



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

Proyecto fin de carrera
Ingeniería Técnica Industrial Electrónica

***SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA
ENCIMERAS DE COCCIÓN POR INDUCCIÓN***



Autor: José Carlos Algárate Casorrán



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

Departamento de Ingeniería Electrónica y
Comunicaciones
Universidad de Zaragoza

Directora del proyecto:

Aranzazu Otín
Dra. en Ingeniería Electrónica

B/S/H

Centro de Competencia de Inducción
Laboratorio – EMC (PH/EWK-ILE)
BSH-Electrodomésticos España, S.A.

Director de proyecto:

Diego Cuartielles
Ingeniero Industrial

Zaragoza, Febrero 2011

*Dedicado a mi familia y a
Patricia por todo su apoyo.*

Agradecimientos:

Deseo expresar mi gratitud a todas las personas que me han ayudado en la realización de este proyecto y que lo han hecho posible gracias a su apoyo e interés.

En primer lugar agradecer a mis directores de proyecto: a Diego Cuartielles por su excelente labor en la dirección del proyecto, por los valiosos consejos y su dedicación en el desarrollo del proyecto, y a Arancha Otín por sus incontables revisiones de proyecto y por todos los consejos y ayuda prestados para la elaboración de este proyecto.

También quisiera agradecer de forma especial a José Paricio por ofrecerme su experiencia, interés y ayuda en todo momento.

De igual forma agradecer a todo los integrantes del Laboratorio de Inducción por su compañerismo y ayuda desinteresada.

Por último agradecer también a Alfonso Lorente y a Beatriz Palacios por la confianza depositada al darme la posibilidad de realizar este proyecto en B/S/H.

A todos ellos, Gracias.

CARACTERIZACIÓN DEL FILTRO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA DE LA COCINA DE INDUCCIÓN

ÍNDICE

1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
1.1	MERCADO ACTUAL DEL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN	4
1.2	FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN	5
1.3	FILTRO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)	6
1.4	MOTIVACIÓN	7
1.5	OBJETIVO	7
1.6	ALCANCE	7
2.	<i>ESTUDIO TEÓRICO</i>	9
2.1	FILTRO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	9
2.2	EMI Y EMS	10
2.3	DIRECTIVAS, NORMATIVAS Y ENSAYOS.....	12
2.4	FILTRO Y EL ENSAYO DE CONDUCIDAS.....	15
2.5	EL FILTRO DE EMC EN IH5.....	20
2.5.1.	Emplazamiento	21
2.5.2.	Funciones.....	21
2.5.3.	Componentes	21
2.6	FIGURAS DE MÉRITO	25
3.	<i>METODOLOGÍA</i>	27
3.1	EFICACIA	27
3.1.1.	Instrumentos de medida	27
3.1.2.	Método de medida	31
3.1.3.	Tratamiento de datos.....	38
3.2	COSTE	45
3.3	ESPACIO	46
4.	<i>RESULTADOS</i>	47

4.1	IH5 (B/S/H).....	48
4.1.1.	Circuito.....	48
4.1.2.	Componentes.....	49
4.1.3.	Resultados.....	50
4.2	JAEGER – IH5 (B/S/H)	51
4.2.1.	Circuito.....	52
4.2.2.	Componentes.....	52
4.2.3.	Resultados:	53
4.2.4.	Comparación.....	54
4.3	COPRECI – IH5 (B/S/H)	56
4.3.1.	Circuito.....	57
4.3.2.	Componentes.....	57
4.3.3.	Resultados.....	58
4.3.4.	Comparación.....	59
4.4	COMPUTIME – IH5 (B/S/H)	61
4.4.1.	Circuito.....	62
4.4.2.	Componentes.....	62
4.4.3.	Resultados.....	63
4.4.4.	Resultados.....	64
4.5	EGO – IH5 (B/S/H).....	66
4.5.1.	Circuito.....	67
4.5.2.	Componentes.....	67
4.5.3.	Resultados.....	68
4.5.4.	Comparación.....	69
4.6	WHIRPOOL.....	71
4.6.1.	Circuito.....	72
4.6.2.	Componentes.....	72
4.6.3.	Resultados.....	73
4.6.4.	Comparación.....	74
4.7	RESUMEN DE RESULTADOS.....	76
5.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	77

5.1	CONCLUSIONES.....	77
5.2	LÍNEAS FUTURAS.....	79
ANEXOS.....		81
ANEXO A. PROGRAMA DE TRATAMIENTO DE SEÑAL EN MATLAB.....		83
A.1	INICIO	83
A.2	UN FILTRO POR GRÁFICA	86
A.3	COMPARACIÓN FILTROS	93
ANEXO B. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPAMIENTO UTILIZADO		105
B.1	ANALIZADOR DE ESPECTRO.....	106
B.2	LISN	122
B.3	PROTECTOR DE TRANSITORIOS	123
ANEXO C. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.....		125
C.1	IH5.....	125
C.2	COPRECI.....	126
C.3	EGO.....	127
C.4	JAEGER.....	128
C.5	COMPUTIME.....	129
C.6	WHIRPOOL.....	130
ANEXO D. DIRECTIVA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA...		131
ÍNDICE DE FIGURAS		147
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....		151
ÍNDICE DE TABLAS.....		153
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		155

MEMORIA DEL PROYECTO

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

1. INTRODUCCIÓN

La empresa B/S/H Electrodomésticos España S.A. forma parte del grupo Bosch und Siemens Hausgeräte GMBH, líder europeo en el desarrollo de electrodomésticos. El grupo B/S/H en España fue la primera empresa que desarrolló una encimera de inducción en Europa, en los años 80. Este electrodoméstico de cocción de alimentos es altamente tecnológico y dada su alta competitividad y complejidad, la empresa apuesta mucho por la investigación y la innovación. La labor de investigación que lleva a cabo es de carácter multidisciplinar, abarcando tanto los distintos componentes de la encimera, los mecanismos de control, la refrigeración etc.

La realización de este proyecto se encuadra en el programa de cooperación educativa suscrito entre la Universidad de Zaragoza y la empresa BSH Electrodomésticos España. Fruto de esta colaboración se han realizado más de 30 proyectos fin de carrera, 5 tesis doctorales y numerosas patentes.

La tecnología electrónica aplicada al calentamiento por inducción doméstico ha evolucionado desde sus orígenes, en los años 80, hasta la actualidad, alcanzando un satisfactorio grado de madurez. Aunque las tecnologías comercializadas actualmente comparten la misma topología de filtro de red, presentan distintas implementaciones de hardware, tamaño y precio. Estas diferencias promueven la realización de un estudio comparativo de las principales características funcionales, que permitiría extraer conclusiones acerca de las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

A consecuencia de esto se ha realizado un completo análisis de estas características en base a una serie de figuras de mérito que permiten establecer una comparativa de las diferentes tecnologías.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

1.1 MERCADO ACTUAL DEL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN

El mercado del calentamiento por inducción doméstico se encuentra en una situación avanzada de desarrollo, desplazando a otras tecnologías como la eléctrica convencional o el gas. Ventajas como la eficiencia, limpieza y rapidez denotan la solidez con la que se está afianzando en el mercado.

Europa constituye la cuna del desarrollo de la tecnología de inducción occidental, localizándose en España, Francia y Alemania los principales centros de Competencia en Inducción. Aunque en el mercado se pueden encontrar numerosas marcas comerciales, como se ven en la figura 1, muchas de ellas utilizan la misma tecnología electrónica.

TECNOLOGÍAS	BSH	ELECTROLUX	INDESIT	FAGOR-BRANDT
MARCAS	BALAY	AEG-ELECTROLUX	HOTPOINT-ARIS	ASPES
	BOSCH	CORBERO	INDESIT	DE DIETRICH
	GAGGENAU	ELECTROLUX		EDESA
	SIEMENS	ZANUSSI		FAGOR
	NEFF			

Figura 1.1: Relación Tecnologías - Marcas

GFK [1] es una empresa de análisis e investigación capaz de proporcionar una gran variedad de datos estadísticos. Realiza análisis e investigaciones tanto cualitativas como cuantitativas. Por medio de esta empresa se obtiene la siguiente figura que muestra un resumen de ventas clasificadas por tecnologías en el año 2010.

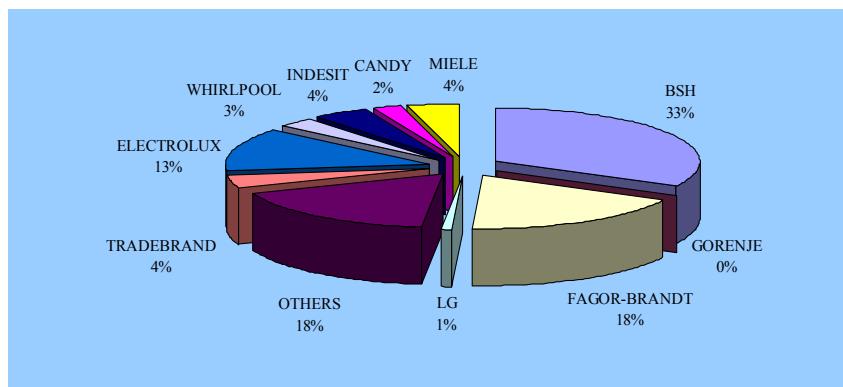


Figura 1.2: Resumen de ventas de tecnologías de inducción 2010

1.2 FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN

Al someter un material conductor a un campo magnético variable, se produce el fenómeno de calentamiento por inducción debido a dos fundamentos físicos: las corrientes de Foucault que generan calor por el efecto Joule (pérdidas generadas por las corrientes inducidas en un material conductor), e histéresis magnética en materiales ferromagnéticos (debida a procesos irreversibles de imanación en los materiales). El fenómeno que predomina en este efecto es la transferencia de calor debida al efecto Joule y con esta idea básica se desarrollan las cocinas de inducción.

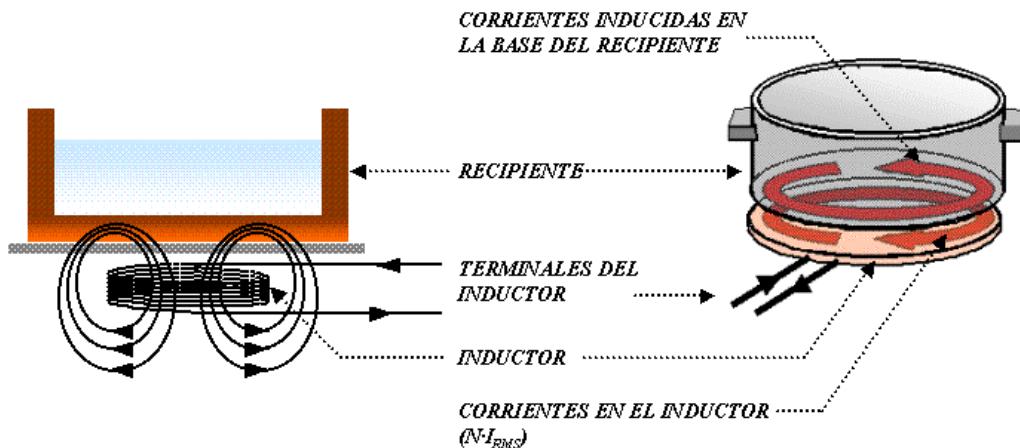


Figura 1.3: Corrientes en el inductor y en la base del recipiente

A continuación se muestran las partes más importantes que las componen:

- ◆ **Módulo de potencia.** Comprende al filtro de red, las etapas de rectificado y filtrado, etapa inversora y lógica de control.
- ◆ **Módulo de control.** Sirve de interfaz con el usuario y a su vez actúa sobre la electrónica para suministrar la potencia adecuada y deseada al recipiente.
- ◆ **Sistema inductor-recipiente.** Formado por el inductor de la cocina en conjunto con el recipiente. [2]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

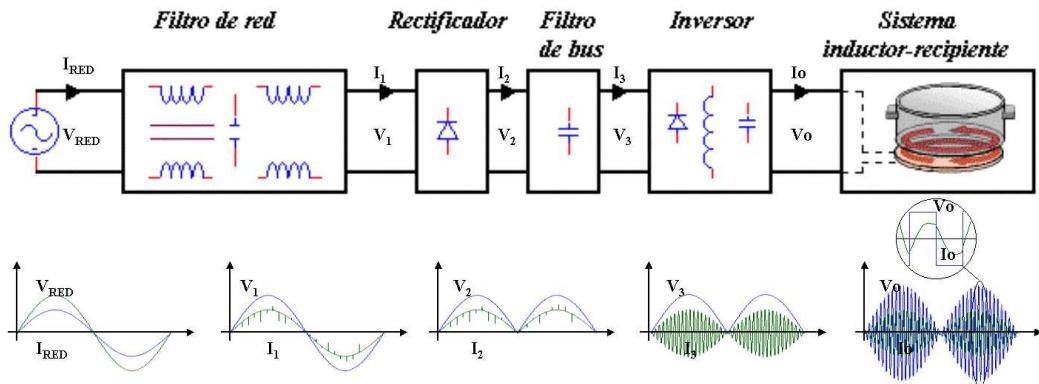


Figura 1.4: Estructura básica del módulo de potencia y el sistema inductor-recipiente [2]

En la Figura 1.4 se muestra el esquema básico del modulo de potencia alimentando al conjunto inductor recipiente.

1.3 FILTRO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

En el módulo de potencia se encuentra una parte esencial de la cocina que permite la comercialización del producto, el filtro de compatibilidad electromagnética. La función de este elemento consiste en la capacidad de la cocina de inducción de trabajar satisfactoriamente dentro de un entorno electromagnético sin introducir perturbaciones intolerables a ningún otro sistema o equipo. Por ello el estudio sobre filtros se divide en dos ramas, inmunidad y emisión.

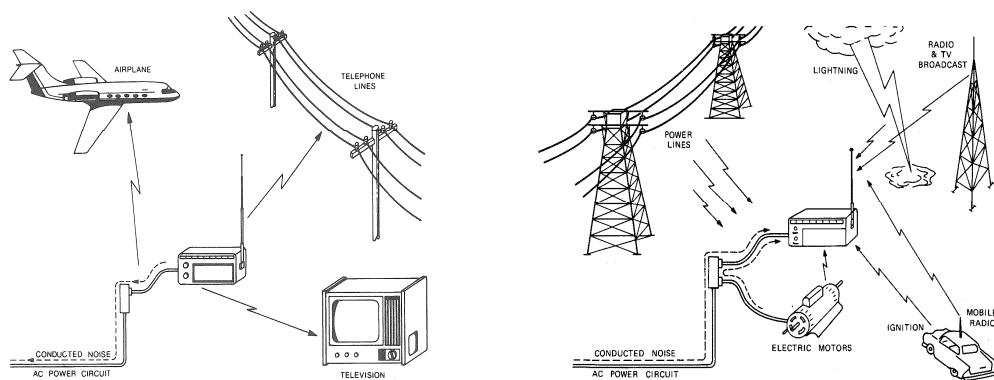


Figura 1.5: Inmunidad y Emisión [3]

1.4 MOTIVACIÓN

En la actualidad se comercializan distintas tecnologías para las cocinas de inducción. Todas ellas utilizan componentes de filtrado electromagnético del mismo tipo, pero con resaltables diferencias en los modelos, los tamaños y las cantidades de cada uno de los componentes. Estos factores promueven el análisis y estudio de las distintas prestaciones que nos ofrece cada tecnología para de esta forma, poder valorar la situación tecnológica del filtro de EMC utilizada en B/S/H con respecto a sus competidores en el mercado.

1.5 OBJETIVO

El objetivo de ese proyecto consiste en poder realizar el análisis y la comparación entre los distintos filtros de compatibilidad electromagnética de las principales tecnologías que se encuentran en el mercado, para determinar la bondad de cada filtro. Una vez analizadas y comparadas y según los resultados obtenidos, se propondrán posibles mejoras a estudiar para la aplicación en la tecnología de B/S/H.

1.6 ALCANCE

- ❖ Debido al gran espectro de temas que abarca la compatibilidad electromagnética, este proyecto cuenta con una primera fase de decisiones en la que se limitan los campos que se van a tratar.
 - Se estudiarán las funciones del filtro de red en la cocina de inducción.
 - Se describirán los componentes característicos que los componen.
 - Se definirán las figuras de mérito más adecuadas para realizar las comparaciones entre tecnologías.
- ❖ Una vez decididas las figuras de mérito, se propondrá un procedimiento tanto para las técnicas de medida como para los ensayos.
 - Se desarrollarán los métodos de caracterización, que describan el efecto del filtro en cada cocina.
 - Se definirán las técnicas de medida.
- ❖ Se buscarán y elegirán las tecnologías más interesantes para el estudio.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- ❖ Se realizaran medidas de las cocinas, que permitan la caracterización de los filtros en base a las figuras de mérito anteriormente definidas.
- ❖ Se analizarán los resultados y se obtendrán conclusiones.

Se realiza una planificación del trabajo a realizar tanto para las prácticas como para el desarrollo del proyecto para los siguientes 9 meses.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
FASE DE APRENDIZAJE	¿Qué es la EMC?	X	X						
	Principios básicos de la EMC	X	X						
	Funcionamiento de las cocina de inducción		X	X					
	Directivas y Normas		X	X					
	Ensayos normalizados		X	X					
FASE DE DESARROLLO	Caracterización de filtros EMC		X	X	X				
	Desarrollo del programa en Matlab				X	X			
	Análisis de los componentes				X	X			
FASE DE EJECUCIÓN	Realización de los ensayos						X		
	Aplicación del método desarrollado						X		
	Análisis de resultados						X		
	Conclusiones y finalización de la memoria						X		
OTRAS TAREAS	Realización de ensayos			X	X	X	X	X	X
	Trabajos varios	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 1.6: Planning

2. ESTUDIO TEÓRICO

En este capítulo de la memoria se describen las funciones de un filtro de compatibilidad electromagnética para poder determinar las características que más lo definen. Una vez analizadas estas funciones, se procederá al desarrollo de técnicas que nos sirvan para el estudio y caracterización de los filtros. Definidos los ensayos, se elegirán las principales tecnologías del mercado para la realización de las medidas experimentales, y con la información recopilada se podrán sacar conclusiones mediante la comparación de dichos resultados.

2.1 FILTRO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Las interferencias electromagnéticas se pueden definir como señales de tipo electromagnético que perturban no intencionadamente el funcionamiento normal de un sistema eléctrico o electrónico, afectando a las magnitudes eléctricas o magnéticas (tensión, corriente o campo magnético) de sus circuitos. [4]

La EMC (Compatibilidad Electromagnética) de un equipo eléctrico o electrónico representa su capacidad para trabajar en un entorno electromagnético sin generar perturbaciones que puedan interferir en otros equipos, así como su aptitud para soportar interferencias que puedan producir otros equipos electrónicos. Por tanto, la EMC se divide en dos ramas principales: la Interferencia Electromagnética (EMI) y la Susceptibilidad Electromagnética (EMS). La EMI de un equipo mide la cantidad de interferencia que éste es capaz de generar y que potencialmente puede afectar a otros equipos. La EMS mide la cantidad de interferencia que un equipo es capaz de recibir sin alterar su funcionamiento.

Los filtros que se utilizan en las cocinas de inducción, denominados filtros de red, van colocados en la entrada de los cables de alimentación del equipo. Su objetivo principal es minimizar o evitar por completo las interferencias electromagnéticas que la propia cocina envía hacia la red y las que la red, por culpa de otros sistemas, envía hacia nuestro sistema.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

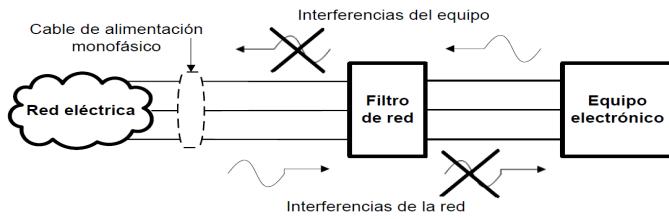


Figura 2.1: Efecto del filtro de red [5]

2.2 EMI Y EMS

Anteriormente, la mayoría de los aparatos utilizados en las instalaciones eléctricas eran cargas lineales (cargas resistivas, lámparas de filamento, etc.), que generaban ninguna o pocas interferencias. Sin embargo, en la actualidad muchas de las cargas utilizadas son no-lineales (motores de corriente alterna accionados por inversores, lámparas de descarga, lámparas de bajo consumo, etc.) y estos dispositivos producen un ruido que puede propagarse por toda la red [6]. Como ya se ha comentado, dependiendo de si las interferencias electromagnéticas son generadas por nuestro equipo o si por el contrario dichas interferencias afectan a nuestro sistema, se puede hablar sobre EMI o EMS.



Figura 2.2: EMC [7]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

La interferencia EMI se basa en el estudio de la problemática general de generación, propagación, influencia sobre otros circuitos y medidas de corrección de las interferencias electromagnéticas. Para el estudio de los distintos tipos, orígenes, medios de propagación e influencias que las interferencias pueden ejercer sobre otros circuitos distintos a los que la generan, el problema se divide en tres partes:

- ❖ Origen, fuente o generador de las interferencias.
- ❖ Medios de propagación o caminos de acoplamiento.
- ❖ Receptores de las interferencias.

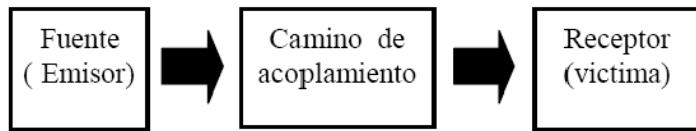


Figura 2.3: Partes del Fenómeno de Interferencia Electromagnética

Para poder eliminar un problema de EMI se pueden utilizar tres métodos: eliminarlas de la fuente, insensibilizar el receptor o disminuir la energía transmitida a través del canal de acoplamiento.

Las interferencias, si se clasifican según el medio de propagación, pueden ser: conducidas, cuando el medio de propagación es un conductor eléctrico (cables de alimentación o de señal, cables de protección, pantallas, chasis metálicos, etc.), o radiadas, cuando la propagación se efectúa a través de campos electrostáticos o electromagnéticos. [4]

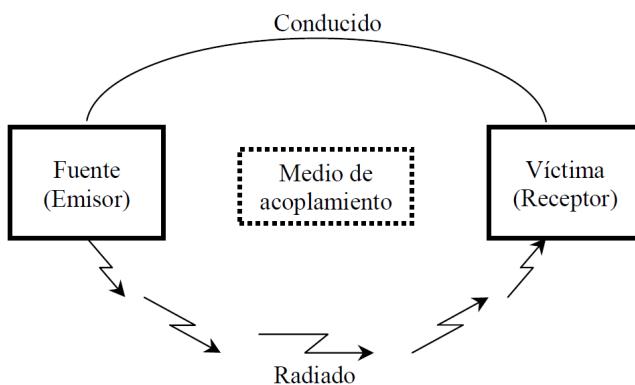


Figura 2.4: Modos de acoplamiento [8]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Para poder garantizar que los equipos no emiten suficiente EMI como para interferir en otros, se han elaborado distintas normativas por dos motivos principalmente, primero para la catalogación del equipo a estudiar, y segundo, para crear unos límites máximos aceptables de emisión para cada tipo de equipo. Sobre dichas normas tratará el apartado 3.3 de este capítulo.

La EMS es la capacidad que tiene un equipo de trabajar en un entorno sin ser interferido por otros. A esa capacidad se le llama Inmunidad y cuanto mayor sea, más difícil es que cualquier tipo de interferencia, ya sea artificial o natural, perturbe el correcto funcionamiento de dicho equipo. La susceptibilidad de los equipos se derivan en los tres bloques fundamentales que lo integran: componentes y dispositivos electrónicos; placas de circuito impreso, cableado y alimentaciones; medios mecánicos de soporte (racks, chasis o armarios). Los elementos propiamente susceptibles son los componentes electrónicos, mientras que el resto actúan como origen, medio de captación o propagación de las perturbaciones.

Las normativas marcan los niveles mínimos de interferencias bajo las cuales los equipos deben trabajar correctamente.

2.3 DIRECTIVAS, NORMATIVAS Y ENSAYOS

En la actualidad, para poder lanzar al mercado un producto debe cumplir con todas las directivas que le atañen. Las tres directivas que afectan a las cocinas de inducción son: la de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/EC [9], Baja Tensión 2006/98/EC [10] y la de Ecodiseño 1275/2008 [11]. Una vez que el fabricante cumple con las directivas puede utilizar el Marcado CE, que garantiza el libre mercado en toda la Comunidad Europea.

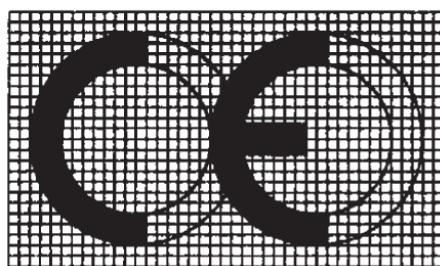


Figura 2.5: Marcado CE [9]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

En la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (ANEXO D), se fijan unos objetivos generales que garantizan que las perturbaciones electromagnéticas quedan limitadas a un nivel aceptable y que los equipos funcionen con el fin para el que son previstos. Esto incluye un nivel de protección frente a las perturbaciones electromagnéticas previsibles, que permita al equipo funcionar sin una degradación inaceptable en su uso. Esta directiva se aplica a todos los aparatos eléctricos o electrónicos y a los equipos e instalaciones que tengan componentes eléctricos o electrónicos que puedan crear perturbaciones electromagnéticas, o cuyo funcionamiento pueda verse afectado por dichas perturbaciones.

En la Figura 2.6 se observan las tres directivas y las secciones en las que se divide cada una de ellas. Se puede apreciar un nuevo término, la EMF. La EMF (electromagnetic fields) regula el efecto de los campos electromagnéticos de los equipos sobre los cuerpos humanos. Como se observa en la figura la EMF forma parte de la directiva de seguridad y se encuentra muy ligada a la de inmunidad. Esto se debe a que basan sus ensayos a las mismas normativas, con la única diferencia de los límites máximos que permite cada una, y el criterio de aceptación para dichos ensayos, siendo más restrictiva la de seguridad.

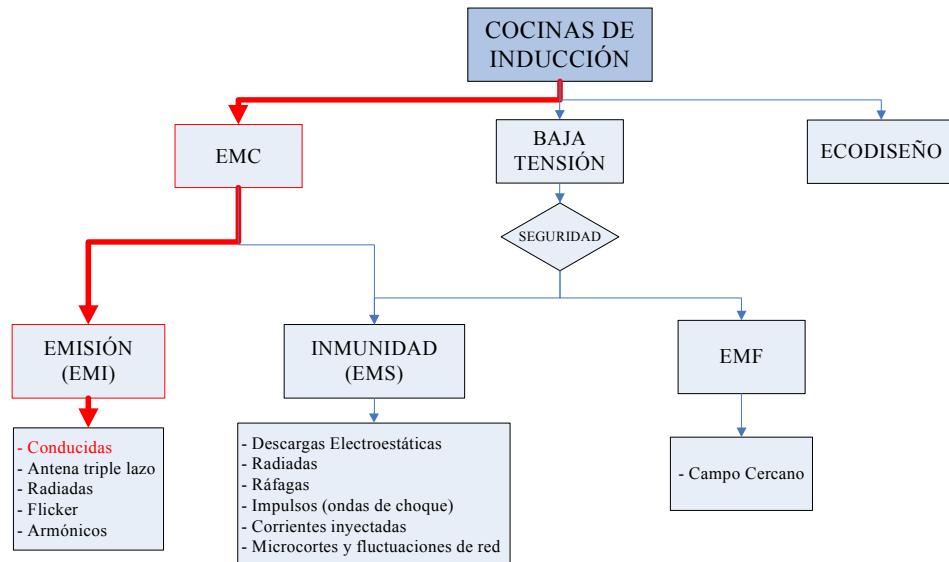


Figura 2.6: Directivas aplicadas a las cocinas de inducción

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Para poder cumplir con las directivas, los organismos europeos de normalización elaboran normas europeas armonizadas basándose en los requisitos esenciales. Dichas normas, que no son de obligatorio cumplimiento, se publican en el Diario Oficial de la Comunidad Europea 2005/C 246/01 [12]. El cumplimiento de las normas no es obligatorio, por lo que los fabricantes son libres de elegir cualquier otra solución técnica que provea la conformidad con los requisitos esenciales de las directivas.

A continuación se muestra un esquema con la relación de normas de compatibilidad electromagnética que afectan a las cocinas de inducción y el ensayo al que hacen referencia. En dichas normas se redactan los límites permitidos, el equipo necesario y el método a seguir para llevar a cabo dichos ensayos.

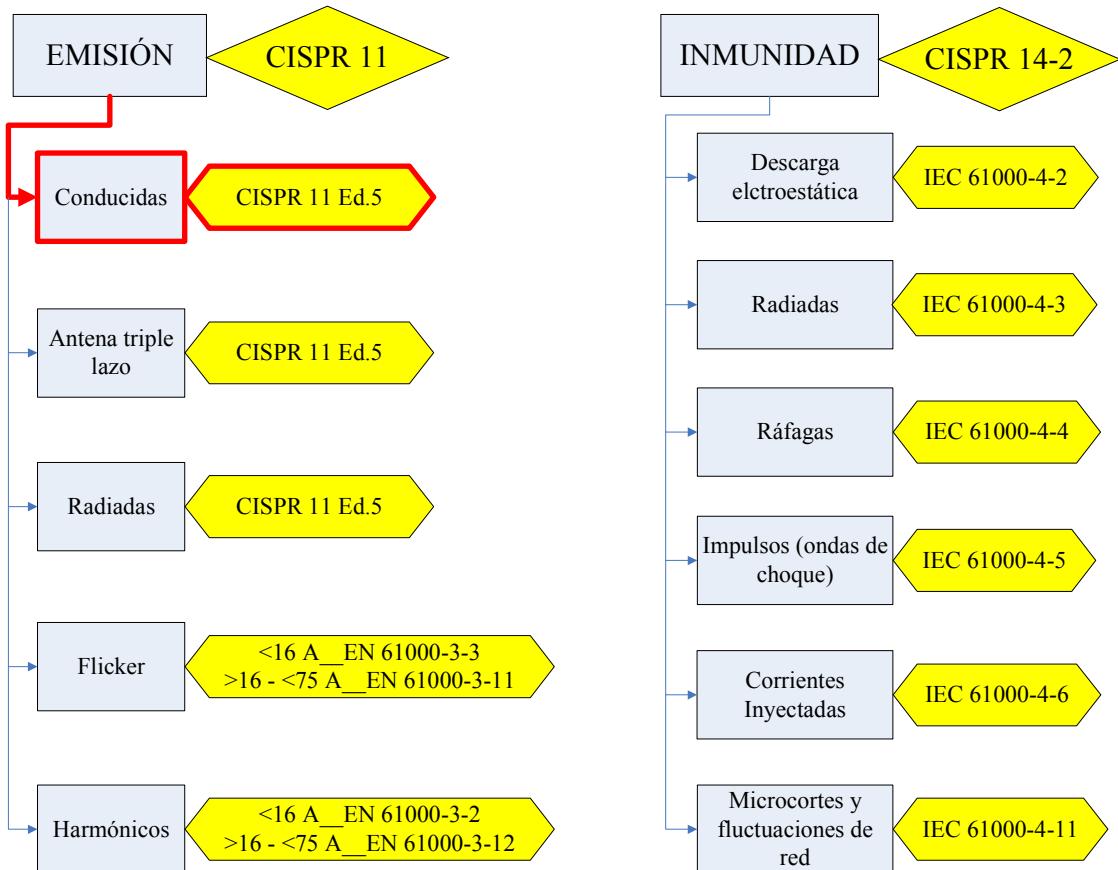


Figura 2.7: Resumen Ensayos-Normas

2.4 FILTRO Y EL ENSAYO DE CONDUCIDAS

Se podría pensar, que una vez realizados los productos, se acomete el problema de la EMC, pero este método conllevaría un sobrecoste en los filtros innecesario. Según uno de los libros más prestigiosos sobre EMC [3] el coste de las técnicas utilizadas aumentan, cuanto más se tarde en aplicarlas en la construcción del producto.

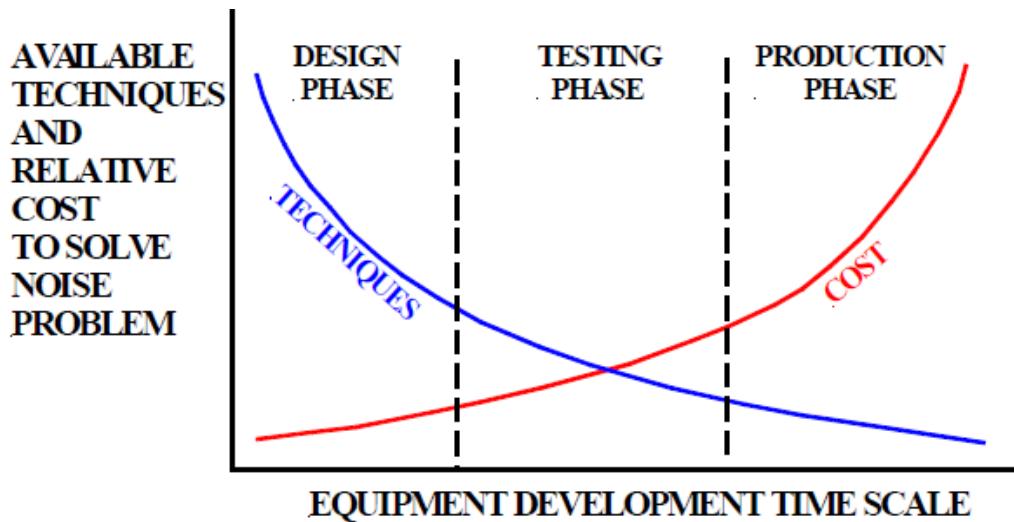


Figura 2.8: Relación entre el momento de aplicar técnicas reductoras de EMI y el coste [3]

El método adecuado es diseñar desde un principio teniendo en cuenta la EMC. En la actualidad existen multitud de estudios sobre métodos para reducir emisiones o aumentar la inmunidad desde el punto de vista de la construcción. Algun ejemplo es el ruteado de placas PCB [13], en este tipo de estudios se investiga las formas más apropiadas de conectar los componentes, la organización que deben tener las pistas para no crear bucles que actúen de antenas para el ruido, el modo de filtrar las alimentaciones etc. Otros estudios se basan en el desarrollo mediante la programación en el que continuamente se desarrollan nuevos software que consiguen un funcionamiento del equipo menos dañino para su entorno. También existen estudios sobre el conexionado de elementos de potencia. En definitiva, los métodos de reducción de interferencias y aumento de inmunidad están en continuo desarrollo realizándose nuevos estudios de investigación continuamente.

Por todo lo explicado en el párrafo anterior se entiende que el filtro de EMC es un engranaje más en una multitud de acciones para el correcto funcionamiento de un aparato eléctrico o electrónico, así como para cumplir con las directrices de la directiva.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Para poder describir la función principal y el rango de operación de los filtros de red, se mostrará a continuación una clasificación de los tipos de perturbaciones en función de la banda de frecuencias. Dicha clasificación es definida por las Directivas Europeas [14]:

- ❖ Perturbaciones de baja frecuencia; $f < 10 \text{ kHz}$.

Dentro de este grupo se encuentran la mayor parte de interferencias transmitidas por la red y las fuentes de alimentación, cuya propagación tiene lugar básicamente por conducción. Algunas de esas perturbaciones son las fluctuaciones de tensión o los armónicos de corriente o tensión de la frecuencia fundamental de la red. El origen de estas perturbaciones reside al conectar cargas no lineales como los convertidores estáticos.

- ❖ Perturbaciones en la banda de 10 a 150 kHz.

En esta banda se encuentra interferencias debidas a la conmutación de relés, interruptores electromecánicos y convertidores estáticos, siendo el principal medio de propagación la conducción a través de la propia red. Las conmutaciones de dichos elementos generan cambios bruscos de tensión y corriente creando interferencias que se transmiten por los cables.

- ❖ Perturbaciones en la banda de 150 kHz a 30 MHz.

En esta banda se encuentra también las interferencias debidas a la conmutación de relés, interruptores electromecánicos y convertidores estáticos pero ahora con el principal medio de propagación los acoplamientos capacitivos e inductivos Cualquier aparato electrónico que su funcionamiento se base en este tipo de tecnología de conmutación creará perturbaciones de estos dos últimos rangos

- ❖ Perturbaciones en la banda de 30 MHz a 300 MHz.

Las perturbaciones que aparecen en este rango frecuencial se transmiten básicamente por radiación. Su origen proviene de equipos que utilizan campos magnéticos o eléctricos para su funcionamiento.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- ❖ Perturbaciones en la banda de 500 MHz a 18 GHz.

El origen de estas perturbaciones suelen ser los equipos de comunicaciones o los propios circuitos lógicos de conmutación muy rápido y el medio de propagación es la radiación.

Como se observa en la clasificación, las interferencias que se transmiten por los cables (emisión conducida), es la que se encuentra en el rango frecuencial de 10 kHz hasta los 30 MHz. Esta emisión que se genera en el interior del aparato no debería propagarse fuera de él, ya que produciría problemas en la red o en otros equipos. Este es el motivo por el que se utilizan los filtros de red, atenúan las perturbaciones que generadas por el aparato se transmiten a la red eléctrica y a su vez evita que las perturbaciones provenientes de la red produzcan un mal funcionamiento en el aparato.

En las cocinas de inducción existen varios puntos conflictivos que producen una gran emisión conducida. Algunos de ellos son la fuente de alimentación (que trabaja a 100 kHz), la conmutación de los IGBTs (cuya frecuencia varía con la potencia entre 25–75 kHz) o las frecuencias de reloj con la que trabaja toda la zona lógica de la cocina (40 MHz para el microprocesador y 10 MHz el ASIC). Además existen conmutaciones de relés e interruptores electromecánicos para la activación de las distintas zonas de cocción de la cocina.

La norma CISPR 11 [15] determina los límites máximos de perturbaciones emitidas que no deben superar los equipos médicos, industriales o científicos de radiofrecuencia. En principio las cocinas de inducción deberían pertenecer al grupo de electrodomésticos y por ende a la norma CISPR 14 [16], sin embargo los límites máximos que no deben sobrepasar están definidos en unas tablas exclusivas en la norma CISPR 11. Esto es debido al gran adelanto tecnológico que presenta respecto al resto de electrodomésticos. En la siguiente figura se muestra un extracto de dicha norma donde se puede observar los distintos límites para cada rango de frecuencia.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Frequency range MHz	Induction cooking appliance limits dB(μ V)			
	All appliances other than those which are 100 V rated and without an earth connection		All appliances which are 100 V rated and without an earth connection	
	Quasi-peak	Average	Quasi-peak	Average
0,009 to 0,050	110	-	122	-
0,050 to 0,1485	90	Decreasing linearly with logarithm of frequency to 80	102	Decreasing linearly with logarithm of frequency to 92
	66		72	
0,1485 to 0,5	56	56	62	52
	56	46	56	46
5 to 30	60	50	60	50

Figura 2.9: Límites ensayo de conducidas [15]

Para comprobar que la emisión de cualquier producto no supera el límite máximo que le corresponde, existen ensayos normalizados que regulan el modo en el que se debe hacer el ensayo. En la norma CISPR 16-2-1 [17] se especifica el método de medida, el equipamiento necesario y el modo de conectarlos. En dicha norma también se describe la perturbación que se va a medir mediante el ensayo, la cual es una emisión compuesta por la interferencia en modo común y modo diferencial.

- Interferencia en Modo Común

El llamado ruido en modo común, es un tipo de interferencia asimétrica. Las dos corrientes llevan el mismo sentido en ambas fases y la suma de las dos, retorna por la tierra.

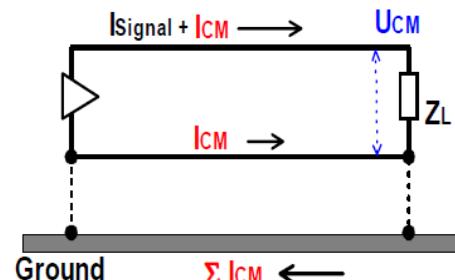


Figura 2.10: Ruido Modo Común [18]

- Interferencia en Modo Diferencial

Las corrientes en modo diferencial son simétricas y de sentido opuesto. La interferencia que atraviesa una de las líneas retorna por la otra. Esta otra línea podría ser la masa del sistema.

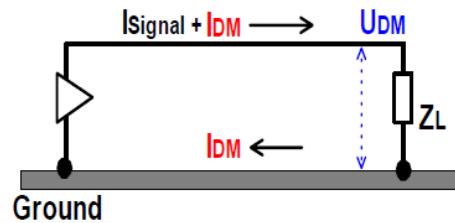


Figura 2.11: . Ruido Modo Diferencial [18]

Para la realización del ensayo, tal y como dicta la norma, es necesario el uso de una red artificial (Artificial Network). La función de este aparato es mantener una impedancia, vista por el aparato a medir, constante e independiente. Además desacopla los ruidos conducidos entre el equipo y la red en ambos sentidos. Se utilizan dos tipos de redes artificiales, tipo V y tipo triángulo. El tipo V es el utilizado para medidas en redes de alimentación, y mide las interferencias modo común y diferencial de modo global, dándonos un único resultado. El tipo triángulo se usa para medidas en líneas de señal. Además de la red artificial es necesario un equipo de adquisición y visualización de datos.

En la norma CISPR 16-1-1 [19] se indican el tipo receptor a utilizar, algunos de estos receptores, que utilizan la frecuencia como parámetro más importante, se llaman Analizadores de Espectro. Estos receptores deben integrar detectores de cuasi-pico (detector que primero detecta el nivel máximo de la señal para luego dar a su salida un valor relativo al nivel de repetición de dicha señal), y de nivel medio de una señal, ya que son los detectores exigidos por la norma. Además del equipo necesario para el ensayo, también es muy importante la disposición de todos los dispositivos. Por ello en la siguiente figura, que proviene directamente de la norma, se observa cómo deben estar dispuestos y las distintas conexiones que se deben llevar a cabo para la realización del ensayo. Cabe resaltar la conexión a masa del estabilizador de red y las distancias que hay que respetar para que el método sea completamente repetitivo.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

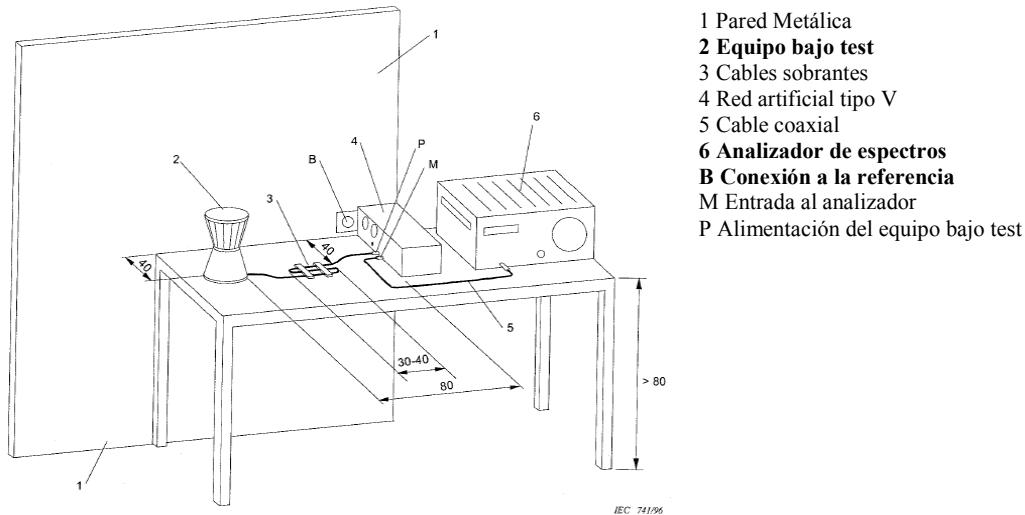


Figura 2.12: Método de Ensayo de Conductas [17]

Debido a los diversos modos de funcionamiento que poseen muchos de los equipos electrónicos que se desean medir, la norma especifica para cada grupo un solo modo para realizar el ensayo. En el caso de las cocinas de inducción se especifica la zona de cocción, la potencia y los tipos de pucheros que se deben utilizar.

2.5 EL FILTRO DE EMC EN IH5

Una de las últimas tecnologías que B/S/H ha sacado al mercado, en lo que a cocinas de inducción se refiere, es la denominada IH5. Este apartado se va a utilizar como ejemplo para explicar la función tanto del propio filtro en la cocina, como la de los distintos elementos que lo componen, aunque el análisis será extrapolable a cualquier otra tecnología.



Figura 2.13: Filtro IH5

2.5.1. *Emplazamiento*

En todas las tecnologías del mercado la mayor parte del filtro, sino en su totalidad, se encuentra entre el cable de alimentación y la entrada de la cocina. Si se produce algún tipo de sobretensión en la red es necesario que la cocina quede protegida, por lo que dichas protecciones deberían encontrarse en la entrada a la cocina. Lo mismo ocurre con la emisión por el cable, los componentes deberían situarse al inicio de la cocina, para así poder filtrar todo lo que la cocina emite. Por ello, la zona en la que van situados todos estos elementos se le llama “zona filtro”. Algunas tecnologías optan por colocar parte del filtro antes de la cocina y otra parte incluirla en la circuitería de funcionamiento.

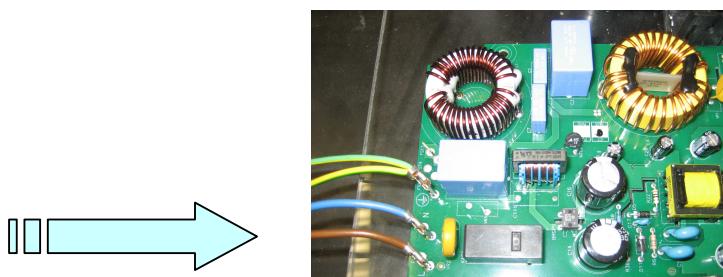


Figura 2.14: Detalle alimentación de la cocina

2.5.2. *Funciones*

Como ya se ha comentado anteriormente, la zona del filtro no es la única que cumple funciones de EMC, sino que por toda la cocina existen elementos que de alguna forma aumentan su inmunidad o disminuyen la emisión. Por norma general, entre los elementos que componen el filtro se encuentran dispositivos con las siguientes funciones:

- Reducción de emisión por el cable.
- Protección contra sobretensiones.

2.5.3. *Componentes*

Los componentes de los filtros suelen ser muy similares entre unas tecnologías y otras. Ya que el filtro está muy tipificado, las diferencias residen en la cantidad, el tamaño y la calidad de los componentes.

➤ Choque Modo Común

El choque modo común es un transformador de banda ancha bobinado de forma bifilar (dos arrollamientos en sentidos opuestos) que permite la circulación de corrientes iguales y opuestas a través de sus devanados, mientras suprime las corrientes desiguales y del mismo sentido. A causa del devanado bifilar, no se genera flujo magnético neto en el choque para corrientes simétricas, por lo que no encuentran inductancia. Para corrientes de modo común (asimétricas y del mismo sentido), el choque inductivo actúa como una inductancia y atenúa dichas corrientes [4].

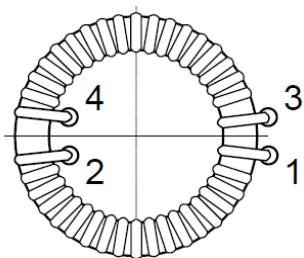


Figura 2.15: Choque modo común



Figura 2.16: Choque modo común IH5

➤ Choque Modo Diferencial

A diferencia de los choques modo común, el diferencial lleva dos bobinados arrollados en el mismo sentido. De esta forma, al contrario que el de modo común, el choque presentará inductancia para las corrientes simétricas y de sentido opuesto.

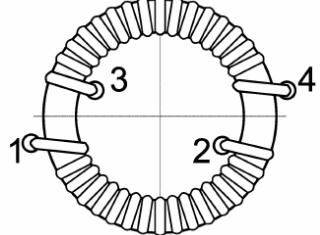


Figura 2.17: Choque modo diferencial



Figura 2.18: Choque modo diferencial IH5

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Para la elección de los choques a utilizar se deben tener en cuenta varios parámetros que definirán el comportamiento en el rango de frecuencias en las que trabajarán. La inductancia es la característica principal de estos componentes y a su vez depende de otros parámetros: el número de vueltas, el grosor del cobre, la permeabilidad del núcleo (que a su vez depende del material del que está hecho, del tamaño y la forma). Para un núcleo fijo, cuanta mayor inductancia posea el choque mayor será la atenuación de las interferencias, pero por contrapartida, también aumentan las pérdidas producidas en el cobre bajando de esta forma el rendimiento de la cocina. Este problema puede disminuir mejorando las características del núcleo, normalmente a un precio considerablemente mayor y haciendo así que sean necesarias menos vueltas de cobre para obtener la misma inductancia.

➤ Condensadores X

Los condensadores tipo X se colocan entre fase y neutro. Su objetivo es filtrar ruido en modo diferencial. A bajas frecuencias se comportan como un circuito abierto y a partir de cierta frecuencia comienzan a comportarse como un circuito cerrado por el que circula el ruido. Su principal función se centra en filtrar o atenuar la frecuencia de conmutación y sus primeros armónicos.

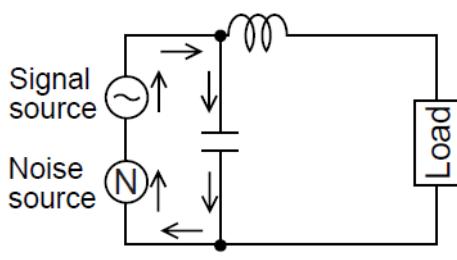


Figura 2.19: Efecto condensadores X [20]

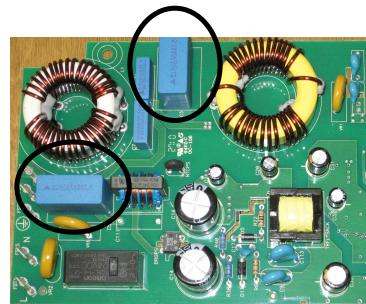


Figura 2.20: Condensadores X en IH5

➤ Condensadores Y

Los condensadores tipo Y se conectan entre las líneas y la referencia (Fase-Referencia, Neutro-Referencia). Estos condensadores ayudan a filtrar el ruido en modo común. Su mayor radio de acción se basa en las altas frecuencias en las que actúa como un cortocircuito, de esta forma, habilita un camino de menor impedancia que la carga y así no se transmite por ella.

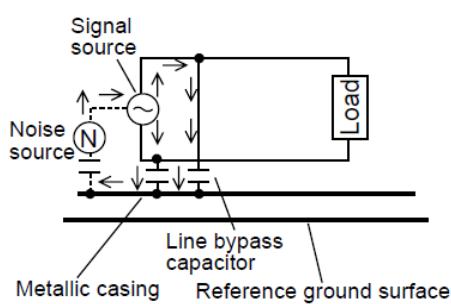


Figura 2.21: Efecto condensadores Y [20]



Figura 2.22: Condensadores Y en IH5

Los valores de capacidad de los condensadores, tanto X como Y, no varían mucho de una tecnología a otra debido a que todos deben trabajar en el mismo rango frecuencial y a que el tamaño de los condensadores viene limitado por el tamaño de la cocina, sobre todo en lo que altura se refiere. Además, un valor alto de capacidad significa una frecuencia de resonancia menor, por lo que el condensador pasaría a comportarse como una inductancia a una frecuencia menor. Para disminuir este efecto se utilizan valores de capacidad menores colocados en paralelo.

La máxima frecuencia a la que el filtro funciona correctamente viene limitada por los parámetros no ideales de los componentes. Los choques, por ejemplo, presentan una capacidad parásita entre las espiras que componen las vueltas, que al rebasar una frecuencia característica del propio choque, producirán que deje de comportarse como una inductancia para hacerlo como una capacidad. A los condensadores les sucede el proceso contrario, a partir de una determinada frecuencia dejan de trabajar como condensadores para comportarse como inductancias, debido a los elementos no ideales que poseen. Se puede mejorar el comportamiento del filtro con componentes más ideales pero siempre teniendo en cuenta que cuanto más se acerquen a un comportamiento ideal, más se encarecerá el producto.

2.6 FIGURAS DE MÉRITO

Una vez entendidas las funciones del filtro resulta conveniente definir figuras de mérito con el objeto de poder analizar y comparar los diferentes filtros utilizados en el mercado. Para ello cabe resaltar la enorme dificultad de poder caracterizar la bondad de un filtro, ya que cada uno ha sido elaborado para una cocina de inducción diferente y conlleva un estado inicial de emisión completamente distinto. Este problema se podría solucionar en el caso de que todas las tecnologías elaboraran un filtro que estuviera totalmente aislado del resto de la tecnología que compone la cocina. Siendo así, se podría aislar el filtro y utilizarlo en otra cocina patrón para tener siempre la misma referencia de emisión en las medidas. Desgraciadamente esta idea no se puede llevar a cabo, ya que algunas tecnologías no siguen este esquema y tienen una parte, o todo el filtro, unido e incluso mezclado con el resto de la tecnología. Por todo esto es necesario desarrollar un proceso de comparación relativa, en el que se podrá valorar la bondad de cada filtro según las siguientes figuras de mérito.

➤ EFICACIA

En primer lugar se estudiará la eficacia de cada filtro en su propia tecnología. Con este parámetro se pretende conocer de forma cualitativa, qué filtro atenúa más y por lo tanto cuál es más eficaz aplicado a su situación concreta. Esta es la característica más importante del filtro puesto que el objetivo final del filtro es atenuar.

➤ ESPACIO

Se tendrá en cuenta el espacio ocupado por todos los componentes del filtro, ya que es un condicionante en la disposición del interior de la cocina. Cuanto más pequeño resulta el filtro mayor aprovechamiento del espacio, sobre todo teniendo en cuenta las restricciones en altura que poseen las cocinas de inducción.

➤ COSTE

Resaltar la importancia de este parámetro, puesto que cualquier fabricante puede conseguir el mejor filtro, en lo que a atenuación se refiere, utilizando los mejores componentes del mercado, pero con un gran déficit en el coste. Por este motivo también se valorará el precio aproximado del filtro.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Como ya se ha comentado anteriormente, la eficacia indica el nivel de atenuación que ejerce el filtro y por ello es una característica muy relevante, sin embargo no habrá que perder de vista el coste que ello supone. En caso de niveles parecidos de atenuación se considerará muy positivamente el menor coste del filtro. Un menor espacio ocupado supondrá un plus en la valoración pero no resultará tan determinante como pueden serlo las otras dos figuras de mérito.

Una vez reunidos estas tres figuras de mérito de un filtro, se concluirá haciendo una valoración global del filtro. De esta forma se procederá a comparar tecnologías.

3. METODOLOGÍA

Una vez definidas las figuras de mérito, se procede en este capítulo a explicar los procedimientos para realizar las medidas necesarias para cada figura de mérito. En el caso de la eficacia, los métodos de medida y los tratamientos de datos que se han desarrollado para poder caracterizar los distintos filtros en estudio. Para ello se expondrán las características más importantes del equipamiento que posee el laboratorio de EMC del centro de competencia de inducción de B/S/H, y se explicará el procedimiento seguido para la elección final del método de medida. Una vez obtenidos los datos se buscarán distintas vías de tratamiento de los mismos y finalmente, se propondrá un método desarrollado con el programa Matlab, en el que el usuario tendrá múltiples opciones de visualización de los resultados. Para concluir el capítulo se explicarán las distintas consideraciones que se utilizarán para realizar las comparaciones de coste y tamaño.

3.1 EFICACIA

3.1.1. *Instrumentos de medida*

Para poder explicar eficazmente el método utilizado para captar las medidas se hace indispensable hacer referencia a los distintos equipos utilizados y sus principales características.

➤ *Analizador de Espectro*

Debido a la rigidez de las normativas en el modo en el que se realiza el ensayo, los distintos aparatos que son necesarios para llevarlo a cabo son muy específicos. Existen varias empresas especializadas en la venta de dichos productos.

El analizador de espectro es una herramienta capaz de representar las componentes espectrales de una determinada señal a partir de su transformada de Fourier. Esta representación en el dominio frecuencial permite visualizar parámetros de la señal que difícilmente podrían ser analizados si se trabajase en el dominio del tiempo por medio de un osciloscopio. Existe una gran variedad de analizadores en el mercado, de mayor o menor precisión, pero todos ellos utilizan la misma representación. En el eje de ordenadas se presenta el nivel de amplitud (en dBs) del contenidopectral de la

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

señal y en el eje de abscisas se suele mostrar de forma logarítmica la frecuencia. Existen analizadores analógicos y digitales de espectro. Los analógicos utilizan uno o varios filtros paso banda variables (se ajusta el rango frecuencial) para captar el espectro de la señal. Los digitales, sin embargo, trabajan por medio de un proceso matemático que transforma la señal en sus componentes espectrales. Este proceso es el llamado FFT, las siglas en inglés de transformada rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*) [21]. Dicho proceso, como se ha dicho anteriormente, es un algoritmo que permite calcular la transformada de Fourier, obteniendo así el espectro frecuencial de la señal, pero de una manera más eficiente en cuanto a tiempo.

En B/S/H se dispone del siguiente analizador de espectro (más información en ANEXO A):



Figura 3.1: Analizador de espectro ESPI 3

ESPI 3 de ROHDE & SCHWARZ [22]

Tiene un ancho de banda de 9 kHz a 3 GHz, detectores de máximos, mínimos, picos, quasi-picós, RMS y nivel medio. Es capaz de medir tanto en escala logarítmica como en temporal. Además el fabricante ofrece un software para poder controlar este aparato mediante un ordenador. Estos aparatos se pueden configurar acorde a la norma pertinente para realizar el ensayo (CISPR 16-1-1). En ella se indica que el ancho de banda con el que se hace el barrido en frecuencias para tomar los datos debe ser:

- 200 Hz entre [9 kHz – 150 kHz]

- 9 kHz entre [150 kHz – 30 MHz]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

➤ LISN

La LISN, que son las siglas en inglés de Impedancia Estabilizadora de Red Eléctrica, es el aparato que simula una red eléctrica ideal y de esta forma se normaliza la impedancia que ve el equipo a medir en todo momento. En la Figura 3.2 se puede observar el circuito equivalente simplificado de la LISN y el comportamiento de su impedancia en un amplio rango de frecuencias.

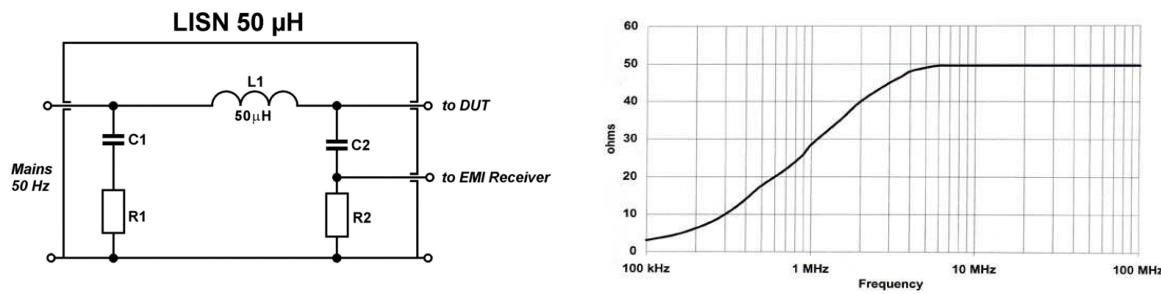


Figura 3.2: Gráfica impedancia de la LISN y circuito equivalente [23]

Este aparato está concebido para poder realizar el ensayo de conducidas por lo que su banda frecuencial de trabajo es de 9 kHz a 30 MHz. En la norma CISPR 16-2-1, se encuentran los tipos de redes artificiales que se pueden utilizar y las clases que hay. La LISN que se dispone en el laboratorio es:



Figura 3.3: LISN ESH2-Z5

ESH2-Z5 de ROHDE & SCHWARZ [24]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Esta LISN es del tipo denominado V-Network, que mide tanto ruido en modo diferencial como en modo común. Su impedancia es: $(50 \mu\text{H} + 5\Omega)/50\Omega$. El uso de esta LISN evita que un posible ruido que exista en la red eléctrica distorsione la medida tomada, asegurando que el ruido medido sólo proviene del aparato que está bajo test (DUT), (más información en ANEXO A).

➤ Protector de transitorios

Para realizar la conexión entre la LISN y el analizador de espectros se utiliza un cable coaxial unido a un protector de transitorios. Con este dispositivo se protege el analizador de espectros de posibles daños debidos a algún transitorio que pueda generar la cocina, por ejemplo, en el arranque. Hay que tener en cuenta que al utilizar un dispositivo como éste, la medida se distorsiona. El fabricante proporciona el nivel de atenuación del protector por lo que, configurándolo en el analizador, finalmente se obtiene la medida original.



Figura 3.4: Protector de transitorios ESH3-Z2

ESH3-Z2 de ROHDE & SCHWARZ [25]

Este protector de transitorios produce una atenuación de 10 dBs en todo el espectro medido de la señal. Para evitar este problema el propio programa te proporciona la opción de indicarle dicha distorsión y así pueda modificar el resultado final de modo que no nos afecte, (más información en ANEXO B).

3.1.2. *Método de medida*

Una vez conocidos los instrumentos de medida, queda por definir el método que se seguirá para realizar las medidas. El analizador de espectro capta los datos en el campo frecuencial. Para ello, como se ha indicado anteriormente, a la señal a medir le aplica la transformada rápida de Fourier (FFT) y obtiene todas las componentes frecuenciales y los armónicos que componen la señal.

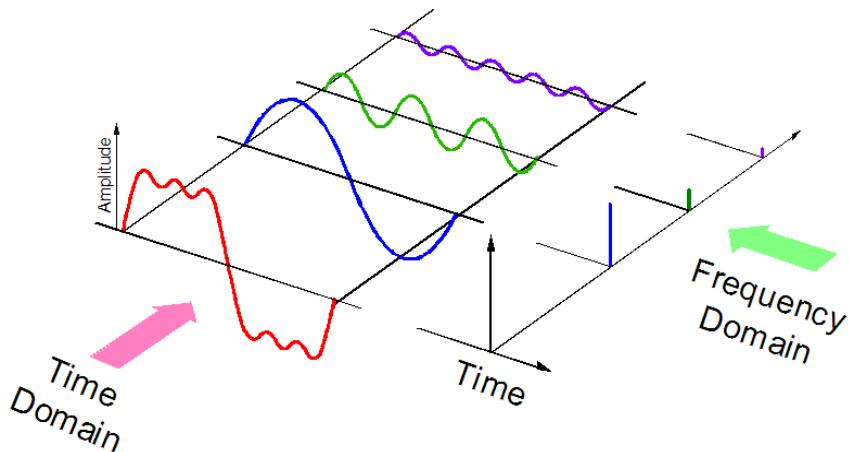


Figura 3.5: Dominio temporal –frecuencial [26]

Una vez configurado el analizador en modo espectro, habrá que definir los parámetros que para realizar la medida. Mediante el software que proporciona el fabricante se pueden realizar todas las configuraciones desde el propio ordenador. Los parámetros más relevantes para captar los datos son: el **ancho de banda**, el **tiempo por punto** y el **step**. Para entender estos tres parámetros se va realizar una explicación de su funcionamiento, teniendo en cuenta que la visualización de los datos va a ser en el campo frecuencial. Para una correcta visualización la escala de las frecuencias será logarítmica. Por otro lado, el nivel de emisión viene definido por el analizador en decibelios por micro voltio ($\text{dB}\mu\text{V}$):

- ❖ Primero se inicia la medida en la frecuencia inicial a la que se ha configurado el ensayo.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- ❖ Mediante la configuración de los distintos parámetros se determina la cantidad de puntos que el analizador va a adquirir para definir la señal. Cuanto mayor número de puntos, más precisa será la representación, pero a su vez, el tiempo que le costará realizar la medida será mayor. Para la captación de un punto concreto, el analizador de espectro utiliza un filtro paso banda, cuyo ancho de banda es uno de los parámetros configurables del analizador. Para la elección más adecuada, hay que tener en cuenta que un ancho de banda muy amplio podría ocasionar pérdida de información, como se ve en la Figura 3.6. Por otro lado, cuanto menor sea el ancho de banda más tiempo le costará al analizador concluir la medida. Por ello se debe llegar a un compromiso entre los dos factores, que no sea demasiado largo el ensayo y por otro lado no perder información de la señal.

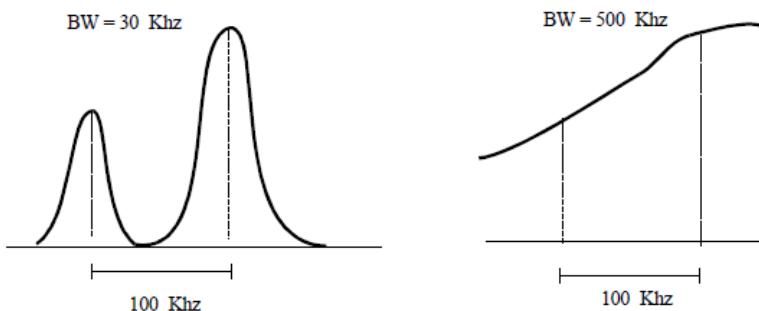


Figura 3.6: Ancho de banda [27]

- ❖ Otro parámetro que se debe definir es el **tiempo por punto**. El tiempo por punto es el tiempo que el analizador se mantiene analizando la señal en cada banda frecuencial. Un alto tiempo por punto alargaría la duración del ensayo considerablemente, pero por otro lado, el valor adquirido sería más preciso. En primer lugar, cuando una señal pasa por un filtro, la respuesta que se obtiene sufre un estado inicial transitorio para finalmente estabilizarse al valor en régimen permanente.

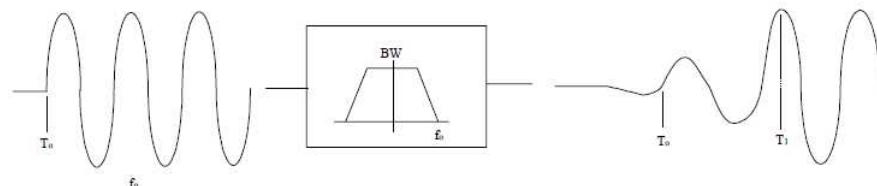


Figura 3.7: Tiempo por punto [27]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Por otro lado en el caso de que el valor de la señal varíe ligeramente con el tiempo, cuanto mayor tiempo permanezca el analizador adquiriendo dicho dato más seguridad obtendremos de haber obtenido el valor deseado.

- ❖ Para realizar el análisis de la señal en todo el espectro de frecuencias preconfigurado para el ensayo, la ventana frecuencial del filtro paso banda debe desplazarse cada vez que termine de capturar un dato. El desplazamiento en frecuencias del filtro viene determinado por el paso o **step**. Este parámetro tiene relación directa con el ancho de banda, cuanto menor sea el step mayor cantidad de puntos se adquirirán. Para la elección del paso, primero se debe escoger entre capturar datos de forma lineal o de forma logarítmica.
 - Si se hace de forma lineal el paso deberá ser, como máximo, igual a la mitad del ancho de banda (Teorema de Nyquist [28]). En este caso hay que tener en cuenta que la visualización del resultado va ser en escala logarítmica y la toma de datos será siempre un número constante de frecuencia. Como consecuencia de ello, a medida que se avance en décadas de frecuencia la cantidad de datos va a aumentar considerablemente, produciéndose un número elevado de datos en las últimas décadas y reducido en las primeras. En la siguiente figura se puede apreciar el efecto comentado.

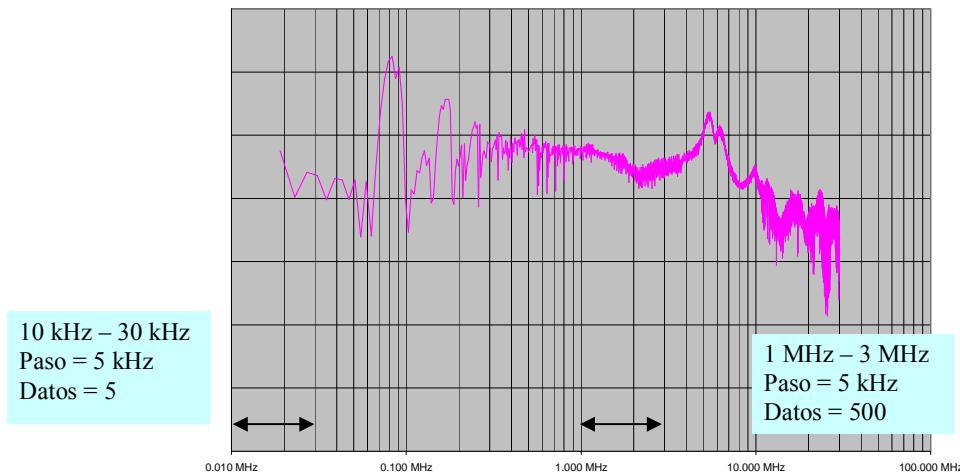


Figura 3.8: Toma de datos método lineal

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- Si el paso es logarítmico, se debe configurar el porcentaje de paso. Dicho porcentaje, calculado sobre la frecuencia en la que esté analizando en cada instante, será el que determine que salto en frecuencia se dará para tomar el siguiente dato. Cuanto mayor sea este porcentaje, más rápidamente se realizará la medida y a su vez menos información captaremos de la señal. Con este método, a medida que se avanza en frecuencias menos precisión se obtiene en la medida.

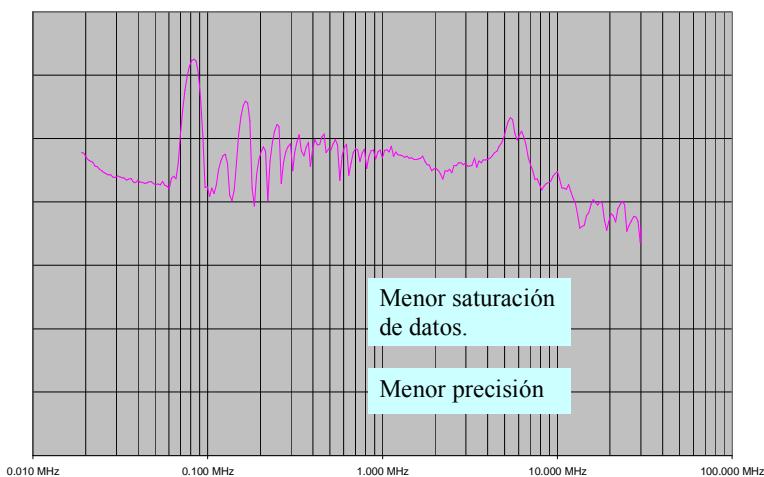


Figura 3.9: Toma de datos modo logarítmico

- ❖ Cuando el filtro paso banda alcanza la frecuencia final que se ha preconfigurado, el ensayo concluye.

A continuación se van a comentar las consideraciones que se han tenido en cuenta para la elección de los distintos parámetros necesarios para el ensayo. Debido a que se desea medir las emisiones conducidas por el cable, el rango global de frecuencias será de 9 kHz a 30 MHz, aunque se debe tener en cuenta que las cocinas de inducción trabajan a frecuencias mayores a 20 kHz, ya que por debajo de ese nivel, se encuentra el nivel audible humano. Por ello la **frecuencia inicial** para los ensayos de este proyecto será **19 kHz**.

Por otro lado habrá que definir el ancho de banda, el tiempo de medida y el paso, que finalmente definirán el tiempo que durará el ensayo. Para realizar la medida la cantidad de zonas de cocción puede variar entre las distintas cocinas y, por tanto, se ha

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

decidido realizar el ensayo utilizando un solo fuego. El tamaño de dicho fuego será el mismo en todas las cocinas para que las condiciones del ensayo sean las mismas para todas las cocinas. La potencia que se aplicará al fuego será la máxima que disponga la cocina para dicho fuego, con el objetivo de que las emisiones sean lo mayores posibles y poder así observar claramente el efecto de atenuación del filtro. En este sentido se encuentra un obstáculo en los sistemas de protección que poseen las cocinas, ya que, cuando los componentes sobrepasan un determinado nivel de temperatura, la cocina comienza a regular la potencia. Esto produce una reducción de la potencia entregada que conlleva una disminución de la emisión, distorsionando así la medida. Por norma general las regulaciones se producen en un rango de tiempo entre los 6 y 15 minutos. Teniendo en cuenta esta característica habrá que determinar los tres parámetros anteriormente comentados de tal forma que no se sobrepasen esos 6 minutos. Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, cuanto mayor tiempo esté en cada punto o menor sea el ancho de banda, más fiel a la realidad será la medida. Por ello hay que llegar a **un compromiso entre el tiempo de medida y la fidelidad de la medida.**

El ensayo normalizado indica dos anchos de banda diferentes para los dos rangos de en los que divide la medida, sin embargo, un mismo ancho de banda en todo el rango frecuencial proporciona una **continuidad en la visualización de la medida.**

Cabe resaltar también algo ya explicado en el tercer capítulo, los componentes de los filtros a altas frecuencias dejan de comportarse de una forma ideal. En la Figura 3.10, que pertenece a un estudio sobre la simulación del comportamiento de un filtro, se puede observar como antes de llegar a 1 MHz, el comportamiento ideal simulado (traza verde), se aleja del comportamiento medido en el filtro (traza azul).

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

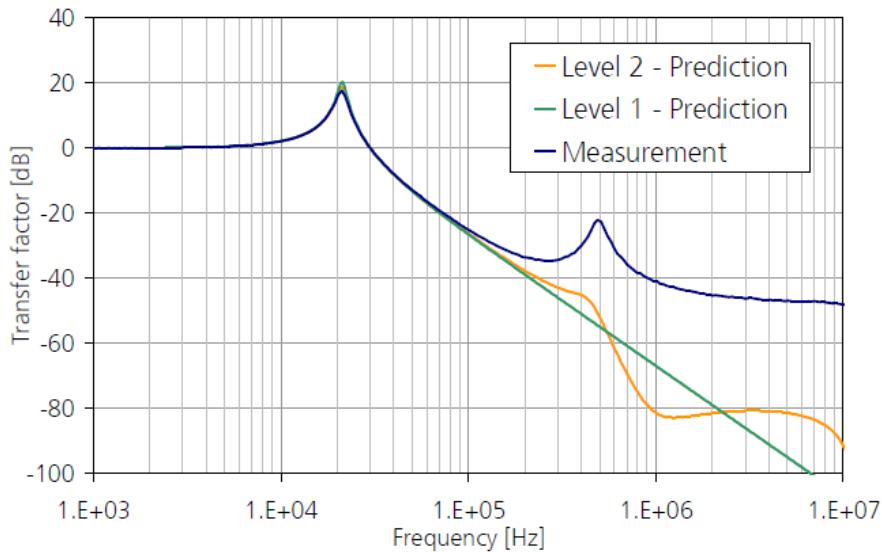


Figura 3.10: Comparación comportamiento real-ideal de un filtro de red [29]

Este estudio indica el comportamiento impredecible del filtro por encima de dicha frecuencia. Por ello el comportamiento del filtro por debajo de 1 MHz toma mayor relevancia que lo que ocurre por encima de ella. Otro dato que refuerza este hecho reside en que las **componentes frecuenciales de operación** de la cocina con sus principales armónicos se encuentran **por debajo de los 3 MHz**. En consecuencia a estos argumentos se decide que a tan **altas frecuencias** (entre 1 a 4 MHz hasta los 30 MHz) no es necesaria una cantidad de toma de datos tan exigente como a las bajas frecuencias, y por ello, se podrá agilizar el proceso siempre y cuando no se pierda en la representación el **comportamiento general de la señal**.

Una vez tomadas en consideración todas estas condiciones, se llega a la conclusión de tomar dos rangos de medida, uno de 19 kHz a 3 MHz y otro de 3 MHz a 30 MHz. Para mantener una continuidad en la medida, pese a distinguir dos rangos frecuenciales, se opta por utilizar un único ancho de banda de 9 kHz. De esta forma no existirán cambios bruscos en la visualización que puedan inducir a error y además resulta un ancho de banda adecuado para obtener todo el espectro frecuencial de la señal sin perder información. La captación de datos del rango de bajas frecuencias será más exhaustivo por lo que la duración, aún siendo menor el rango de frecuencia a recorrer, podrá incluso superar el de altas frecuencias, pero siempre teniendo en cuenta el límite de 6 minutos en total. Utilizando una escala lineal en el rango de bajas frecuencias y un tiempo por punto de 20 ms, resulta suficiente para observar todos los armónicos en un

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

tiempo adecuado. En el segundo rango se opta por una escala logarítmica que acelera considerablemente el proceso de medida. Mediante un paso de 0.1% y 5 ms por punto se obtiene un resultado ideal desde el punto de vista tanto de la cantidad de información como de la duración. Por un lado se ha conseguido que la suma total de los tiempos no supere los 6 minutos y por otro, que los datos adquiridos sean suficientes para describir el comportamiento de la cocina. De esta forma se pueden observar las frecuencias fundamentales con sus armónicos correspondientes en un amplio espectro frecuencial y se omiten los datos que no aportan información debidos a la representación logarítmica.

Con estos parámetros que se resumen a continuación se crea una plantilla en el programa utilizado (EMC-32) para todos los ensayos que se vayan a realizar para este proyecto.

[19 kHz – 3 MHz]:

Frecuencia Inicial = 19 kHz.

Frecuencia Final = 3 MHz.

Ancho de Banda = 9 kHz.

Tiempo de Medida por punto = 20 ms.

Escala lineal. Step = 4 kHz.

[3 MHz – 30 MHz]:

Frecuencia Inicial = 3 MHz.

Frecuencia Final = 30 MHz.

Ancho de Banda = 9 kHz.

Tiempo de Medida por punto = 5 ms.

Escala Logarítmica. Step = 0.1 %.

3.1.3. *Tratamiento de datos*

Una vez definida la forma de realizar la medida, se desarrolla un método para posibilitar el cálculo cualitativo de la eficacia de un filtro. Para ello se ha ideado un procedimiento basado en el ensayo de emisión de conducidas, en el que se comparará la emisión producida por la cocina tanto con filtro como sin él. El objetivo es conseguir una medida relativa de las **pérdidas de inserción** de cada filtro. En primer lugar se realizará una medida de la cocina a estudiar, tal y como se encuentra en los comercios y después se realizará otra medida evitando el efecto del filtro. Para ello, en caso de que el filtro esté completamente aislado del resto de tecnología, simplemente se procederá a la desconexión y aislamiento del mismo y si esta operación no es posible, se realizarán los puentes y extracciones necesarias para anular por completo su función y simular que la cocina no tiene filtro.

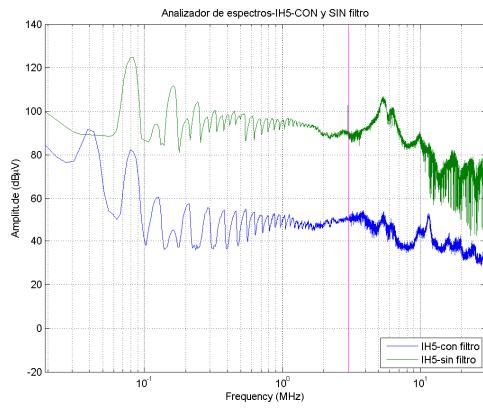
Una vez obtenidas las dos medidas, con y sin filtro, lo ideal sería realizar la resta entre ambas y obtener así el efecto del filtro en su cocina. En la práctica se encuentra un problema cuyo origen reside en el funcionamiento de las cocinas de inducción. Cuando el usuario está utilizando un fuego de la cocina puede elegir la potencia final a la que quiere que trabaje. A este procedimiento se le llama “trabajar a potencia objetivo”, lo que implica que la potencia va a ser constante pero la frecuencia a la que comutaran los IGBTs para dar dicha potencia no. Debido a las no linealidades de los componentes, interferencias dentro de la cocina o incluso el propio funcionamiento de cada una de ellas, la frecuencia principal a la que comutan los transistores no es siempre constante, por lo que puede variar unos kHz por encima o por debajo. Este problema repercute a la hora de intentar restar las medidas anteriormente explicadas, ya que es improbable que en varias medidas repetitivas coincidan los puntos frecuenciales en los que se producen picos, por frecuencias de funcionamiento o por sus armónicos. Por ello resulta necesario un tratamiento de las medidas obtenidas para poder realizar una resta coherente.

El tratamiento se ha desarrollado bajo el entorno de programación de Matlab. Los datos obtenidos van a pasar por varios filtros matemáticos con el objeto de realizar la resta entre las dos medidas de forma coherente. El primer filtro por el que pasarán los datos es el detector de picos, consiguiendo así una envolvente de las medidas con un ancho de banda a elegir por el usuario. Este ancho de banda se puede cambiar en los dos

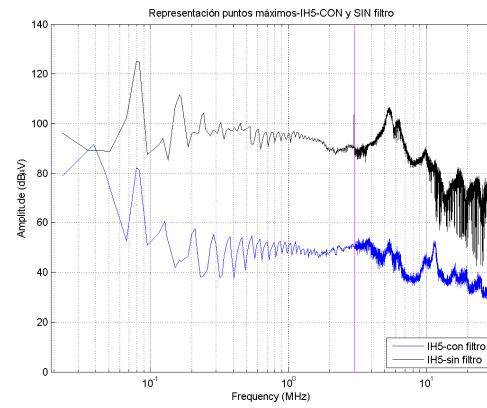
SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

rangos en los que se han tomado las medidas, pudiendo utilizar dos anchos de banda distintos.

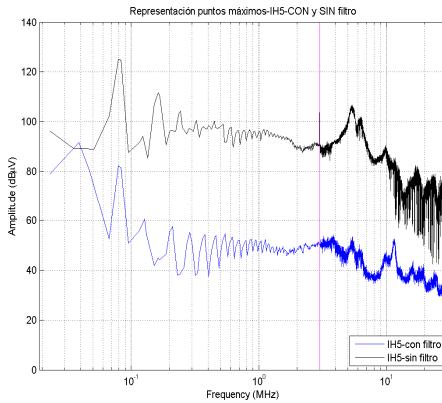


Gráfica 3.1: Medida original

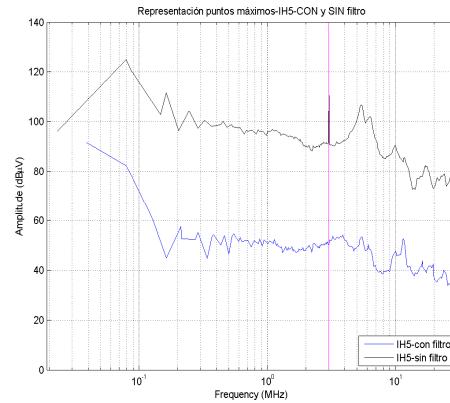


Gráfica 3.2: Detección de picos máximos

Mediante este filtro se obtienen los valores de los puntos máximos y con el ancho de banda elegido limitamos la cantidad de puntos máximos que observaremos (cuanto mayor sea el ancho de banda, menos puntos obtendremos ya que por cada ventana de frecuencias solo se obtiene un máximo).



Gráfica 3.3: Detector de picos máximos,
ancho de banda = 9 kHz

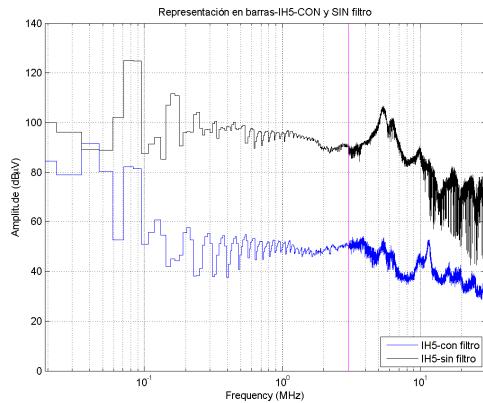


Gráfica 3.4: Detector de picos máximos,
ancho de banda = 30 kHz/250 kHz

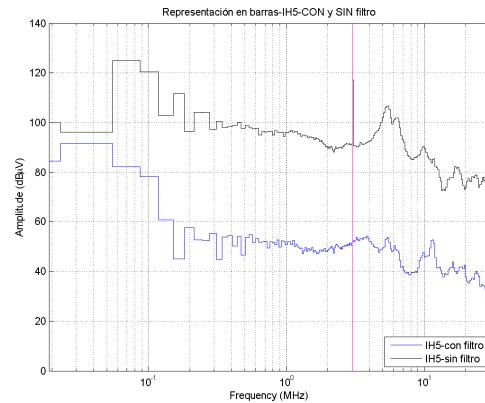
SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Una vez adquiridos los puntos máximos se pasa otro filtro, de forma que podamos visualizar una representación en barras, donde el ancho de las barras también será totalmente configurable por el usuario. El nivel alto de las barras se corresponde con los máximos adquiridos en el filtro anterior.

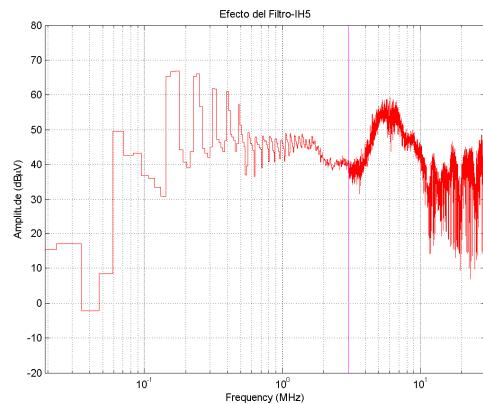


Gráfica 3.5: Representación en barras,
ancho de banda = 9 kHz

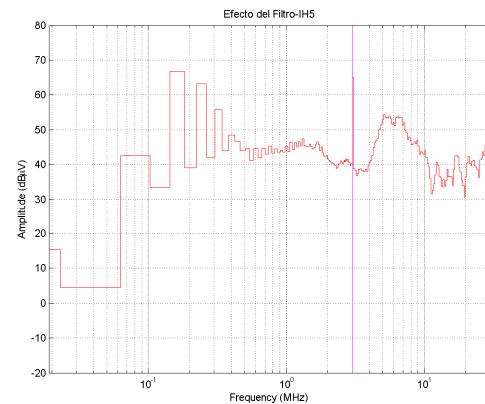


Gráfica 3.6: Representación en barras,
ancho de banda = 30 kHz/250 kHz

Una vez obtenidos los datos de esta última gráfica se podrá realizar una resta coherente, ya que las divisiones frecuenciales corresponden perfectamente.



Gráfica 3.7: Efecto de atenuación filtro IH5,
ancho de banda 9 kHz



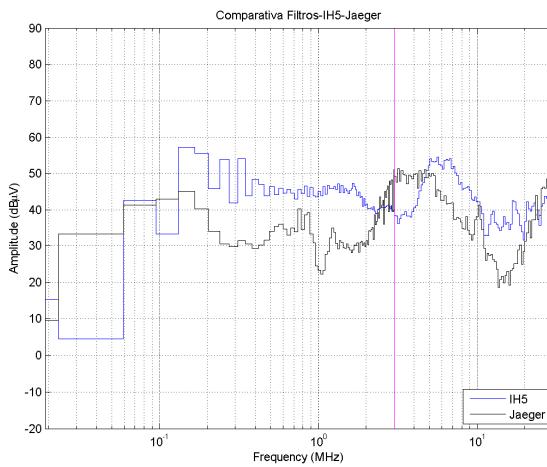
Gráfica 3.8: Efecto de atenuación filtro IH5,
ancho de banda = 40 kHz/250 kHz

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Mediante la posibilidad de la variación del ancho de banda se puede hacer corresponder, en la misma división frecuencial, los armónicos más importantes y, de esta forma, obtener una visualización más general del comportamiento del filtro.

El programa desarrollado incorpora también otro sistema de visualización, en el que podemos incluir en una misma gráfica los resultados de dos filtros diferentes para poder compararlos.

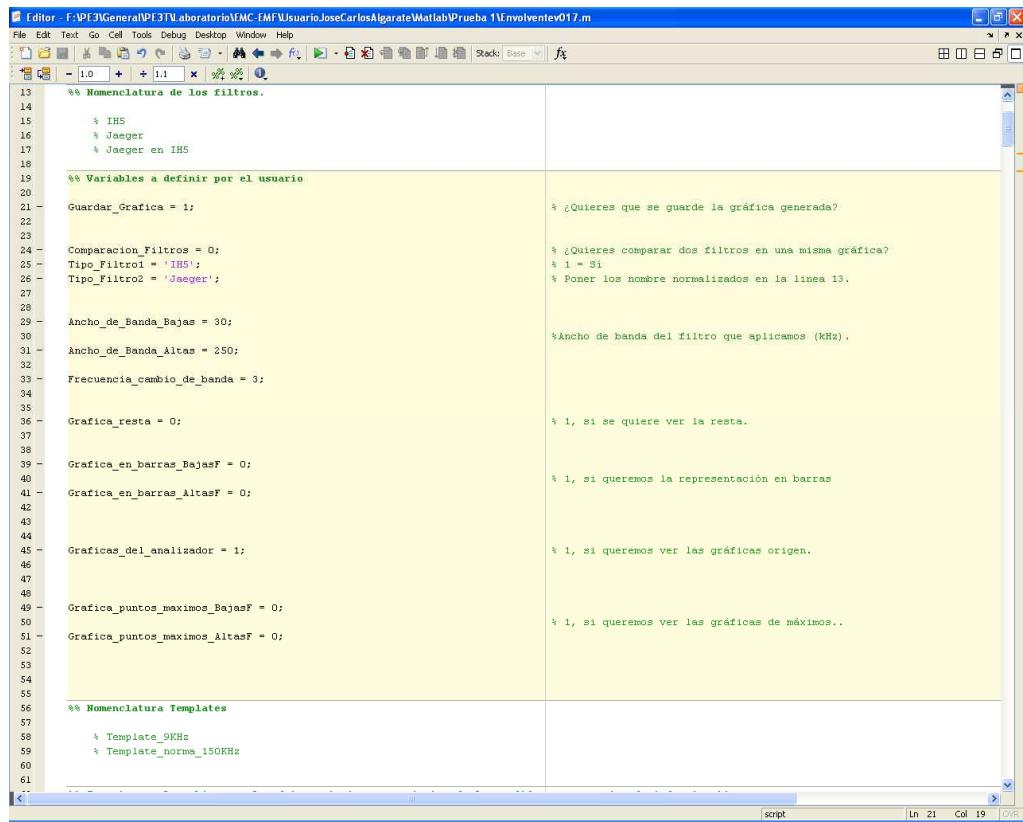


Gráfica 3.9: Comparación dos filtros

A continuación se muestra un extracto del programa, en el que se encuentran las distintas variables que el usuario puede manipular para la visualización que desee en cada momento, (programa completo en ANEXO A).

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN



The screenshot shows a MATLAB script editor window with the following code:

```
Editor - F:\PFE\General\PFE3\Trabajos\EMC-EMF\Usuario\JoseCarlosAlgárate\Matlab\Prueba_1\Envoltorito017.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
- 1.0 + 1.1 x 100% Stack Base f1
13 % Nomenclatura de los filtros.
14 % IHS
15 % Jaeger
16 % Jaeger en IHS
17
18 %% Variables a definir por el usuario
19 Guardar_Grafica = 1; % ¿Quieres que se guarde la gráfica generada?
20
21 Comparacion_Filtros = 0; % ¿Quieres comparar dos filtros en una misma gráfica?
22 Tipo_Filtro1 = 'IHS'; % 1 = Si
23 Tipo_Filtro2 = 'Jaeger'; % Poner los nombre normalizados en la linea 13.
24
25 Ancho_de_Banda_Bajas = 30; %Ancho de banda del filtro que aplicamos (kHz).
26 Ancho_de_Banda_Altas = 250;
27
28 Frecuencia_cambio_de_banda = 3;
29
30 Grafica_resta = 0; % 1, si se quiere ver la resta.
31
32 Grafica_en_barras_BajasF = 0; % 1, si queremos la representación en barras
33 Grafica_en_barras_AltasF = 0;
34
35 Graficas_del_analizador = 1; % 1, si queremos ver las gráficas origen.
36
37 Grafica_puntos_maximos_BajasF = 0; % 1, si queremos ver las gráficas de máximos..
38 Grafica_puntos_maximos_AltasF = 0;
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56 %% Nomenclatura Templates
57 % Template_9KHz
58 % Template_norma_150KHz
59
60
61
```

Figura 3.11: Programa para representación de filtros

Mediante los diagramas de flujo que se encuentran a continuación se pretende dar una idea general del proceso que sigue el programa para la representación de las distintas gráficas.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

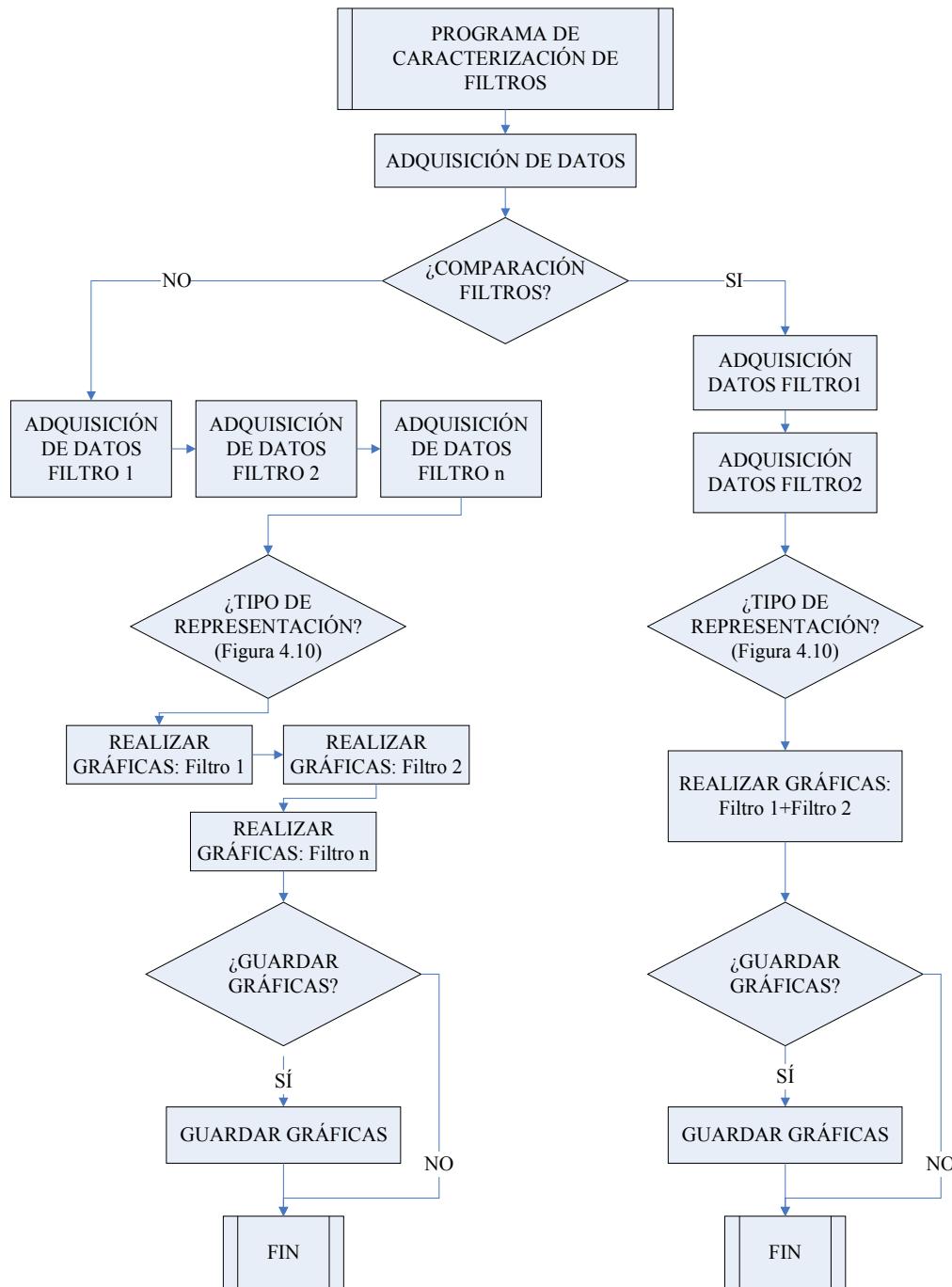


Figura 3.12: Diagrama de flujo del programa para la caracterización de filtros

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

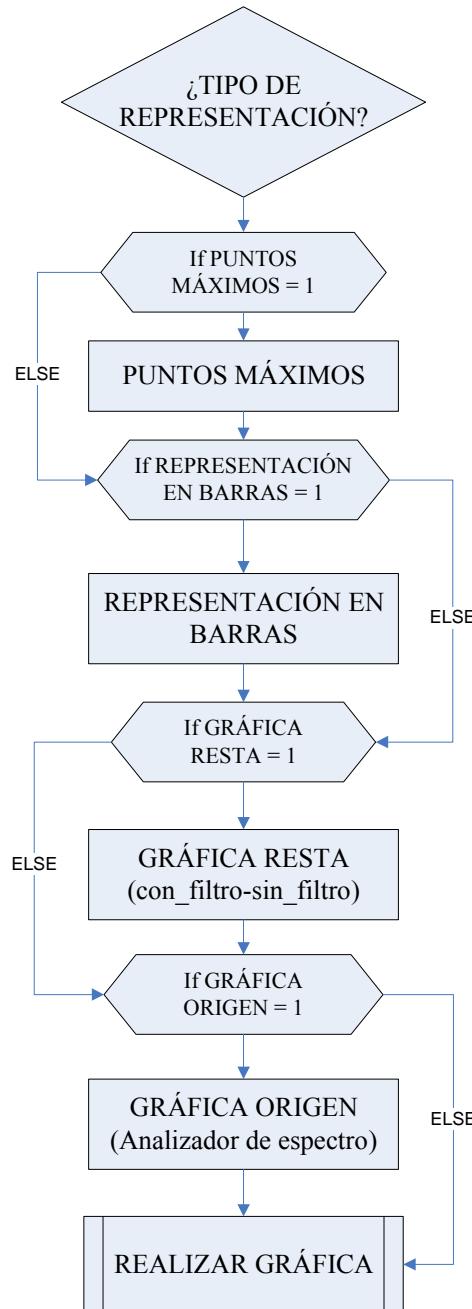


Figura 3.13: Representaciones a elegir del programa de caracterización de filtros

A modo de resumen, cabe destacar la posibilidad de visualización de dos filtros en una misma gráfica para una rápida comparación, y que en cada gráfica se podrá elegir entre observar el efecto final del filtro (perdidas de inserción), las medidas originales del analizador, los puntos máximos, la representación en barras, o la combinación de todos o algunos de ellos.

3.2 COSTE

La segunda figura de mérito se trata de la comparación de costes de cada filtro. Se presentan diversos inconvenientes para realizar esta comparativa de forma adecuada. Uno de ellos se basa en la confidencialidad de la empresa, ya que por este motivo los precios de los distintos componentes que posee el filtro no son accesibles. Por otro lado tampoco servirían en demasía, ya que los costes para cada fabricante se deben a multitud de negociaciones con los proveedores, consiguiendo cada empresa un resultado distinto. Esto conlleva a que un mismo producto puede resultar con un coste distinto para distintas empresas. Otro de los condicionantes es la cantidad de unidades compradas, a los fabricantes que tengan un alto mercado de ventas y necesiten mayores cantidades de componentes les resultará más barato que para otros que produzcan menos.

Por todo lo indicado en el párrafo anterior, se desarrollará un procedimiento de comparación con el que se obtendrán unos **resultados cualitativos**. Dicha comparación será relativa a la tecnología IH5 que es la utilizada por B/S/H Electrodomésticos. En una primera parte se dividirá el filtro según las partes que lo constituyen: condensadores X, condensadores Y, choques modo común y choques modo diferencial. El valor de estas partes para IH5 será la unidad y se calcularán los valores del resto de las tecnologías en función de los componentes utilizados y la relación con IH5. A continuación se muestra un ejemplo aclaratorio:

IH5: capacidad condensadores X = $2.2 \mu F$ valor: 1

Otra tecnología: capacidad condensadores X = $4.4 \mu F$ valor: 2

Según este ejemplo, la tecnología desconocida tendría un coste doble respecto a la IH5. Una vez aplicado esta valoración a todas las secciones del filtro, se tomará un valor de coste del filtro global. Como resultado se obtendrá de forma orientativa el coste de cada tecnología en comparación con la utilizada en B/S/H.

3.3 ESPACIO

Ésta última figura de mérito se basará en el volumen ocupado por cada filtro en su propia cocina de inducción. Algunas tecnologías poseen una sola placa PCB que contiene los dos filtros diseñados para cada zona de cocción, izquierda y derecha. Sin embargo hay otras en las que los dos filtros se sitúan independientes el uno del otro. En ese caso, se medirá el volumen de uno de ellos y se multiplicará por dos.

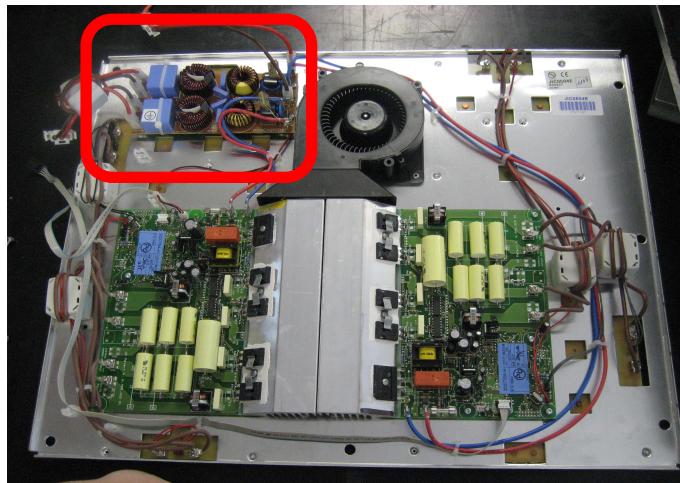


Figura 3.14: Dos filtros en un PCB

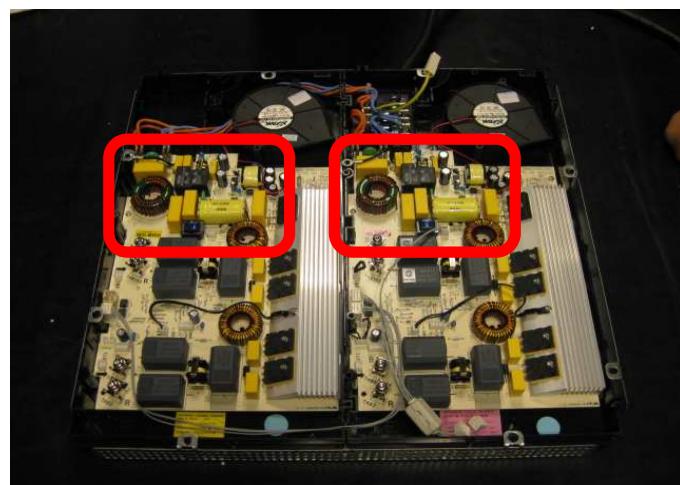


Figura 3.15: Un filtro por cada PCB

4. RESULTADOS

Una vez definidos los métodos a utilizar para realizar el *benchmarking*, en este capítulo se procederán a presentar las distintas tecnologías que van a analizar y los resultados obtenidos en su comparación. Para la presentación de cada tecnología se estudiará el circuito electrónico del filtro y después se analizará cada elemento individualmente. Terminado el estudio del filtro se procederá a la comparación de cada una de ellas con una tecnología que servirá de referencia. Dicha tecnología será la utilizada por la empresa B/S/H Electrodomésticos en la actualidad, incluida en la generación IH5. Para realizar la comparación se evaluarán los tres objetivos definidos como figuras de mérito: la eficacia (mediante los ensayos anteriormente definidos), el coste (mediante el análisis de los componentes) y el espacio (midiendo las tres dimensiones del filtro).

Para la elección de las distintas tecnologías a comparar se ha utilizado la experiencia obtenida por los responsables del laboratorio de EMC del Centro de Competencia de Inducción de B/S/H, que han realizado durante los últimos 7 años estudios de benchmarking en muchas de las tecnologías existentes en el mercado. Han sido precisamente estos estudios los que han despertado el interés del tema tratado en este proyecto. Por un lado resulta especialmente interesante realizar un estudio más profundo en tecnologías como EGO o Computime, orientado especialmente hacia las diferencias en los componentes respecto a los utilizados por B/S/H. Por otro lado resulta interesante poder analizar en detalle tecnologías que llevan largo tiempo en el mercado, como por ejemplo Jaeger, Copreci o Whirpool. A modo de resumen se presentan las tecnologías a utilizar para el estudio y comparación, (ver ampliación en ANEXO A):

- IH5 (propia de B/S/H)
- Jaeger
- Copreci
- Computime
- EGO
- Whirpool

4.1 IH5 (B/S/H)

La tecnología IH5 es la que actualmente está comercializando el Grupo B/S/H en las cocinas de inducción que salen a la venta. Con respecto a anteriores versiones las diferencias residen en la calidad de los componentes y sus prestaciones, ya que a medida que avanzan los tiempos se desarrollan mejoras en las eficacias, costes, tamaños y en el modo de conexión de los componentes (especialmente importante ya que su efecto puede variar según el lugar de emplazamiento dentro del filtro).

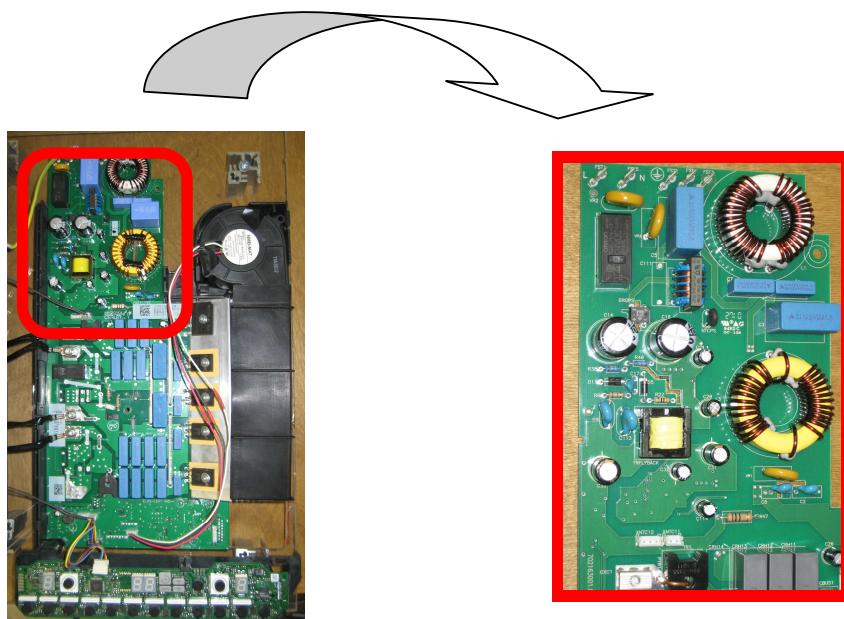


Figura 4.1: Filtro IH5

4.1.1. Circuito

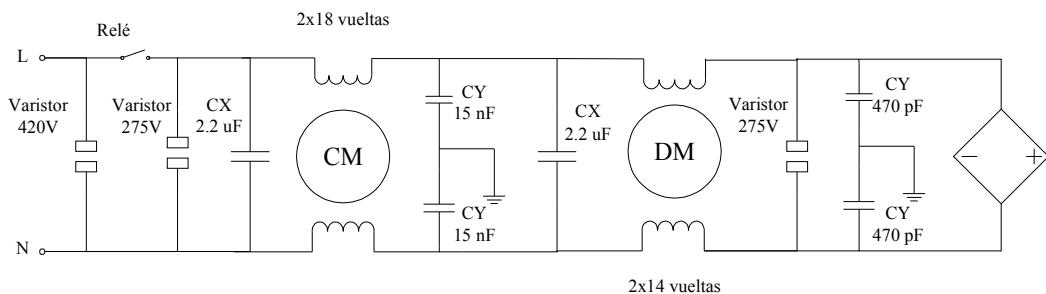


Figura 4.2: Circuito filtro IH5

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Tal y como se observa en la Figura 4.2, y como se podrá ver en todas las tecnologías, el primer componente del circuito del filtro se trata de un varistor que se encarga de proteger la cocina de sobretensiones. Como la función de este componente, que se encontrará más veces en el resto del filtro, está fuera de la emisión conducida se obviará en las comparaciones. A continuación del varistor se encuentra el primer condensador X. Suele ser habitual encontrarse dichos condensadores, por motivos habitualmente de costes, en parejas formando $2.2 \mu\text{F}$ por medio de dos de $1.1 \mu\text{F}$ en paralelo. Después está el choque modo común que consta de dos bobinados, uno por cada fase y a continuación los condensadores Y con su conexión a masa. Como ya se ha comentado anteriormente dependiendo del emplazamiento de los componentes se pueden mejorar las prestaciones del filtro por lo que se encuentra otro condensador X entre los choques. El choque modo diferencial que se implementa en la tecnología IH5 es de dos bobinados siendo también habitual que se utilice de un solo bobinado. El coste del choque de un solo bobinado resulta ligeramente inferior pero su uso genera una asimetría en el circuito entre fase y neutro. Esta asimetría se puede ver reflejada en la medición puesto que al realizarla en fase y después en neutro los resultados no serán iguales debiendo utilizar el peor de los casos para la obtención de resultados. Por último se encuentran otros dos condensadores Y, para finalmente llegar al puente de cuatro diodos y al inversor de potencia de la cocina.

A continuación se enumeran todos los componentes del filtro que se utilizan para la reducción de la emisión conducida:

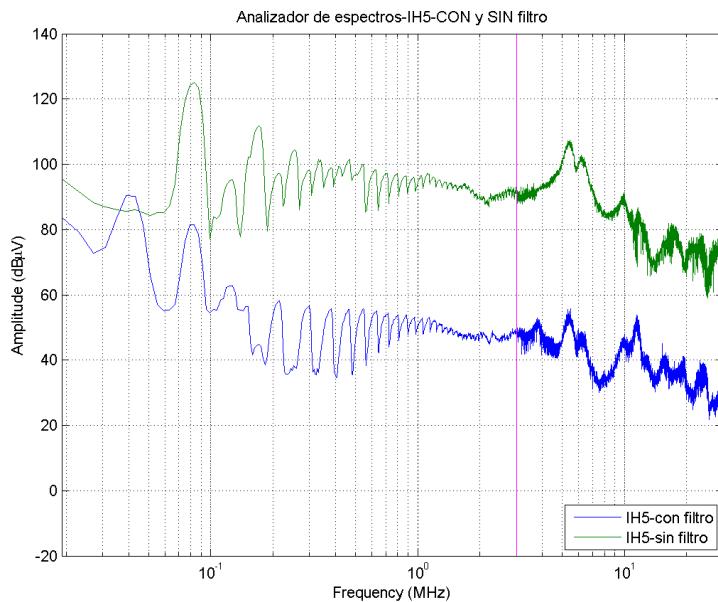
4.1.2. *Componentes*

Los componentes del filtro se listan a continuación:

- 2 condensadores X de $2.2 \mu\text{F}$.
- 2 condensadores Y de 15 nF y 2 de 470 pF .
- 1 Choque modo común de 18 vueltas por fase.
- 1 Choque modo diferencial de dos bobinados de 14 vueltas.

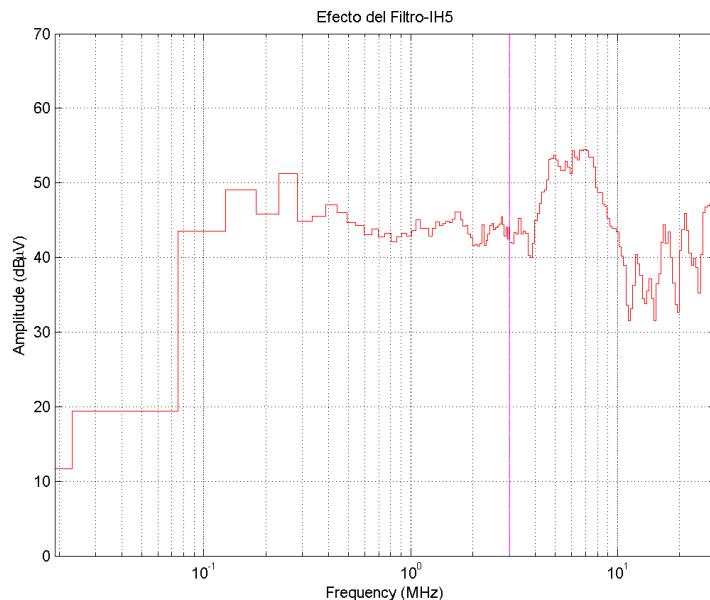
Una vez enumerados los componentes, que más adelante serán comparados en mayor profundidad, se muestran las gráficas obtenidas al someter la cocina a los ensayos ya explicados.

4.1.3. *Resultados*



Gráfica 4.1: Analizador de espectros IH5

En la Gráfica 4.1 se observan las emisiones medidas por el analizador de espectro tanto con filtro como sin él. Como es lógico, la traza verde representa la emisión sin filtro, ya que las amplitudes en dBs son mayores, y la traza azul con el filtro. En ellas se pueden apreciar tanto la frecuencia fundamental de operación (entre los 60 kHz y 80 kHz) como los distintos armónicos de dicha frecuencia y de todas las frecuencias de conmutación producidas en la cocina como la frecuencia de conmutación del ASIC, del microprocesador o la de los conversores de tensión.



Gráfica 4.2: Pérdidas de inserción IH5

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Una vez los datos conseguidos con el analizador han pasado por el algoritmo de tratamiento de datos, se obtienen los niveles de atenuación del filtro para todo el espectro de frecuencias en los que se ha analizado, como puede verse en la Gráfica 4.2. El nivel bajo a frecuencias bajas se corresponde con el hecho de que la mayor parte de las emisiones se producen una vez se rebasa la frecuencia fundamental, que se produce entre a los 75 kHz. Una vez rebasada dicha frecuencia, y hasta los 3 MHz, se encuentra la zona de atenuación más importante, debido a que se pudo controlar eficazmente el nivel de atenuación según los componentes utilizados en el filtro. Por este motivo dicha zona tomará mayor relevancia cuando se proceda a la valoración de la eficacia de un filtro. Por último, a partir de los 3 MHz se encuentra la zona de incertidumbre que no deja de ser importante, pero que se aleja del análisis propuesto en este proyecto.

Una vez presentada la tecnología utilizada por B/S/H se procede a estudiar el resto de tecnologías y a realizar la comparación respecto a la de IH5.

4.2 JAEGER – IH5 (B/S/H)

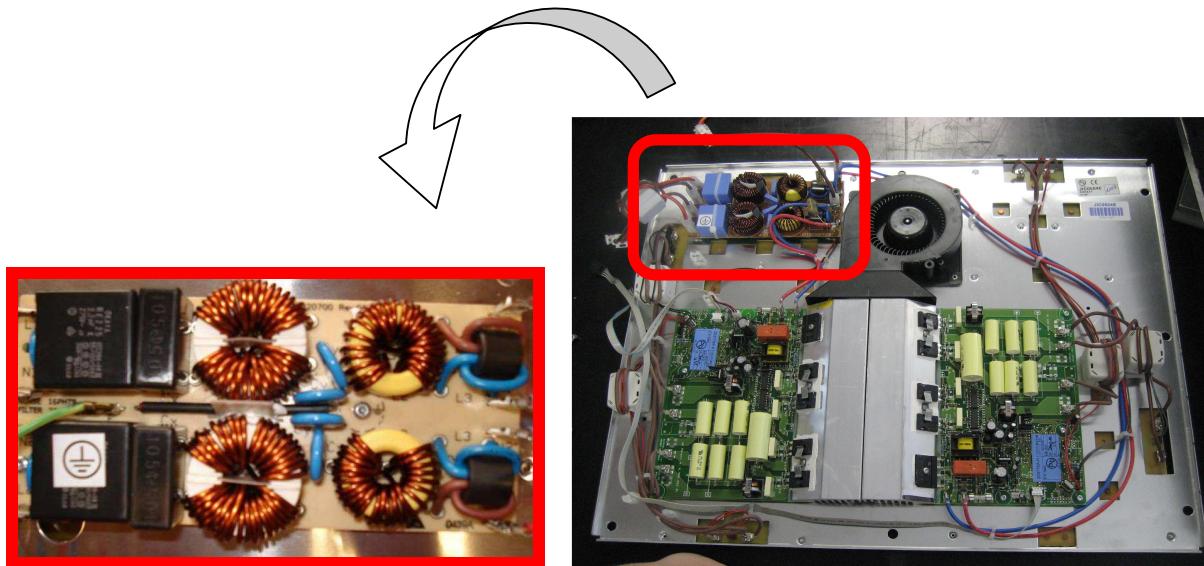


Figura 4.3: Filtro Jaeger

La tecnología Jaeger opta por unificar todo el filtro en una sola placa PCB aislada del resto de tecnología de la cocina. Cabe destacar el uso de dos choques modo común, y la posición horizontal de uno de los condensadores X para un mayor aprovechamiento del espacio.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.2.1. Circuito

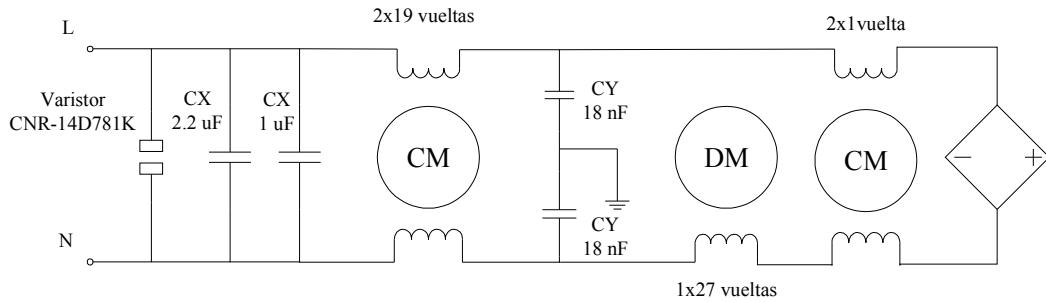


Figura 4.4: Circuito filtro Jaeger

En el circuito de la Figura 4.4 se puede observar que la principal diferencia respecto a IH5 es el lugar de conexión de los distintos condensadores X que están ubicados juntos y antes del choque modo común. El choque modo diferencial consta de un solo bobinado y el segundo choque modo común de tan solo una vuelta.

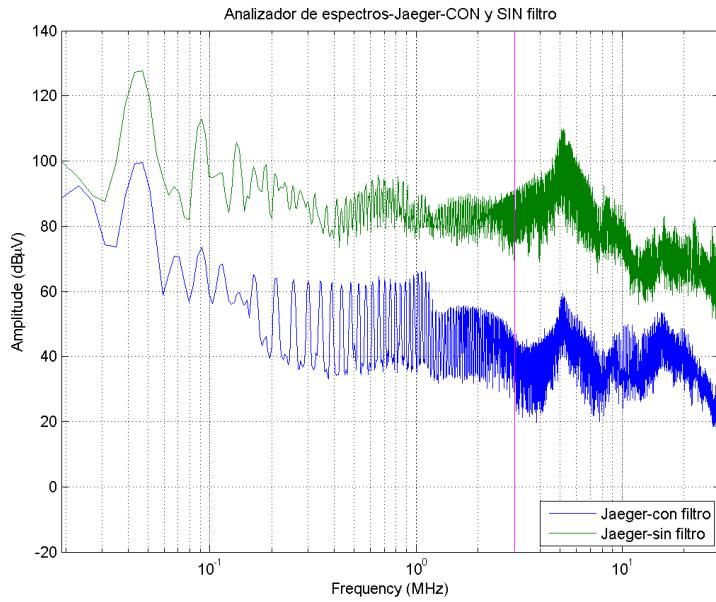
4.2.2. Componentes

- 2 condensadores X, $2.2 \mu\text{F}$ y $1 \mu\text{F}$.
- 2 condensadores Y de 18nF cada uno.
- 2 choques modo común, uno de 19 vueltas por fase y otro de una sola vuelta.
- 1 choque modo diferencial de un solo bobinado de 27 vueltas.

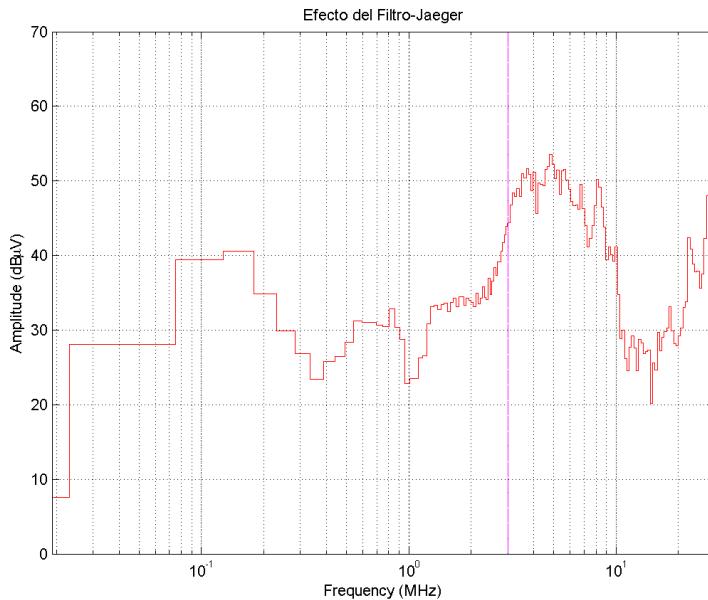
De todos los componentes destaca el choque modo común que consta sólo de un núcleo de ferrita por el que pasa una sola vuelta de cable.

Los resultados obtenidos tras los ensayos se muestran en la siguiente página:

4.2.3. *Resultados:*



Gráfica 4.3: Analizador de espectro filtro Jaeger

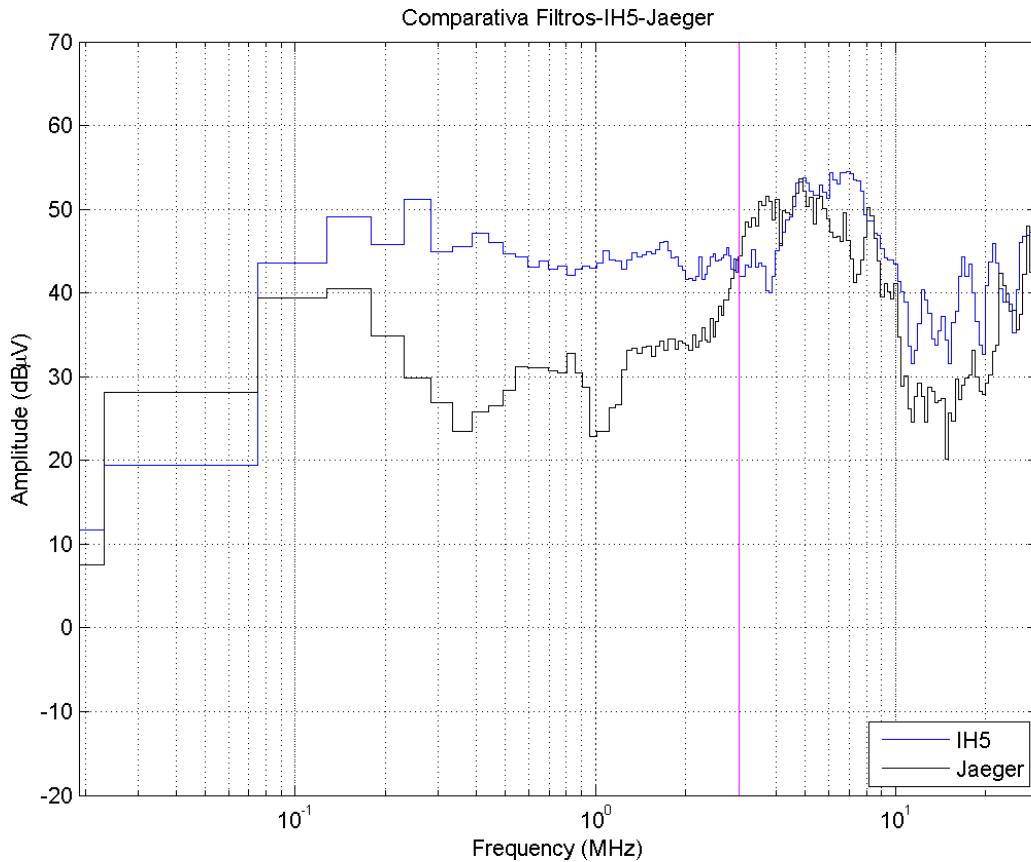


Gráfica 4.4: Pérdidas de inserción filtro Jaeger

En una primera interpretación de los resultados se aprecia que la frecuencia de operación de esta cocina, en las mismas condiciones que la de IH5 se produce antes (45 kHz). Por otro lado, y más importante, es que se observa un defecto en el filtrado en el rango de frecuencias de 100 kHz hasta los 3 MHz. En el siguiente apartado se analizará con más detalle.

4.2.4. Comparación

Mediante la comparación de los efectos de los dos filtros en una sola gráfica se puede observar que la tecnología IH5 tiene un comportamiento de atenuación mucho mayor que la de Jaeger, sobretodo en la banda de frecuencias de entre 100 kHz – 3MHz (el rango de mayor acción del filtro). Por ello, se podría decir que la acción del filtro IH5 es mejor que la del Jaeger.



Gráfica 4.5: Pérdidas De inserción IH5 - Jaeger

A continuación se mostrarán unas tablas que servirán para comparar los costes del filtro Jaeger respecto al de IH5:

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

TECNOLOGÍAS	CAPACIDAD X	VALOR CX	CAPACIDAD Y	VALOR CY	VALOR TOTAL CAPACIDADES
IH5	2 x 2.2 μ F	1.0	2 x 15 nF, 2 x 470 pF	1.0	2.0
Jaeger	1 x 2.2 μ F, 1 x 1 μ F	0.7	2 x 18 nF	1.2	1.9

Tabla 4.1: Comparativa costes capacidades IH5 – Jaeger

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO COMÚN (MC)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MC)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MC)	VALOR TOTAL (MC)
IH5	1	2474.4	1.0	9844.3	1.0	2.0
Jaeger	2	4528.4	1.8	12266.7	1.2	3.1

Tabla 4.2: Comparativa costes choque modo común IH5 – Jaeger

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO DIFERENCIAL (MD)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MD)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MD)	VALOR TOTAL (MD)
IH5	1	4475.6	1.0	13378.9	1.0	2.0
Jaeger	1	4733.1	1.1	4354.2	0.3	1.4

Tabla 4.3: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Jaeger

TECNOLOGÍAS	VALOR FILTRO
IH5	6.0
Jaeger	6.4

Tabla 4.4: Comparativa costes filtros IH5 - Jaeger

Tras el estudio de costes realizado cabe destacar lo determinante que resulta el uso de dos choques modo común por la tecnología Jaeger. El incremento del coste debido a ello, que se puede observar en la Tabla 4.2, resulta determinante para superar el de IH5, aún cuando en el resto de componentes los costes son inferiores. Jaeger, mediante el uso de un núcleo poco robusto para el choque modo diferencial, reduce el coste considerablemente pero no lo suficiente para superar a IH5.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Por último las medidas del tamaño del filtro:

TECNOLOGÍAS	¿Filtro único o doble?	VOLÚMEN ocupado por el filtro (mm ³)
IH5	2	417900
Jaeger	1	358875

Tabla 4.5: Comparativa tamaño IH5 - Jaeger

El volumen global del filtro resulta inferior en Jaeger que en IH5 que opta por un filtro por cada lado de cocción de la cocina. Pero la gran diferencia de atenuación unida al menor coste del filtro compensa este último dato pudiendo decir que el filtro IH5, nos ofrece unas mejores prestaciones que el de Jaeger.

4.3 COPRECI – IH5 (B/S/H)

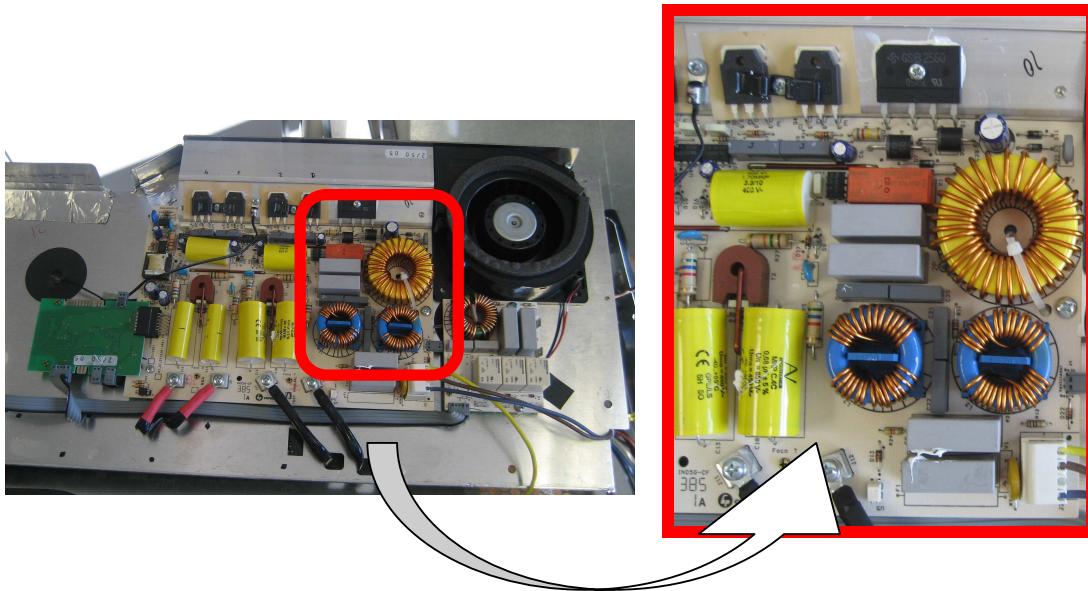


Figura 4.5: Filtro Copreci

Una de las características más relevantes de la tecnología Copreci es el uso de dos choques modo común similares. Cada uno de ellos es de un tamaño y un número de vueltas menor que los utilizados por IH5.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.3.1. Circuito

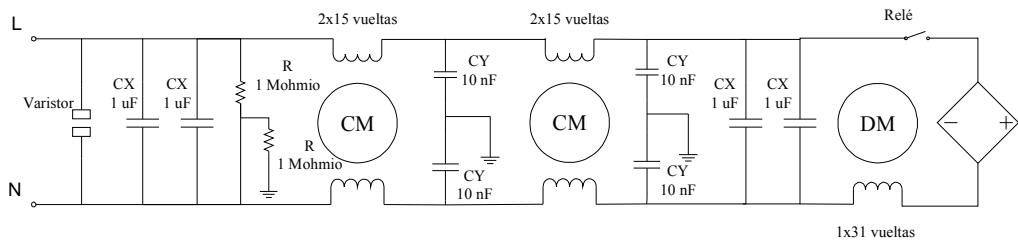


Figura 4.6: Circuito filtro Copreci

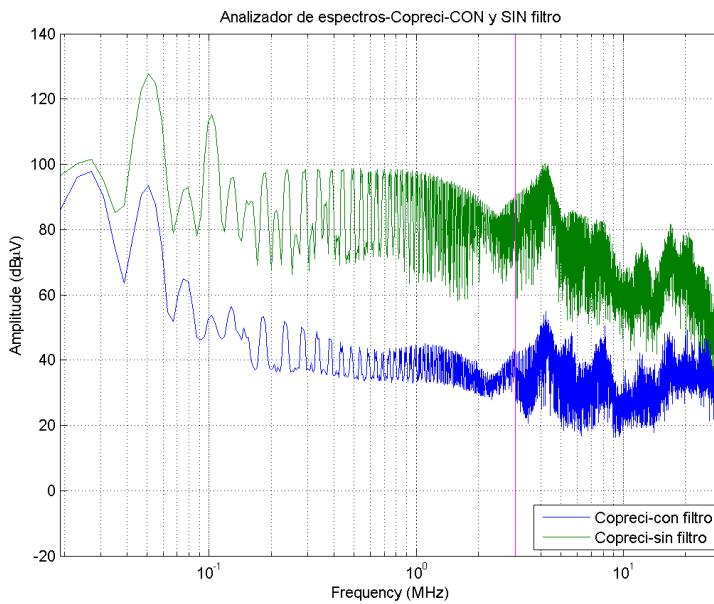
En el circuito del filtro Copreci se pueden observar dos resistencias utilizadas para la descarga de los condensadores cuando se desenchufa la cocina de la alimentación, y así evitar descargas accidentales hacia el usuario. Por contra, el uso de estas resistencias aumenta el consumo en stand-by de la cocina debido a las pequeñas corrientes de fuga. Cabe destacar también el uso de dos choques modo común con dos condensadores X, y los dos condensadores Y colocados en paralelo. Como ya se comentó en el capítulo 2, colocando los condensadores de esta forma y no utilizando uno solo de $2 \mu\text{F}$, se consigue que la resonancia se produzca a una frecuencia mayor y además, una reducción de costes.

4.3.2. Componentes

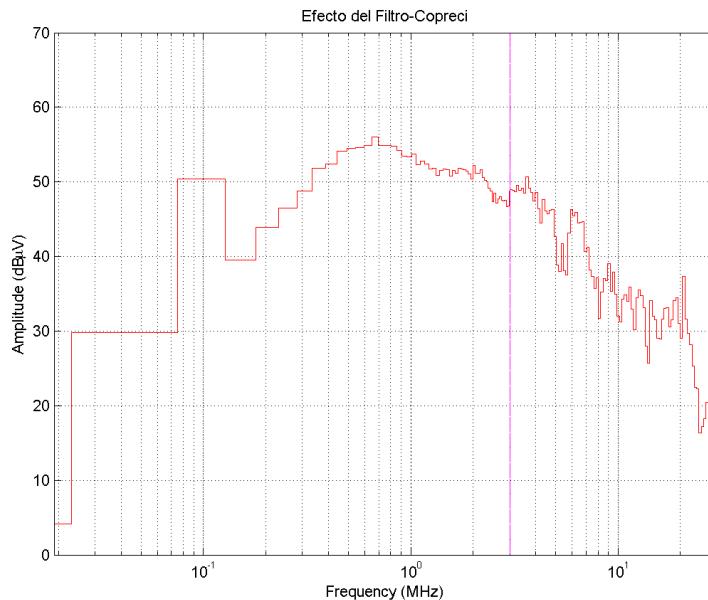
- 4 condensadores X de $1 \mu\text{F}$.
- 4 condensadores Y de 10nF .
- 2 choques modo común de 15 vueltas por fase.
- 1 choque modo diferencial de un devanado de 31 vueltas.
- 2 resistencias de descarga de $1 \text{M}\Omega$.

Copreci utiliza dos choques modo común iguales. Son de menos vueltas y menor tamaño que el utilizado en IH5, por lo cual resultarán más baratos individualmente pero habrá que estimar el coste global. Antes de ello se presentan los resultados obtenidos en los ensayos:

4.3.3. *Resultados*



Gráfica 4.6: Analizador de espectros filtro Copreci



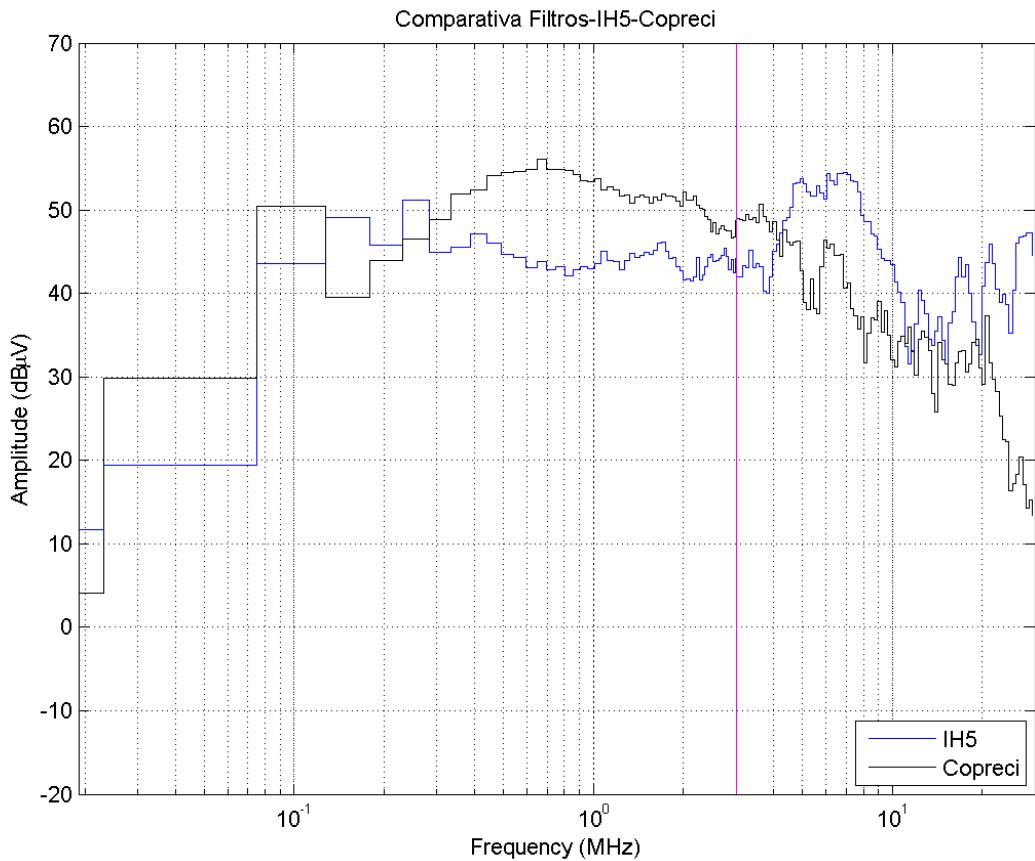
Gráfica 4.7: Pérdidas de inserción filtro Copreci

Indiscutiblemente el efecto del filtro es mucho mejor que la tecnología anteriormente analizada, Jaeger, puesto que en la banda frecuencial de entre 100 kHz hasta los 3 MHz la atenuación de Copreci resulta entre los 40 a casi 60 dBs mientras en Jaeger apenas superaba los 40 dBs. Sin embargo se analizará más en detalle en la comparación con IH5 que se mostrará a continuación.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.3.4. Comparación



Gráfica 4.8: Pérdidas de inserción IH5 – Copreci

Debido a que en la tecnología Copreci la frecuencia de operación es menor a la de IH5, la atenuación también comienza antes y por ello se observa en la Gráfica 4.8 que la atenuación es mayor a bajas frecuencias en la tecnología Copreci. Una vez rebasadas las frecuencias de operación de las dos cocinas se observa un comportamiento similar. En el rango frecuencial de 300 kHz a los 3 MHz Copreci u comportamiento ligeramente superior. En líneas generales el comportamiento de los dos filtros es similar con un comportamiento ligeramente superior de la tecnología Copreci.

TECNOLOGÍAS	CAPACIDAD X	VALOR CX	CAPACIDAD Y	VALOR CY	VALOR TOTAL CAPACIDADES
IH5	2 x 2.2 µF	1.0	2 x 15 nF, 2 x 470 pF	1.0	2.0
Copreci	4 x 1 µF	0.9	4 x 10 nF	1.3	2.2

Tabla 4.6: Comparativa costes capacidades IH5 – Copreci

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO COMÚN (MC)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MC)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MC)	VALOR TOTAL (MC)
IH5	1	2474.4	1.0	9844.3	1.0	2.0
Copreci	2	3364.6	1.4	13734.7	1.4	2.8

Tabla 4.7: Comparativa costes choque modo común IH5 – Copreci

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO DIFERENCIAL (MD)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MD)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MD)	VALOR TOTAL (MD)
IH5	1	4475.6	1.0	13378.9	1.0	2.0
Copreci	1	7012.4	1.6	25199.6	1.9	3.5

Tabla 4.8: comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Copreci

TECNOLOGÍAS	VALOR FILTRO
IH5	6.0
Copreci	8.5

Tabla 4.9: Comparativa costes filtros IH5 - Copreci

El coste para Copreci supera considerablemente al de IH5. Dicho sobrecoste se ve reflejado en todas las secciones en las que ha sido dividido el filtro, pero donde mayor diferencia se observa es en el choque modo diferencial (según puede verse en la Tabla 4.8), el cual, es más grande y de más vueltas que el de IH5. El choque en modo común por sí solo es más barato que el de IH5 pero al tenerlo duplicado multiplica su coste por dos y por ello vuelve a superar el coste del de IH5.

TECNOLOGÍAS	¿Filtro Único o doble?	VOLÚMEN ocupado por el filtro (mm ³)
IH5	2	417900
Copreci	2	417450

Tabla 4.10: Comparativa tamaño IH5 - Copreci

En esta comparación resulta determinante la diferencia de coste entre los dos filtros. Desde el punto de vista de la eficacia o del tamaño resultan bastante similares los dos filtros siendo un poco más relevante la mejor atenuación de la tecnología Copreci. Sin embargo la mejora no es suficiente como para justificar la amplia diferencia de coste que conlleva.

4.4 COMPUTIME – IH5 (B/S/H)

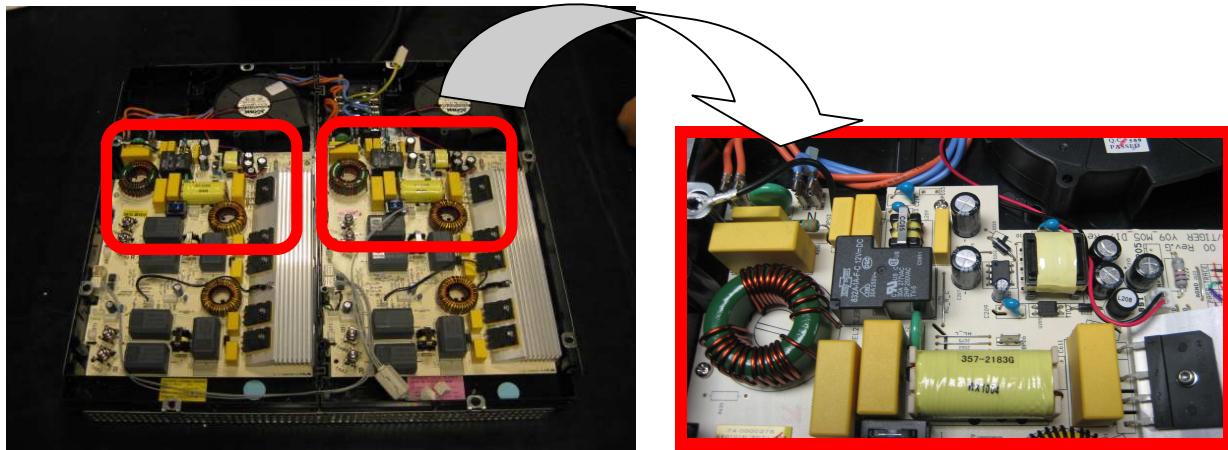


Figura 4.7: Filtro Computime

Computime es una de las tecnologías más interesantes debido al choque modo diferencial que utilizan. La geometría de dicho choque es totalmente distinta a los choques habitualmente utilizados en este tipo de filtros, por lo que resulta muy interesante poder obtener las ventajas y desventajas de su uso. Por otro lado, con esta tecnología se produce un punto de conflicto para este proyecto que se basa en el uso de dos choques diferenciales extras, en el circuito de potencia. Dichos choques son imprescindibles para el correcto funcionamiento de la cocina, por lo que resulta imposible extraerlos de ella para comprobar su aporte en la reducción de la emisión. Por este motivo se decide analizar el filtro obviando los dos choques diferenciales mencionados.

4.4.1. Circuito

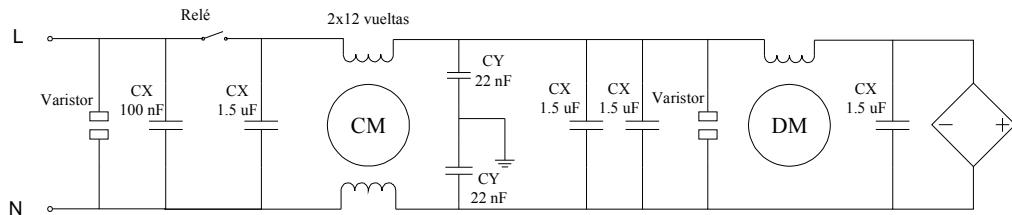


Figura 4.8: Circuito filtro Computime

El circuito es muy similar al utilizado por IH5, con la excepción de la cantidad y las posiciones de los condensadores, tanto X como Y. En este caso Computime utiliza dos condensadores X en la entrada del filtro de distinto valor, mientras que IH5 solo utiliza uno. Después del choque modo común se encuentran los dos condensadores X al igual que IH5, sin embargo Computime vuelve a utilizar otros dos condensadores X por uno de IH5. La mayor diferencia reside en el uso de Computime de un condensador X a continuación del choque modo diferencial, mientras que IH5 utiliza otros dos condensadores Y.

4.4.2. Componentes

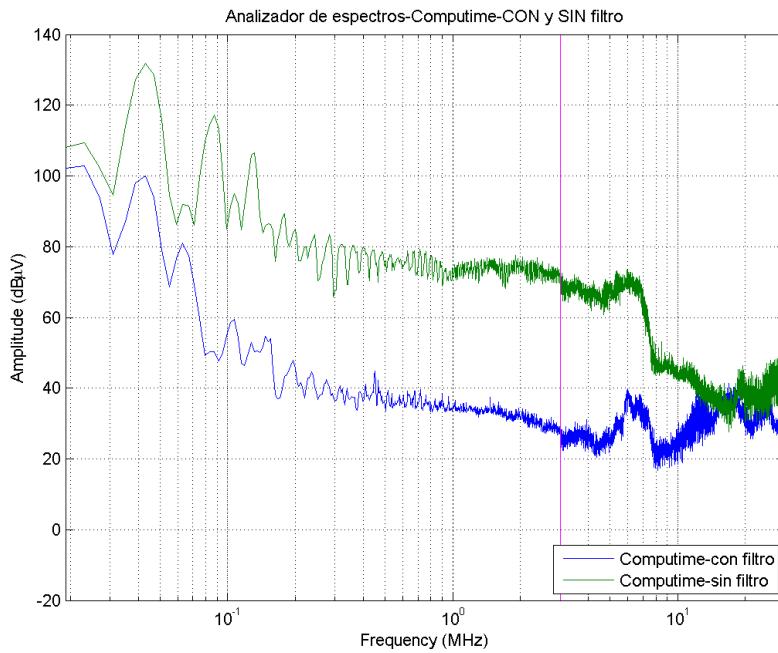
- 5 condensadores X, 4 de $1.5 \mu\text{F}$ y 1 de 100nF .
- 2 condensadores Y de 22nF .
- 1 choque modo común de 12 vueltas por fase.
- 1 choque modo diferencial de 74 vueltas y núcleo con forma prismática.

La forma del choque modo diferencial permite realizar arrollamientos de cobre unos encima de otros. De esta forma se consigue una cantidad de vueltas muy superior a los choques habituales con forma circular. En la siguiente página se muestran los resultados obtenidos una vez sometido a los ensayos.

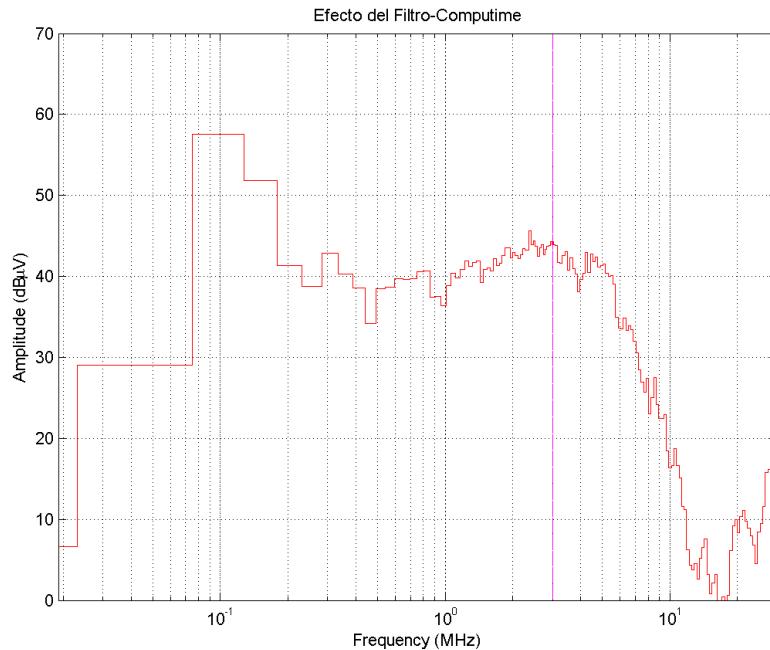
SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.4.3. *Resultados*



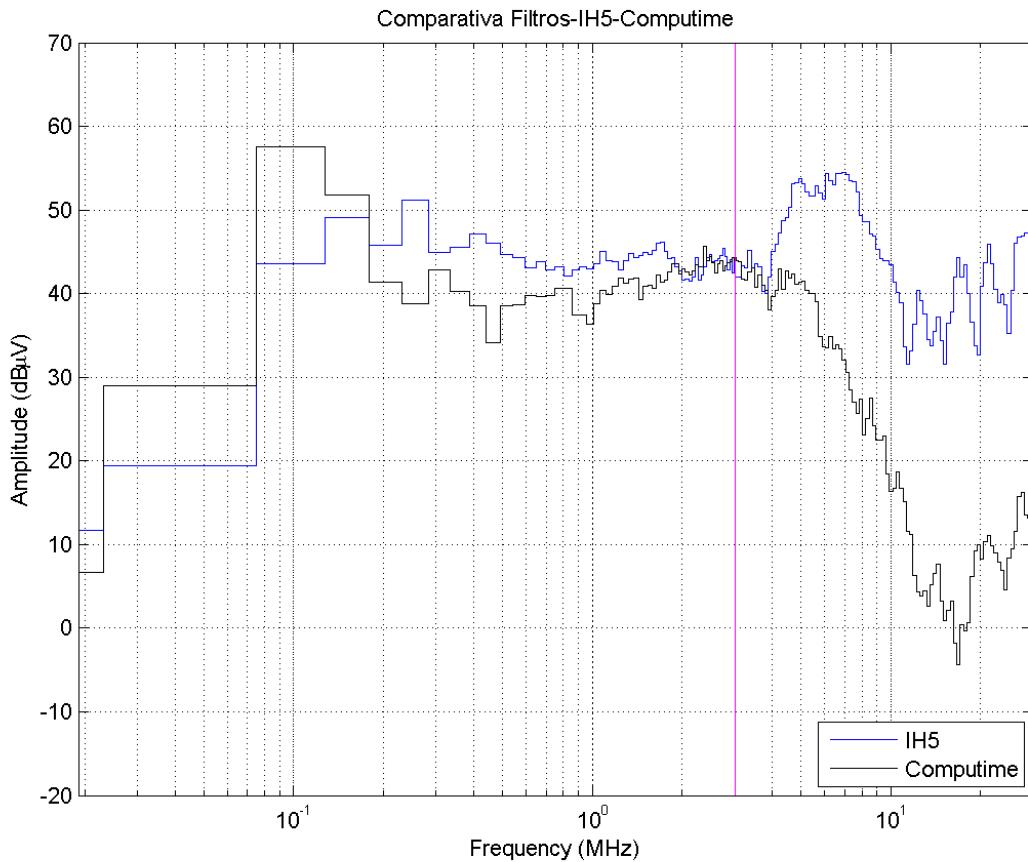
Gráfica 4.9. Analizador de espectros filtro Computime



Gráfica 4.10: Pérdidas de inserción filtro Computime

El efecto de atenuación tan bajo a muy altas frecuencias observado en la Gráfica 4.10 se debe a la emisión prácticamente nula de la cocina sin filtro (Gráfica 4.9). Ya que no existe prácticamente emisión, el filtro no atenúa.

4.4.4. Resultados



Gráfica 4.11: Pérdidas De inserción IH5 – Computime

Estas dos tecnologías muestran una gran similitud en los efectos de sus filtros. La diferencia que se observa a muy altas frecuencias denota las ideas ya explicadas en el capítulo 3, que tienen que ver con las no idealidades de los componentes y los efectos de atenuación aplicados mediante otros métodos que no competen a este proyecto.

TECNOLOGÍAS	CAPACIDAD X	VALOR CX	CAPACIDAD Y	VALOR CY	VALOR TOTAL CAPACIDADES
IH5	2 x 2.2 μF	1.0	2 x 15 nF, 2 x 470 pF	1.0	2.0
Computime	4 x 1.5 μF, 1 x 100 nF	1.4	2 x 22 nF	1.1	2.5

Tabla 4.11: Comparativa costes capacidades IH5 - Computime

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO COMÚN (MC)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MC)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MC)	VALOR TOTAL (MC)
IH5	1	2474.4	1.0	9844.3	1.0	2.0
Computime	1	1650.8	0.7	11922.5	1.2	1.9

Tabla 4.12: Comparativa costes choque modo común IH5 – Computime

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO DIFERENCIAL (MD)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MD)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MD)	VALOR TOTAL (MD)
IH5	1	4475.6	1.0	13378.9	1.0	2.0
Computime	1	7068.5	1.6	2227.5	0.2	1.8

Tabla 4.13: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Computime

TECNOLOGÍAS	VALOR FILTRO
IH5	6.0
Computime	6.2

Tabla 4.14: Comparativa costes filtros IH5 - Computime

La tecnología resulta muy interesante debido a dos motivos: las grandes similitudes a efectos de eficacia y coste, y las diferencias tan significativas respecto a los componentes. La mayor diferencia consiste en el choque modo diferencial. Computime no utiliza el choque habitual en los filtros de red, sino que utiliza uno con núcleo de barra. La elección de dicho choque no puede deberse a otra circunstancia que no sea una mayor eficacia de atenuación, puesto que tanto en el coste como en el tamaño no producen cambios significativos. Sin embargo hay que tener en cuenta que un gran arrollamiento de cobre, como el que utiliza, produce un mayor calentamiento por lo que no es recomendable hacer un uso de este choque sin unos estudios previos. Por otro lado la disposición de los condensadores X e Y es diferente, sin que por ello obtengamos grandes diferencias de atenuación en la eficacia del filtro.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

En lo que a medidas se refiere resulta:

TECNOLOGÍAS	¿Filtro Único o doble?	VOLÚMEN ocupado por el filtro (mm ³)
IH5	2	417900
Computime	2	373632

Tabla 4.15: Comparativa tamaños IH5 – Computime

Las dimensiones de las dos tecnologías no difieren demasiado, aunque resulta ligeramente mejor Computime. Resultan pues dos tecnologías muy interesantes, debido a las similitudes en los resultados obtenidos y las diferencias en la composición de los filtros. Un punto de gran interés resulta el choque modo diferencial con núcleo de chapa, debido a ser la única tecnología que se decanta por su uso y a los resultados tan similares obtenidos con IH5.

4.5 EGO – IH5 (B/S/H)

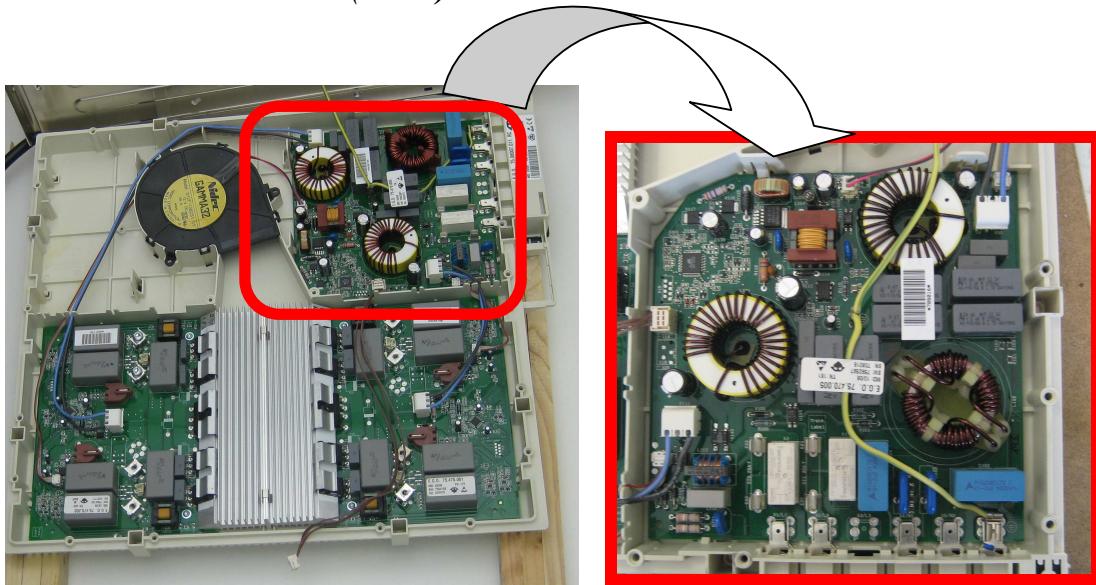


Figura 4.9: Filtro EGO

Una de las peculiaridades de EGO se basa en el choque modo común que utiliza. Dicho choque es utilizado para las cuatro zonas de cocción, lo que quiere decir, que contiene cuatro bobinados para dos pares de fase-neutro. Mientras la mayoría de las tecnologías utiliza un filtro de red duplicado, uno para cada lado de cocción de la cocina, EGO utiliza un solo choque modo común para los dos lados.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.5.1. Circuito

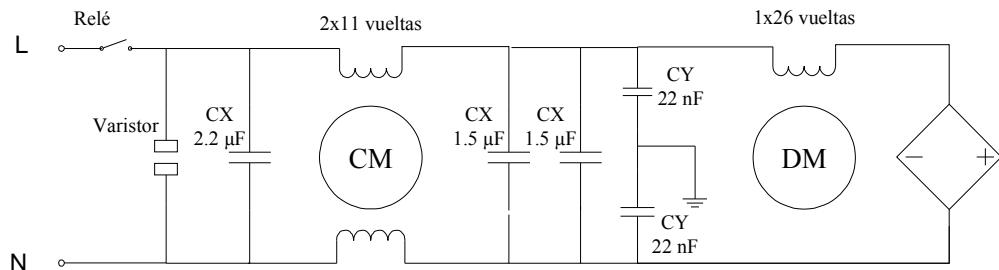


Figura 4.10: Circuito filtro EGO

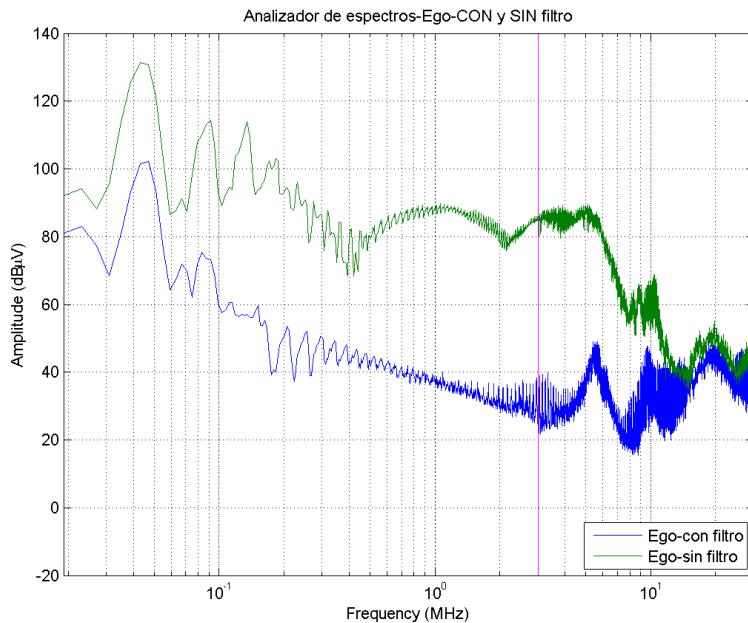
Los cuatro bobinados, a efectos del circuito, no afectan puesto que dos de ellos son totalmente independientes de los otros dos. Lo único que comparten es el núcleo. Este tipo de choque mejora la atenuación producida en el caso de utilizar un solo fuego debido a que el núcleo trabaja con solo dos devanados y no con los cuatro. EGO opta por el uso de tan solo dos condensadores Y aunque de mayor capacidad que los utilizados en IH5. En lo que respecta a los condensadores X la única diferencia está en el uso de dos condensadores de menor capacidad al único utilizado por IH5 después del choque modo común.

4.5.2. Componentes

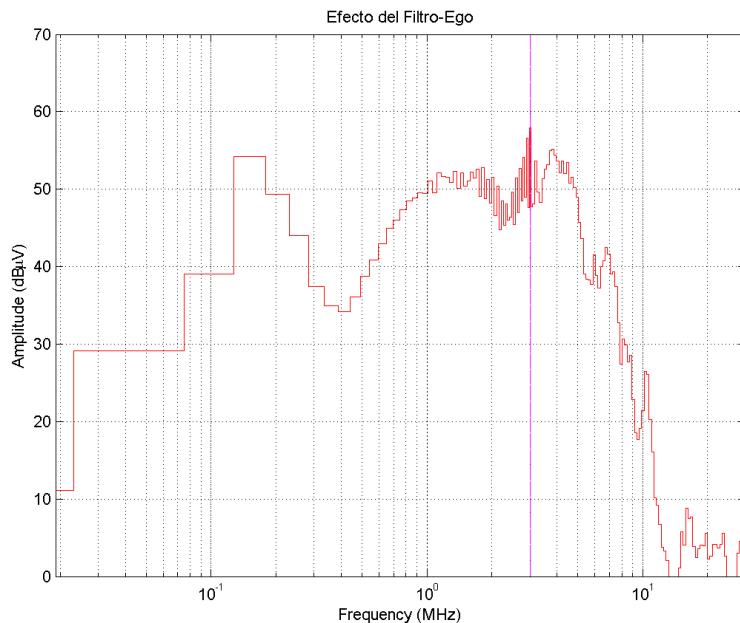
- 3 condensadores X, 2 de $1.5 \mu\text{F}$ y 1 de $2.2 \mu\text{F}$.
- 2 condensadores Y de 22 nF .
- 1 choque modo común con 4 bobinados de 11 vueltas cada uno y núcleo nanocrystalino.
- 1 choque modo diferencial de un solo bobinado de 26 vueltas.

En la siguiente página se podrá observar el resultado obtenido tras los ensayos:

4.5.3. *Resultados*



Gráfica 4.12: Analizador de espectros filtro EGO



Gráfica 4.13: Pérdidas de inserción filtro EGO

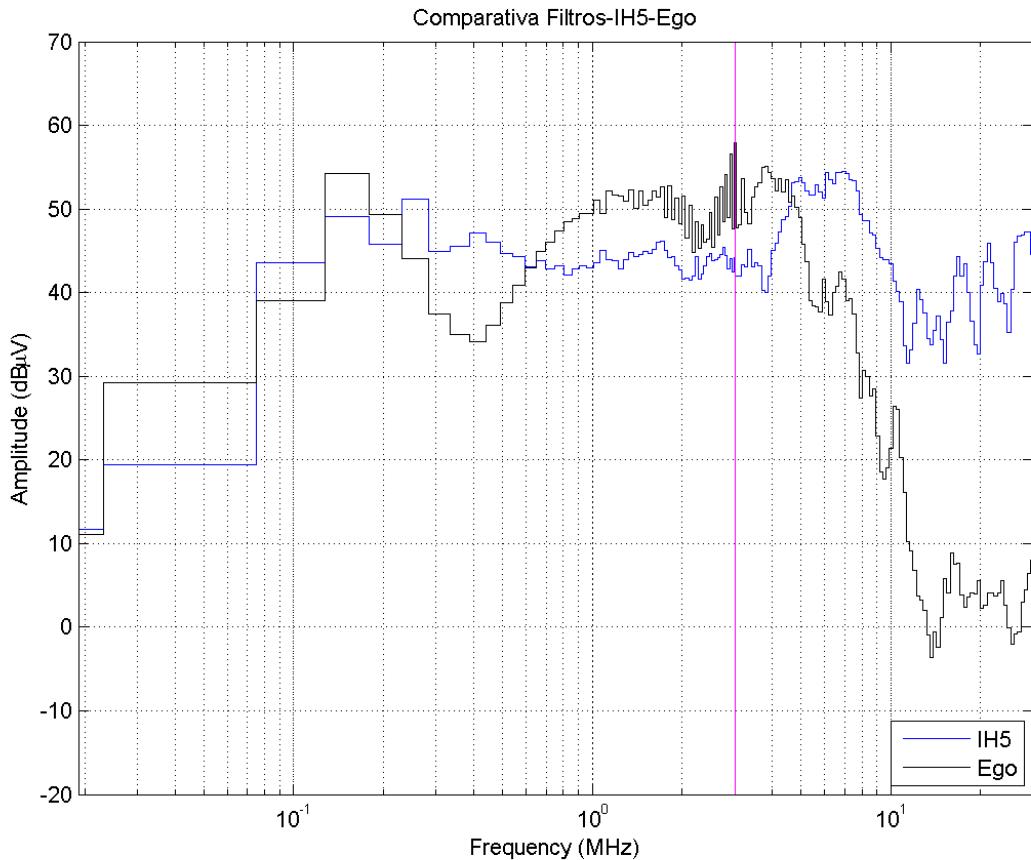
Al igual que con la tecnología Computime se observa a muy altas frecuencias la ausencia de atenuación, que se corresponde igualmente con una baja emisión de la cocina sin filtro. Por otro lado, como se puede apreciar, el valle de atenuación que se produce a 400 kHz también coincide con el punto de inflexión en la emisión sin filtro,

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

por lo que se entiende dicho valle como una disminución de la emisión y por lo tanto, también así del filtrado.

4.5.4. Comparación



Gráfica 4.14: Pérdidas De inserción IH5 - EGO

EGO, todavía de una forma mayor que Computime, posee un comportamiento muy similar al de IH5 por lo que resulta más necesario, e interesante si cabe, el estudio de costes.

TECNOLOGÍAS	CAPACIDAD X	VALOR CX	CAPACIDAD Y	VALOR CY	VALOR TOTAL CAPACIDADES
IH5	2 x 2.2 µF	1.0	2 x 15 nF, 2 x 470 pF	1.0	2.0
EGO	2 x 1.5 µF, 1 x 2.2 µF	1.2	2 x 22 nF	1.1	2.3

Tabla 4.16: Comparativa costes capacidades IH5 – EGO

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Para el cálculo de costes de los choques modo común resulta necesario resaltar que el material del núcleo del choque utilizado por EGO, no es ferromagnético sino nanocristalino. Dicho material posee un mejor comportamiento pero a su vez supone cuadruplicar el coste.

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO COMÚN (MC)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MC)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MC)	VALOR TOTAL (MC)
IH5	1	2474.4	1.0	9844.3	1.0	2.0
EGO	1*	1707.1	0.7	6974.5	0.7*4=2.8	3.5

Tabla 4.17: Comparativa costes choque modo común IH5 – EGO

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO DIFERENCIAL (MD)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MD)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MD)	VALOR TOTAL (MD)
IH5	1	4475.6	1.0	13378.9	1.0	2.0
EGO	1	4878.9	1.1	23968.1	1.8	2.9

Tabla 4.18: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – EGO

TECNOLOGÍAS	VALOR FILTRO
IH5	6.0
EGO	8.7

Tabla 4.19: Comparativa costes filtros IH5 - EGO

Como se observa en las tablas anteriores en todas las comparaciones el coste de EGO supera al de IH5 pero la mayor diferencia se produce con el choque modo común. Como se observa en la Tabla 4.17, el volumen de cobre y de núcleo utilizado con respecto al de IH5 es bastante inferior, sin embargo el efecto del filtro no se ha visto afectado. Esto se debe al material del núcleo, EGO utiliza un núcleo nanocristalino, con dicho núcleo y un número considerablemente menor de vueltas de cobre se consiguen las mismas o mejores prestaciones que con un choque ferromagnético habitual. Por otro lado el precio de dicho choque es muy superior al de los hasta ahora vistos cuadruplicando el coste.

Por último el volumen ocupado de cada filtro es el siguiente:

TECNOLOGÍAS	¿Filtro único o doble?	VOLÚMEN ocupado por el filtro (mm ³)
IH5	2	417900
EGO	1	660000

Tabla 4.20: Comparativa tamaños IH5 - EGO

El hecho de utilizar un choque modo diferencial de elevadas dimensiones (como se observa en el volumen ocupado de la Tabla 4.18), aumenta considerablemente el espacio que ocupa el filtro. Esto, unido a los grandes encapsulados de los condensadores utilizados por EGO, produce que el tamaño del filtro aumente considerablemente. Por otro lado, como se ha visto en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el coste del filtro debido sobre todo al núcleo nanocristalino utilizado, también es considerablemente mayor. Por todo ello se puede concluir que debido al comportamiento similar obtenido en los dos filtros, el menor coste y tamaño del de IH5 resulta determinante a la hora de su elección como mejor filtro.

4.6 WHIRPOOL

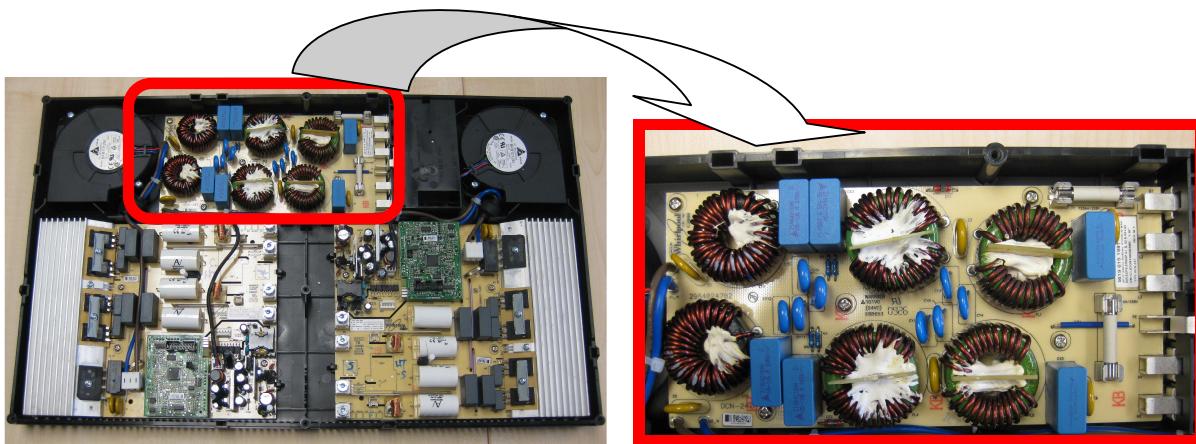


Figura 4.11: Filtro Whirpool

Whirlpool hace uso de una topología bastante parecida a la utilizada por Jaeger. Sin embargo la gran diferencia de esta tecnología se basa en el hecho de utilizar unos núcleos para los choques de reducido tamaño, en comparación con el resto de tecnologías, y un número de vueltas alto en relación a dicho tamaño.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.6.1. Circuito

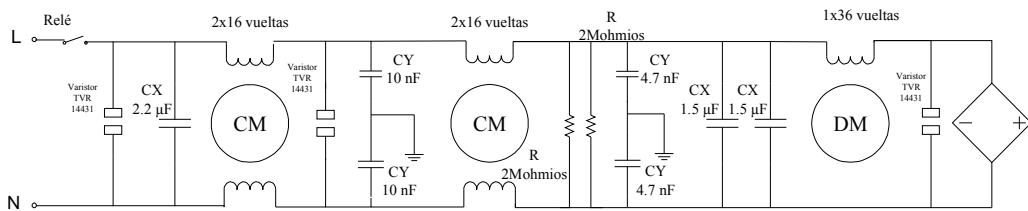


Figura 4.12: Circuito filtro Whirlpool

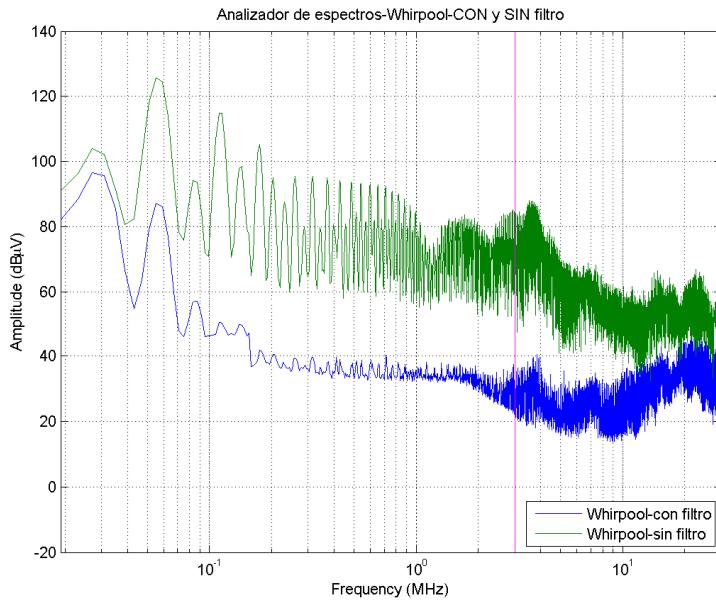
En el circuito se observa el uso, al igual que Copreci de dos resistencias de descarga para los condensadores. También se puede apreciar la cantidad de vueltas del choque modo diferencial (36) para un núcleo tan reducido en tamaño, y el uso de dos de ellos respecto al único que utiliza IH5. Respecto a los condensadores cambian la distribución debido a la inclusión de un tercer choque. Los condensadores X, que IH5 sitúa después del choque común y del choque diferencial, en este caso se encuentran a continuación de los dos choques comunes.

4.6.2. Componentes

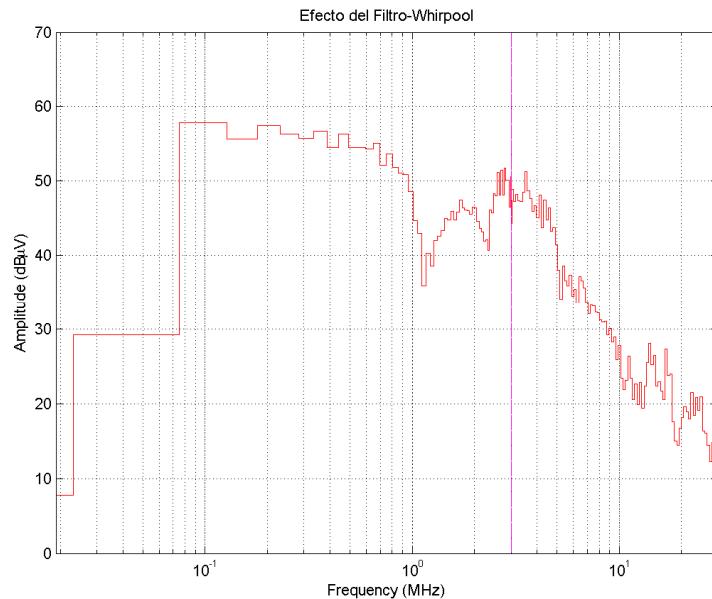
- 3 condensadores X, 2 de 1.5 μF y 1 de 2.2 μF.
- 4 condensadores Y, 2 de 10 nF y 2 de 4.7 nF.
- 2 choques modo común, uno de 17 vueltas por fase y otro de 12.
- 1 choque modo diferencial de un solo bobinado de 36 vueltas.

Algunos de los condensadores utilizados por Whirlpool son cerámicos, al igual que IH5. Estos condensadores ofrecen mejores resultados a altas frecuencias. Los resultados obtenidos tras los ensayos se ofrecen en la siguiente página:

4.6.3. *Resultados*



Gráfica 4.15: Analizador de espectros filtro Whirpool



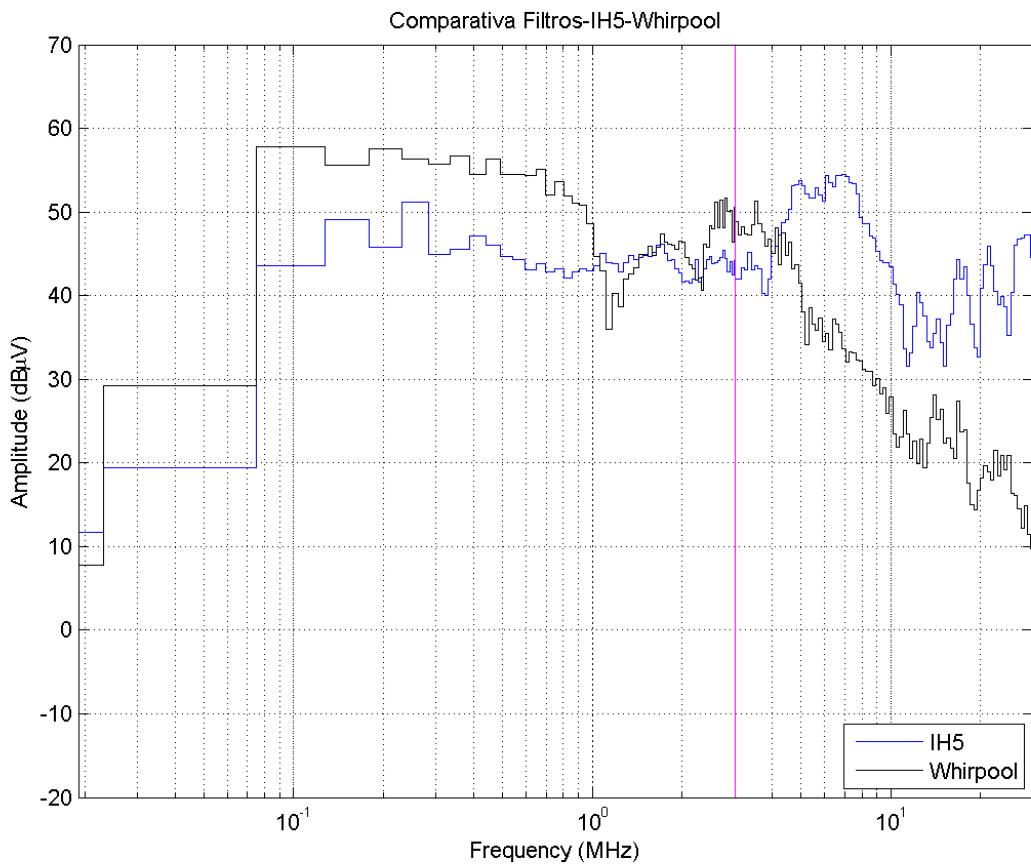
Gráfica 4.16: Pérdidas de inserción filtro Whirpool

La Gráfica 4.16 presenta el efecto de filtro de mayor atenuación visto hasta ahora en este proyecto. En dicha gráfica se puede apreciar la gran atenuación producida en los armónicos que se encuentran a partir de los 70 kHz hasta los 100 kHz.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

4.6.4. Comparación



Gráfica 4.17: Pérdidas De inserción IH5 - Whirpool

La Gráfica 4.17 indica una mayor atenuación en el comportamiento general del filtro de Whirpool. Aunque esto no es el caso en todo el rango frecuencial, sí lo es en la zona de mayor influencia de las frecuencias fundamentales de trabajo de la cocina y sus armónicos. La comparación de costes es la siguiente:

TECNOLOGÍAS	CAPACIDAD X	VALOR CX	CAPACIDAD Y	VALOR CY	VALOR TOTAL CAPACIDADES
IH5	2 x 2.2 µF	1.0	2 x 15 nF, 2 x 470 pF	1.0	2.0
Whirpool	2 x 1.5 µF, 1 x 2.2 µF	1.2	2 x 10 nF, 2 x 4.7 nF	0.9	2.1

Tabla 4.21: Comparativa costes capacidades IH5 - Whirpool

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO COMÚN (MC)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MC)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MC)	VALOR TOTAL (MC)
IH5	1	2474.4	1.0	9844.3	1.0	2.0
Whirlpool	2	6533.5	2.6	17825.1	1.8	4.4

Tabla 4.22: Comparativa costes choque modo común IH5 – Whirlpool

TECNOLOGÍAS	CHOQUES MODO DIFERENCIAL (MD)	VOLUMEN COBRE mm ³	VALOR COBRE (MD)	VOLÚMEN NÚCLEO	VALOR NÚCLEO (MD)	VALOR TOTAL (MD)
IH5	1	4475.6	1.0	13378.9	1.0	2.0
Whirlpool	1	6785.8	1.5	8872.7	0.7	2.2

Tabla 4.23: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Whirlpool

TECNOLOGÍAS	VALOR FILTRO
IH5	6.0
Whirlpool	8.7

Tabla 4.24: Comparativa costes filtros IH5 - Whirlpool

El incremento de coste más importante en Whirlpool reside en los choques modo común (Tabla 4.22). De forma individual el choque modo común resulta de un coste similar al utilizado en IH5 pero el hecho de utilizar dos incrementa el coste al doble. Para el choque modo diferencial se utiliza un núcleo más pequeño a costa de un mayor número de vueltas obteniendo como resultado un coste parecido.

TECNOLOGÍAS	¿Filtro único o doble?	VOLÚMEN ocupado por el filtro (mm ³)
IH5	2	417900
Whirlpool	1	562500

Tabla 4.25: Comparativa tamaños IH5 - Whirlpool

El filtro de Whirlpool, que opta por unificarlo en una sola PCB, ocupa mayor espacio que las dos zonas filtro de IH5. La mayor atenuación del filtro bajo estudio no parece suficiente razón como para compensar el mayor tamaño que ocupa unido al coste considerablemente mayor con respecto a IH5.

4.7 RESUMEN DE RESULTADOS

A modo de resumen de las comparaciones realizadas, de las tecnologías respecto de IH5, se dispone de la siguiente tabla:

	EFICACIA	COSTE	TAMAÑO
Jaeger	:(:(:)
Copreci	:(:(:(
Computime	:(:(:(
EGO	:(:(:(
Whirpool	:)	:(:(

Tabla 4.26: Resumen comparaciones con IH5

Se puede observar que ninguna de las tecnologías mejora en dos figuras de mérito el filtro utilizado en B/S/H. Además excepto Computime, las que poseen una eficacia parecida a la de IH5 es gracias a un importante déficit en el coste y en el tamaño. Por otro lado la única que supera en eficacia al filtro de IH5 es Whirpool pero al igual que las otras tecnología a costa de un considerable aumento de coste y tamaño. Por último, la tecnología Computime resulta muy interesante debido a los niveles de eficacia tamaño y coste que posee tan parecidos a los de IH5, sin embargo resulta conveniente recordar el hecho de haber obviado los dos choques modo diferencial utilizados en la etapa de potencia. Dichos choques pueden tener diversas funciones y para conocerlas se necesitaría de un profundo estudio del funcionamiento de la tecnología. Debido a que dicho estudio se escapa del alcance de este proyecto no se han tenido en cuenta en ninguna de las tres figuras de mérito.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 CONCLUSIONES

Tal y como se comentó en la introducción, fruto del programa de cooperación educativa suscrito entre la Universidad de Zaragoza y la empresa B/S/H Electrodomésticos España se ha podido llevar a cabo este proyecto, junto a una labor de prácticas durante nueve meses. Durante este periodo de tiempo se han conseguido diversos objetivos:

➤ Para el desarrollo del proyecto se comenzó una primera fase realizando un estudio teórico sobre la compatibilidad electromagnética y las cocinas de inducción. Más tarde se profundizó en las funciones de un filtro de red en las cocinas de inducción. Mediante este proceso se ha delimitado el campo de la EMC a la emisión conducida por los cables y por ello, se han estudiado los dos campos en la que se divide, la emisión modo común y la modo diferencial.

Con las funciones del filtro ya claras se procedió al análisis de los elementos que componen dichos filtros. Se ha estudiado el distinto efecto que puede producir la geometría de los componentes, la cantidad de vueltas de un choque, el material del núcleo o la disposición en la que se encuentran los componentes en el filtro.

➤ Después de obtener los conocimientos teóricos se ha comenzado la segunda fase del proyecto que se centra en el desarrollo de un método de caracterización para los filtros de red, que posibilite la comparación entre tecnologías. Dicho método ha consistido en primer lugar en definir tres figuras de mérito: la eficacia, el coste y el tamaño. Posteriormente ha resultado necesario desarrollar unas técnicas de medida para cada figura de mérito. Por ello se ha desarrollado en primer lugar un método de medida de la eficacia de un filtro que consiste en la medida de la emisión conducida por el cable de la cocina con filtro y sin él. Para llevar a cabo dichas mediciones se hace uso del equipamiento que dispone el laboratorio de EMC en B/S/H y se desarrolla un programa de tratamiento de señal mediante Matlab. A continuación se desarrollan dos métodos de comparación tanto de coste como de tamaño que comparan de forma cualitativa las distintas tecnologías.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

➤ Una vez desarrolladas las técnicas de medida y escogidas las distintas tecnologías que se van a analizar se procede a ensayar con cada una de ellas. Para la realización de dicho ensayos resulta en ocasiones necesario el acondicionamiento de las cocinas mediante la extracción de los componentes que conforman el filtro. Una vez finalizados los ensayos se aplican los métodos de caracterización mediante los cuales se puede comenzar a valorar las diferencias más significativas entre los filtros.

En los resultados se pone de manifiesto que en la elección de los componentes más adecuados reside la dificultad de conseguir una gran eficacia al menor coste posible. Según el estudio realizado, el filtro de IH5 (tecnología utilizada por B/S/H) no produce los mejores resultados en lo que a eficacia se refiere, sin embargo en la valoración global de las tres figuras de méritos definidas si le corresponde el primer lugar. Como ya se ha comentado anteriormente esto es debido a la elección de los componentes más adecuados, puesto que las únicas tecnologías que la superan en eficacia generan un importante déficit en coste y tamaño. Cabe resaltar el buen resultado obtenido con el filtro utilizado por Computime, aunque genera ciertas reservas debido a los dos choques modo diferencial utilizados fuera del filtro, en la etapa de potencia.

➤ Simultáneamente a la elaboración de este proyecto se han realizado distintas labores para la empresa. Algunas de ellas son la realización de múltiples ensayos para la validación de las cocinas de inducción. Dichos ensayos son de inmunidad (descargas electrostáticas, ráfagas, impulsos, corrientes inyectadas o fluctuaciones de red), o de emisión (conducidas, antena triple lazo, flicker, armónicos y radiadas, este último realizando un desplazamiento a las instalaciones del Instituto Tecnológico de Aragón).

En otro orden de cosas también se han elaborado distintas placas PCB, (ruteado, elaboración del PCB, soldadura de componentes) necesarias tanto para el uso cotidiano como para determinadas investigaciones. Se han adquirido conocimientos de uso de numeroso software tal como lenguaje C en MP lab, diseño de PCB en P-CAD y diverso software específico para el control del equipo utilizado en el laboratorio como el EMC32. Se han ampliado los conocimientos en el control de osciloscopios así como se han adquirido nuevos con otros equipos como el analizador de espectro.

5.2 LÍNEAS FUTURAS

Una vez analizados todos los resultados y obtenidas las conclusiones oportunas se describen distintas líneas de investigación que se podrían considerar en el futuro:

- Con el objetivo de mejorar el método de caracterización se propone realizar un estudio sobre el comportamiento de los filtros de red a frecuencias de entre 1 MHz hasta los 30 MHz.
- Debido a los buenos resultados obtenidos con la tecnología Computime se propone un estudio profundizando en el choque modo diferencial utilizado y los choques modo diferencial que contiene la etapa de potencia.
- Se propone también un estudio de los distintos componentes existentes en el mercado con el objetivo tanto de aumentar la eficacia como de minimizar el coste y el tamaño.

ANEXOS

ANEXO A. PROGRAMA DE TRATAMIENTO DE SEÑAL EN MATLAB

A continuación se detalla el programa desarrollado en el entorno de Matlab mediante el cual se han generado todas las gráficas necesarias para la realización de este proyecto.

A.1 INICIO

La primera parte del programa consta de la información y de las variables a modificar por el usuario para configurar las gráficas que se van a obtener. Además se encuentran distintas operaciones necesarias con el objetivo poder extraer el programa a cualquier tipo de medida hecha con el analizador de espectro.

```
%% Envoltorio de la medida de conductas de una cocina.  
%  
% Autor: José Carlos Algárate  
% Fecha: 18-11-2010  
%  
% Descripción: se detecta la envoltorio de una gráfica con un  
ancho de  
% banda definido por el usuario  
  
% Se limpia el espacio de variables y se cierran aplicaciones  
clf reset;  
clear all;  
close all;  
%% Nomenclatura de los filtros.  
  
% IH5  
% Jaeger  
% Jaeger en IH5  
% Copreci  
% Ego  
% Whirpool  
% Computime  
  
%% Variables a definir por el usuario  
  
Guardar_Grafica = 1;  
% ¿Quieres que se guarde la gráfica generada?  
  
Comparacion_Filtros = 0;  
% ¿Quieres comparar dos filtros en una misma gráfica?  
Tipo_Filtro1 = 'IH5';  
% 1 = Sí  
Tipo_Filtro2 = 'Computime';  
% Poner los nombre normalizados en la línea 13.
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
Ancho_de_Banda_Bajas = 50;
Ancho_de_Banda_Altas = 300;
%Ancho de banda del filtro que aplicamos (kHz).

Frecuencia_cambio_de_banda = 3;

Grafica_resta = 1;
% 1, si se quiere ver la resta.

Grafica_en_barras_BajasF = 0;
Grafica_en_barras_AltasF = 0;
% 1, si queremos la representación en barras

Graficas_del_analizador = 0;
% 1, si queremos ver las gráficas origen.

Grafica_puntos_maximos_BajasF = 0;
Grafica_puntos_maximos_AltasF = 0;
% 1, si queremos ver las gráficas de máximos.

%% Nomenclatura Templates

% Template_9KHz
% Template_norma_150KHz

%% Importamos el archivo con los datos a tratar provenientes de las
medidas a una cocina de inducción tipo

fid = fopen('Template_9KHz.csv');
Datos.Tabla.Encabezados = textscan(fid, '%s', 256,'delimiter', ';');
%Cogemos muchísimos datos para asegurarnos que cogemos todos los
encabezados.
fclose(fid);
Todos_los_datos(:,1) = Datos.Tabla.Encabezados {1,1};

for numero_columnas = 1:256,1;

Formato_letras_numeros = isstrprop(Todos_los_datos
(numero_columnas,1), 'alpha'); %Crea un vector representando si hay
letras o números.

if Formato_letras_numeros{1,1}==0
%Cuando sean todo números sal del bucle for.
    numero_columnas = numero_columnas-1;
    break;
end;

end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
f = '%f';
formato = f;
for m=1:numero_columnas-1,1;

formato = strcat (formato,f);
%Añadimos un %f por cada columna.

end
fid = fopen('Template_9KHz.csv');
Datos.Tabla.Encabezados = textscan(fid, '%s',
numero_columnas,'delimiter', ';');
Datos.Tabla.DatosIntermedio = textscan(fid, formato, 'delimiter',
';');
fclose(fid);
%Adquirimos los datos.

Encabezados(1,:) = Datos.Tabla.Encabezados {1,1};
for r=1:numero_columnas,1;
Matriz(:,r) = Datos.Tabla.DatosIntermedio{1,r};
end

%% Cantidad de puntos tomados por el analizador.

frecuencia_inicio = Matriz (1,1);
%Detectamos las frecuencias importantes.
z=0;
n= size (Matriz(:,1));
%Contamos el número de celdas totales
for w=1:n,1;
    if Matriz(w,1)<Frecuencia_cambio_de_banda
%Comprobamos y contamos cuántas de ellas están por debajo de 150 KHz.
        z=z+1;
    % z = nº de celdas por debajo del cambio de banda
    else end
end
p=1;
n= size (Matriz(:,1));
%Contamos el número de celdas totales
for w=1:n,1;
    if Matriz(w,1)<0.02
%Comprobamos y contamos cuántas de ellas están por debajo de 20 KHz.
        p=p+1;
    % p = Nº de celdas hasta 20 KHz.
    else end
end

No_de_puntos_a_BajasF = z-p;
% nº de celdas de 20 al cambio de banda

y=0;
w=1;
n= size (Matriz(:,1));
%Contamos el número de celdas totales
for w=1:n,1;
    if Matriz(w,1)>Frecuencia_cambio_de_banda
%Comprobamos y contamos cuántas de ellas están por encima de 150 KHz.
        y=y+1;
    % y = nº de celdas por encima del cambio de banda
    else end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

end

```
No_de_puntos_a_AltasF = y;
frecuencia_final = Matriz ((z+y),1);
Rango_de_frecuencia_bajas = (Frecuencia_cambio_de_banda -
frecuencia_inicio)*1000;
Rango_de_frecuencias_altas = (frecuencia_final -
Frecuencia_cambio_de_banda)*1000;
```

A.2 UN FILTRO POR GRÁFICA

Comienza el programa principal mediante la elección del tipo de gráfica que se quiere visualizar. En caso de la elección de obtener un solo filtro por gráfica, el programa continúa por esta sección.

```
%% Tantas iteraciones como filtros existan
if Comparacion_Filtros ==0;

for A=1:2:numero_columnas-1;

%% Condición inicial, un máximo en los primeros 20 KHZ

Dato_Anterior1=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2=0;
i=1;
e1=1;
Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (i,1);
%Ponemos punto inicial, la primera frecuencia
Datos.Tabla2.Maximos(e1+1,9)= Matriz (i,1);
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
e1=e1+2;

for i=i:i+p-0.1,1;
%Hallamos el máximo de solo los 20 KHz.

    if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1;
%Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
        Dato_Anterior1 = Matriz (i,A+1);
        Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,10)= Dato_Anterior1;
%Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
        Datos.Tabla2.Maximos(e1,10)= Dato_Anterior1;
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
    else end

    if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2;
%Lo mismo en la otra columna.
        Dato_Anterior2 = Matriz (i,A+2);
        Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,11)= Dato_Anterior2;
        Datos.Tabla2.Maximos(e1,11)= Dato_Anterior2;
    else end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

end

%% 20 KHz - Frecuencia a la que hay un cambio de banda debido al analizador

```
Divisiones = (Rango_de_frecuencia_bajas/Ancho_de_Banda_Bajas);
%Cantidad de puntos máximos que resulta del filtro aplicado entre 9KHz
y la frecuencia de cambio de banda
Rango =
(Ancho_de_Banda_Bajas*No_de_puntos_a_BajasF)/Rango_de_frecuencia_bajas
;%Rango de frecuencias para cada división.

Dato_Anterior1=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2=0;
Dato_Frecuencial=0;
Dato_Frecuencia2=0;
i=p;
%Empezamos a partir de 20 KHz
for j=1:Divisiones,1;
%Regula la cantidad de puntos máximos resultantes de la frecuencia
escogida.

    Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (i,1);
    %Cogemos las frecuencias para la representación en barras.
    Datos.Tabla2.Maximos(e1+1,9)= Matriz (i,1);
    %Cogemos cada frecuencia dos veces.
    e1=e1+2;

    for i=i:i+Rango-0.1,1;

        if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1;
        %Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
            Dato_Anterior1 = Matriz (i,A+1);
            Dato_Frecuencial = Matriz (i,1);
        %Coge la frecuencia del valor máximo.
            Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,10)= Dato_Anterior1;
        %Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
            Datos.Tabla2.Maximos(e1,10)= Dato_Anterior1;
        %Cada dato dos veces para la representación en barras.
        else end

        if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2;
        %Lo mismo en la otra columna.
            Dato_Anterior2 = Matriz (i,A+2);
            Dato_Frecuencia2 = Matriz (i,1);
            Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,11)= Dato_Anterior2;
            Datos.Tabla2.Maximos(e1,11)= Dato_Anterior2;
        else end
    end

    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,2)= Dato_Anterior1;
    %Guardamos los datos.
    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,1)= Dato_Frecuencial;
```

```
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,2)= Dato_Anterior1;
%Guardamos los datos.
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,1)= Dato_Frecuencial;
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,4)= Dato_Anterior2;
%Guardamos los datos.
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,3)= Dato_Frecuencia2;

if Dato_Frecuencial>Frecuencia_cambio_de_banda;
%Si llegamos a la frecuencia del cambio de banda paramos por completo
y pasamos a altas.
    break
else
i=i+1;
%Reiniciamos variables.
Dato_Anterior1=0;
Dato_Anterior2=0;
Dato_Frecuencial=0;
Dato_Frecuencia2=0;
end
end
Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (z,1);
%Primer y últimos datos que faltan para la representación en barras.
```

%% Gráficas puntos máximos o representación en barras, bajas
frecuencias.

```
if Grafica_puntos_maximos_BajasF == 1;
%Le asignamos colores a las gráficas pero siempre el mismo entre bajas
y altas.
    semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,1),
Datos.Tabla2.Maximos(:,2),'b');      %Representación logarítmica en el
eje x.
    hold all;
%Mantenemos los datos de la figura y sobrescribimos.
    semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,3),
Datos.Tabla2.Maximos(:,4),'k');
    hold all;
    grid on;
%Pone rejilla para mejor visualización.
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
%Asignamos encabezado a la figura.
    titulo_figura = strcat ('Representación puntos máximos', '-',
nombre_filtro, '-', 'CON y SIN filtro');
    title (titulo_figura);
%Le ponemos el título a la figura.
    ylim ([0 140]);
%Valor máximo y mínimo del eje y.
    if Grafica_puntos_maximos_AltasF == 0
%Límites del eje x dependiendo si es solo bajas o bajas y altas.
        xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_intermedia]);
    else
        xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
    end
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
%Etiquetas a los ejes.
    y = -20:0.1:140;
    x = Frecuencia_cambio_de_banda;
    semilogx (x,y, 'm');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
legend ((strcat (nombre_filtro,'-', 'con filtro')), (strcat (nombre_filtro,'-', 'sin filtro')), 'Location', 'SouthEast');
```

```
end
```



```
if Grafica_en_barras_BajasF == 1;
%Le asignamos colores a las gráficas pero siempre el mismo entre bajas y altas.
semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,10),'b');
hold all;
semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,11),'k');
hold all;
grid on;
%Pone rejilla para mejor visualización.
nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
titulo_figura = strcat ('Representación en barras', '-',
nombre_filtro, ' - ', 'CON y SIN filtro');
title (titulo_figura);
ylim ([0 140]);
if Grafica_en_barras_AltasF == 0
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_intermedia]);
else
%Límites del eje x dependiendo si es solo bajas o bajas y altas.
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
end
xlabel ('Frequency (MHz)');
ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
y = -20:0.1:140;
x = Frecuencia_cambio_de_banda;
semilogx (x,y, 'm');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
hold all;
nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
legend ((strcat (nombre_filtro,'-', 'con filtro')), (strcat (nombre_filtro,'-', 'sin filtro')), 'Location', 'SouthEast');
```

```
end
```

%% 150KHz - 30 MHz

```
Divisiones_Altas = (Rango_de_frecuencias_altas/Ancho_de_Banda_Altas);
%Cantidad de puntos máximos que resulta del filtro aplicado entre el cambio de banda - 30 MHz.
```

```
Rango_Altas =
(Ancho_de_Banda_Altas*No_de_puntos_a_AltasF)/Rango_de_frecuencias_altas;%Debido a algún problema con la iteración del for, necesitamos poner el rango en 0.99, de esta forma sale perfecto.
```

```
Dato_Anterior1_Altas=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2_Altas=0;
Dato_Frecuencial_Altas=0;
Dato_Frecuencia2_Altas=0;
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
i=z;
%Empezamos a partir de del cambio de banda.
j=0;
e2=1;

for j=1:Divisiones_Altas,1;
%Regula la cantidad de puntos máximos resultantes de la frecuencia
escogida.
    if i< (w+1);
        Datos.Tabla2.Maximos(e2,12)= Matriz (i,1);
    %Cogemos las frecuencias para la representación en barras.
        Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,12)= Matriz (i,1);
    %Cogemos cada frecuencia dos veces.
        e2=e2+2;
    else end

for i=i:i+Rango_Altas,1;
    if i<(w+1);

        if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1_Altas;
    %Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
        Dato_Anterior1_Altas = Matriz (i,A+1);
        Dato_Frecuencial_Altas = Matriz (i,1);
    %Coge la frecuencia del valor máximo.
        Datos.Tabla2.Maximos(e2-1,13)= Dato_Anterior1_Altas;
    %Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
        Datos.Tabla2.Maximos(e2,13)= Dato_Anterior1_Altas;
    %Cada dato dos veces para la representación en barras.
        end

        if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2_Altas;
        Dato_Anterior2_Altas = Matriz (i,A+2);
        Dato_Frecuencia2_Altas = Matriz (i,1);
        Datos.Tabla2.Maximos(e2-1,14)= Dato_Anterior2_Altas;
    %Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
        Datos.Tabla2.Maximos(e2,14)= Dato_Anterior2_Altas;
    %Cada dato dos veces para la representación en barras.
        end
    end
end

Datos.Tabla2.Maximos(j+1,6)= Dato_Anterior1_Altas;
%Guardamos los datos.
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,5)= Dato_Frecuencial_Altas;
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,8)= Dato_Anterior2_Altas;
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,7)= Dato_Frecuencia2_Altas;

i=i+1;
%Reiniciamos variables.
Dato_Anterior1_Altas=0;
Dato_Anterior2_Altas=0;
Dato_Frecuencial_Altas=0;
Dato_Frecuencia2_Altas=0;
end

Datos.Tabla2.Maximos(1,6)= Matriz (z+1,A+1);
%Introducimos el primer dato
Datos.Tabla2.Maximos(1,5)= Matriz (z+1,1);
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
Datos.Tabla2.Maximos(1,8)= Matriz (z+1,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(1,7)= Matriz (z+1,1);

Datos.Tabla2.Maximos(j+1,6)= Matriz (w-1,A+1);
%Introducimos el último dato
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,5)= Matriz (w-1,1);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,8)= Matriz (w-1,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,7)= Matriz (w-1,1);

Datos.Tabla2.Maximos(e2,12)= Matriz (w-1,1);
%Primer y últimos datos que faltan para la representación en barras.
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,12)= Matriz (w-1,1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,13)= Datos.Tabla2.Maximos(e1,10);
%Unión de altas y bajas.
Datos.Tabla2.Maximos(1,14)= Datos.Tabla2.Maximos(e1,11);
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,13)= Matriz (w-1,A+1);
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,14)= Matriz (w-1,A+2);

%% Graficas puntos máximos o representación en barras, altas
frecuencias.

if Grafica_puntos_maximos_AltasF == 1;
%Le asignamos colores a las gráficas pero siempre el mismo entre bajas
y altas.
    semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,5),
Datos.Tabla2.Maximos(:,6),'b');
    hold all;
    semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,7),
Datos.Tabla2.Maximos(:,8),'k');
    hold all;
    grid on;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
    titulo_figura = strcat ('Representación puntos máximos', '-',
nombre_filtro, '-', 'CON y SIN filtro');
    title (titulo_figura);
    ylim ([0 140]);
    if Grafica_puntos_maximos_BajasF == 0
        xlim ([frecuencia_intermedia frecuencia_final]);
    %Si no está la gráfica de bajas le ponemos límites al eje x.
        end
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
    y = -20:0.1:140;
    x = Frecuencia_cambio_de_banda;
    semilogx (x,y,'m');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
    legend ((strcat (nombre_filtro, '-', 'con filtro')), (strcat
(nombre_filtro, '-', 'sin filtro')), 'Location', 'SouthEast');
end

if Grafica_en_barras_AltasF == 1;
%Le asignamos colores a las gráficas pero siempre el mismo entre bajas
y altas.
    semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,13),'b');
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
hold all;
semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,14),'k');
hold all;
grid on;
nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
titulo_figura = strcat ('Representación en barras','-', nombre_filtro, '-','CON y SIN filtro');
title (titulo_figura);
ylim ([0 140]);
if Grafica_en_barras_BajasF == 0;
    xlim ([frecuencia_intermedia frecuencia_final]);
%Si no está la gráfica de bajas le ponemos límites al eje x.
end
xlabel ('Frequency (MHz)');
ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
y = -20:0.1:140;
x = Frecuencia_cambio_de_banda;
semilogx (x,y,'m');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
hold all;
nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
legend ((strcat (nombre_filtro,'-','con filtro')),(strcat (nombre_filtro,'-','sin filtro')),'Location', 'SouthEast');
end

%% Resta de sin filtro-con filtro.

Datos.Tabla2.Maximos(:,15) = Datos.Tabla2.Maximos(:,11) -
Datos.Tabla2.Maximos(:,10);
Datos.Tabla2.Maximos(:,16) = Datos.Tabla2.Maximos(:,14) -
Datos.Tabla2.Maximos(:,13);

if Grafica_resta == 1 ;
%Mismo color a bajas que a altas.
semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,15),'r');
hold all;
semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,16),'r');
hold all;
grid on;
nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
titulo_figura = strcat ('Efecto del Filtro','-', nombre_filtro);
ylim ([0 70]);
xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
title (titulo_figura);
xlabel ('Frequency (MHz)');
ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
y = -20:0.1:140;
x = Frecuencia_cambio_de_banda;
semilogx (x,y,'m');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
hold all;

% Cambia de nombre la figura creada
%set(gcf,'Name',strcat('Figura_Actual',num2str(A)));
end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
%% Graficas origen del analizador.

if (Graficas_del_analizador == 1);
    semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+1));
    hold all;
%No hace falta ponerle colores, vale con los de defecto.
    semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+2));
    hold all;
    grid on;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
    titulo_figura = strcat ('Analizador de espectros', '-', 
nombre_filtro, '-', 'CON y SIN filtro');
    title (titulo_figura);
    %ylim ([0 120]);
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitud (dB\muV)');
    y = -20:0.1:140;
    x = Frecuencia_cambio_de_banda;
    semilogx (x,y, 'm');
%Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
    legend ((strcat (nombre_filtro,'-', 'con filtro')), (strcat 
(nombre_filtro,'-', 'sin filtro')), 'Location', 'SouthEast');
end

%% Guardar gráfica

if Guardar_Grafica == 1;
    nombre_filtro = Encabezados {1,A+1};
    nombre_archivo = strcat((nombre_filtro), '_', datestr(now,
'yyyyymmdd_HH_MM_SS'));
    saveas (gcf, nombre_archivo, 'png');
%Guardamos la figura actual con nombre archivo y formato 'png'.
    close gcf;
%Cerramos la figura actual para que cada una sea independiente.
end
end
```

A.3 COMPARACIÓN FILTROS

En caso de haber escogido simultaneamente dos filtros en una sola gráfica el programa da un salto y prosigue por esta sección.

```
else
%% Detección de los filtro a comparar.
    numero_columna = 1;
for n=1:numero_columnas,1;
    if strcmp (Tipo_Filtrol,Encabezados {1,numero_columna})
%Comparamos el nombre del filtro deseado a comparar con los nombres de
los filtros de la base de datos.
        break
%Así identificamos los datos del filtro a tratar.
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
else
    numero_columna = numero_columna+1;
end
end
Filtrol = numero_columna;
%Le asignamos la columna de datos que le corresponde.
numero_columna2 = 1;
for n=1:numero_columnas,1;
%Lo mismo con el segundo filtro.
if strcmp (Tipo_Filtro2,Encabezados {1,numero_columna2})
    break
else
    numero_columna2 = numero_columna2+1;
end
end
Filtro2 = numero_columna2;

for A=Filtrol-1:(Filtro2-1)-(Filtrol-1):Filtro2-1;
%% Condición inicial, un máximo en los primeros 20 KHZ

Dato_Anterior1=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2=0;
i=1;
el=1;
Datos.Tabla2.Maximos(el,9)= Matriz (i,1);
%Ponemos punto inicial la primera frecuencia del template.
Datos.Tabla2.Maximos(el+1,9)= Matriz (i,1);
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
el=el+2;

for i=i:i+p-0.1,1;
%Hallamos el máximo de solo los 20 KHz.

    if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1;
%Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
        Dato_Anterior1 = Matriz (i,A+1);
        Datos.Tabla2.Maximos(el-1,10)= Dato_Anterior1;
%Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
        Datos.Tabla2.Maximos(el,10)= Dato_Anterior1;
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
    else end

    if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2;
%Lo mismo en la otra columna.
        Dato_Anterior2 = Matriz (i,A+2);
        Datos.Tabla2.Maximos(el-1,11)= Dato_Anterior2;
        Datos.Tabla2.Maximos(el,11)= Dato_Anterior2;
    else end
end

%% 9KHz - 150 KHz
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
Divisiones = (Rango_de_frecuencia_bajas/Ancho_de_Banda_Bajas);
%Cantidad de puntos máximos que resulta del filtro aplicado entre 9KHz
a el cambio de banda.
Rango =
(Ancho_de_Banda_Bajas*No_de_puntos_a_BajasF)/Rango_de_frecuencia_bajas
;%Debido a algún problema con la iteración del for, necesitamos poner
el rango en 0.99, de esta forma sale perfecto.

Dato_Anterior1=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2=0;
Dato_Frecuencial1=0;
Dato_Frecuencia2=0;

i=p;
%Empezamos a partir de 20 KHz
for j=1:Divisiones,1;
%Regula la cantidad de puntos máximos resultantes de la frecuencia
escogida.

    Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (i,1);
    %Cogemos las frecuencias para la representación en barras.
    Datos.Tabla2.Maximos(e1+1,9)= Matriz (i,1);
    %Cogemos cada frecuencia dos veces.
    e1=e1+2;

    for i=i:i+Rango-0.1,1;

        if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1;
        %Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
            Dato_Anterior1 = Matriz (i,A+1);
            Dato_Frecuencial = Matriz (i,1);
        %Coge la frecuencia del valor máximo.
            Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,10)= Dato_Anterior1;
        %Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
            Datos.Tabla2.Maximos(e1,10)= Dato_Anterior1;
        %Cada dato dos veces para la representación en barras.
            else end

        if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2;
        %Lo mismo en la otra columna.
            Dato_Anterior2 = Matriz (i,A+2);
            Dato_Frecuencia2 = Matriz (i,1);
            Datos.Tabla2.Maximos(e1-1,11)= Dato_Anterior2;
            Datos.Tabla2.Maximos(e1,11)= Dato_Anterior2;
        else end

    end

    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,2)= Dato_Anterior1;
    %Guardamos los datos.
    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,1)= Dato_Frecuencial;
    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,4)= Dato_Anterior2;
    %Guardamos los datos.
    Datos.Tabla2.Maximos(j+1,3)= Dato_Frecuencia2;

    if Dato_Frecuencial>Frecuencia_cambio_de_banda;
    %Lo hacemos parar en la frecuencia del cambio de banda.
        break
    end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
else
i=i+1;
%Reiniciamos variables.
Dato_Anterior1=0;
Dato_Anterior2=0;
Dato_Frecuencial=0;
Dato_Frecuencia2=0;
end
end
Datos.Tabla2.Maximos(1,2)= Matriz (1,A+1);
%Introducimos el primer dato para representación lineal.
Datos.Tabla2.Maximos(1,1)= Matriz (1,1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,4)= Matriz (1,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(1,3)= Matriz (1,1);

Datos.Tabla2.Maximos(j+1,2)= Matriz (z,A+1);
%Introducimos el último dato para representación lineal.
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,1)= Matriz (z,1);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,4)= Matriz (z,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,3)= Matriz (z,1);

Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (z,1);
%Primer y últimos datos que faltan para la representación en barras.
% Datos.Tabla2.Maximos(e1,9)= Matriz (706,1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,10)= Matriz (1,A+1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,11)= Matriz (1,A+2);
% Datos.Tabla2.Maximos(e1,10)= Matriz (707,2);
% Datos.Tabla2.Maximos(e1,11)= Matriz (707,3);

%% Graficas puntos máximos o representación en barras, bajas
frecuencias.

if Grafica_puntos_maximos_BajasF == 1;
    if A == Filtrol-1
        %Le ponemos un color distinto a cada gráfica pero a la vez iguales
        %entre bajas y altas.
        bajas_maximos1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,1),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,2),'b');
        hold all;
        %Representación logarítmica en el eje x.
        bajas_maximos2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,3),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,4),'r');
        hold all;
    else
        bajas_maximos1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,1),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,2),'k');
        hold all;
        %Representación logarítmica en el eje x.
        bajas_maximos2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,3),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,4),'g');
        hold all;
        y = -20:0.1:140;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        semilogx (x,y,'m');
    end
    %Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
end
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
grid on;
%Pone rejilla para mejor visualización.
titulo_figura = strcat ('Comparativa puntos máximos, Filtros', '-',
',Encabezados {1,Filtrol}, '-',Encabezados {1,Filtro2});
title (titulo_figura);
%Le ponemos el título a la figura.
ylim ([0 140]);
%Valor máximo y mínimo del eje y.
if Grafica_puntos_maximos_AltasF == 0
    xlim ([frecuencia_inicio Frecuencia_cambio_de_banda]);
else
%Límites de eje x dependiendo de qué gráfica queremos.
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
end
xlabel ('Frequency (MHz)');
ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
%Etiquetas a los ejes.
%set(get(get(bajas_maximos2, 'Annotation'), 'LegendInformation'),
... %Hacemos que no salga en la leyenda.
%     'IconDisplayStyle', 'off')
%legend (Tipo_Filtrol,Tipo_Filtro2, 'Location', 'SouthEast');
%Colocamos leyenda.
legend ((strcat (Tipo_Filtrol,'-', 'con filtro')), (strcat
(Tipo_Filtrol,'-', 'sin filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'con
filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'sin filtro')), 'Location',
'SouthEast'); %Colocamos leyenda.

end

if Grafica_en_barras_BajasF == 1;
    if A == Filtrol-1
%Le ponemos un color distinto a cada gráfica pero a la vez iguales
entre bajas y altas.
        bajas_barras1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,10), 'b');
        hold all;
        bajas_barras2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,11), 'r');
        hold all;
    else
        bajas_barras1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,10), 'k');
        hold all;
        bajas_barras2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,11), 'g');
        hold all;
        y = -20:0.1:140;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        semilogx (x,y, 'm');
    end
    hold all;
end

grid on;
%Pone rejilla para mejor visualización.
titulo_figura = strcat ('Comparativa diagrama de barras,
Filtros', '-',
',Encabezados {1,Filtrol}, '-',
',Encabezados {1,Filtro2});
title (titulo_figura);
%Le ponemos el título a la figura.
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
ylim ([0 140]);
%Valor máximo y mínimo del eje y.
if Grafica_en_barras_AltasF == 0
    xlim ([frecuencia_inicio Frecuencia_cambio_de_banda]);
else
%Límites de eje x dependiendo de qué gráfica queremos.
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
end
xlabel ('Frequency (MHz)');
ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
%Etiquetas a los ejes.
%set(get(get(bajas_barras2, 'Annotation'), 'LegendInformation'),
... %Hacemos que no salga en la leyenda.
%     'IconDisplayStyle', 'off')
%legend (Tipo_Filtrol,Tipo_Filtro2, 'Location', 'SouthEast');
%Colocamos leyenda.
legend ((strcat (Tipo_Filtrol,'-', 'con filtro')), (strcat
(Tipo_Filtrol,'-', 'sin filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'con
filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'sin filtro'))), 'Location',
'SouthEast'); %Colocamos leyenda.

end

%% 150KHz - 30 MHz

Divisiones_Altas = (Rango_de_frecuencias_altas/Ancho_de_Banda_Altas);
%Cantidad de puntos máximos que resulta del filtro aplicado entre el
cambio de banda - 30 MHz.
Rango_Altas =
(Ancho_de_Banda_Altas*No_de_puntos_a_AltasF)/Rango_de_frecuencias_altas;
%Debido a algún problema con la iteración del for, necesitamos poner
el rango en 0.99, de esta forma sale perfecto.

Dato_Anterior1_Altas=0;
%Reseteamos variables.
Dato_Anterior2_Altas=0;
Dato_Frecuencial_Altas=0;
Dato_Frecuencia2_Altas=0;
i=z;
%Empezamos a partir del cambio de banda.
j=0;
e2=1;

for j=1:Divisiones_Altas,1;
%Regula la cantidad de puntos máximos resultantes de la frecuencia
escogida.
if i< w;
    Datos.Tabla2.Maximos(e2,12)= Matriz (i,1);
%Cogemos las frecuencias para la representación en barras.
    Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,12)= Matriz (i,1);
%Cogemos cada frecuencia dos veces.
    e2=e2+2;
end

for i=i:i+Rango_Altas,1;
if i<w;
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
if Matriz(i,A+1) > Dato_Anterior1_Altas;
%Coge el valor máximo del rango de celdas seleccionadas.
    Dato_Anterior1_Altas = Matriz (i,A+1);
    Dato_Frecuencial_Altas = Matriz (i,1);
%Coge la frecuencia del valor máximo.
    Datos.Tabla2.Maximos(e2-1,13)= Dato_Anterior1_Altas;
%Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
    Datos.Tabla2.Maximos(e2,13)= Dato_Anterior1_Altas;
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
end

if Matriz (i,A+2) > Dato_Anterior2_Altas;
    Dato_Anterior2_Altas = Matriz (i,A+2);
    Dato_Frecuencia2_Altas = Matriz (i,1);
    Datos.Tabla2.Maximos(e2-1,14)= Dato_Anterior2_Altas;
%Guardamos el valor máximo en una columna diferente.
    Datos.Tabla2.Maximos(e2,14)= Dato_Anterior2_Altas;
%Cada dato dos veces para la representación en barras.
end
end
end

Datos.Tabla2.Maximos(j+1,6)= Dato_Anterior1_Altas;
%Guardamos los datos.
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,5)= Dato_Frecuencial_Altas;
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,8)= Dato_Anterior2_Altas;
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,7)= Dato_Frecuencia2_Altas;

i=i+1;
%Reiniciamos variables.
Dato_Anterior1_Altas=0;
Dato_Anterior2_Altas=0;
Dato_Frecuencial_Altas=0;
Dato_Frecuencia2_Altas=0;
end

Datos.Tabla2.Maximos(1,6)= Matriz (z,A+1);
%Introducimos el primer dato
Datos.Tabla2.Maximos(1,5)= Matriz (z,1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,8)= Matriz (z,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(1,7)= Matriz (z,1);

Datos.Tabla2.Maximos(j+1,6)= Matriz (w,A+1);
%Introducimos el último dato
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,5)= Matriz (w,1);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,8)= Matriz (w,A+2);
Datos.Tabla2.Maximos(j+1,7)= Matriz (w,1);

Datos.Tabla2.Maximos(e2,12)= Matriz (w,1);
%Primer y últimos datos que faltan para la representación en barras.
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,12)= Matriz (w,1);
Datos.Tabla2.Maximos(1,13)= Datos.Tabla2.Maximos(e1,10);
%Unión de altas y bajas.
Datos.Tabla2.Maximos(1,14)= Datos.Tabla2.Maximos(e1,11);
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,13)= Matriz (w,A+1);
Datos.Tabla2.Maximos(e2+1,14)= Matriz (w,A+2);
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
%% Graficas puntos máximos o representación en barras, altas
frecuencias.

if Grafica_puntos_maximos_AltasF == 1;
    if A == Filtrol-1
        %Le ponemos un color distinto a cada gráfica pero a la vez iguales
        %entre bajas y altas.
        altas_maximos1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,5),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,6),'b');
        hold all;
        altas_maximos2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,7),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,8),'r');
        hold all;
    else
        altas_maximos1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,5),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,6),'k');
        hold all;
        altas_maximos2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,7),
        Datos.Tabla2.Maximos(:,8),'g');
        hold all;
        y = -20:0.1:140;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        ejex=semilogx (x,y,'m');
    end
    %Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
end

if Grafica_puntos_maximos_BajasF == 0
    %Si no está la de bajas ponemos leyenda, títulos..., sino dejamos el
    %de bajas
    grid on;
    %Pone rejilla para mejor visualización.
    titulo_figura = strcat ('Comparativa puntos máximos,
    Filtros','-',Encabezados {1,Filtrol},'-',Encabezados {1,Filtro2});
    title (titulo_figura);
    %Le ponemos el título a la figura.
    ylim ([0 140]);
    %Valor máximo y mínimo del eje y.
    xlim ([Frecuencia_cambio_de_banda frecuencia_final]);
    %Si no está la de bajas le ponemos límite, pero si está ya tiene los
    %límites puestos.
    xlabel ('Frequency (Hz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
    %Etiquetas
    %set(get(get(altas_maximos2, 'Annotation'),
    'LegendInformation'), ... %Hacemos que no salga en la leyenda.
    %    'IconDisplayStyle', 'off')
    %legend (Tipo_Filtrol, Tipo_Filtro2, 'Location', 'SouthEast');
    %Colocamos leyenda.
    legend ((strcat (Tipo_Filtrol,'-', 'con filtro')), (strcat
    (Tipo_Filtrol,'-', 'sin filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'con
    filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'sin filtro'))), 'Location',
    'SouthEast'); %Colocamos leyenda.

else
    %Nos quedamos con la leyenda de bajas que es la misma.
    set(get(get(altas_maximos1, 'Annotation'),
    'LegendInformation'), ... %Hacemos que no salga en la leyenda.
    'IconDisplayStyle', 'off')
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
set(get(get(alta_maximos2, 'Annotation'),
'LegendInformation'), ... %Hacemos que no salga en la leyenda.
    'IconDisplayStyle', 'off')

end

end

if Grafica_en_barras_AltasF == 1;
%Le ponemos un color distinto a cada gráfica pero a la vez iguales
entre bajas y altas.
    if A == Filtro1-1
        alta_barras1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,13),'b');
        hold all;
        alta_barras2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,14),'r');
        hold all;
    else
        alta_barras1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,13),'k');
        hold all;
        alta_barras2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,14),'g');
        hold all;
        y = -20:0.1:140;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        semilogx (x,y,'m');
    end
    %Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;

end

if Grafica_en_barras_BajasF == 0
%Si no está la de bajas ponemos leyenda, títulos..., sino dejamos el
de bajas
    grid on;
    titulo_figura = strcat ('Comparativa diagrama de barras,
Filtros','-',Encabezados {1,Filtro1},'-',Encabezados {1,Filtro2});
    title (titulo_figura);
%Le ponemos el título a la figura
    ylim ([0 140]);
%Valor máximo y mínimo del eje y.
    xlim ([Frecuencia_cambio_de_banda frecuencia_final]);
%Si no está la de bajas le ponemos límite, pero si está ya tiene los
límites puestos.
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
%Etiquetas.
    %set(get(get(alta_barras2, 'Annotation'),
'LegendInformation'), ... %Hacemos que no salga en la leyenda.
    %    'IconDisplayStyle', 'off')
    %legend (Tipo_Filtro1, Tipo_Filtro2, 'Location', 'SouthEast');
    legend ((strcat (Tipo_Filtro1,'-', 'con filtro')), (strcat
(Tipo_Filtro1,'-', 'sin filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'con
filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'sin filtro'))), 'Location',
'SouthEast'); %Colocamos leyenda.
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
else
    %Nos quedamos con la leyenda de bajas que es la misma.
    set(get(get(alta_barras1, 'Annotation'),
'LegendInformation'), ...           %Hacemos que no salga en la leyenda.
    'IconDisplayStyle', 'off')
    set(get(get(alta_barras2, 'Annotation'),
'LegendInformation'), ...           %Hacemos que no salga en la leyenda.
    'IconDisplayStyle', 'off')

end

end

%% Resta de sin filtro-con filtro.

Datos.Tabla2.Maximos(:,15) = Datos.Tabla2.Maximos(:,11) -
Datos.Tabla2.Maximos(:,10);
Datos.Tabla2.Maximos(:,16) = Datos.Tabla2.Maximos(:,14) -
Datos.Tabla2.Maximos(:,13);

if Grafica_resta == 1 ;

    if A == Filtrol-1
        %Le ponemos un color distinto a cada gráfica pero a la vez iguales
        %entre bajas y altas.
        bajas_resta1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,15),'b');      %Le ponemos color azul.
        hold all;
        altas_resta1 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,16),'b');      %Le ponemos el mismo color.
        hold all;
    else
        bajas_resta2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,9),
Datos.Tabla2.Maximos(:,15),'k');
        hold all;
        altas_resta2 = semilogx(Datos.Tabla2.Maximos(:,12),
Datos.Tabla2.Maximos(:,16),'k');
        hold all;
        y = -20:0.1:90;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        semilogx (x,y,'m');
        %Le ponemos un eje en el cambio de banda.
        hold all;
    end

    grid on;
    titulo_figura = strcat ('Comparativa Filtros', '-' ,Encabezados
{1,Filtrol}, '-' ,Encabezados {1,Filtro2});
    ylim ([-20 70]);
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
    title (titulo_figura);
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
    set(get(get(altas_resta1, 'Annotation'), 'LegendInformation'), ...
%Hacemos que salte la segunda gráfica en la leyenda.
    'IconDisplayStyle', 'off')
```

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

```
legend (Tipo_Filtrol, Tipo_Filtro2, 'Location', 'SouthEast');
%Colocamos en la leyenda la primera y tercera gráfica.
End

%% Graficas origen del analizador.

if (Graficas_del_analizador == 1);
    if A == Filtrol-1
        %Le ponemos un color distinto a cada gráfica
        analizador1 = semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+1), 'b');
        hold all;
        analizador2 = semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+2), 'k');
        hold all;
    else
        analizador1 = semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+1), 'r');
        hold all;
        analizador2 = semilogx(Matriz(:,1), Matriz(:,A+2), 'y');
        hold all;
        y = -20:0.1:140;
        x = Frecuencia_cambio_de_banda;
        semilogx (x,y,'m');
    end
    %Le ponemos un eje en el cambio de banda.
    hold all;
    end
    grid on;
    titulo_figura = strcat ('Comparativa analizador de espectros,
Filtros','-',Encabezados {1,Filtrol},'-',Encabezados {1,Filtro2});
    title (titulo_figura);
    ylim ([0 130]);
    xlim ([frecuencia_inicio frecuencia_final]);
    xlabel ('Frequency (MHz)');
    ylabel ('Amplitude (dB\muV)');
    legend ((strcat (Tipo_Filtrol,'-', 'con filtro')), (strcat
(Tipo_Filtrol,'-', 'sin filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'con
filtro')), (strcat ( Tipo_Filtro2,'-', 'sin filtro'))), 'Location',
'SouthEast'); %Colocamos leyenda.
end

end
%% Guardar gráfica

if Guardar_Grafica == 1;
    nombre_filtro1 = Encabezados {1,Filtrol};
    nombre_filtro2 = Encabezados {1,Filtro2};
    nombre_archivo = strcat('Filtros',(nombre_filtro1),'_',
(nombre_filtro2),'_', datestr(now, 'yyyymmdd_HH_MM_SS'));
    saveas (gcf, nombre_archivo,'png');
%Guardamos figura actual con nombre archivo en formato 'png'.
end

end
```


ANEXO B. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPAMIENTO UTILIZADO

Para el desarrollo de este proyecto el centro de competencia de inducción de B/S/H ha puesto a disposición de uso el laboratorio de EMC. En dicho laboratorio se ha utilizado el equipamiento que ofrece y por ello se va proporcionar diversa documentación técnica que describen sus características.

El equipo utilizado del que se va a proporcionar dicha documentación adicional es el siguiente:

- ESPI 3 de ROHDE & SCHWARZ
Analizador de espectro

- ESH2-Z5 de ROHDE & SCHWARZ
Impedancia estabilizadora de red eléctrica (LISN)

- ESH3-Z2 de ROHDE & SCHWARZ
Protector de transitorios

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

B.1 ANALIZADOR DE ESPECTRO



The image shows a Rohde & Schwarz R&S®ESPI Test Receiver. It is a rack-mounted instrument with a large front panel featuring a color display screen showing a spectrum analysis plot. Below the screen are various control knobs, buttons, and indicators. The model number 1164.6407.03 is visible on the right side of the front panel. The background is a blue gradient with white geometric shapes.

Data sheet

Version
05.03
May
2009

Test Receiver R&S®ESPI

The precompliance standard up to 7 GHz

Excellent test receiver features

- ◆ Choice of 7 detectors
- ◆ EMI measurement bandwidths 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz, 1 MHz
- ◆ Pulse weighting with quasi-peak, average and RMS average detector in accordance with the latest CISPR 16-1-1 edition
- ◆ For all commercial EMI standards

Extremely high measurement speed

- ◆ Measurement times from 100 µs to 100 s
- ◆ Option: preselector and 20 dB preamplifier

Spectrum analyzer

- ◆ IF resolution bandwidths from 10 Hz to 10 MHz
- ◆ Test routines for TOI, ACP, OBW, CCDF

Outstanding performance features

- ◆ Total measurement uncertainty
 - Spectrum analyzer mode: 0.5 dB (without preselection)
 - Receiver mode: <1.5 dB
- ◆ Displayed average noise level (DANL): -155 dBm (1 Hz), f < 1 GHz
- ◆ NF = 21.5 dB (12 dB with preamplifier)
- ◆ Programmable scan tables
- ◆ Limit lines
- ◆ Transducer tables and sets
- ◆ Brilliant 21 cm TFT color display



Precompliance Test Receiver/Spectrum Analyzer R&S®ESPI...

- ◆ Optimized operating concept owing to decades of experience in EMI test receiver development
- ◆ Very high measurement speed
- ◆ High measurement accuracy

With the two R&S®ESPI test receiver models, the well-known advantages of the R&S®ESIB high-end compliance test receivers/analyzers have been systematically implemented for the upper middle-end.

Due to a common platform system, the user has the additional benefits of the R&S®FSP spectrum analyzer family which is already in place. These benefits by far exceed the capabilities and functions of conventional precompliance test equipment.

The R&S®ESPI defines the vital criteria, such as functionality, measurement speed and accuracy for middle-end equipment.

The use of innovative techniques, such as the VLSI frontend and largely digital signal processing, together with ASICs developed by Rohde & Schwarz, has resulted in a product with top-class specifications and high reliability.

Outstanding features

TEST RECEIVER

- ◆ Peak, Quasi-Peak, Average, CISPR Average, RMS and RMS Average (max. 3 detectors simultaneously)
- ◆ EMI measurement bandwidths 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz, 1 MHz
- ◆ Correct pulse weighting in line with CISPR 16-1-1 from **10 Hz** pulse repetition frequency
- ◆ For all commercial EMI standards such as CISPR, EN, ETS, FCC, ANSI C63.4, VCCI and VDE

- ◆ **Option R&S®ESPI-B2:** Preselector and 20 dB preamplifier

SPECTRUM ANALYZER

- ◆ Resolution bandwidths from 10 Hz to 10 MHz (in 1/3/10 sequence)
- ◆ RMS detector for measurements on digitally modulated signals
- ◆ Test routines for TOL, ACPR, OBW, amplitude statistics

Unprecedented measurement speed

- ◆ Fast detection of critical frequencies through overview measurements:
 - Measurement time 100 µs to 100 s in receiver mode
 - up to 16000 s in analyzer mode



2 Test Receiver R&S®ESPI

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

...the standard in the EMI precompliance class

EMC-relevant performance features

- ◆ Total measurement uncertainty
 - Spectrum analyzer mode: 0.5 dB (without preselection)
 - Receiver mode: <1.5 dB
- ◆ Displayed average noise level (DANL): **-155 dBm (1 Hz, f < 1 GHz)**
- ◆ Noise figure 21.5 dB (12 dB with preamplifier option)
- ◆ Overview measurements in spectrum analyzer mode
- ◆ User-programmable scan tables
- ◆ Display of results and comparison with standard-conforming limit lines
- ◆ Correction values for cable loss, coupling networks and antennas included as transducer factor
- ◆ Data reduction and modification of a frequency list for weighted final measurement
- ◆ Bargraph display for different types of detectors
- ◆ Overload indication
- ◆ Built-in AF demodulator
- ◆ EMI bandwidths in line with CISPR
- ◆ Brilliant 21 cm TFT color display



Precompliance has a name: R&S®ESPI3 and R&S®ESPI7

Features

The **R&S®ESPI3** and **R&S®ESPI7**, which are suitable for all commercial EMI standards in line with CISPR, EN, ETS, FCC, ANSI C63.4, VCCI and VDE, have been specially designed for precompliance measurements in development. The aim is to perform EMC diagnostic measurements on the devices under test as quickly as possible and as accurately as necessary and to document the results.

The final compliance test will then be purely a formality. The advantages of test receiver accuracy and selectivity combined with the measurement speed of a spectrum analyzer define the crucial performance features for a new class of test receivers.

R&S®ESPI3: 9 kHz to 3 GHz

R&S®ESPI7: 9 kHz to 7 GHz

These two models make it possible to take products through the critical stages of development and the EMC test plan and still be on schedule for approval and market launch.

The precompliance measuring instruments from Rohde & Schwarz provide the functions that are required for in-house test sequences:

- ◆ Manual measurement of EMI spectra owing to the receiver-oriented operating concept
- ◆ Semi-automatic measurements with predefined scan and sweep tables allowing interactive interruption
- ◆ Individual evaluation of critical frequencies using markers and additional detectors assigned to the markers which are simultaneously displayed
- ◆ Fully automatic interference measurements in conjunction with external EMI software packages from Rohde & Schwarz, including, for instance, determination of the worst case by automatic switchover of the phase and protective ground settings via the USER port for remote-controlled line impedance stabilization networks



SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Accuracy and reproducibility are also key parameters for all applications of the R&S®ESPI test receiver family.

The combination of test receiver and spectrum analyzer provides an optimum concept for precompliance measurements in development environments.

Standard-conforming EMI measurements

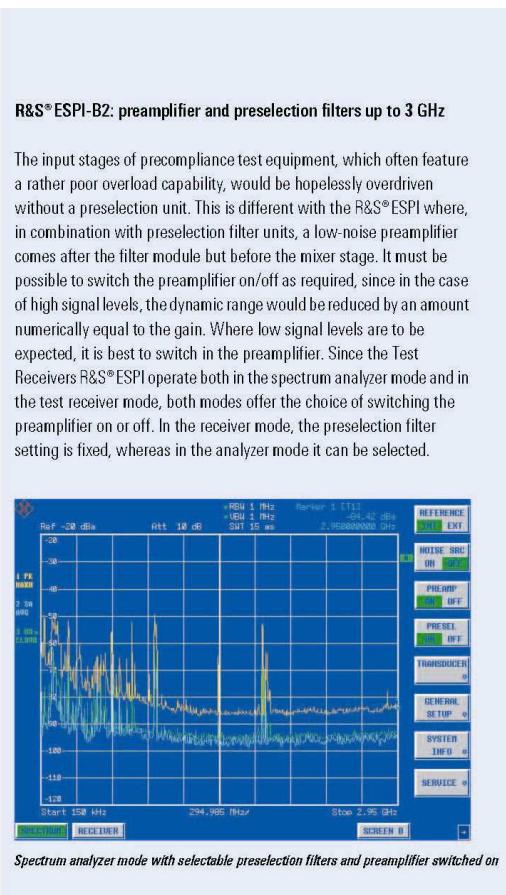
Fitted with the optional preselector/pre-amplifier (R&S®ESPI-B2), all R&S®ESPI models feature an excellent dynamic range compared with other precompliance solutions and are, therefore, able to perform precise interference measurements with pulse repetition frequencies (PRF) from 10 Hz in line with CISPR 16-1-1.

Measurements to commercial EMI standards such as CISPR, EN 550xx, ETS, FCC, ANSI C63.4, VCCI or VDE can be carried out directly by comparing the EMI spectrum with the associated limit lines and switching on the appropriate detectors (PK, QP, CAV, AV, RMS-AV, RMS).

The detectors

Depending on the operating mode of the R&S®ESPI3 and R&S®ESPI7, i.e. spectrum analyzer or test receiver, the following detectors are available:

- ◆ Analyzer mode: MaxPeak, MinPeak, AutoPeak, Sample, Quasi-Peak, Average, CISPR Average, RMS, RMS Average
- ◆ Receiver mode: MaxPeak, MinPeak, Quasi-Peak, Average, CISPR Average, RMS, RMS Average



Spectrum analyzer mode with selectable preselection filters and preamplifier switched on

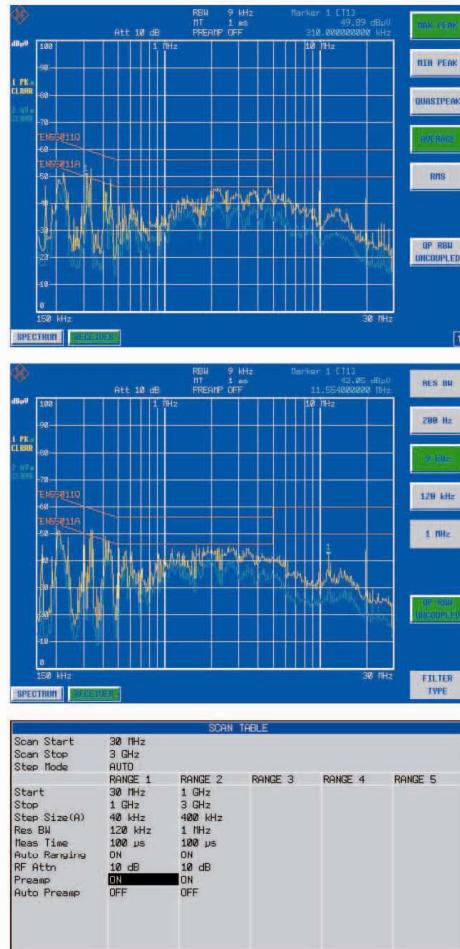
Up to 3 detectors can be activated simultaneously and the results displayed.

The bargraph display, with current detector value and MaxHold display, clearly shows the results of manual circuit adjustment when the DUT cabling is arranged for maximum emissions and when the antenna is aligned relative to the DUT for a maximum reading.

In the receiver mode, the QP detector is coupled with the time constants, prescribed by the standard, as a function of the frequency range. This ensures that the correct time constants and IF bandwidth are used for signal weighting in the CISPR bands. This means much greater ease of operation for the user.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN



SCAN table

The measurement bandwidths

The measurement bandwidths of the R&S®ESPI are designed for a large variety of applications:

The analyzer mode provides all –3 dB bandwidths from 10 Hz to 10 MHz (in 1/3/10 sequence). In the receiver mode, the –6 dB bandwidths can also be selected by softkey: 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz plus 1 MHz bandwidth.

Moreover, approx. 40 digital channel filters are available.

Like the detectors, the standard-conforming CISPR bandwidths can be coupled as a function of the frequency range. If necessary, the coupling can be disabled.

The preselector/preamplifier option (R&S®ESPI-B2) is available as a protection against overloading by pulsed, high-power signals and for ensuring the validity of signal evaluation in the linear operating range of the measuring instrument. The advantage of this option is that, in the analyzer mode, the preselection filters or the preamplifier can be switched on or off as required.

User-selectable parameters in up to 10 subranges

The basis for all reproducible measurements is a scan table with up to ten subranges and user-programmable frequency parameters such as START, STOP, STEP SIZE, resolution bandwidth, measurement time per frequency as well as RF attenuation setting at a constant value or coupled to AUTO RANGE overload monitoring. For sensitive measurements (if low signal levels are expected), the preamplifier can be switched on or off as a function of the subrange.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

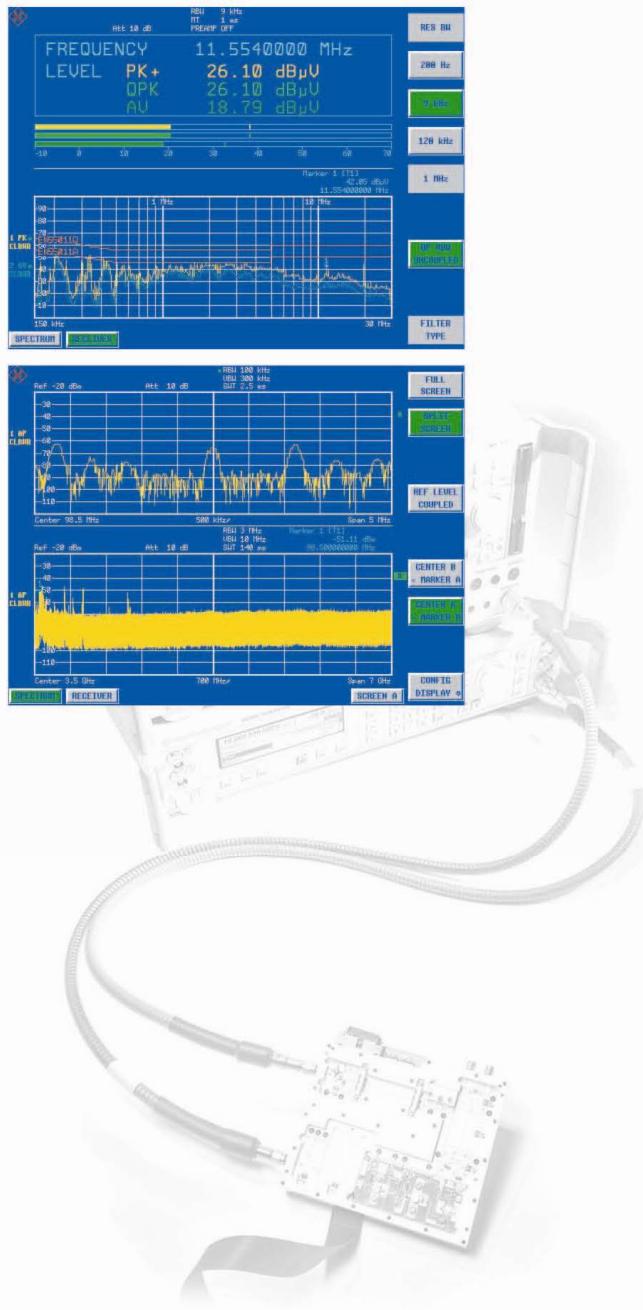
JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Diagram and graphics display can most easily be defined via ADJUST AXIS.

Marker functions and split-screen display

In addition to normal FULL SCREEN display, a second window is opened in the SPLIT SCREEN mode for bargraph display with current detector values and MaxHold display. By activating "Tune to Marker" the receive frequency and the amplitude of the detectors coupled to the marker are displayed as a bargraph and numerically. This makes things considerably easier for the user.

The split-screen display in the analyzer mode makes it possible to resolve fine spectrum detail. By coupling the marker frequency (in screen B) to the center frequency of screen A, parameters such as bandwidth, span, RF attenuation can be selected separately to detect spurious which are close to the signal and cannot be seen in the overview spectrum.



SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

R&S®ESPI – the optimal balance of price and performance

- ◆ Large 21 cm display with brilliant colors which makes it easy to read parameters and displays results clearly
- ◆ Seven different detectors including average detector with meter time constant (CISPR Average) and RMS average detector, up to three of them can be selected simultaneously
- ◆ EMI bandwidths 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz and 1 MHz
- ◆ Resolution bandwidths from 10 Hz to 10 MHz
- ◆ Editable limit lines
- ◆ Correction tables for transducers, coupling networks, accessories, antennas
- ◆ Convenient documentation of results as a hardcopy or file in PC-compatible formats
- ◆ Interfaces: GPIB, Centronics, RS-232-C, LAN (option)
- ◆ Automatic test routines for measurement of TOI, OBW, phase noise, ACP(R)



Overview of limit lines

- ◆ Split-screen display with independent settings and up to 3 traces per screen
- ◆ Fast measurements in the time domain: minimum sweep time 1 µs
- ◆ Gated sweep for measurements on TDMA signals
- ◆ Minimum sweep time of 2.5 ms, supports daily efforts in the lab to cut development times

Additional applications – extra performance

Modern communications systems are required to achieve optimum spectral efficiency at high data rates. For the 3rd generation CDMA mobile radio systems currently under development, this is achieved by a number of measures, for example high-precision power control.

The R&S®ESPI is the ideal measurement tool for diagnostic measurements, development, precertification and post-certification owing to its excellent RF characteristics:

- ◆ Total measurement uncertainty
 - Spectrum analyzer mode: 0.5 dB (without preselection)
 - Receiver mode: <1.5 dB
- ◆ Displayed average noise level of typ. -155 dBm (1 Hz) without preamplifier
- ◆ Phase noise of typ. -145 dBc (1 Hz) at an offset of 10 MHz providing optimum conditions for ACP(R) measurements on WCDMA systems

The resolution bandwidths of up to 100 kHz are fully digital and provide – in addition to high selectivity – an ideal basis for accurate (adjacent-)channel power measurements owing to a maximum bandwidth deviation of 3%.



SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

The R&S®ESPI comes as standard with a large variety of functions

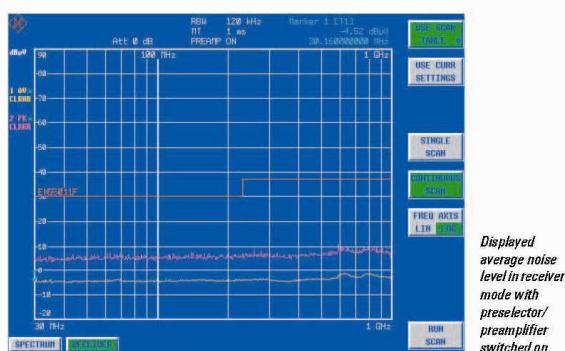
Fit for the future

Owing to its modular design, the R&S®ESPI is optimally equipped to handle today's measurements and the measurements of the future. The design already takes into account both hardware and firmware extensions so that the R&S®ESPI will meet all requirements in the years to come as well. A safe investment for the future.

Ergonomics & design

The R&S®ESPI sets the new standard in the precompliance class. The 21 cm (8.4") color display makes it easy for the user to read results and provides an overview of the parameters which have been selected.

Vertical and horizontal rows of softkeys make it easy to perform even complex measurements. Parameters such as frequency and amplitude are entered by means of dedicated hardkeys and unit keys.



Wide dynamic range

Featuring the lowest displayed average noise level in its class (DANL typ. -145 dBm at 10 Hz RBW), the R&S®ESPI measures even small signals precisely, when using the optional Preselector/Pre-amplifier R&S®ESPI-B2 from 9 kHz to 3 GHz even down to -153 dBm (10 Hz RBW). Together with the high intercept point, this yields an intermodulation-free

range of typ. 100 dB – an excellent value even for higher middle-end instruments.

Phase noise

The R&S®ESPI's minimal phase noise makes it suitable for demanding measurements both close to the carrier (typ. -113 dBc (1 Hz) at 10 kHz) and far from the carrier (typ. -125 dBc (1 Hz) at 1 MHz). The R&S®ESPI is therefore optimally equipped for performing spectral analysis and ACPR measurements on narrowband systems such as IS-136 or PDC as well as on wideband systems such as IS-95 or WCDMA.



Interior view: modular design of test receiver

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Spectrum analyzer application, ACPR measurements

Measurement of the adjacent-channel power ratio (ACPR), which many mobile radio standards stipulate for components and units, is performed in the R&S®ESPI analyzer mode by automatic test routines. All settings, measurements and filters required for a selected standard are activated at a keystroke.

In addition to a large number of preprogrammed standards, the channel width and channel spacing can be selected as required.

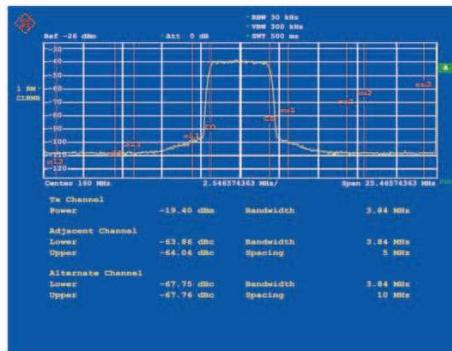
Due to its excellent dynamic range, the lowest phase noise in its class and its RMS detector, the R&S®ESPI sets the new standard for the upper middle-end – even for ACPR measurements.

Test routines for TOI, OBW, etc are standard

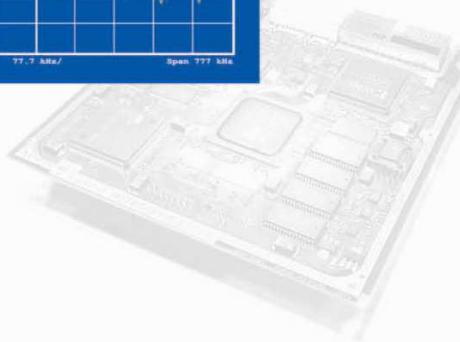
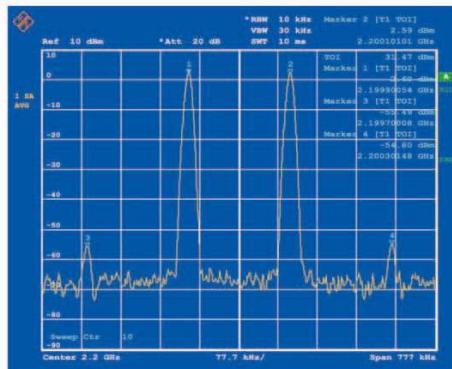
The R&S®ESPI offers fast test routines for a multitude of typical laboratory measurements. The routines make postprocessing superfluous and supply results directly:

- ◆ Determination of TOI
- ◆ Occupied bandwidth (OBW)
- ◆ Burst power with peak, average and RMS indication as well as standard deviation
- ◆ Modulation depth of AM signals
- ◆ Phase noise
- ◆ Bandwidth marker

Of course, these functions can also be used via the fast GPIB interface.



TOI measurement



SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Optional tracking generator 9 kHz to 3 GHz

The optional Internal Tracking Generator R&S®FSP-B9 up to 3 GHz and External Generator Control R&S®FSP-B10 enhance the two R&S®ESPI test receiver models to yield scalar network analyzer functionality. Gain, frequency response, insertion and return loss are measured using a selective method with a wide dynamic range without being affected by harmonics or spurious from the generator. The Internal Tracking Generator R&S®FSP-B9 can be used in both R&S®ESPI models and covers the frequency range from 9 kHz to 3 GHz. A frequency offset of ± 150 MHz can be set for measurements on frequency-converting modules. The tracking generator can be broadband-modulated by an external I/Q baseband signal.

Optional LAN interface

With the aid of the optional LAN Interface R&S®FSP-B16, the R&S®ESPI models can be connected to common networks such as 100Base T so that functions such as file logging on network drives or documentation of measurement results via network printer are available. The R&S®ESPI can also be remote-controlled via the LAN interface. Control is via a soft-panel that behaves exactly as if it were part of a real instrument. The LAN interface has a clear speed advantage over the IEC/IEEE bus – in particular when large blocks of data are transmitted.

Easy generation of reports owing to PC compatibility

- ◆ PC-compatible screenshots, no conversion software being required
- ◆ Windows printer support
- ◆ LabWindows driver
- ◆ LabView driver
- ◆ SCPI-compatible
- ◆ R&S®FSE/ESIB-compatible GPIB command set
- ◆ Customized training



Rear view with interfaces for tracking generator with I/O, LAN and user port

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

R&S®ESPI-K50 – external trigger for measuring field-strength profiles

To measure the coverage field strength of a communications or broadcast network, continuous level measurements have to be performed at a high measurement rate and the results must be forwarded to an evaluation unit.

When a displacement sensor/GPS system is used, the external trigger input of the R&S®ESPI can be used to start the single measurements. The level values can thus be accurately assigned to the measurement site.

The coverage measurement function is only available in the receive mode and in the case of remote control. The R&S®ESPI performs the coverage measurement in two different ways:

- ◆ All measurements are performed on a discrete frequency (sample rate >100 ksample/s)
- ◆ A channel list with up to 1000 channels is cyclically processed, i.e. a new frequency is set for each measurement
- ◆ 5.6 MHz: ISDB-T (Japan)
- ◆ 6.0 MHz: ATSC (USA, Korea)
- ◆ 6.4 MHz
- ◆ 7.0 MHz: DVB-T (Europe, Australia)
- ◆ 8.0 MHz: DVB-T (Europe)

Lab model or robust portable unit

Whether as a desktop model for the lab, in a 19" rack, or as a robust unit with edge protectors and carrying handle for portable use – the R&S®ESPI always looks good.



Environmental compatibility

- ◆ Fast and easy disassembly
- ◆ Small number of materials
- ◆ Mutual compatibility of materials
- ◆ Easy identification of substances through appropriate marking (plastics)

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Specifications

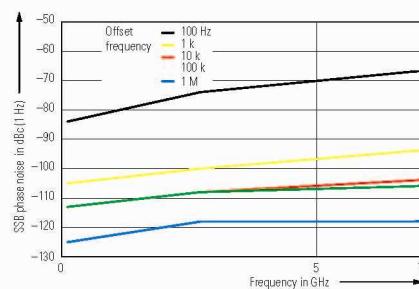
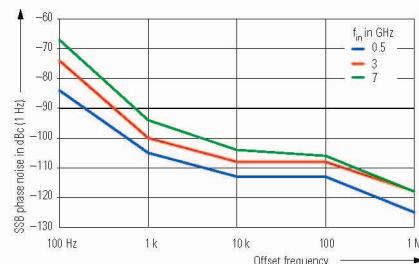
Specifications apply under the following conditions: 15 minutes warm-up time at ambient temperature, specified environmental conditions met, calibration cycle adhered to and total calibration performed. Data designated "nominal" applies to design parameters and is not tested. Data designated " $\sigma = xx\text{ dB}$ " indicates the standard deviation.

	R&S®ESPI3	R&S®ESPI7
Frequency		
Frequency range	9 kHz to 3 GHz	9 kHz to 7 GHz
Frequency resolution	0.01 Hz	
Internal reference frequency (nominal)		
Aging per year ¹⁾	1×10^{-8}	
Temperature drift (+5 °C to +45 °C)	1×10^{-6}	
With option R&S®FSP-B4 (OCXO)		
Aging per year ¹⁾	1×10^{-7}	
Temperature drift (+5 °C to +45 °C)	1×10^{-8}	
External reference frequency	10 MHz	
Frequency display (receiver mode)		
Display	numeric display	
Resolution	0.1 Hz	
Frequency display (analyzer mode)		
Display	with marker or frequency counter	
Resolution	span/500	
Accuracy (sweep time >3 x auto sweep time)	$\pm (\text{frequency} \times \text{reference error} + 0.5\% \times \text{span} + 10\% \times \text{resolution bandwidth} + \frac{1}{2} \text{ (last digit)})$	
Frequency counter		
Resolution	0.1 Hz to 10 kHz (selectable)	
Count accuracy ($S/N > 25$ dB)	$\pm (\text{frequency} \times \text{reference error} + \frac{1}{2} \text{ (last digit)})$	
Display range for frequency axis		
0 Hz	0 Hz	0 Hz
10 Hz to 3 GHz	10 Hz to 7 GHz	
Resolution/accuracy of display range	0.1 %	
Spectral purity (dBc (1 Hz))		
SSB phase noise, $f = 500$ MHz; for frequencies > 500 MHz see diagram		
Carrier offset		
100 Hz	<-84, typ -90	
1 kHz	typ < -100, -103	
10 kHz	typ < -106, -113	
100 kHz ²⁾	typ < -110, -113	
1 MHz ³⁾	typ < -120, -125	
10 MHz	typ. -145 typ.	
Residual FM, $f = 500$ MHz, RBW 1 kHz, sweep time 100 ms	typ. 3 Hz	
Frequency scan (receiver mode)		
Scan	scan with max. 10 subranges with different settings	
Measurement time per frequency	100 µs to 100 s, selectable	
Sweep (analyzer mode)		
Span (1 Hz / zero span)	1 µs to 16000 s	
Resolution	125 ns	
Span ≥ 10 Hz	2.5 ms to 16000 s	
Max. deviation	1%	
IF bandwidths (receiver mode)		
Bandwidths (-3 dB)	10 Hz to 10 MHz; in 1, 3, 10 sequence	
Bandwidth error		
≤ 100 kHz	< 3 %	
300 kHz to 3 MHz	< 10 %	
10 MHz	+ 10 %, - 30 %	
Shape factor $BW_{-30\text{ dB}} : BW_{3\text{ dB}}$		
≤ 100 kHz	< 5.1 (Gaussian filter)	
300 kHz to 3 MHz	< 15.1 (4 circuit synchronously tuned filters)	
10 MHz	< 7.1	

¹⁾ After 30 days of operation.

²⁾ Valid for span > 100 kHz.

³⁾ 12 Test Receiver R&S®ESPI



Typical values for SSB phase noise (referenced to 1 Hz bandwidth)

Carrier offset	$f_m = 3$ GHz	$f_m = 7$ GHz
100 Hz	-74 dBc	-67 dBc
1 kHz	-100 dBc	-94 dBc
10 kHz	-108 dBc	-104 dBc
100 kHz	-108 dBc	-106 dBc
1 MHz	-118 dBc	-118 dBc

Preselector (option R&S®ESPI-B2), can be switched off in analyzer mode

Filter	Frequency range	Bandwidth (-6 dB)	
1	< 150 kHz	230 kHz	fixed
2	150 kHz to 2 MHz	2.6 MHz	fixed
3	2 MHz to 8 MHz	2 MHz	tracking
4	8 MHz to 30 MHz	6 MHz	tracking
5	30 MHz to 70 MHz	15 MHz	tracking
6	70 MHz to 150 MHz	30 MHz	tracking
7	150 MHz to 300 MHz	60 MHz	tracking
8	300 MHz to 600 MHz	80 MHz	tracking
9	600 MHz to 1000 MHz	100 MHz	tracking
10	1 GHz to 2 GHz	highpass filter	tracking
11	2 GHz to 3 GHz	highpass filter	fixed
Preamplifier (9 kHz to 3 GHz)			can be switched between preselector and 1st mixer, gain 20 dB

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

	R&S®ESPI 3	R&S®ESPI 7	R&S®ESPI 3	R&S®ESPI 7
EMI bandwidths	200 Hz, 9 kHz, 120 kHz (–6 dB) 1 MHz (pulse bandwidth)		With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched on 20 MHz to 200 MHz	>45 dBc, TOI >–20 dBm
Bandwidth error ≤120 kHz 1 MHz	<3% 10%, nominal		200 MHz to 3 GHz	>49 dBc, TOI >–18 dBm (typ. –15 dBm)
Shape factor BW _{60 dB} - BW _{3 dB} ≤120 kHz 1 MHz	<5.1 [Gaussian filter] <15.1 (4-circuit synchronously tuned filters)		Second harmonic intercept point (SHI)	
Resolution bandwidths (analyzer mode)			<100 MHz	typ. 25 dBm
Bandwidths (–3 dB)	10 Hz to 10 MHz, in 1, 3, 10 sequence		100 MHz to 3 GHz	typ. 35 dBm
Bandwidth error ≤100 kHz 300 kHz to 3 MHz 10 MHz	<3% <10% +10%, –30%		3 GHz to 7 GHz	– typ. 45 dBm
Shape factor BW _{60 dB} - BW _{3 dB} ≤100 kHz 300 kHz to 3 MHz 10 MHz	<5.1 [Gaussian filter] <15.1 (4-circuit synchronously tuned filters) <7		With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched off 4 MHz to 100 MHz	>40 dBm
EMI bandwidths	200 Hz, 9 kHz, 120 kHz (–6 dB) 1 MHz (pulse bandwidth)		100 MHz to 3 GHz	>50 dBm
Bandwidth error ≤120 kHz 1 MHz	<3% 10%, nominal		With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched on 4 MHz to 100 MHz	>25 dBm
Shape factor BW _{60 dB} - BW _{3 dB} ≤120 kHz 1 MHz	<5.1 [Gaussian filter] <15.1 (4-circuit synchronously tuned filters)		100 MHz to 3 GHz	>35 dBm
Video bandwidths	1 Hz to 10 MHz, in 1, 3, 10 sequence		Displayed average noise level	
FFT filter			0 dB RF attenuation, fBW = 10 Hz, VBW = 1 Hz, 20 averages, trace average, zero span, 50 Ω termination	
Bandwidths (–3 dB)	1 Hz to 30 kHz (–3 dB); in 1, 3, 10 sequence		9 kHz	<–95 dBm
Bandwidth error, nominal	5%		100 kHz	<–100 dBm
Shape factor BW _{60 dB} - BW _{3 dB} , nominal	2.5		1 MHz	<–120 dBm, typ. –125 dBm
Level			10 MHz to 1 GHz	<–142 dBm, typ. –145 dBm <–140 dBm, typ. –145 dBm <–138 dBm, typ. –143 dBm
Display range	displayed average noise level to 137 dBµV		1 GHz to 3 GHz	<–140 dBm, typ. –145 dBm <–138 dBm, typ. –143 dBm
Maximum input level			3 GHz to 7 GHz	– <–138 dBm, typ. –143 dBm
DC voltage	50 V		With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched off	
RF attenuation 0 dB			9 kHz	<–95 dBm
CW RF power	127 dBµV (= 0.3 W)		100 kHz	<–100 dBm
Pulse spectral density	97 dB(µV/MHz)		1 MHz	<–120 dBm, typ. –125 dBm
RF attenuation ≥10 dB			10 MHz to 1 GHz	<–142 dBm, typ. –145 dBm <–140 dBm, typ. –145 dBm
CW RF power	137 dBµV (= 1 W)		1 GHz to 3 GHz	<–140 dBm, typ. –145 dBm <–138 dBm, typ. –143 dBm
Max. pulse voltage	150 V		With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched on	
Max. pulse energy (10 µs)	1 mWs		9 kHz	<–105 dBm
1 dB compression of input mixer			100 kHz	<–110 dBm
0 dB RF attenuation, f > 200 MHz, without preselector	0 dBm nominal		1 MHz	<–130 dBm, typ. –137 dBm
Intermodulation			10 MHz to 1 GHz	<–152 dBm, typ. –155 dBm <–150 dBm, typ. –153 dBm
3rd-order intermodulation (TOI)			1 GHz to 3 GHz	<–150 dBm, typ. –153 dBm <–148 dBm, typ. –151 dBm
Intermodulation-free dynamic range, level 2 × –30 dBm, Δf > 5 × RBW or 10 kHz, whichever is larger			Immunity to interference	
20 MHz to 200 MHz	>70 dBc, TOI >5 dBm		Image rejection	>70 dB
200 MHz to 3 GHz	>74 dBc, TOI >7 dBm (typ. 10 dBm)		Intermediate frequency (f < 3 GHz)	>70 dB
3 GHz to 7 GHz	– >80 dBc, TOI >10 dBm (typ. 15 dBm)		Spurious responses (f > 1 MHz, without input signal, 0 dB attenuation)	<–103 dBm
With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on, preamplifier switched off			Other spurious (with input signal, mixer level <–10 dBm, Δf > 100 kHz)	f < 7 GHz: <–70 dBc
20 MHz to 200 MHz	>65 dBc, TOI >0 dBm		Level display (receiver mode)	
200 MHz to 3 GHz	>69 dBc, TOI >2 dBm (typ. 5 dBm)		Digital	numeric, 0.01 dB resolution
			Analog	bar graph display, separately for each detector
			Spectrum	level axis 10 dB to 200 dB in 10 dB steps, frequency axis user-selectable, linear or logarithmic
			Units of level display	dBµV, dBm, dBµA, dBpW, dBpT

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

R&S®ESPI 3	R&S®ESPI 7	R&S®ESPI 3	R&S®ESPI 7
Detectors	MaxPeak, MinPeak, Average, Darsi-Peak, DP-Average with meter time constant (CAT), RMS and RMS Average (CRMS); 3 detectors can be switched on simultaneously	Trigger functions	
Measurement time	100 µs to 100 s, selectable	Trigger	
Level display (analyzer mode)		Span ≥10 Hz	free run, video, external, IF level
Result display	50.1 × 400 pixels (one diagram), max. 2 diagrams with independent settings	Trigger offset	125 ns to 100 s, resolution min. 125 ns or 1% of offset
Log level scale	10 dB to 200 dB in 10 dB steps	Span = 0 Hz	
Linear level scale	10% of reference level per level division (10 divisions)	Trigger source	free run, video, external, If level
Traces	max. 3 per diagram	Trigger offset	±125 ns to 100 s, resolution min. 125 ns, depending on sweep time
Trace detectors	MaxPeak, MinPeak, AutoPeak, Sample, RMS, Average, Quasi-Peak	Max. deviation of trigger offset	±(125 ns + [0.1% × delay time])
Trace functions	Clear/White, MaxHold, MinHold, Average	Gated sweep	
Setting range of reference level		Trigger source	external, If level, video
Logarithmic level display	-130 dBm to +30 dBm, in 0.1 dB steps	Gate delay	1 µs to 100 s
Linear level display	70.71 nV to 7.07 V, in steps of 1%	Gate length	125 ns to 100 s, resolution min. 125 ns or 1% of gate length
Units of level scale	dBm, dBmV, dBuV, dBµA, dBpW (log level display), mV, µV, mA, pW, nW (linear level display)	Max. deviation of gate length	±(125 ns + [0.05% × gate length])
Level measurement accuracy		Inputs and outputs (front panel)	
Level accuracy at 120 MHz	(level = -30 dBm, If attenuation 10 dB, ref. level = -20 dBm, RBW 10 kHz)	RF input	N female, 50 Ω
	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	VSWR (RF attenuation >0 dB)	
Additional error with preselector/preamplifier (with option R&S®ESPI-B2)	0.1 dB	f < 3 GHz	15:1
Quasi-peak display	in line with CISPR 16-1, ≥10 Hz pulse repetition frequency (with option R&S®ESPI-B2)	f < 7 GHz	— 2.0:1
Frequency response		Input attenuator	0 dB to 70 dB in 10 dB steps
<50 kHz	+0.5/-1.0 dB	Probe power supply	3-pin female: +15 V DC, -12.6 V DC and ground, max. 150 mA 5-pin mini DIN female: ±10 V DC and ground, max. 200 mA
50 kHz to 3 GHz	<0.5 dB ($\sigma = 0.17$ dB)	Keyboard connector	PS/2 female for MF keyboard
3 GHz to 7 GHz	— <2 dB ($\sigma = 0.7$ dB)	AF output	mini jack
With option R&S®ESPI-B2, preselector switched on		Output impedance	10 Ω
<50 kHz	+0.8/-1.3 dB	Open-circuit voltage	up to 1.5 V, adjustable
50 kHz to 3 GHz	<0.8 dB ($\sigma = 0.27$ dB)	Inputs and outputs (rear panel)	
Attenuator	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	IF 20.4 MHz	$Z_{out} = 50 \Omega$, BNC female
Reference level switching	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	Level	-10 dBm at reference level, mixer level >-60 dBm 0 dBm at reference level, mixer level >-60 dBm
Display nonlinearity log/in (S/N > 16 dB)		RBW ≤30 kHz, FFT	
RBW ≤10 kHz	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	RBW ≥100 kHz	
0 dB to -70 dB	<0.5 dB ($\sigma = 0.17$ dB)	Reference frequency	
-70 dB to -90 dB		Output	BNC female Output frequency Level
RBW ≥300 kHz	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	Input	BNC female Input frequency Required level
0 dB to -50 dB	<0.5 dB ($\sigma = 0.17$ dB)	Power supply connector for noise source	BNC female, 0 V and 28 V switchable, max. 100 mA
-50 dB to -70 dB		External trigger/gate input	BNC female, >10 kΩ
Bandwidth switching uncertainty (referenced to RBW = 10 kHz)		Voltage	1.4 V
10 Hz to 100 kHz	<0.1 dB ($\sigma = 0.03$ dB)	IEC/IEEE-bus remote control	interface in line with IEC 60625 (IEEE 488.2)
300 kHz to 10 MHz	<0.2 dB ($\sigma = 0.07$ dB)	Command set	SCPI 1997.0
FFT 1 Hz to 3 kHz	<0.2 dB ($\sigma = 0.03$ dB)	Connector	24-pin Amphenol female
Total measurement uncertainty 0 Hz to 3 GHz		Interface functions	SH1, AH1, T6, L4, SR1, RL1, PP1, DC1, DT1, CO
Analyzer without preselection	0.5 dB	Serial interface	RS-232-C interface (COM), 9-pin D-SUB connector
Receiver/analyzer with preselection	<1.5 dB	Printer interface	parallel interface (Centronics-compatible)
Audio demodulation		Mouse connector	PS/2 female
Modulation modes	AM and FM	User interface	25-pin D-SUB female
Audio output	loudspeaker and headphones output	Connector for external monitor (VGA)	15-pin D-SUB female

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

General data	
Display	21 cm TFT color display (8.4")
Resolution	640 × 480 pixels (VGA resolution)
Pixel failure rate	<2 × 10 ⁻⁵
Mass memory	1.44 Mbyte 3½" disk drive, hard disk
Data storage	>500 instrument settings
Environmental conditions	
Operating temperature range	+5°C to +40°C
Permissible temperature range	+5°C to +45°C
Storage temperature range	-40°C to +70°C
Damp heat	+40°C at 95% rel. humidity (IEC 60068)
Mechanical resistance	
Vibration test, sinusoidal	5 Hz to 150 Hz, max. 2 g at 55 Hz, 0.5 g from 55 Hz to 150 Hz, meets IEC 60068, IEC 61010, MIL-T-28800D, class 5
Vibration test, random	10 Hz to 100 Hz, acceleration 1 g (RMS)
Shock test	40 g shock spectrum, meets MIL-STD-810C and MIL-T-28800D, classes 3 and 5
Recommended calibration interval	2 years for operation with external reference, 1 year with internal reference
Power supply	
AC supply	100 V to 240 V AC, 50 Hz to 400 Hz, protection class I to VDE 411
Power consumption	70 VA (R&S®ESPI3) 120 VA (R&S®ESPI7)
Safety	meets EN 61010-1, UL 3111-1, CSA C22.2 No. 1010-1, IEC 61010
RFI suppression	meets EMC Directive of EU (89/336/EEC) and German EMC law
Test mark	VDE, GS, CSA, CSA-NRTL/C
Dimensions (W × H × D)	412 mm × 197 mm × 417 mm
Weight	10.5 kg (R&S®ESPI3) 11.3 kg (R&S®ESPI7)



SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

Ordering information

Designation	Type	Order No.	Designation	Type	Order No.
Test Receiver 9 kHz to 3 GHz	R&S®ESPI3	1164.6407.03	Pulse Limiter 0 Hz to 30 MHz	R&S®ESH3-Z2	0357.8810.54
Test Receiver 9 kHz to 7 GHz	R&S®ESPI7	1164.6407.07	Control Cable for V-Network R&S®ESH2-Z5 (2 m)	R&S®EZ-13	1026.5293.02
Accessories supplied					
Power cable, operating manual, service manual					
Options					
Preselector/Preamplifier for R&S®ESPI (factory-fitted)	R&S®ESPI-B2	1129.7498.03	Headphones	-	0708.9010.00
Extended Environmental Specifications (random vibration 1.9 g RMS, temperature 0 °C to 55 °C)	R&S®ESPI-B20	1155.1606.03	US Keyboard with trackball	R&S®PSP-Z2	1091.4100.02
Trigger for Coverage Measurements	R&S®ESPI-K50	1106.4386.02	PS/2 Mouse	R&S®FSE-Z2	1084.7043.02
Rugged Case, Carrying Handle (factory-fitted)	R&S®FSP-B1	1129.7938.02	IEC/IEEE-Bus Cable, 1 m	R&S®PCK	0292.2013.10
OCXO Reference Frequency	R&S®FSP-B4	1129.6740.02	IEC/IEEE-Bus Cable, 2 m	R&S®PCK	0292.2013.20
TV Trigger and Adjustable RF Power Trigger (40 dB) for R&S®FSP and R&S®ESPI	R&S®FSP-B6	1129.8594.02	19" Rack Adapter (not for R&S®FSP-B1)	R&S®Z2A478	1096.3248.00
Internal Tracking Generator 9 kHz to 3 GHz, I/Q modulator, for all R&S®ESPI models	R&S®FSP-B9	1129.6891.02	Trolley	R&S®Z2K-1	1014.0510.00
External Generator Control for all R&S®ESPI models	R&S®FSP-B10	1129.7246.02	Soft Carrying Case, grey	R&S®Z2T 473	1103.5048.00
LAN Interface 100BaseT for all R&S®ESPI models	R&S®FSP-B16	1129.8042.03XP	Marching Pads, 75 Ω L Section	R&S®RAM	0353.5414.02
DC Power Supply for Spectrum Analyzers R&S®FSP/ESPI	R&S®FSP-B30	1155.1158.02	Series Resistor, 25 Ω ³⁾	R&S®RAZ	0355.5714.02
Battery Pack for Spectrum Analyzers R&S®FSP/ESPI ¹⁾	R&S®FSP-B31	1155.1258.02	SWR Bridge, 5 MHz to 3000 MHz	R&S®ZRB2	0372.9017.52
Spare Battery Pack for Spectrum Analyzers R&S®FSP/ESPI ²⁾	R&S®FSP-B32	1155.1506.02	High-Power Attenuators, 100 W 3/6/10/20/30 dB	R&S®RBU100	1073.3830.XX (XX = 03/06/10/20/30)
Noise Measurement Software	R&S®FS-K3	1057.3028.02	High-Power Attenuators, 50 W 3/6/10/20/30 dB	R&S®RBU50	1073.8695.XX (XX = 03/06/10/20/30)
AM/FM Measurement Demodulator	R&S®FS-K7	1141.1796.02			

¹⁾ R&S®FSP-B1 and R&S®FSP-B30 required.
²⁾ R&S®FSP-B31 required.
³⁾ Taken into account in device function RF INPUT 75 Ω.

See also data sheets

- ◆ Accessories for Test Receivers and Spectrum Analyzers: PD 0756.4320
- ◆ EMC Test Antennas: PD 0757.5743

For information on EMC training courses or on-the-job training please contact:

Rohde & Schwarz²
Training Center
Mühlenstr. 20
81671 München, Germany
Tel.: +49 89 4129 13951
Fax: +49 89 4129 13335

More information at
www.rohde-schwarz.com
(search term: ESPI)



www.rohde-schwarz.com

Europe, Africa, Middle East: +49 1805 12 4242, customersupport@rohde-schwarz.com North America: 1 888 837 87 72, customer.support@rsa.rohde-schwarz.com
Latin America: +1 410 910 79 88, customersupport.la@rohde-schwarz.com Asia/Pacific: +65 65 13 04 88, customersupport.asia@rohde-schwarz.com

R&S® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Trade names are trademarks of the owners. Printed in Germany [b6]
PD 0756.0745.32 Test Receiver R&S®ESPI Version 05/03 May 2009 Data without tolerance limits is not binding. Subject to change

B.2 LISN



Interference measurements on DC or AC-powered loads

The R&S®ESH2-Z5 four-line V-network is used to measure RFI voltages on supply connections of EUTs and is based on air-core inductances. It contains an artificial hand as well as a PE simulating network that can be bypassed.

Specifications in brief

- Frequency range 9 kHz to 30 MHz
- V-network in line with CISPR, EN, VDE, ANSI
- Impedance ($50 \mu\text{H} + 5 \Omega$) || 50Ω (magnitude and phase) in line with CISPR16-1-2:2006
- Continuous current up to $4 \times 25 \text{ A}$
- Short time current (max. 2 min.) up to $4 \times 50 \text{ A}$
- Artificial hand and PE simulation network
- Air-core design
- Remote control via TTL levels (compatible with the Rohde & Schwarz EMI test receivers)
- Calibrated to CISPR 16-1-2 and ANSI C63.4

[24]

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

B.3 PROTECTOR DE TRANSISTORIOS

R&S®ESH3-Z2 Pulse Limiter



High RF input levels and high-energy interfering pulses generated on artificial mains networks when the DUT is switched on and off can damage the RF input circuits of test receivers. The R&S®ESH3-Z2 pulse limiter limits and reduces the interference level.

Specifications in brief

- Frequency range: 0 Hz to 30 MHz
- Insertion loss: $10 \text{ dB} \pm 0.3 \text{ dB}$

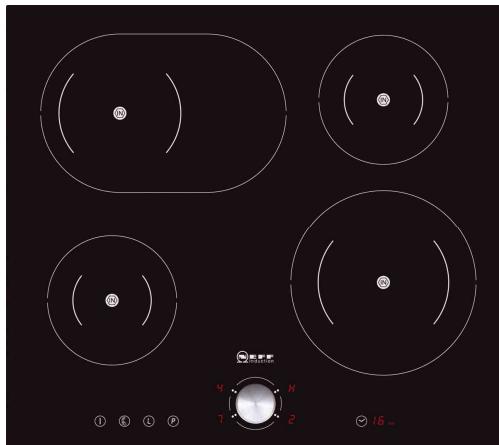
- Frequency response: $\leq \pm 0.3 \text{ dB}$
- SWR with 50Ω termination, input/output: $\leq 1.06/\leq 1.25$
- Power-handling capacity in continuous mode: 1 W
- Pulse power-handling capacity: $E = 0.1 \text{ Ws}$ (6 ms)
- Dimensions (L x W x H or L x Ø): 94 mm x 25 mm x 25 mm (3.70 in x 0.98 in x 0.98 in)
- Weight: 120 g (0.26 lb)

[25]

ANEXO C. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

Con este anexo se pretende proporcionar una información más detallada sobre las distintas tecnologías que se han utilizado para este proyecto.

C.1 IH5



NEFF T45T40X0

Figura C.1: Cocina de tecnología IH5

4 zonas de cocción por inducción

Tipo de control: TwistPad

Función PowerBoost de calentamiento ultrarrápido para todas las zonas de cocción

Potencia: Ø 21 cm con 2.2 kw (máx PowerBoost 3.3 kw)

Desconexión automática de seguridad

Medidas (ancho x fondo): 572 x 512 mm

Seguro niños



Figura C.2: Vistas interiores IH5

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

C.2 COPRECI



Fagor_5IFT22X

Figura C.3: Cocina de tecnología Copreci

1 zona de cocción potencia booster

1 zona de cocción doble

Tipo de control: Táctil

Potencia total de 6.8kh

Dimensiones (mm): 57 x 580 x 510

Termostato de seguridad para los 4 fuegos

Display de calor residual

12 niveles de potencia

1 temporizador para los 4 fuegos simultáneos hasta 99 minutos



Figura C.4: Vistas interiores Copreci

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

C.3 EGO



AEG_68001-KF-AN

Figura C.5: Cocina de tecnología EGO

Número de Zonas de Inducción: 4

Tipo de control: mandos digitales

Ancho (Centímetros): 60

Tipo de Placa: Vitrocerámica / Cristal Gas

Forma del Marco: cuadrada

Alimentación de la Cocina: Eléctrico

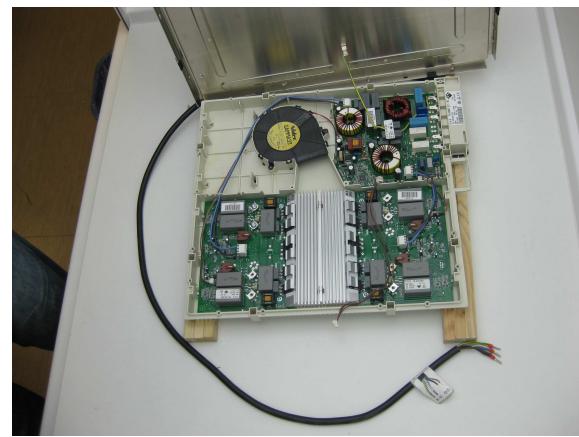
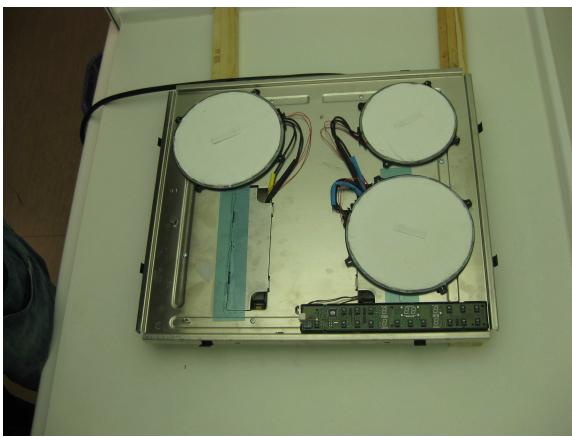
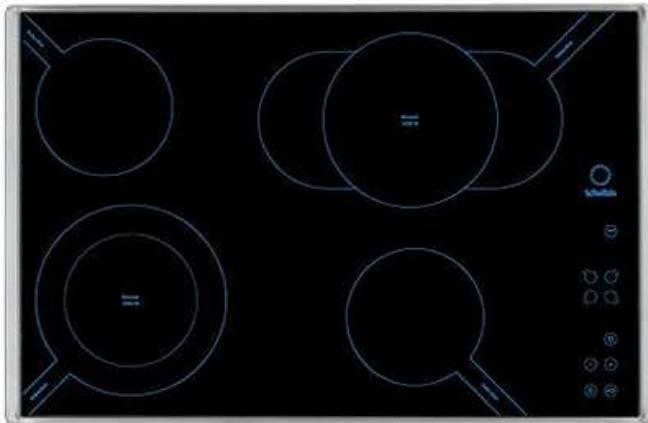


Figura C.6: Vistas interiores EGO

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

C.4 JAEGER



SCHOLTES TI8624IX

Figura C.7: Cocina de tecnología Jaeger

Número de posiciones: 4 independientes

Tipo de control: Touch Control con 9 niveles de regulación

Encimera de 80 cm ancho

Potencias:

(1200/2000/2400 W)

(1200/2400 W)

4 minuteros electrónicos corta-corrientes

4 indicadores de calor residual

Sistema de Seguridad Integral: bloqueo de mandos (seguridad niños)

Marco Inox

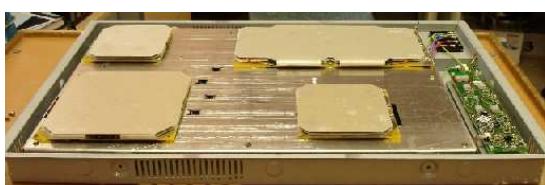


Figura C.8: Vistas interiores Jaeger

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

C.5 COMPUTIME



AEG_HK683322FG

Figura C.9: Cocina de tecnología Computime

Número de posiciones 3

Tipo de control: Display digital indicador de potencia.

Medidas mm: 590 x 520 x 55

Potencias:

2300/3200W/210mm. Ø.

Sensores de seguridad con desconexión automática.

1 zona ampliable.

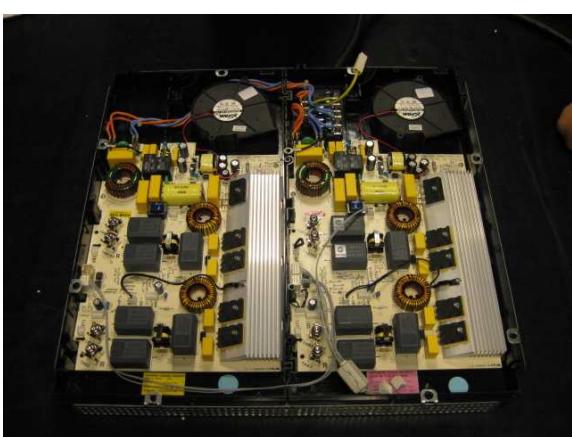


Figura C.10: Vistas interiores Computime

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

C.6 WHIRPOOL



WHIRLPOOL_ACM750BA

Figura C.11: Cocina de tecnología Whirpool

Número de posiciones 3

Tipo de control: Touch Control, slider

Tipo de superficie Cristal

Dimensiones (mm): 52x650x510

Potencias:

Booster 1 2500

Booster 2 2500

Booster 3 5000

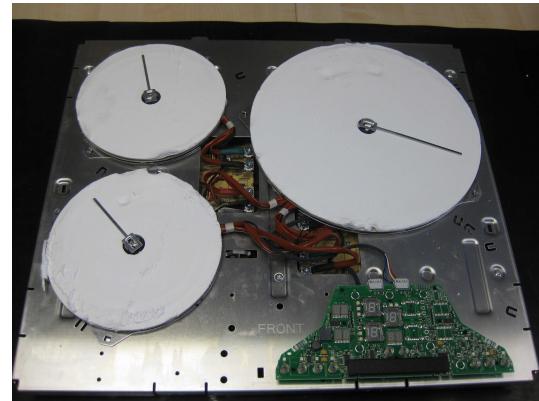
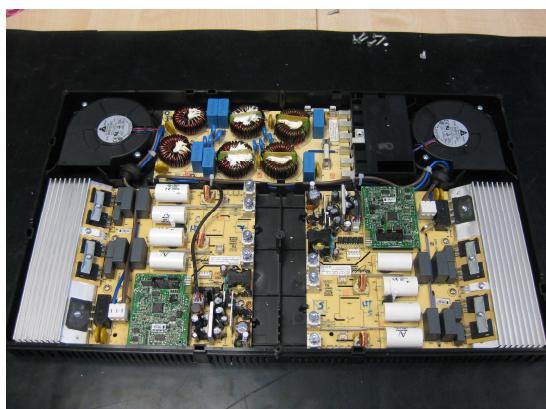


Figura C.12: Vistas interiores Whirpool

ANEXO D. DIRECTIVA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La directiva 2004/108/EC es la relacionada con la compatibilidad electromagnética que los fabricantes de equipos conectados a redes deben cumplir obligatoriamente. Debido a la estrecha relación de dicha directiva con el tema tratado en este proyecto se muestra a continuación el contenido de la misma.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/24

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

DIRECTIVA 2004/108/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 15 de diciembre de 2004

relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la Directiva 89/336/CEE

(Texto pertinente a efectos del EEE)

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y en particular su artículo 95,

Vista la propuesta de la Comisión,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo (¹),

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado (²),

Considerando lo siguiente:

- (1) La Directiva 89/336/CEE del Consejo, de 3 de mayo de 1989, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la compatibilidad electromagnética (³) ha sido objeto de revisión de conformidad con la iniciativa conocida como simplificación de la legislación en el mercado interior (SLIM). Tanto el procedimiento SLIM como una posterior consulta pormenorizada han revelado la necesidad de completar, reforzar y clarificar el marco establecido por la Directiva 89/336/CEE.
- (2) Los Estados miembros son responsables de garantizar que las radiocomunicaciones, incluidas la recepción por radio y los servicios de radioaficionados operados de conformidad con la normativa sobre radiotransmisiones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), las redes de suministro eléctrico y las redes de telecomunicaciones, así como los equipos conectados a los mismos, estén protegidos de las perturbaciones electromagnéticas.
- (3) Las disposiciones de Derecho nacional de protección frente a las perturbaciones electromagnéticas deben armonizarse para garantizar la libre circulación de aparatos eléctricos y electrónicos sin reducir los niveles justificados de protección en los Estados miembros.
- (4) La protección frente a las perturbaciones electromagnéticas requiere la imposición de obligaciones a los distintos operadores económicos. Estas obligaciones deben aplicarse de forma ajustada y efectiva para lograr esta protección.

(¹) DO C 220 de 16.9.2003, p. 13.

(²) Dictamen del Parlamento Europeo de 9 de marzo de 2004 (no publicado aún en el Diario Oficial) y Decisión del Consejo de 29 de noviembre de 2004.

(³) DO L 139 de 23.5.1989, p. 19. Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 93/68/CEE (DO L 220 de 30.8.1993, p. 1).

(5) Debe regularse la compatibilidad electromagnética de los equipos con objeto de garantizar el funcionamiento del mercado interior, es decir, de un espacio sin fronteras interiores en el que está garantizada la libre circulación de bienes, personas, servicios y capitales.

(6) Entre los equipos que cubre la presente Directiva deben figurar tanto los aparatos como las instalaciones fijas. No obstante, deben formularse disposiciones distintas para cada grupo, dado que los aparatos como tales pueden circular libremente dentro de la Comunidad, mientras que las instalaciones fijas se instalan para un uso permanente y en un sitio predefinido como conjuntos de distintos tipos de aparatos y, cuando procede, de otros dispositivos. La composición y función de estas instalaciones corresponde en la mayoría de los casos a las necesidades particulares de sus operadores.

(7) La presente Directiva no debe cubrir los equipos radioeléctricos y los equipos terminales de telecomunicación dado que éstos ya están regulados por la Directiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad (⁴). Los requisitos de compatibilidad electromagnética de ambas Directivas alcanzan el mismo nivel de protección.

(8) La presente Directiva no debe cubrir la aviación o los equipos destinados a instalarse en aviones, dado que ya son objeto de normas especiales comunitarias o internacionales que rigen la compatibilidad electromagnética.

(9) La presente Directiva no necesita regular los equipos intrínsecamente inocuos en términos de compatibilidad electromagnética.

(10) La presente Directiva no debe cubrir la seguridad de los equipos, dado que ya existe legislación comunitaria o nacional que se ocupa de este aspecto.

(11) Cuando la presente Directiva regule los aparatos, hará referencia a aparatos acabados y comercializados por primera vez en el mercado comunitario. Ciertos componentes o subconjuntos deben, bajo determinadas condiciones, considerarse aparatos si están a disposición del usuario final.

(⁴) DO L 91 de 7.4.1999, p. 10. Directiva modificada por el Reglamento (CE) nº 1882/2003 (DO L 284 de 31.10.2003, p. 1).

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/25

- (12) Los principios sobre los que se fundamenta la presente Directiva son los establecidos en la Resolución del Consejo de 7 de mayo de 1985 relativa a una nueva aproximación en materia de armonización y de normalización⁽¹⁾. De conformidad con ese enfoque, el diseño y la fabricación de equipos están sujetos a requisitos esenciales relacionados con la compatibilidad electromagnética. Estos requisitos se expresan técnicamente mediante normas europeas armonizadas, que deberán adoptar los distintos organismos europeos de normalización: Comité Europeo de Normalización (CEN), Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) e Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI). El CEN, el CENELEC y el ETSI están considerados como las instituciones competentes en el ámbito de la presente Directiva para la adopción de normas armonizadas, que redactan de conformidad con las orientaciones generales de cooperación entre estos organismos y la Comisión, y con el procedimiento establecido en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, por la que se establece un procedimiento de información en materia de las normas y reglamentaciones técnicas y de las reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información⁽²⁾.
- (13) Las normas armonizadas reflejan los últimos progresos generalmente reconocidos por lo que respecta a la compatibilidad electromagnética en la Unión Europea. El funcionamiento del mercado interior se verá beneficiado, por consiguiente, por la presencia de normas de compatibilidad electromagnética de los equipos, armonizadas a escala comunitaria. Una vez que se haya publicado en el *Diario Oficial de la Unión Europea* la referencia a estas normas, su cumplimiento debe establecer la presunción de conformidad con los requisitos esenciales pertinentes, si bien deben permitirse otros métodos de demostración de esta conformidad. El cumplimiento de una norma armonizada supone la conformidad con sus disposiciones y la demostración de dicha conformidad mediante los métodos que describe la norma armonizada o a los que ésta hace referencia.
- (14) Los fabricantes de equipos destinados a ser conectados a redes deben construirlos de forma que las redes no se vean afectadas por una degradación inaceptable del servicio cuando se utilicen en condiciones operativas normales. Los operadores de redes deben construirlos de modo que los fabricantes de equipos que puedan conectarse a ellas no se vean expuestos a trabas desproporcionadas con objeto de evitar que las redes padeczan una degradación del servicio inaceptable. Las organizaciones de normalización europeas deben tener debidamente en cuenta ese objetivo (incluidos los aspectos acumulativos de los tipos pertinentes de fenómenos electromagnéticos) a la hora de desarrollar normas armonizadas.
- (15) Sólo debe ser posible comercializar o poner en servicio aparatos si los fabricantes demuestran que estos aparatos han sido diseñados y fabricados de conformidad con las exigencias de la presente Directiva.
- ⁽¹⁾ DO C 136 de 4.6.1985, p. 1.
⁽²⁾ DO L 204 de 21.7.1998, p. 37. Directiva cuya última modificación la constituye el Acta de adhesión de 2003.
- (16) Los aparatos comercializados deben llevar el marcado «CE» que certifique el cumplimiento de la presente Directiva. Si bien la evaluación de la conformidad debe ser responsabilidad del fabricante, sin ninguna necesidad de recurrir a un organismo independiente de evaluación de la conformidad, los fabricantes podrán recurrir libremente a los servicios de un organismo de este tipo.
- (17) Cuando los aparatos puedan tener varias configuraciones, la evaluación de compatibilidad electromagnética debe confirmar si cumplen los requisitos de protección en las configuraciones previsibles por el fabricante como representativas de un uso normal de las aplicaciones previstas; en tales casos, debe bastar con realizar una evaluación sobre la base de la configuración que más probabilidades tenga de provocar las perturbaciones máximas y de la configuración más susceptible a éstas.
- (18) Las instalaciones fijas, incluidas las máquinas de gran tamaño y las redes, pueden generar perturbaciones electromagnéticas, o verse afectadas por éstas. Puede existir una interfaz entre las instalaciones fijas y los aparatos, y las perturbaciones electromagnéticas producidas por las instalaciones fijas pueden afectar a los aparatos, y viceversa. En términos de compatibilidad electromagnética, carece de importancia que las perturbaciones electromagnéticas sean producidas por los aparatos o por una instalación fija. En consecuencia, las instalaciones fijas y los aparatos deben someterse a un sistema coherente y global de requisitos esenciales. Debe ser posible utilizar normas armonizadas para instalaciones fijas con objeto de demostrar la conformidad con los requisitos esenciales que cubren estas normas.
- (19) Debido a sus características específicas, las instalaciones fijas no necesitan la colocación del marcado «CE» o la declaración de conformidad.
- (20) No procede efectuar la evaluación de la conformidad del aparato comercializado para su incorporación en una instalación fija concreta, y que de otro modo no se comercializaría, de forma separada de la instalación fija a la que se incorporará. En consecuencia, estos aparatos deben estar exentos de los procedimientos de evaluación de la conformidad aplicables normalmente a los aparatos. No obstante, no debe permitirse que estos aparatos comprometan la conformidad de la instalación fija a la que se incorporan. Si un aparato debiera ser incorporado en varias instalaciones fijas idénticas, la identificación de las características de compatibilidad electromagnética de dichas instalaciones debe ser suficiente para asegurar la exención del procedimiento de evaluación de la conformidad.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/26

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

- (21) Es necesario un período transitorio para garantizar que los fabricantes y las demás partes afectadas puedan adaptarse al nuevo sistema normativo.
- (22) Dado que el objetivo de la presente Directiva, a saber, garantizar el funcionamiento del mercado interior exigiendo que los equipos cumplan un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética no puede ser alcanzado de manera suficiente por los Estados miembros y por consiguiente, debido a su dimensión y efectos, puede lograrse mejor a nivel comunitario, la Comunidad puede adoptar medidas, de acuerdo con el principio de subsidiariedad consagrado en el artículo 5 del Tratado. De conformidad con el principio de proporcionalidad enunciado en dicho artículo, la presente Directiva no excede de lo necesario para alcanzar dicho objetivo.
- (23) Por consiguiente, debe derogarse la Directiva 89/336/CEE.

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

c) los equipos de radio utilizados por radioaficionados, en el sentido del Reglamento de Radiocomunicaciones adoptado en el marco de la Constitución y el Convenio de la UIT⁽⁷⁾, salvo que los equipos sean comercializados. No se considerarán equipos comercializados los kits de componentes para ser montados por radioaficionados y los equipos comerciales modificados por y para el uso de estos radioaficionados.

3. La presente Directiva no se aplicará a los equipos cuyas características físicas sean tales que:

- a) no puedan generar o contribuir a las emisiones electromagnéticas que superen un nivel que permita a los equipos de radio y de telecomunicaciones, y a otros equipos, funcionar de la forma prevista; y
- b) funcionen sin una degradación inaceptable en presencia de perturbaciones electromagnéticas normales derivadas de su uso previsto.

4. Cuando, en el caso de uno de los equipos a que se refiere el apartado 1, haya otras directivas comunitarias que regulen de una forma más específica todos o parte de los requisitos esenciales considerados en el Anexo I, la presente Directiva no se aplicará, o dejará de aplicarse, a ese equipo en lo que respecta a dichos requisitos a partir de la fecha de aplicación de las citadas directivas.

5. La presente Directiva no afectará a la aplicación de la legislación comunitaria o nacional que rige la seguridad de los equipos.

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1

Objeto y ámbito de aplicación

1. La presente Directiva regula la compatibilidad electromagnética de los equipos. Busca garantizar el funcionamiento del mercado interior exigiendo que los equipos cumplan un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética. La presente Directiva se aplica a los equipos, tal como se definen en el artículo 2.

2. La presente Directiva no se aplicará a:

- a) los equipos cubiertos por la Directiva 1999/5/CE;
- b) los productos, componentes y equipos aeronáuticos mencionados en el Reglamento (CE) nº 1592/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de julio de 2002, sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia Europea de Seguridad Aérea⁽⁸⁾;

⁽⁷⁾ DO L 240 de 7.9.2002, p. 1. Reglamento modificado por el Reglamento (CE) nº 1701/2003 de la Comisión (DO L 243 de 27.9.2003, p. 5).

Artículo 2

Definiciones

1. A efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

- a) «equipo»: cualquier aparato o instalación fija;
- b) «aparatos»: cualquier aparato acabado, o una combinación de ellos comercializada como unidad funcional única destinada al usuario final, y que pueda generar perturbaciones electromagnéticas, o cuyo funcionamiento pueda verse afectado por estas perturbaciones;
- c) «instalación fija»: combinación particular de varios tipos de aparatos y, cuando proceda, de otros dispositivos, ensamblados, instalados y destinados a un uso permanente en un sitio predefinido;
- d) «compatibilidad electromagnética»: capacidad de que un equipo funcione de forma satisfactoria en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para otros equipos en ese entorno;
- e) «perturbación electromagnética»: cualquier fenómeno electromagnético que pueda crear problemas de funcionamiento a un equipo. Una perturbación electromagnética puede consistir en un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del propio medio de propagación;

⁽⁸⁾ Constitución y Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones adoptados por la Conferencia de Plenipotenciarios adicional (Ginebra, 1992), modificados por la Conferencia de Plenipotenciarios (Kioto, 1994).

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/27

- f) «inmunidad»: aptitud de un equipo para funcionar de la forma prevista sin experimentar una degradación en presencia de perturbaciones electromagnéticas;
- g) «fines de seguridad»: los fines de proteger la vida humana o la propiedad;
- h) «entorno electromagnético»: todos los fenómenos electromagnéticos observables en un sitio determinado.
2. A efectos de la presente Directiva, se considerará aparato, en el sentido de la letra b) del apartado 1:
- los «componentes» o «subconjuntos» destinados a ser incorporados en un aparato por el usuario final, que puedan generar perturbaciones electromagnéticas, o cuyo funcionamiento pueda verse afectado por estas perturbaciones;
 - las «instalaciones móviles», definidas como una combinación de aparatos y, en su caso, de otros dispositivos, destinada a ser trasladada y utilizada en diversos sitios.

Artículo 3

Comercialización y/o puesta en servicio

Los Estados miembros adoptarán todas las medidas adecuadas para garantizar que sólo se comercialicen y/o pongan en servicio los equipos que cumplen los requisitos de la presente Directiva cuando estén instalados, mantenidos y utilizados correctamente para los fines previstos.

Artículo 4

Libre circulación de los equipos

1. Los Estados miembros no impedirán, por motivos de compatibilidad electromagnética, la comercialización y/o puesta en servicio en su territorio de equipos que cumplen la presente Directiva.

2. Los requisitos de la presente Directiva no impedirán la aplicación en cualquier Estado miembro de las siguientes medidas especiales, relativas a la puesta en servicio o uso de equipos:

- medidas para superar un problema existente o previsto de compatibilidad electromagnética en un lugar específico;
- medidas adoptadas por motivos de seguridad para proteger las redes públicas de telecomunicaciones o las estaciones receptoras o transmisoras cuando se utilicen con fines de seguridad en situaciones de espectro bien definidas.

Sin perjuicio de lo dispuesto en la Directiva 98/34/CE, los Estados miembros notificarán estas medidas especiales a la Comisión y a los demás Estados miembros.

La Comisión publicará en el *Diario Oficial de la Unión Europea* las medidas especiales que se hayan aceptado.

3. Los Estados miembros no crearán ningún obstáculo para la muestra o la demostración en ferias comerciales, exposiciones o acontecimientos similares de equipos que no cumplan la presente Directiva, siempre que se indique claramente mediante una señal visible que estos equipos no podrán comercializarse y/o ponerse en servicio mientras no se ajusten a la presente Directiva. La demostración sólo podrá tener lugar si se toman las medidas adecuadas para evitar perturbaciones electromagnéticas.

Artículo 5

Requisitos esenciales

Los equipos mencionados en el artículo 1 cumplirán los requisitos esenciales establecidos en el Anexo I.

Artículo 6

Normas armonizadas

1. Por «norma armonizada» se entenderá la especificación técnica adoptada por un organismo de normalización europeo reconocido bajo el mandato de la Comisión, de conformidad con los procedimientos establecidos en la Directiva 98/34/CE con objeto de establecer un requisito europeo. El cumplimiento de una «norma armonizada» no es obligatorio.

2. El cumplimiento por parte de los equipos de las normas armonizadas pertinentes, cuyas referencias se hayan publicado en el *Diario Oficial de la Unión Europea*, creará la presunción, por parte de los Estados miembros, de conformidad con los requisitos esenciales mencionados en el Anexo I a los que dichas normas hagan referencia. Esta presunción de conformidad se limitará al ámbito de las normas armonizadas aplicadas y a los requisitos esenciales pertinentes cubiertos por tales normas armonizadas.

3. Cuando un Estado miembro o la Comisión consideren que la norma armonizada no satisface totalmente los requisitos esenciales mencionados en el Anexo I, llevará esta cuestión ante el Comité permanente creado por la Directiva 98/34/CE (en adelante denominado «el Comité», señalando sus motivos. El Comité dictaminará con la mayor brevedad.

4. Una vez recibido el dictamen del Comité, la Comisión tomará una de las siguientes decisiones respecto a la referencia a la norma armonizada en cuestión:

- no publicarla;
- publicarla con restricciones;
- mantener la referencia en el *Diario Oficial de la Unión Europea*;
- retirar la referencia del *Diario Oficial de la Unión Europea*.

La Comisión informará a los Estados miembros sobre su decisión con la mayor brevedad.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/28

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

CAPÍTULO II

APARATOS

Artículo 7

Procedimiento de evaluación de la conformidad de los aparatos

La conformidad del aparato con los requisitos esenciales establecidos en el Anexo I se demostrará mediante el procedimiento descrito en el Anexo II (control de fabricación interno). Sin embargo, a discreción del fabricante o de su representante autorizado en la Comunidad, podrá utilizarse también el procedimiento descrito en el Anexo III.

Artículo 8

Marcado «CE»

1. Los aparatos cuyo cumplimiento de la presente Directiva haya sido demostrado mediante el procedimiento estipulado en el artículo 7 llevarán el marcado «CE» confirmándolo. La colocación del marcado «CE» será responsabilidad del fabricante o de su representante autorizado en la Comunidad. El marcado «CE» se colocará de conformidad con el Anexo V.

2. Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para prohibir la colocación en el aparato, en su envase o en las instrucciones de uso de marcados similares, en significado o forma gráfica, al marcado «CE» que puedan inducir a error a terceros.

3. Se podrá colocar cualquier otro marcado en el aparato, en su envase o en las instrucciones de uso, a condición de que no afecte a la visibilidad o legibilidad del marcado CE.

4. Sin perjuicio del artículo 10, si la autoridad competente determina que el marcado «CE» se ha colocado indebidamente, el fabricante o su representante autorizado en la Comunidad ajustará el aparato a las disposiciones relativas al marcado «CE» en las condiciones impuestas por el Estado miembro en cuestión.

Artículo 9

Otros marcados e información

1. Cada aparato se identificará en términos de tipo, lote, número de serie o cualquier otra información que permita la identificación del aparato.

2. Cada aparato irá acompañado del nombre y la dirección del fabricante y, si éste no estuviera establecido dentro de la Comunidad, del nombre y la dirección de su representante autorizado o de la persona en la Comunidad responsable de la comercialización del aparato en el mercado comunitario.

3. El fabricante proporcionará información sobre cualquier precaución específica que deba tomarse al montar, instalar, mantener o utilizar el aparato, con objeto de garantizar que, una vez puesto en servicio, el aparato cumpla los requisitos de protección establecidos en el punto 1 del Anexo I.

4. Los aparatos cuyo cumplimiento de los requisitos de protección no esté garantizado en zonas residenciales irán acompañados de una clara indicación de esta restricción de uso, que también aparecerá, si procede, en el envase.

5. La información necesaria para permitir un uso del aparato conforme a los fines previstos estará recogida en las instrucciones que acompañen al aparato.

Artículo 10

Salvaguardias

1. Cuando un Estado miembro compruebe que un aparato con el marcado «CE» incumple los requisitos de la presente Directiva, adoptará todas las medidas adecuadas para retirar el aparato del mercado, prohibir su comercialización o puesta en servicio, o restringir su libre circulación.

2. El Estado miembro en cuestión informará inmediatamente a la Comisión y a los demás Estados miembros sobre cualquier medida de este tipo, indicando los motivos y especificando, en particular, si la no conformidad obedece a:

a) el incumplimiento de los requisitos esenciales mencionados en el Anexo I, cuando el aparato no cumple las normas armonizadas estipuladas en el artículo 6;

b) la incorrecta aplicación de las normas armonizadas estipuladas en el artículo 6;

c) deficiencias de las normas armonizadas estipuladas en el artículo 6.

3. La Comisión consultará a las partes en cuestión con la mayor brevedad, tras lo cual informará a los Estados miembros sobre si, en su opinión, la medida está justificada o no.

4. Cuando la medida mencionada en el apartado 1 se atribuya a una deficiencia de las normas armonizadas, la Comisión, tras consultar a las partes y si el Estado miembro en cuestión pretende mantener la medida, remitirá el asunto al Comité e iniciará el procedimiento establecido en los apartados 3 y 4 del artículo 6.

5. Cuando los aparatos no conformes se hayan sometido al procedimiento de evaluación de la conformidad mencionado en el Anexo III, el Estado miembro en cuestión adoptará las medidas necesarias con respecto al autor de la declaración contemplada en el punto 3 del Anexo III, e informará en consecuencia a la Comisión y a los demás Estados miembros.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/29

Artículo 11

Decisiones en materia de retirada, prohibición o restricción de la libre circulación de los aparatos

1. Cualquier decisión adoptada en virtud de la presente Directiva de retirar un aparato del mercado, prohibir o restringir su comercialización o puesta en servicio, o restringir su libre circulación, incluirá la motivación exacta en que se base. Estas decisiones se notificarán a la mayor brevedad a la parte afectada, a la que se informará al mismo tiempo de los recursos disponibles con arreglo al Derecho nacional en vigor en el Estado miembro en cuestión y sobre sus plazos.

2. En el caso de la decisión a que se refiere el apartado 1, el fabricante, su representante autorizado o cualquier otra parte interesada tendrán la posibilidad de presentar por adelantado su opinión, a menos que tal consulta sea imposible debido a la urgencia de la medida que deba adoptarse, en particular, por necesidades de interés público.

Artículo 12

Organismos notificados

1. Los Estados miembros notificarán a la Comisión los organismos que hayan designado para llevar a cabo las funciones contempladas en el Anexo III. Al determinar los organismos que deban designarse, los Estados miembros aplicarán los criterios establecidos en el Anexo VI.

Esta notificación determinará si los organismos se han designado para llevar a cabo las funciones contempladas en el Anexo III para todos los aparatos cubiertos por la presente Directiva y/o los requisitos esenciales mencionados en el Anexo I, o si el alcance de la designación se limita a determinados aspectos específicos y/o categorías de aparatos.

2. Se considerará que los organismos que cumplen los criterios de evaluación estipulados por las normas armonizadas pertinentes también cumplen los criterios establecidos en el Anexo VI e incluidos en el ámbito de dichas normas. La Comisión publicará en el *Diario Oficial de la Unión Europea* las referencias a estas normas.

3. La Comisión publicará en el *Diario Oficial de la Unión Europea* una lista de los organismos notificados. La Comisión velará por la actualización de esta lista.

4. Si un Estado miembro considera que un organismo notificado ha dejado de cumplir los criterios enumerados en el Anexo VI, informará de ello a la Comisión y a los demás Estados miembros. La Comisión retirará la referencia a este organismo de la lista mencionada en el apartado 3.

CAPÍTULO III

INSTALACIONES FIJAS

Artículo 13

Instalaciones fijas

1. El aparato comercializado y que pueda incorporarse a una instalación fija será objeto de todas las disposiciones pertinentes para los aparatos establecidas en la presente Directiva.

No obstante, las disposiciones de los artículos 5, 7, 8 y 9 no serán obligatorias en el caso de un aparato destinado a incorporarse en una instalación fija concreta y que, de otra forma, no se comercializaría. En tales casos, la documentación adjunta identificará la instalación fija y sus características de compatibilidad electromagnética e indicará las precauciones que deben tomarse para que la incorporación del aparato en la instalación fija no comprometa la conformidad de dicha instalación. Además, incluirá la información mencionada en los apartados 1 y 2 del artículo 9.

2. Cuando haya indicios sobre la no conformidad de la instalación fija, especialmente cuando existan quejas sobre perturbaciones que ésta genere, las autoridades competentes del Estado miembro en cuestión podrán solicitar pruebas de la conformidad de la instalación fija y, cuando proceda, realizarán una evaluación.

Cuando se demuestre la no conformidad, las autoridades competentes podrán imponer medidas adecuadas para que la instalación fija cumpla los requisitos de protección establecidos en el punto 1 del Anexo I.

3. Los Estados miembros determinarán las disposiciones necesarias para la identificación de la persona o personas responsables del establecimiento de la conformidad de una instalación fija con los requisitos esenciales pertinentes.

CAPÍTULO IV

DISPOSICIONES FINALES

Artículo 14

Derogación

La Directiva 89/336/CEE queda derogada a partir del 20 de julio de 2007.

Las referencias a la Directiva 89/336/CEE se considerarán referencias a la presente Directiva de conformidad con la tabla de correspondencias que figura en el Anexo VII.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/30

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

Artículo 15

Disposiciones transitorias

Los Estados miembros no impedirán la comercialización y/o la puesta en servicio de equipos que cumplan las disposiciones de la Directiva 89/336/CEE y hayan sido comercializados antes del 20 de julio de 2009.

Artículo 16

Incorporación a la legislación nacional

1. Los Estados miembros adoptarán y publicarán las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la presente Directiva antes del 20 de enero de 2007. Informarán de ello inmediatamente a la Comisión. Aplicarán estas disposiciones a partir del 20 de julio de 2007. Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas harán referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de esta referencia con motivo de su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.
2. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión los textos de las disposiciones de Derecho nacional que adopten en el ámbito cubierto por la presente Directiva.

Artículo 17

Entrada en vigor

La presente Directiva entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Artículo 18

Destinatarios

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

Hecho en Estrasburgo, el 15 de diciembre de 2004

Por el Parlamento Europeo

El Presidente

J. BORRELL FONTELLES

Por el Consejo

El Presidente

A. NICOLAÏ

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/31

ANEXO I

REQUISITOS ESENCIALES A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 5

1. Requisitos de protección

El diseño y la fabricación de los equipos, habida cuenta de los avances más recientes, garantizarán:

- a) que las perturbaciones electromagnéticas generadas queden limitadas a un nivel que permita a los equipos de radio y de telecomunicaciones u otros equipos funcionar con el fin para el que han sido previstos;
- b) un nivel de protección frente a las perturbaciones electromagnéticas previsibles que permita al equipo funcionar sin una degradación inaceptable en su uso previsto.

2. Requisitos específicos para instalaciones fijas

Instalación y uso previsto de los componentes

Las instalaciones fijas se instalarán de conformidad con las buenas prácticas de ingeniería y con la información sobre el uso previsto de sus componentes, con vistas a cumplir los requisitos de protección establecidos en el punto 1. Dichas buenas prácticas de ingeniería deberán estar documentadas y la persona o personas responsables deberán mantener dicha documentación a disposición de las autoridades nacionales con fines de inspección durante el funcionamiento de la instalación fija.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/32

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

ANEXO II

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 7 (control de fabricación interno)

1. El fabricante efectuará una evaluación de la compatibilidad electromagnética del aparato, basada en los fenómenos pertinentes, con vistas a cumplir los requisitos de protección que figuran en el punto 1 del Anexo I. La aplicación correcta de todas las normas armonizadas pertinentes cuyas referencias hayan sido publicadas en el *Diario Oficial de la Unión Europea* será equivalente a la realización de la evaluación de compatibilidad electromagnética.
2. La evaluación de compatibilidad electromagnética tendrá en cuenta todas las condiciones normales previstas de funcionamiento. En los casos en que el aparato pueda tener diversas configuraciones, la evaluación de la compatibilidad electromagnética confirmará si el aparato cumple los requisitos de protección establecidos en el punto 1 del Anexo I en todas las configuraciones posibles identificadas por el fabricante como representativas de su uso previsto.
3. De conformidad con las disposiciones establecidas en el Anexo IV, el fabricante redactará la documentación técnica que demuestre la conformidad del aparato con los requisitos esenciales de la presente Directiva.
4. El fabricante o su representante autorizado en la Comunidad mantendrá la documentación técnica a disposición de las autoridades competentes durante un período de al menos diez años después de la fecha en que este aparato se fabricó por última vez.
5. Una declaración CE de conformidad emitida por el fabricante o su representante autorizado en la Comunidad certificará que el aparato cumple todos los requisitos esenciales pertinentes.
6. El fabricante o su representante autorizado en la Comunidad mantendrá la declaración CE de conformidad a disposición de las autoridades competentes durante un período de al menos diez años después de la fecha en que este aparato se fabricó por última vez.
7. En caso de que ni el fabricante ni su representante autorizado estén establecidos dentro de la Comunidad, la persona que comercialice el aparato en el mercado comunitario será la responsable de mantener la declaración CE de conformidad y la documentación técnica a disposición de las autoridades competentes.
8. El fabricante adoptará todas las medidas necesarias para garantizar que los productos se fabriquen de conformidad con la documentación técnica contemplada en el punto 3 y con las disposiciones de la presente Directiva que les sean aplicables.
9. La documentación técnica y la declaración CE de conformidad se redactarán de conformidad con las disposiciones del Anexo IV.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/33

ANEXO III

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 7

1. Este procedimiento consiste en aplicar el Anexo II, que se completará como sigue:
2. El fabricante o su representante autorizado en la Comunidad presentará la documentación técnica al organismo notificado mencionado en el artículo 12 y pedirá una evaluación a dicho organismo. El fabricante o su representante autorizado en la Comunidad especificará al organismo notificado aquellos aspectos de los requisitos esenciales que deban ser evaluados por el organismo notificado.
3. El organismo notificado revisará la documentación técnica y evaluará si dicha documentación demuestra debidamente que se han cumplido los requisitos de la Directiva que debe evaluar. Si se confirma el cumplimiento de los aparatos, el organismo notificado presentará una declaración al fabricante o a su representante autorizado en la Comunidad que confirme el cumplimiento de los aparatos. Esta declaración se limitará a aquellos aspectos de los requisitos esenciales evaluados por el organismo notificado.
4. El fabricante incorporará la declaración del organismo notificado a la documentación técnica.

—

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/34

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

ANEXO IV

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD

1. Documentación técnica

La documentación técnica debe permitir la conformidad del aparato con los requisitos esenciales que deben valorarse. Ha de cubrir el diseño y fabricación del aparato y, en particular:

- una descripción general del aparato;
- pruebas de la conformidad con las normas armonizadas, si existen, aplicadas total o parcialmente;
- cuando el fabricante no haya aplicado normas armonizadas, o sólo lo haya hecho parcialmente, una descripción y explicación de las medidas adoptadas para cumplir los requisitos esenciales de la Directiva, incluida una descripción de la evaluación de la compatibilidad electromagnética estipulada en el punto 1 del Anexo II, los resultados de los cálculos realizados en su diseño, los exámenes efectuados, los informes de ensayo, etc.
- una declaración del organismo notificado, cuando se haya seguido el procedimiento a que se refiere el Anexo III.

2. Declaración CE de conformidad

La declaración CE de conformidad deberá contener, al menos, lo siguiente:

- una referencia a la presente Directiva,
- la identificación del aparato al que hace referencia, con arreglo a lo establecido en el apartado 1 del artículo 9,
- el nombre y la dirección del fabricante y, cuando proceda, el nombre y la dirección de su representante autorizado en la Comunidad,
- una referencia fechada a las especificaciones con arreglo a las cuales se declara la conformidad, con objeto de garantizar la conformidad del aparato con las disposiciones de la presente Directiva,
- la fecha de la declaración,
- la identidad y firma de la persona facultada para comprometer al fabricante o su representante autorizado.

—

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

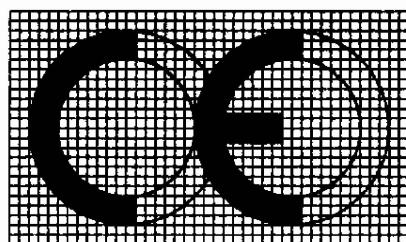
Diario Oficial de la Unión Europea

L. 390/35

ANEXO V

MARCADO «CE» A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 8

El marcado «CE» consistirá en las iniciales «CE» con la siguiente forma:



El marcado «CE» deberá tener una altura de al menos 5 mm. Si el marcado «CE» se reduce o amplía, deberán respetarse las proporciones indicadas en el anterior dibujo graduado.

El marcado «CE» deberá colocarse en el aparato o en su placa de características. Cuando no sea posible o no esté justificado debido a la naturaleza del aparato, deberá colocarse en el envase, en caso de que exista, y en los documentos que lo acompañen.

Cuando el aparato esté sujeto a otras directivas que cubran otros aspectos y que también prevean el marcado «CE», este último supondrá que el aparato también se ajusta a esas otras directivas.

No obstante, cuando una o más de estas directivas permita al fabricante, durante un período transitorio, elegir las disposiciones de aplicación, el marcado «CE» sólo supondrá la conformidad con las directivas aplicadas por el fabricante. En ese caso, deberán darse detalles sobre las directivas aplicadas, tal como se hayan publicado en el *Diario Oficial de la Unión Europea*, en los documentos, indicaciones o instrucciones que exijan las directivas y que acompañen a tales aparatos.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

L 390/36

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

31.12.2004

ANEXO VI

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ORGANISMOS QUE DEBAN NOTIFICARSE

1. Los organismos notificados por los Estados miembros deberán cumplir las siguientes condiciones mínimas:
 - a) disponibilidad del personal y de los medios y equipos necesarios;
 - b) competencia técnica e integridad profesional del personal;
 - c) independencia en la elaboración de los informes y en la realización de la función de verificación prevista por la presente Directiva;
 - d) independencia del personal general y técnico con respecto a todas las partes interesadas, grupos o personas directa o indirectamente relacionados con el equipo en cuestión;
 - e) mantenimiento por parte del personal del secreto profesional;
 - f) tenencia de un seguro de responsabilidad civil a menos que dicha responsabilidad esté cubierta por el Estado miembro con arreglo al Derecho nacional.
2. Las autoridades competentes de los Estados miembros comprobarán periódicamente el cumplimiento de las condiciones establecidas en el punto 1.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

31.12.2004

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 390/37

ANEXO VII

TABLA DE CORRESPONDENCIAS

Directiva 89/336/CEE	Presente Directiva
Artículo 1, punto 1	Artículo 2, apartado 1, letras a), b) y c)
Artículo 1, punto 2	Artículo 2, apartado 1, letra e)
Artículo 1, punto 3	Artículo 2, apartado 1, letra f)
Artículo 1, punto 4	Artículo 2, apartado 1, letra d)
Artículo 1, puntos 5 y 6	—
Artículo 2, apartado 1	Artículo 1, apartado 1
Artículo 2, apartado 2	Artículo 1, apartado 4
Artículo 2, apartado 3	Artículo 1, apartado 2
Artículo 3	Artículo 3
Artículo 4	Artículo 5 y Anexo I
Artículo 5	Artículo 4, apartado 1
Artículo 6	Artículo 4, apartado 2
Artículo 7, apartado 1, letra a)	Artículo 6, apartados 1 y 2
Artículo 7, apartado 1, letra b)	—
Artículo 7, apartado 2	—
Artículo 7, apartado 3	—
Artículo 8, apartado 1	Artículo 6, apartados 3 y 4
Artículo 8, apartado 2	—
Artículo 9, apartado 1	Artículo 10, apartados 1 y 2
Artículo 9, apartado 2	Artículo 10, apartados 3 y 4
Artículo 9, apartado 3	Artículo 10, apartado 5
Artículo 9, apartado 4	Artículo 10, apartado 3
Artículo 10, apartado 1, primer párrafo	Artículo 7, Anexos II y III
Artículo 10, apartado 1, segundo párrafo	Artículo 8
Artículo 10, apartado 2	Artículo 7, Anexos II y III
Artículo 10, apartado 3	—
Artículo 10, apartado 4	—
Artículo 10, apartado 5	Artículo 7, Anexos II y III
Artículo 10, apartado 6	Artículo 12
Artículo 11	Artículo 14
Artículo 12	Artículo 16
Artículo 13	Artículo 18
Anexo I, punto 1	Anexo IV, punto 2
Anexo I, punto 2	Anexo V
Anexo II	Anexo VI
Anexo III, último párrafo	Artículo 9, apartado 5

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Relación Tecnologías - Marcas</i>	4
<i>Figura 1.2: Resumen de ventas de tecnologías de inducción 2010</i>	4
<i>Figura 1.3: Corrientes en el inductor y en la base del recipiente</i>	5
<i>Figura 1.4: Estructura básica del módulo de potencia y el sistema inductor-recipiente [2].....</i>	6
<i>Figura 1.5: Inmunidad y Emisión [3].....</i>	6
<i>Figura 1.6: Planning.....</i>	8
<i>Figura 2.1: Efecto del filtro de red [5].....</i>	10
<i>Figura 2.2: EMC [7].....</i>	10
<i>Figura 2.3: Partes del Fenómeno de Interferencia Electromagnética</i>	11
<i>Figura 2.4: Modos de acople[8].....</i>	11
<i>Figura 2.5: Marcado CE [9].....</i>	12
<i>Figura 2.6: Directivas aplicadas a las cocinas de inducción.....</i>	13
<i>Figura 2.7: Resumen Ensayos-Normas.....</i>	14
<i>Figura 2.8: Relación entre el momento de aplicar técnicas reductoras de EMI y el coste [3].</i>	15
<i>Figura 2.9: Límites ensayo de conducidas [15].....</i>	18
<i>Figura 2.10: Ruido Modo Común [18]</i>	18
<i>Figura 2.11: . Ruido Modo Diferencial [18].</i>	19
<i>Figura 2.12: Método de Ensayo de Conducidas [17].....</i>	20
<i>Figura 2.13: Filtro IH5.....</i>	20
<i>Figura 2.14: Detalle alimentación de la cocina</i>	21
<i>Figura 2.15: Choque modo común</i>	22
<i>Figura 2.16: Choque modo común IH5</i>	22
<i>Figura 2.17: Choque modo diferencial.....</i>	22
<i>Figura 2.18: Choque modo diferencial IH5.....</i>	22
<i>Figura 2.19: Efecto condensadores X [20].</i>	23
<i>Figura 2.20: Condensadores X en IH5</i>	23

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

<i>Figura 2.21: Efecto condensadores Y [20]</i>	24
<i>Figura 2.22: Condensadores Y en IH5</i>	24
<i>Figura 3.1: Analizador de espectro ESPI 3</i>	28
<i>Figura 3.2: Gráfica impedancia de la LISN y circuito equivalente [23]</i>	29
<i>Figura 3.3: LISN ESH2-Z5</i>	29
<i>Figura 3.4: Protector de transitorios ESH3-Z2</i>	30
<i>Figura 3.5: Dominio temporal –frecuencial [26]</i>	31
<i>Figura 3.6: Ancho de banda [27]</i>	32
<i>Figura 3.7: Tiempo por punto [27]</i>	32
<i>Figura 3.8: Toma de datos método lineal</i>	33
<i>Figura 3.9: Toma de datos modo logarítmico</i>	34
<i>Figura 3.10: Comparación comportamiento real-ideal de un filtro de red [29]</i>	36
<i>Figura 3.11: Programa para representación de filtros</i>	42
<i>Figura 3.12: Diagrama de flujo del programa para la caracterización de filtros</i>	43
<i>Figura 3.13: Representaciones a elegir del programa de caracterización de filtros</i>	44
<i>Figura 3.14: Dos filtros en un PCB</i>	46
<i>Figura 3.15: Un filtro por cada PCB</i>	46
<i>Figura 4.1: Filtro IH5</i>	48
<i>Figura 4.2: Circuito filtro IH5</i>	48
<i>Figura 4.3: Filtro Jaeger</i>	51
<i>Figura 4.4: Circuito filtro Jaeger</i>	52
<i>Figura 4.5: Filtro Copreci</i>	56
<i>Figura 4.6: Circuito filtro Copreci</i>	57
<i>Figura 4.7: Filtro Computime</i>	61
<i>Figura 4.8: Circuito filtro Computime</i>	62
<i>Figura 4.9: Filtro EGO</i>	66
<i>Figura 4.10: Circuito filtro EGO</i>	67
<i>Figura 4.11: Filtro Whirlpool</i>	71

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

<i>Figura 4.12: Circuito filtro Whirlpool.....</i>	72
<i>Figura C.1: Cocina de tecnología IH5</i>	125
<i>Figura C.2: Vistas interiores IH5</i>	125
<i>Figura C.3: Cocina de tecnología Copreci.....</i>	126
<i>Figura C.4: Vistas interiores Copreci.....</i>	126
<i>Figura C.5: Cocina de tecnología EGO</i>	127
<i>Figura C.6: Vistas interiores EGO</i>	127
<i>Figura C.7: Cocina de tecnología Jaeger.....</i>	128
<i>Figura C.8: Vistas interiores Jaeger.....</i>	128
<i>Figura C.9: Cocina de tecnología Computime</i>	129
<i>Figura C.10: Vistas interiores Computime</i>	129
<i>Figura C.11: Cocina de tecnología Whirlpool.....</i>	130
<i>Figura C.12: Vistas interiores Whirlpool</i>	130

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 3.1: Medida original.....</i>	39
<i>Gráfica 3.2: Detección de picos máximos.....</i>	39
<i>Gráfica 3.3: Detector de picos máximos, ancho de banda = 9 kHz</i>	39
<i>Gráfica 3.4: Detector de picos máximos, ancho de banda = 30 kHz/250 kHz.....</i>	39
<i>Gráfica 3.5: Representación en barras, ancho de banda = 9 kHz</i>	40
<i>Gráfica 3.6: Representación en barras, ancho de banda = 30 kHz/250 kHz.....</i>	40
<i>Gráfica 3.7: Efecto de atenuación filtro IH5, ancho de banda 9 kHz.....</i>	40
<i>Gráfica 3.8: Efecto de atenuación filtro IH5, ancho de banda = 40 kHz/250 kHz.....</i>	40
<i>Gráfica 3.9: Comparación dos filtros.....</i>	41
<i>Gráfica 4.1: Analizador de espectros IH5</i>	50
<i>Gráfica 4.2: Pérdidas de inserción IH5.....</i>	50
<i>Gráfica 4.3: Analizador de espectro filtro Jaeger</i>	53
<i>Gráfica 4.4: Pérdidas de inserción filtro Jaeger</i>	53
<i>Gráfica 4.5: Pérdidas De inserción IH5 - Jaeger.....</i>	54
<i>Gráfica 4.6: Analizador de espectros filtro Copreci.....</i>	58
<i>Gráfica 4.7: Pérdidas de inserción filtro Copreci</i>	58
<i>Gráfica 4.8: Pérdidas de inserción IH5 – Copreci</i>	59
<i>Gráfica 4.9. Analizador de espectros filtro Computime</i>	63
<i>Gráfica 4.10: Pérdidas de inserción filtro Computime.....</i>	63
<i>Gráfica 4.11: Pérdidas De inserción IH5 – Computime.....</i>	64
<i>Gráfica 4.12: Analizador de espectros filtro EGO</i>	68
<i>Gráfica 4.13: Pérdidas de inserción filtro EGO.....</i>	68
<i>Gráfica 4.14: Pérdidas De inserción IH5 - EGO</i>	69
<i>Gráfica 4.15: Analizador de espectros filtro Whirlpool</i>	73
<i>Gráfica 4.16: Pérdidas de inserción filtro Whirlpool.....</i>	73
<i>Gráfica 4.17: Pérdidas De inserción IH5 - Whirlpool.....</i>	74

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 4.1: Comparativa costes capacidades IH5 – Jaeger</i>	55
<i>Tabla 4.2: Comparativa costes choque modo común IH5 – Jaeger</i>	55
<i>Tabla 4.3: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Jaeger.....</i>	55
<i>Tabla 4.4: Comparativa costes filtros IH5 - Jaeger</i>	55
<i>Tabla 4.5: Comparativa tamaño IH5 - Jaeger.....</i>	56
<i>Tabla 4.6: Comparativa costes capacidades IH5 – Copreci</i>	59
<i>Tabla 4.7: Comparativa costes choque modo común IH5 – Copreci</i>	60
<i>Tabla 4.8: comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Copreci.....</i>	60
<i>Tabla 4.9: Comparativa costes filtros IH5 - Copreci</i>	60
<i>Tabla 4.10: Comparativa tamaño IH5 - Copreci.....</i>	60
<i>Tabla 4.11: Comparativa costes capacidades IH5 - Computime.....</i>	64
<i>Tabla 4.12: Comparativa costes choque modo común IH5 – Computime.....</i>	65
<i>Tabla 4.13: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Computime</i>	65
<i>Tabla 4.14: Comparativa costes filtros IH5 - Computime.....</i>	65
<i>Tabla 4.15: Comparativa tamaños IH5 – Computime</i>	66
<i>Tabla 4.16: Comparativa costes capacidades IH5 – EGO</i>	69
<i>Tabla 4.17: Comparativa costes choque modo común IH5 – EGO</i>	70
<i>Tabla 4.18: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – EGO</i>	70
<i>Tabla 4.19: Comparativa costes filtros IH5 - EGO</i>	70
<i>Tabla 4.20: Comparativa tamaños IH5 - EGO.....</i>	71
<i>Tabla 4.21: Comparativa costes capacidades IH5 - Whirpool.....</i>	74
<i>Tabla 4.22: Comparativa costes choque modo común IH5 – Whirpool</i>	75
<i>Tabla 4.23: Comparativa costes choque modo diferencial IH5 – Whirpool</i>	75
<i>Tabla 4.24: Comparativa costes filtros IH5 - Whirpool</i>	75
<i>Tabla 4.25: Comparativa tamaños IH5 - Whirpool.....</i>	75
<i>Tabla 4.26: Resumen comparaciones con IH5</i>	76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GFK Emer. <http://www.gfk-emer.com/>
- [2] Daniel Moros Sanz. “*Análisis funcional de inductores para encimeras Comerciales de calentamiento por inducción*”. Proyecto fin de carrera, 2007.
- [3] Henry W. Ott. “*Noise reduction techniques in Electronic Systems*”. AT&T Bell Laboratories, 1988.
- [4] Josep Balcells, Francesc Daura, Rafael Esparza, Ramón Pallás. “*Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*”. Boixareu Editores, 1992.
- [5] Antonio Pérez Jiménez. “*Caracterización multimodal de filtros de red y equipos electrónicos*”. Tesis doctoral.
- [6] CEDIC (Centro español de información del cobre), COOPER (European Copper Institute) “*Puesta a tierra y Compatibilidad Electromagnética. Fundamentos de la Compatibilidad Electromagnética (EMC)*”. Guía de calidad de la Energía Eléctrica. Mayo 2006.
- [7] D. José Luis Aparicio Marzo. “*Compatibilidad Electromagnética*”. División de Ingeniería Electrónica de la ETSI, Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.
- [8] Eunice Póndigo Vicente. “*Reducción de Interferencias Electromagnéticas en un sistema electrónico digital de alta velocidad*”. Tesis para el Instituto Politécnico Nacional.
- [9] Directiva 2004/108/EC del parlamento europeo y del consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la Directiva 89/336/CEE.
- [10] Directiva 2006/98 CE del parlamento europeo y del consejo de 12 de diciembre 2006 relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse dentro de determinados límites de tensión.

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- [11] Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de julio de 2005 por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- [12] Comunicación de la comisión en el marco de la aplicación de la directiva 89/336/CEE del consejo.
- [13] Eric Benedict. “*PCB design for EMI/EMC compliance*”. Seminario Wempec 21 Julio 2000.
- [14] Directivas Europeas 82/449 EEC y EN 336/89
- [15] CISPR 11 Ed.5: *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement.*
- [16] CISPR 14: *Electromagnetic Compatibility-Requirements for Household Appliance, Electric Tools, and Similar Apparatus.*
- [17] CISPR 16-2-1: *Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements.*
- [18] EMC Design Guideline for Microcontroller Board Layout. Nota de aplicación versión 2.0, Abril 2001.
- [19] CISPR 16-1-1: *Radio disturbance and immunity measuring apparatus. Measuring apparatus.*
- [20] “*Differential and common mode Noise*”. TE04EA-1.
- [21] J. Arrillaga, L. I. Eguílez. “*Armónicos en sistemas de potencia*”. Electra de Viesgo S.A. 1994.
- [22] <http://www2.rohde-schwarz.com/product/ESPI.html>
- [23] Kenneth L. Kaiser. “*Electromagnetic compatibility handbook*”. CRC Press.
- [24] http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/test_and_measurement/emc_field_strength/EMC_accesories_link/?pcat=rsproduct&pid=2973&pnodeid=288
- [25] http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/test_and_measurement/emc_field_strength/emc_accessories/

SISTEMA CARACTERIZADOR DE FILTROS DE RED PARA COCINAS DE INDUCCIÓN

JOSÉ CARLOS ALGÁRATE CASORRÁN

- [26] <http://testrf.com/2010/spectrum-analyzer-tutorial/>
- [27] <http://agamenon.tsc.uah.es/Asignaturas/ittst/lcom/apuntes/Pract0-equipos%20de%20medida.pdf>. Equipos de medida.
- [28] E. Soria, M. Martínez, J. V. Francés, G. Camps. “*Tratamiento Digital de señales*”. Pearson Educación S.A. 2003.
- [29] A. Lissner, E. Hoene, B. Stube, S. Guttowski. “*Predicting the influence of placement off passive components on EMI behaviour*”. IEEE