EN SERVICIO

Antes de realizar los ajustes de sintonía y adaptación de impedancias es necesario cerrar el seccionador de puesta a tierra de la unidad UAM-4. Con ello se evita la presencia de tensiones peligrosas para el personal. Durante el funcionamiento normal, la cuchilla debe permanecer abierta.

### 4.2.1 Sintonía

El ajuste se efectúa mediante las tomas de la bobina de sintonía, utilizando como guía las figuras siguientes. En dichas figuras, los valores de frecuencia F1 y F2 tienen una tolerancia de  $\pm 10\%$ .

Las figuras se refieren a una impedancia nominal de línea de  $300 \Omega$  y  $30 \Omega$  en un acoplo fase-tierra. Una vez efectuada la adaptación de las impedancias, es conveniente verificar que el ajuste realizado es óptimo.

En lo que se refiere a los acoplamientos a dos y tres fases, el punto de partida consiste en ajustar cada caja como un acoplamiento fase-tierra. Después, es necesario efectuar un ajuste del conjunto para obtener la mejor característica de la atenuación de reflexión en toda la banda. En el apartado 2 del apéndice A se indica cómo se puede realizar la medida de dicha atenuación.

Conociendo el valor de la Frecuencia Central,  $F_0$ , y el valor de la capacidad de acoplamiento,  $C_a$ , es posible conocer el valor de inductancia necesario mediante la fórmula siguiente:

$$L = \frac{1}{4 * \pi^2 * F_0^2 * C_a}$$

Una vez calculado el valor de inductancia, podrán seleccionarse las tomas que más se correspondan con el valor obtenido (véase Tabla 2).

Debido a las tolerancias de los componentes que intervienen en el acoplamiento, es posible que las tomas seleccionadas no coincidan exactamente con el valor obtenido por cálculo. En ese caso, con el fin de centrar la banda de utilización, se incrementará o disminuirá la inductancia, no perdiendo de vista que: a mayor inductancia menor Frecuencia Central.



TOMAS	L (μH)	TOMAS	L (μH)	TOMAS	L (μH)
L1:L8	1558	L3:L8	427	L4:L6	63
L1:L7	1299	L2:L4	313	L3:L4	52
L1:L6	1174	L3:L7	282	L6:L8	46
L1:L5	1000	L3:L6	218	L5:L7	31
L2:L8	919	L4:L8	201	L4:L5	23
L1:L4	757	L3:L5	139	L7:L8	22
L2:L7	712	L2:L3	118	L5:L6	11
L2:L6	615	L1:L2	114	L6:L7	6
L2:L5	484	L4:L7	101		
L1:L3	441	L5:L8	97		

Tabla 2 Inductancias nominales de la bobina de sintonía

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	84	99	15
L1-L7	91	110	19
L1-L6	95	117	22
L1-L5	103	128	25
L2-L8	105	131	26
L2-L7	118	152	34
L2-L6	126	165	39
L2-L5	140	189	49
L3-L8	146	201	55
L2-L4	168	241	73
L3-L7	174	254	80
L4-L8	197	301	104
L3-L5	230	364	134
L2-L3	239	381	142
L1-L2	250	404	154
L4-L7	255	411	156
L5-L8	262	428	166
L4-L6	300	478	178
L3-L4	326	510	184
L6-L8	341	530	189
L5-L7	386	553	167

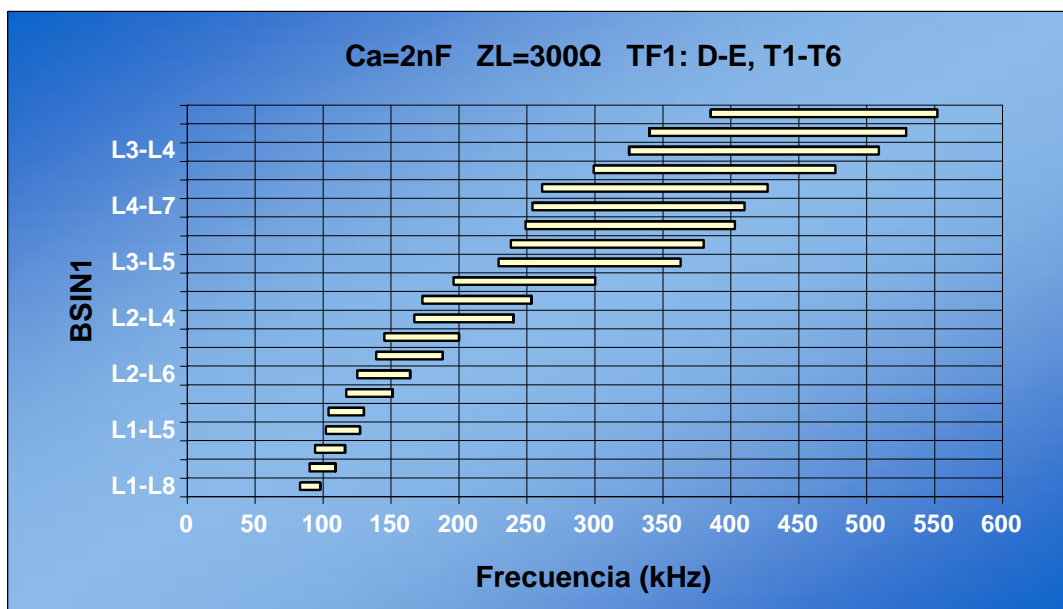


Figura 11 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 2000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 300 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	57	73	16
L1-L7	62	81	19
L1-L6	65	86	21
L1-L5	70	96	26
L2-L8	72	98	26
L2-L7	80	115	35
L2-L6	85	126	41
L2-L5	94	147	53
L3-L8	97	157	60
L2-L4	110	194	84
L3-L7	114	205	91
L4-L8	127	248	121
L3-L5	147	316	169
L2-L3	152	335	183
L1-L2	158	361	203
L4-L7	159	368	209
L5-L8	162	384	222
L4-L6	184	446	262
L3-L4	195	481	286
L6-L8	199	550	351
L5-L7	222	536	314

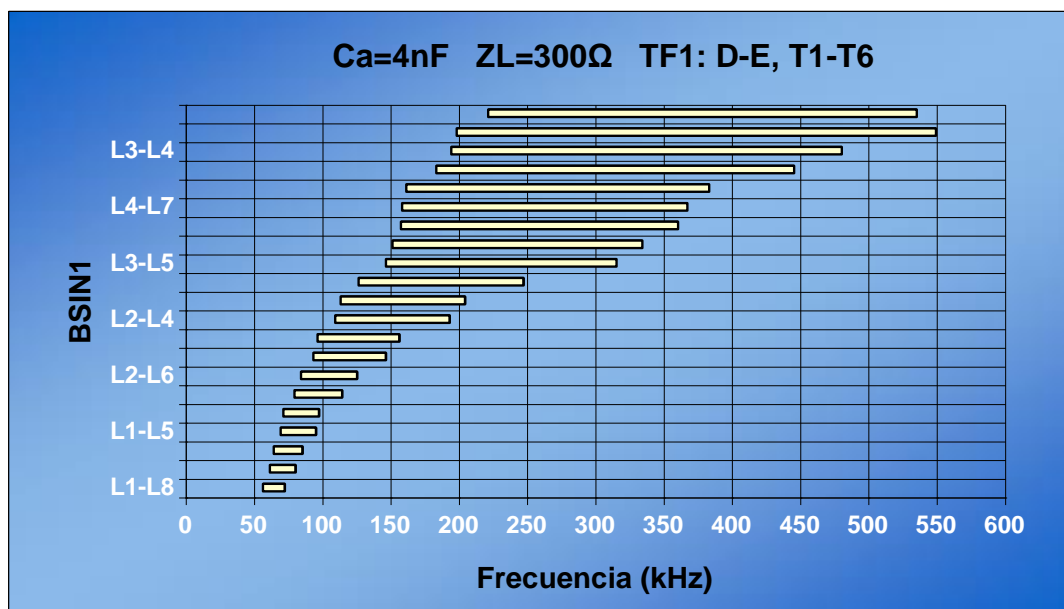


Figura 12 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 4000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 300 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	46	61	15
L1-L7	50	69	19
L1-L6	52	73	21
L1-L5	56	81	25
L2-L8	56	83	27
L2-L7	63	98	35
L2-L6	66	107	41
L2-L5	73	126	53
L3-L8	76	135	59
L2-L4	86	169	83
L3-L7	88	179	91
L4-L8	97	221	124
L3-L5	110	289	179
L2-L3	115	309	194
L1-L2	118	338	220
L4-L7	119	343	224
L5-L8	120	361	241
L4-L6	134	431	297
L3-L4	142	469	327
L6-L8	144	493	349
L5-L7	156	535	379

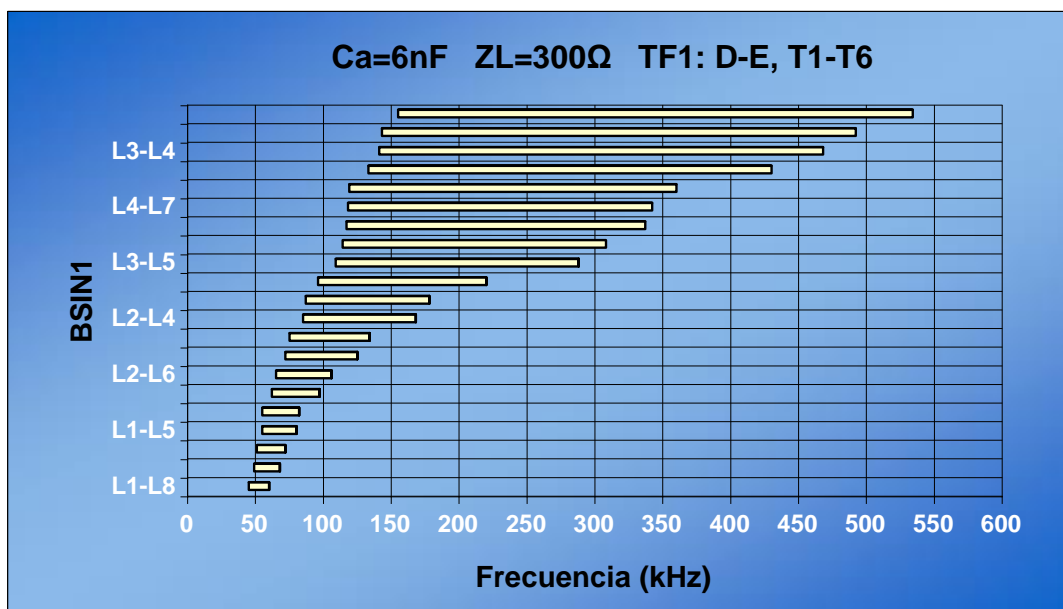


Figura 13 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 6000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 300 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	39	54	15
L1-L7	41	61	20
L1-L6	43	65	22
L1-L5	46	72	26
L2-L8	47	74	27
L2-L7	52	88	36
L2-L6	55	97	42
L2-L5	60	115	55
L3-L8	62	123	61
L2-L4	69	156	87
L3-L7	71	166	95
L4-L8	78	207	129
L3-L5	88	277	189
L2-L3	90	297	207
L1-L2	93	326	233
L4-L7	94	332	238
L5-L8	94	349	255
L4-L6	103	422	319
L3-L4	108	462	354
L6-L8	109	487	378
L5-L7	115	532	417

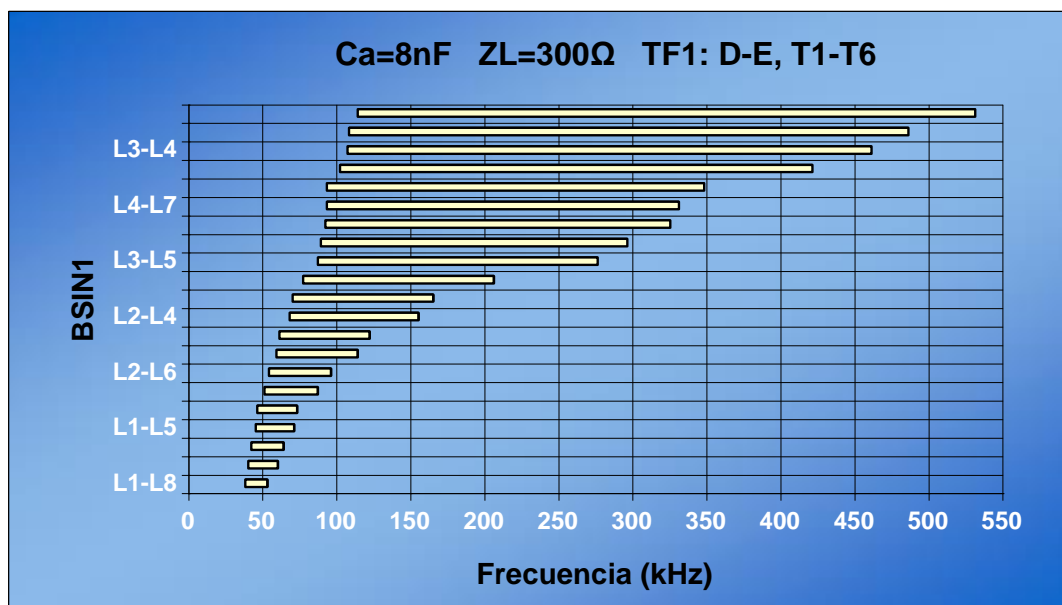


Figura 14 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 8000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 300 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L1-L8	34	49	15
L1-L7	37	56	19
L1-L6	38	59	21
L1-L5	40	66	26
L2-L8	41	68	27
L2-L7	45	81	36
L2-L6	47	89	42
L2-L5	52	106	54
L3-L8	54	114	60
L2-L4	60	145	85
L3-L7	61	155	94
L4-L8	67	194	127
L3-L5	74	264	190
L2-L3	76	286	210
L1-L2	79	315	236
L4-L7	79	320	241
L5-L8	80	337	257
L4-L6	86	414	328
L3-L4	89	458	369
L6-L8	90	484	394
L5-L7	95	529	434

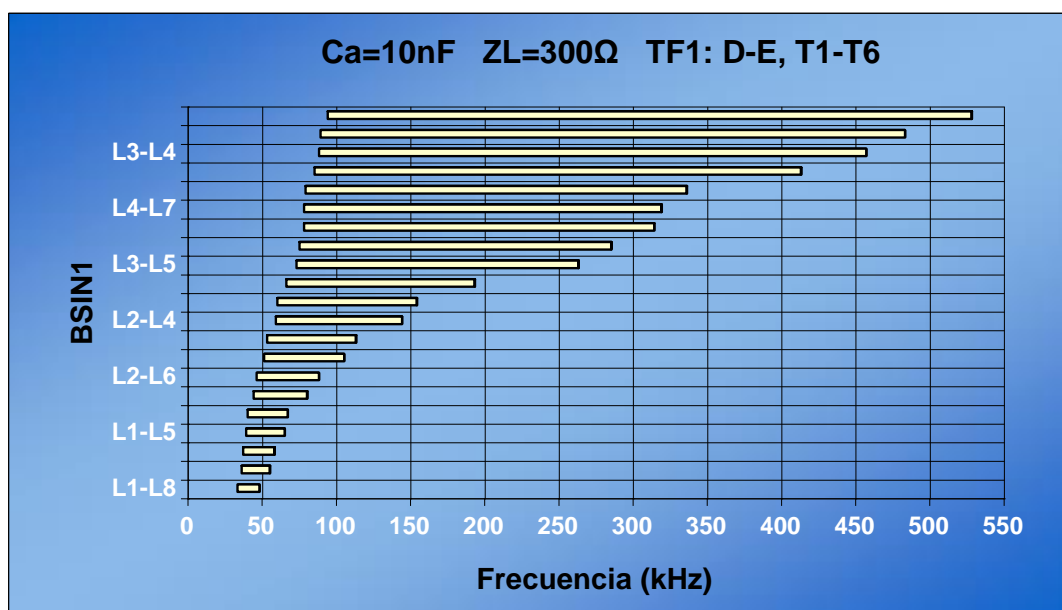


Figura 15 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 10000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 300 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	190	207	17
L2-L3	199	217	18
L1-L2	209	229	20
L4-L7	212	232	20
L4-L6	250	280	30
L3-L4	271	306	35
L6-L8	280	319	39
L5-L7	314	362	48
L4-L5	334	387	53
L7-L8	346	407	61
L5-L6	389	463	74
L6-L7	430	520	90

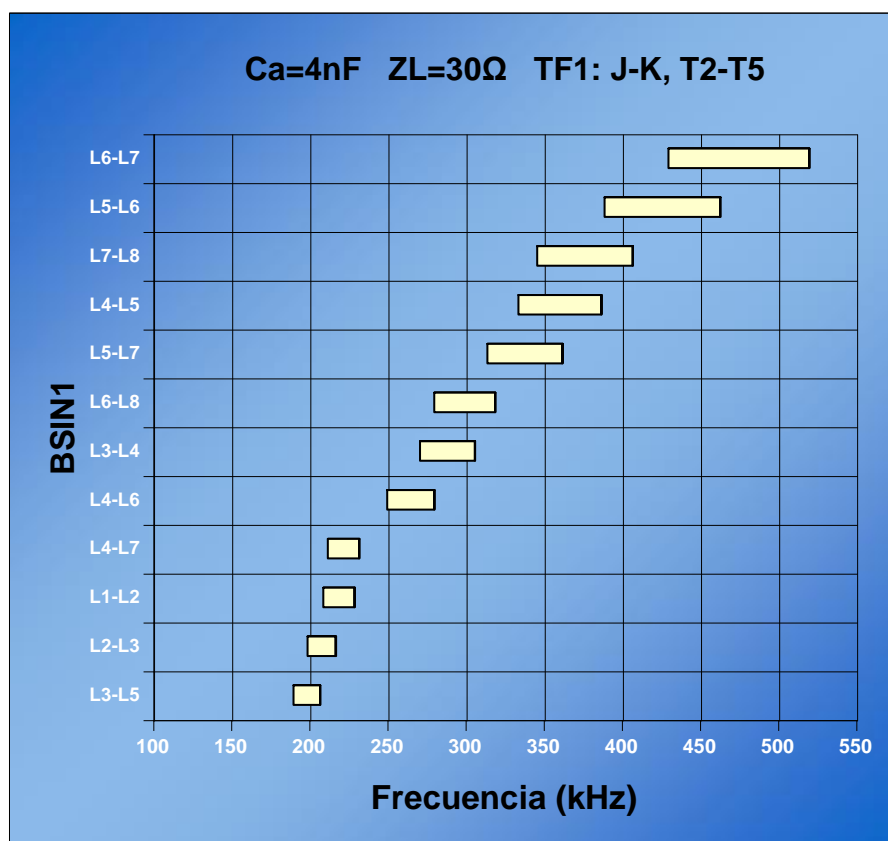


Figura 16 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 4000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 30 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	171	188	17
L2-L3	178	197	19
L1-L2	187	208	21
L4-L7	190	211	21
L4-L6	225	255	30
L3-L4	244	280	36
L6-L8	252	292	40
L5-L7	283	334	51
L4-L5	302	359	57
L7-L8	312	376	64
L5-L6	352	434	82
L6-L7	389	496	107

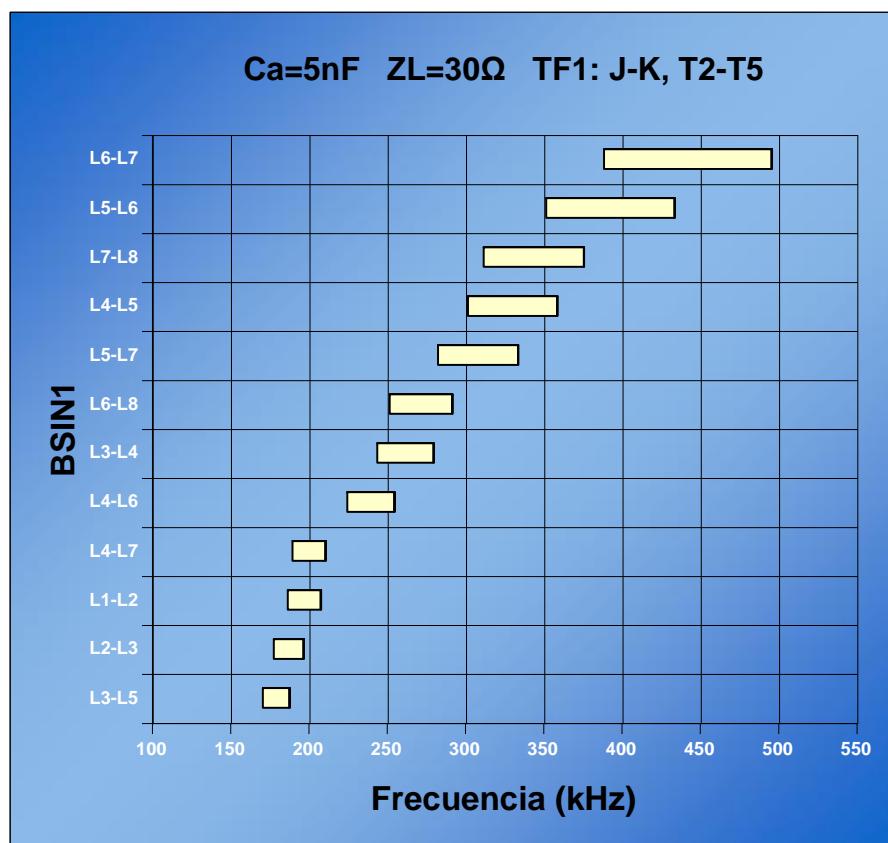


Figura 17 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 5000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 30 Ω)



CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	156	173	17
L2-L3	163	182	19
L1-L2	171	192	21
L4-L7	173	195	22
L4-L6	205	237	32
L3-L4	223	261	38
L6-L8	230	271	41
L5-L7	259	312	53
L4-L5	277	337	60
L7-L8	285	353	68
L5-L6	323	411	88
L6-L7	357	473	116

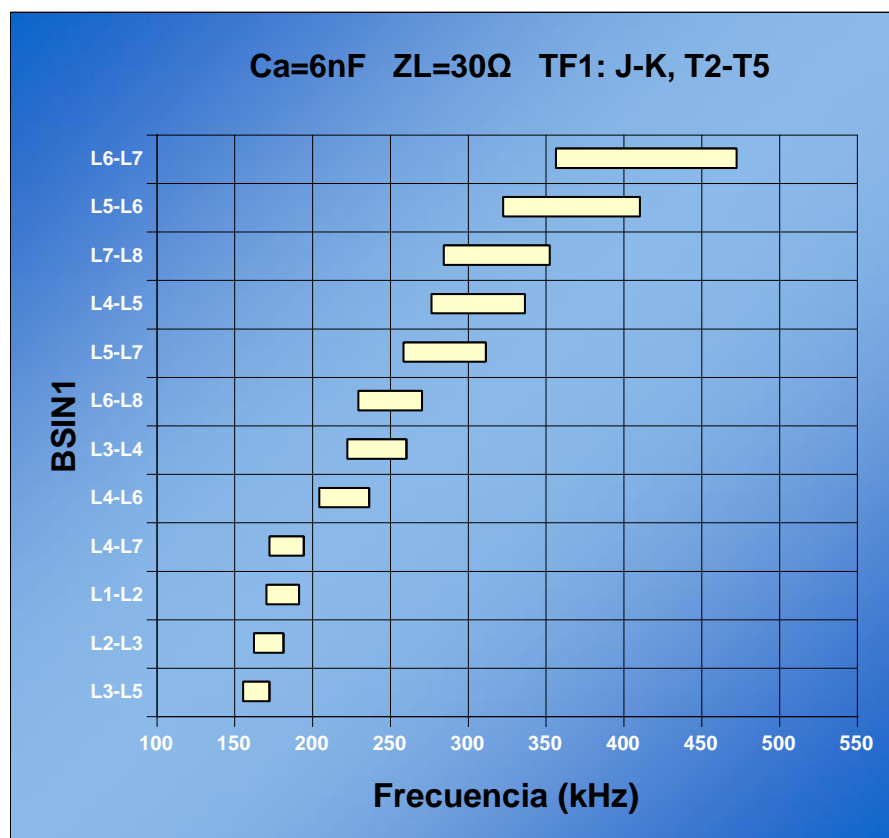


Figura 18 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 6000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 30 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	134	152	18
L2-L3	141	160	19
L1-L2	148	169	21
L4-L7	149	172	23
L4-L6	178	210	32
L3-L4	193	232	39
L6-L8	198	241	43
L5-L7	224	279	55
L4-L5	240	303	63
L7-L8	246	317	71
L5-L6	280	374	94
L6-L7	308	433	125

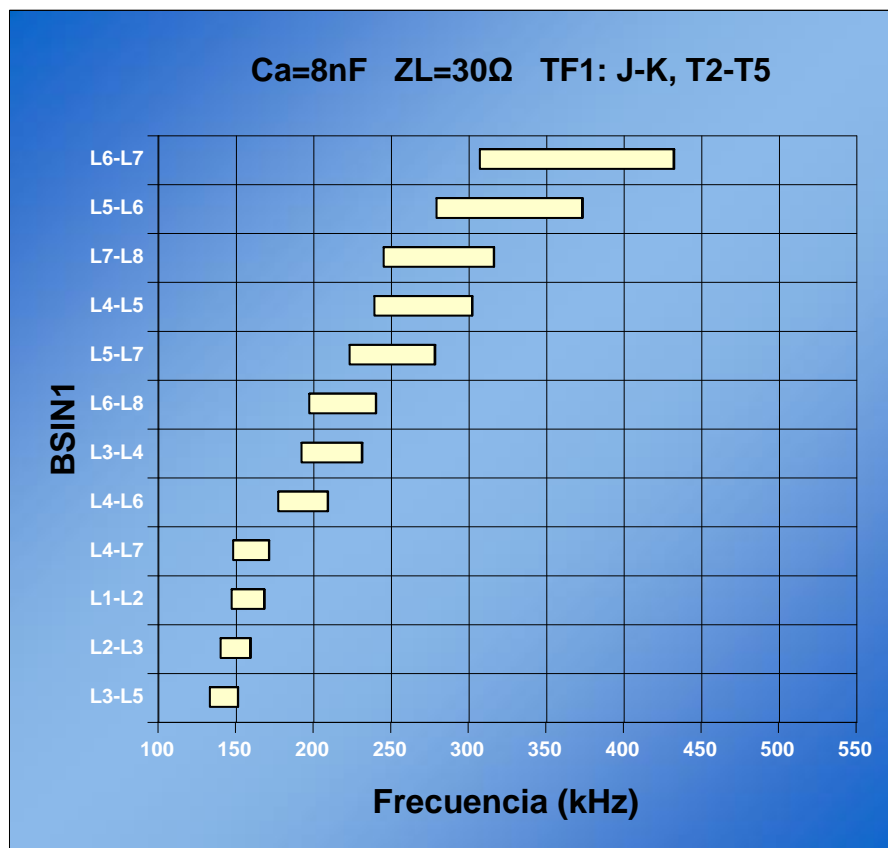


Figura 19 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 8000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 30 Ω)

CONEXIÓN	F1 (kHz)	F2 (kHz)	B (kHz)
L3-L5	119	137	18
L2-L3	126	145	19
L1-L2	132	153	21
L4-L7	133	155	22
L4-L6	158	191	33
L3-L4	172	212	40
L6-L8	176	219	43
L5-L7	199	256	57
L4-L5	213	281	68
L7-L8	218	291	73
L5-L6	248	345	97
L6-L7	273	402	129

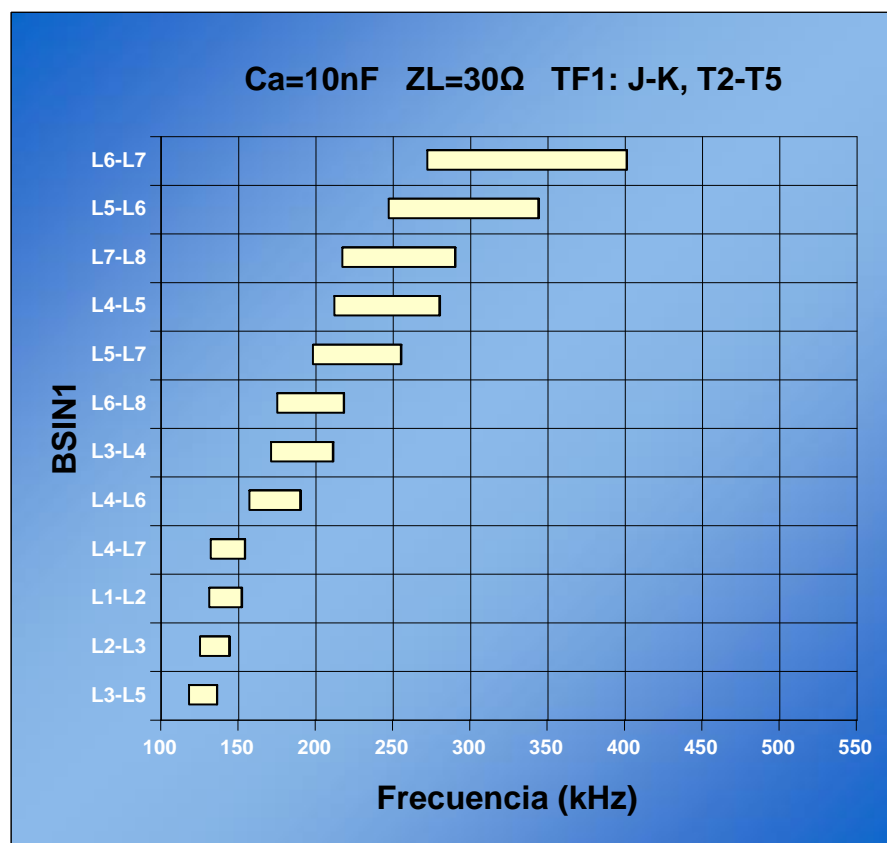


Figura 20 Selección de las tomas de la bobina de sintonía para un condensador de acoplamiento de 10000 pF en función de la banda útil de acoplamiento (impedancia de línea de 30 Ω)

## 4.2.2 Adaptación de impedancias

La adaptación de impedancias se realiza seleccionando la combinación de tomas del transformador que dan la menor atenuación compuesta. En el apartado 1 del Apéndice A se describe un método para medir dicha atenuación.

Un primer ajuste consiste en obtener a la entrada de la unidad, lado equipo, una tensión igual a la que se mide en bornes de una carga resistiva del mismo valor que la impedancia nominal.

Para los acoplamientos fase-fase y trifásicos, la impedancia lado línea seleccionada inicialmente en cada caja es la correspondiente a un acoplamiento fase-tierra, aunque posteriormente deben ajustarse en conjunto.

Es aconsejable repetir el ajuste de la sintonía después de realizar la adaptación de impedancias.

Dimensiones en mm

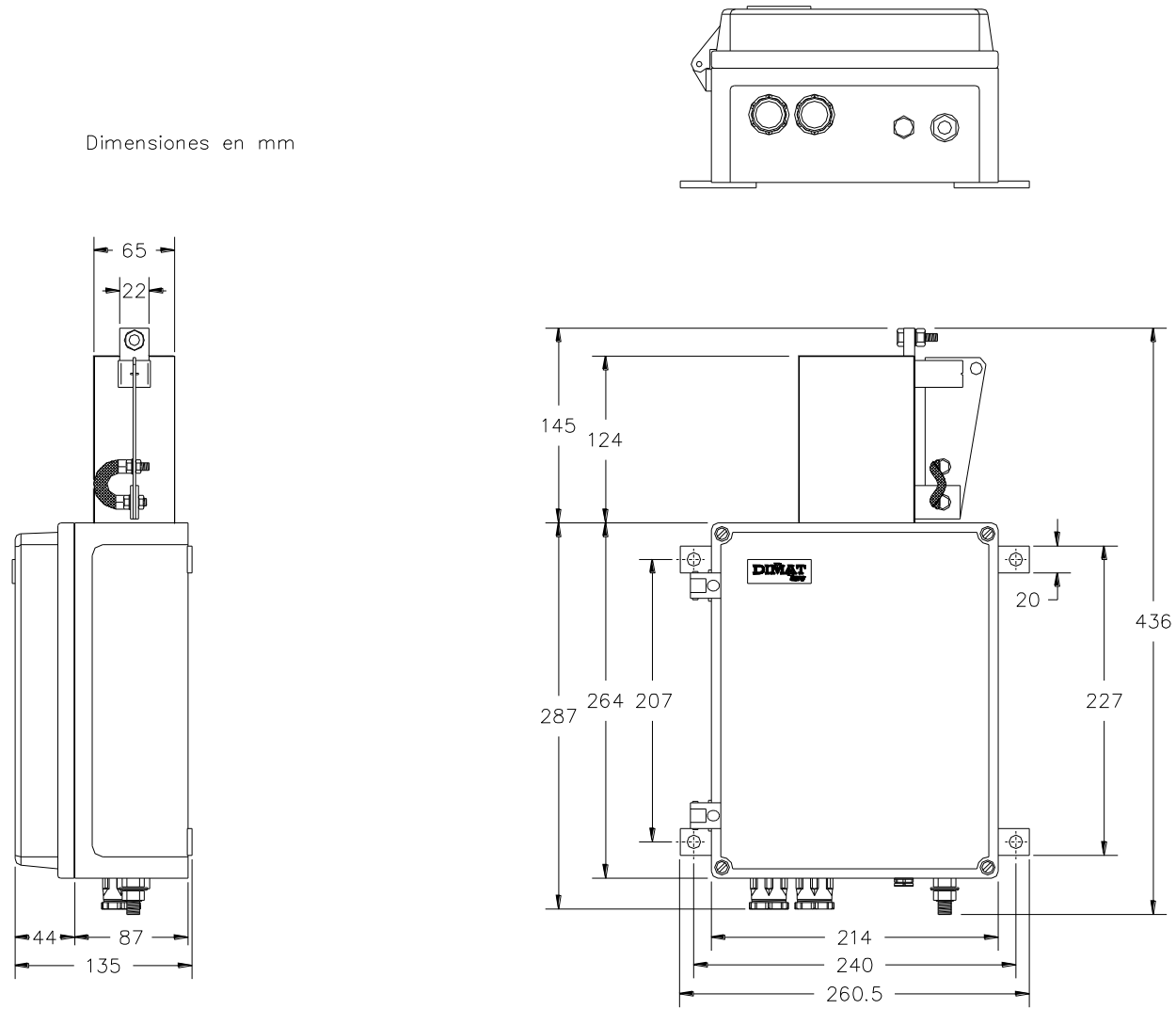


Figura 21 Dimensiones generales de la unidad UAM-4 y UAM-4/D

## **APÉNDICE A**

# **MÉTODO DE MEDIDA DE LA ATENUACIÓN COMPUESTA Y DE REFLEXIÓN**

APÉNDICE A

MÉTODO DE MEDIDA DE LA ATENUACIÓN COMPUESTA Y DE REFLEXIÓN

A.1 ATENUACIÓN COMPUESTA

El método de medida de la atenuación compuesta se indica en la figura siguiente.

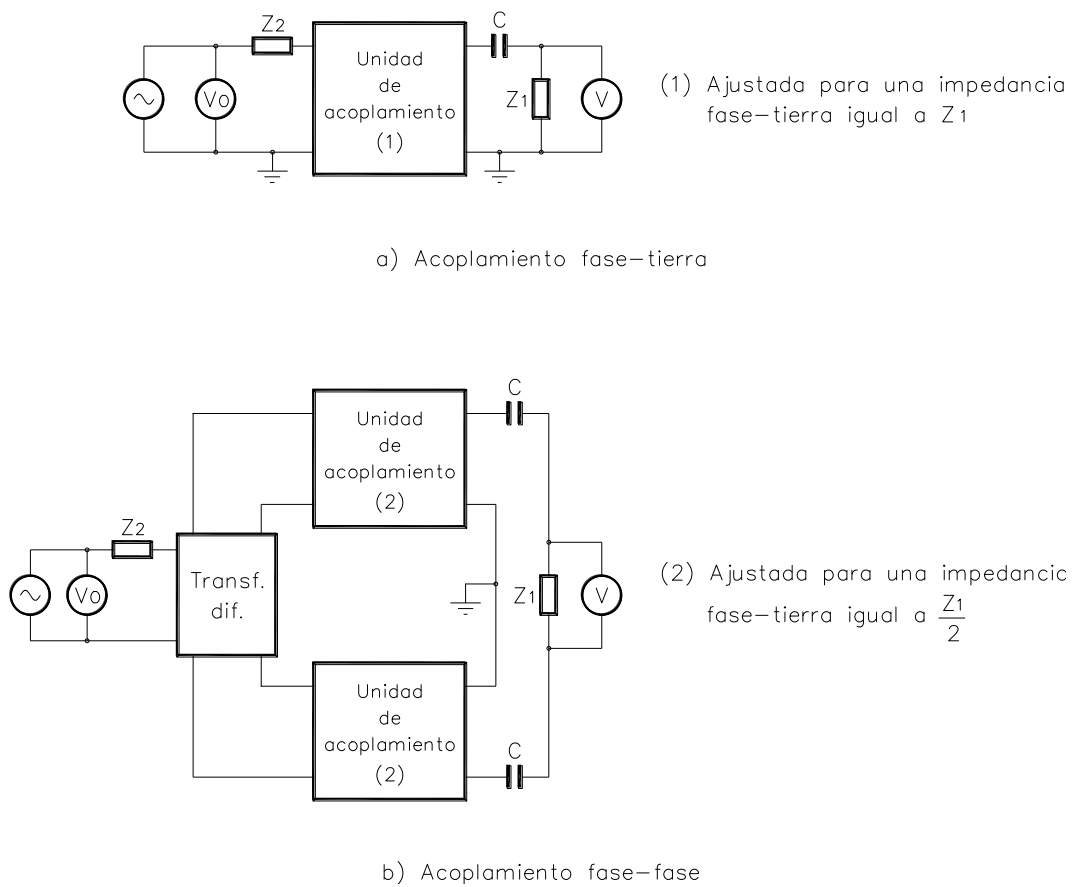


Figura A.1 Medida de la atenuación compuesta

La atenuación compuesta viene dada por la expresión:

$$A_c = 20 \log(V_0/2V) + 10 \log(Z_1/Z_2) \quad (\text{dB})$$

donde  $V_0$  es la tensión de circuito abierto del generador con impedancia interna  $Z_2$  y  $V$  la tensión de salida en bornes de la impedancia de línea  $Z_1$ .

Según la recom. CEI 481 la atenuación compuesta debe ser inferior a 2 dB dentro de la banda del grupo de acoplamiento.

**A.2 ATENUACIÓN DE REFLEXIÓN**

El método de medida de la atenuación de reflexión se muestra en la figura siguiente.

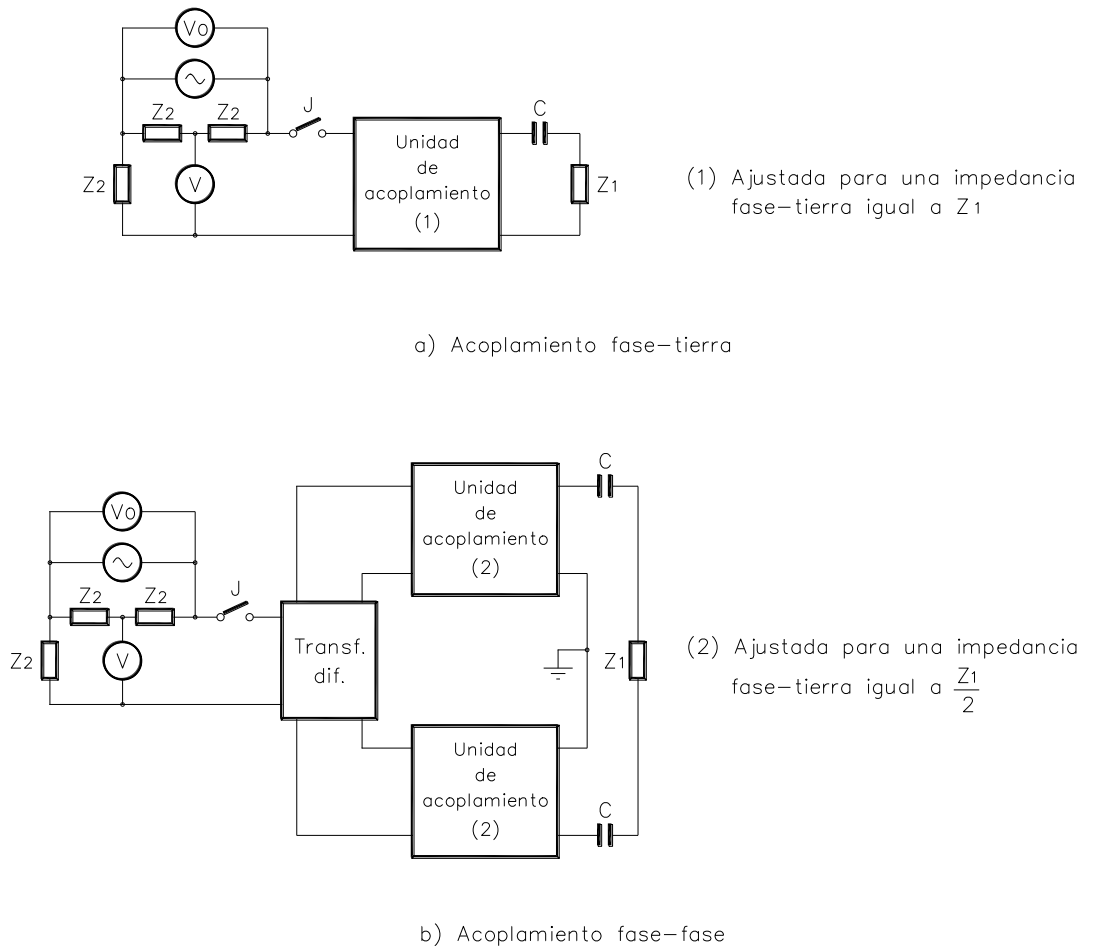


Figura A.2 Medida de la atenuación de reflexión

La atenuación de reflexión viene dada por la expresión:

$$A_r = 20 \log(V_1/V_2) \quad (\text{dB})$$

donde  $V_1$  y  $V_2$  son las tensiones medidas con el voltímetro cuando el interruptor J está abierto y cerrado respectivamente, manteniendo  $V_0$  constante.

Según la recom. CEI 481 la atenuación de reflexión debe ser mayor que 12 dB dentro de la banda del grupo de acoplamiento.