

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DE HORNOS INDUSTRIALES DE RADIOFRECUENCIAS Y MICROONDAS EN ESPAÑA Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD

Darío San Martín Ferrer

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías - Madrid. I.N.S.H.T.

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del estudio piloto realizado por el CNNT en 1990, se comprobó, tras efectuar mediciones en distintas empresas, que los puestos de trabajo, más directamente afectados por la exposición a radiaciones, eran los de alimentación, mantenimiento y recogida del producto en hornos industriales de radiofrecuencias y microondas.

En este tipo de hornos, las causas más probables de exposición a radiaciones son la eventual existencia de fugas en juntas o portillos y las posibles aproximaciones de los trabajadores a las fuentes de emisión. Ambas circunstancias pueden ser corregidas con medidas de fácil aplicación y sin grandes costes económicos.

A la vista de estos datos, se contempló la conveniencia de poner en marcha un Proyecto Nacional, que estudiase los problemas inherentes a este tipo de instalaciones, para lo cual había que conseguir una información a nivel general y diseñar una estrategia de actuación acompañada de los equipos y métodos de medida oportunos para completar la labor de campo necesaria.

Así quedó programado el Proyecto Nacional 517, con el mismo título que sirve de encabezamiento al presente artículo.

OBJETIVOS

Una vez estudiada la conveniencia de llevar a cabo este Proyecto Nacional, se fijaron una serie de objetivos como resultado de las acciones previstas en el mismo. Entre los más importantes pueden citarse:

- Conocer las características técnicas de los hornos en funcionamiento (potencias, frecuencias, nº de magnetrones, etc.)
- Valorar el estado de conservación, años de antigüedad, posibles puntos de fuga y protecciones de los mismos, si las hubiera.
- Evaluar la exposición a radiofrecuencias y microondas de los trabajadores, mediante la medición del nivel de densidad de potencia (mW/cm^2) y/o medida de los campos eléctricos (V/m) y magnético (A/m), así como las distancias a la fuente emisora y el tiempo efectivo de exposición.

- Efectuar un estudio de los datos obtenidos y comparar los niveles de exposición con los máximos valores recomendados por ACGIH, IRPA y ANSI.⁽¹⁾
- Elaborar un capítulo final de conclusiones, que resuma las condiciones de trabajo encontradas dentro del colectivo en estudio.

EQUIPOS

El CNNT cuenta con dos equipos para la medición de radiaciones electromagnéticas, dentro de las bandas correspondientes a radiofrecuencias y microondas.

El primero de ellos es un equipo medidor NARDA modelo 8616, con tres escalas de medida, con respuesta lenta o rápida, alarma acústica y tres sondas intercambiables que corresponden a los siguientes intervalos de frecuencia: uno de 0,3 a 10 MHz, el segundo de 10 a 300 MHz y el tercero de 300 a 40.000 MHz. Este equipo proporciona directamente la densidad de potencia de la radiación en mW/cm^2 , con margen de error del 0,2%.

(1) ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
IRPA: Asociación Internacional para la Protección contra las Radiaciones.
ANSI: Instituto Nacional Americano de Normas.

CONDICIONES DE TRABAJO Y SALUD

El segundo equipo medidor es un HOLADAY modelo HI-3002, provisto de dos sondas, una para campos magnéticos y otra para campos eléctricos (abarcando ambas los intervalos de frecuencia correspondientes a microondas y radiofrecuencias) y con posibilidad de cambiar el fondo de escala mediante un selector.

Las lecturas registradas en cada medición, reflejan los valores del campo eléctrico en V^2/m^2 , o del campo magnético en A^2/m^2 , según utilizemos una u otra sonda. Dichos valores vienen dados con un margen de error del 0,4%.

Este segundo equipo se complementa con un registrador DATALOGGER, modelo HI-3320, que va integrando el valor del campo en determinados intervalos de tiempo, pudiendo obtenerse, mediante una pequeña impresora, una serie de datos estadísticos tales como máximos y mínimos, valores medios, etc. en distintos períodos.

MÉTODOS DE MEDIDA

El método empleado para realizar las mediciones en hornos industriales ha sido, en esencia, el que se expone en los cuatro puntos siguientes:

- Obtención de los valores de campos eléctricos y magnéticos, en el puesto de trabajo donde usualmente se encuentra el operario que lo alimenta.
- Efectuar mediciones en las bocas de entrada y salida a distancias de 5, 10, 20, 50 y 100 cm (A más de 1 m las medidas obtenidas en este tipo de hornos son prácticamente nulas).
- Medir la radiación a lo largo de los perímetros de las compuertas de los distintos módulos, para detectar posibles fugas. Estas medidas se efectuaron también en todo tipo de juntas y rejillas que pudieran existir en el túnel de microondas. Se llevaron a cabo a distintas distancias, alejándose hasta que la medición fue nula.
- Por último, también se realizaron mediciones a lo largo de pasillos y zonas limítrofes al túnel, por las que pudiesen transitar los trabajadores, aunque no fuesen propiamente operadores del horno.

Dado que en la actualidad, no existe en nuestro país una reglamentación específica sobre la prevención y protección de los riesgos derivados de la exposición a radiofrecuencias y microondas, se consideraron aquellos criterios que regulan los riesgos objeto de estudio en el presente proyecto.

Por lo tanto, los valores obtenidos en las distintas mediciones han sido comparados con los valores límite recomendados por el IRPA, ANSI y TLV's⁽²⁾ propuestos por la ACGIH.

MÉTODO DE ACTUACIÓN

Tanto el planteamiento como el posterior desarrollo del Proyecto corrieron a cargo del CNNT, sin perjuicio de que el Programa de Planificación y Control de Actividades, de la Sub-

(2) Valores Límite Umbral.

dirección Técnica, se encargara de la conexión con los distintos Gabinetes Provinciales para ordenar las acciones previas necesarias y el posterior control y seguimiento del mencionado Proyecto.

Una vez elaborado un protocolo de actuación, todas las informaciones y datos obtenidos se recogieron en cuatro cuestionarios diseñados al efecto.

A la vista de la información recibida sobre las empresas que utilizan hornos de radiofrecuencias o microondas, se hizo un estudio de las características, antigüedad, sectores en que se emplean, tareas a las que se dedican, etc. y con estos datos se seleccionó una muestra representativa de los mismos que es la que ha servido para efectuar mediciones "in situ" y recabar los datos necesarios establecidos en el Proyecto.

La muestra elegida para su estudio fue de dieciséis hornos de microondas y radiofrecuencias, con un número aproximado de treinta trabajadores que operan directamente en los mismos. Las empresas a las que se giró visita pertenecen al sector textil, fabricación y secado de lanas, principalmente, y también a derivados del caucho (extrusión de perfiles).

En estas visitas se han estudiado una serie de factores, de los cuales se han tenido principalmente en cuenta:

- Antigüedad y estado de conservación.
- Número de magnetrones emisores.
- Potencia de salida.
- Frecuencia a la que se emite la radiación.
- Resultado de las mediciones en V^2/m^2 , A^2/m^2 o mW/cm^2 .
- Personal afectado.
- Características del puesto de trabajo.
- Existencia de protecciones especiales.

OBTENCIÓN DE DATOS Y MEDICIONES

□ En cuanto a la antigüedad, la muestra estudiada se puede clasificar, según porcentajes, de la siguiente manera:

Instalación	Período de tiempo en servicio (en años)	Porcentaje
Muy moderna	< 1	11%
Moderna	1 - 8	28%
Antigua	8 - 15	44%
Muy antigua	> 15	17%

Los estados de conservación de los hornos suelen guardar un paralelismo muy ajustado con la antigüedad. Los muy recientes no tienen problemas técnicos ni pérdidas de radiación; según aumenta el número de años en servicio, son más frecuentes las fugas y deben por lo tanto ser revisados con frecuencia, para detectar las pérdidas de radiación y sustituir los frisos de goma de los portillos y cualquier otro elemento deteriorado como consecuencia del envejecimiento.

En algún horno de instalación muy antigua, se llegó a medir alguna fuga cuya radiación alcanzaba una densidad de potencia de 60 mW/cm^2 que es un valor realmente alto. En este caso concreto, la propia empresa, consciente de los problemas que podían crearse, había decidido por propia iniciativa ponerlo fuera de servicio y reemplazarlo por un tren de microondas de nueva instalación, en un plazo de dos o tres meses.

□ Los trenes de secado y extrusión de tipo medio, que representaban casi el 90% de la muestra estudiada, tienen 4 ó 5 magnetrones emisores, situados en 4 ó 5 cámaras centrales con portillos, quedando, por lo general, dos cámaras libres de magnetrones en los extremos del tren, que cumplen el papel de cámaras de resonancia. (Figura 1)

Excepcionalmente hay trenes de gran longitud que llegan a tener hasta 12 magnetrones con sus correspondientes cámaras de resonancia en los extremos.

□ Respecto a las potencias de salida de los hornos estudiados en la muestra, el 90% de ellos oscilan de 10 a 12 kW, habiéndose observado en un tren de secado de lanas la máxima potencia de emisión que se elevaba a 50 kW.

□ Dentro de los hornos visitados para este Proyecto, el 90% emiten la radiación dentro de la banda de frecuencias de las microondas (concretamente a 2450 MHz) y sólo en unos pocos casos se han encontrado radiaciones de 27,12 MHz (y alguna más baja), que corresponden a la banda de radiofrecuencias.

□ Las mediciones llevadas a cabo en las empresas visitadas se realizaron mayoritariamente con el equipo NARDA

8616, registrando directamente densidades de potencia, aunque en algunos casos también se utilizó el equipo HOLADAY HI-3002 cuantificando los campos eléctrico y magnético.

Para dar uniformidad a los datos obtenidos, las medidas de campos eléctricos (V^2/m^2) y magnéticos (A^2/m^2) han sido pasados, mediante las fórmulas de conversión, a valores de densidad de potencia (mW/cm^2).

Los valores de la densidad de potencia de los campos electromagnéticos, medidos en los puestos de trabajo, clasificados según la frecuencia de emisión de los hornos y comparados con los TLV's dados por la ACGIH, se recogen en el cuadro siguiente (Cuadro 1).

Como puede verse en este cuadro, los valores registrados en los PUESTOS DE TRABAJO son bastante menores que los TLV's recomendados por la ACGIH.

Solamente en un caso especial (señalado en el cuadro con asterisco) se registró un valor superior al TLV. El problema se producía por la posición excesivamente próxima a la boca de salida del horno, en que el operario recogía el producto una vez seco. La corrección de estas condiciones de trabajo la veremos más adelante al hablar de protecciones para los hornos.

A la vista de las mediciones efectuadas en hornos de radiofrecuencias y microondas, vamos a comparar los valores obtenidos con los aconsejados por tres de los principales organismos que se han dedicado al estudio de este tipo de radiaciones: ACGIH, IRPA y ANSI.

Para tener una visión clara y al mismo tiempo gráfica de los datos obtenidos, se representan en la página siguiente unos ejes de coordenadas (en los cuales en el de abscisas se dan valores de frecuencias en MHz y en el de ordenadas valores de densidad de potencia en mW/cm^2). Las gráficas correspondientes a

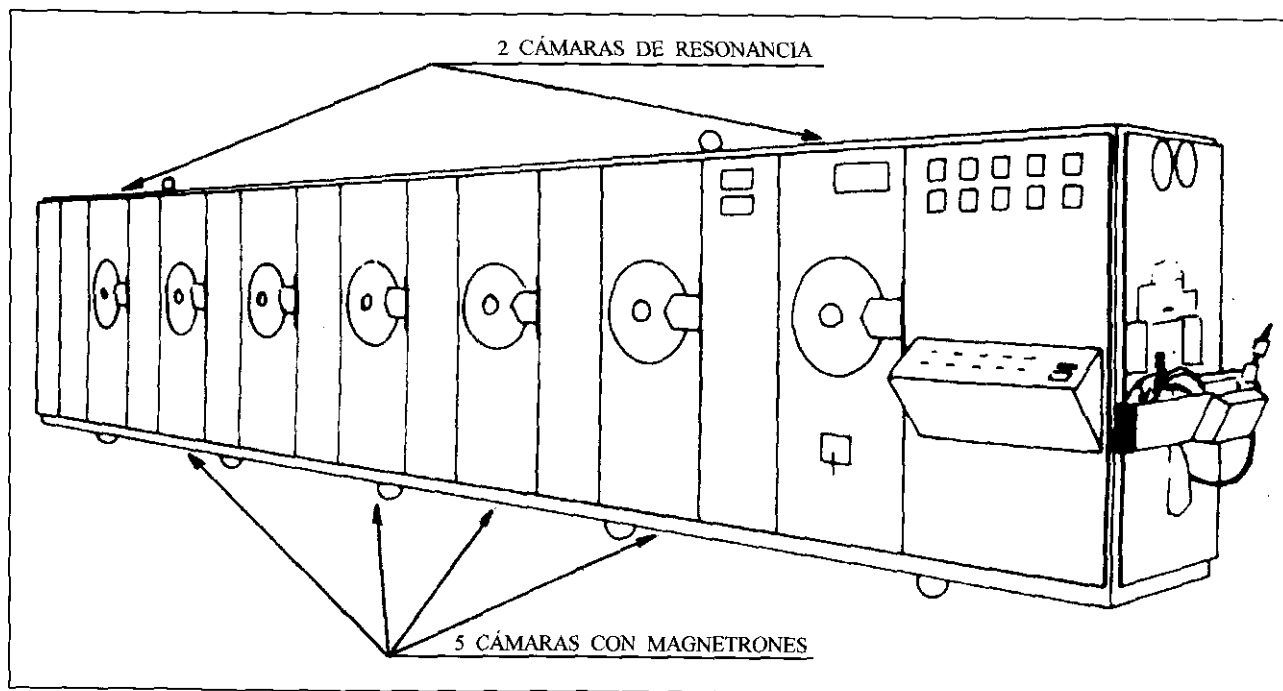


Figura 1. Túnel de microondas TMC 12,5/05/07 12,5 kW de potencia

CUADRO 1
Muestra de hornos industriales

Valores de campos electromagnéticos en puestos de trabajo			
Frecuencia de emisión del horno en (MHz)	Porcentaje de la muestra total (%)	Densidades de potencia en (mW/cm ²) en los puestos de trabajo	TLV en (mW/cm ²) dado por la ACGIH
2450 M.O.	5,5	0,05	10
	38,7	0,1	
	27,7	0,2	
	16,6	0,5	
	6,0	0,8	
27,12 R.F.	27,0	0,3	1
	72,0	0,5	
	1,0	1,5*	
2,5 R.F.	100,0	40,0	100

los tres organismos antes mencionados se delimitan claramente y las zonas en que están recogidos los valores de las mediciones efectuadas, tanto en puestos de trabajo, como en bocas de entrada y salida y puntos de fuga en portillos y rejillas, se muestran patentemente.

Como se comprueba en el gráfico, para la banda de frecuencias que corresponde teóricamente a las microondas (300 MHz-300 GHz), los límites recomendados por IRPA y ANSI son los mismos, mientras que los TLV's de la ACGIH son más permisivos, aumentando de 5 a 10 mW/cm² la densidad de potencia máxima recomendada.

Los valores "valle" de la gráfica, comprendidos entre 30 y 400 MHz (de 30-100 MHz en el caso de la ACGIH), son los mismos para los tres organismos, siendo el valor máximo recomendado de 1 mW/cm². Vemos que esta banda de frecuencias puede considerarse como la más agresiva para el organismo, en cuanto a los efectos de las radiaciones, dado que el límite recomendado es el más bajo del diagrama.

Según los valores recogidos en el gráfico, se observa que los correspondientes a puestos de trabajo, tanto en emisiones de 2450 MHz como de 27,12 MHz, son inferiores a los límites recomendados por IRPA, ANSI y ACGIH. En las emisiones a 2,5 MHz, se han registrado densidades de potencia superiores al recomendado por el IRPA (que es el más restrictivo), pero no supera los establecidos por ANSI y ACGIH. No obstante, como medida de precaución y dado que la densidad de potencia de la radiación disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia, será suficiente separar el puesto de trabajo un par de metros de la boca del horno, para corregir la situación de este caso concreto.

El personal afectado directamente por el manejo de este tipo de hornos ha sido (dentro de la muestra estudiada) de 30 trabajadores. La media de edad de los operarios encuestados es de 43 años, teniendo el más joven veintinueve, y el mayor cincuenta y cuatro.

En cuanto a la posible aparición de algún síntoma (dolor de cabeza, molestias visuales, nerviosismo, etc.), que pudiese estar

relacionado con la exposición a microondas, no se encontró ningún dato objetivo que permita establecer una relación causa-efecto.

En cuanto a los puestos de trabajo estudiados, las labores principales que se llevan a cabo son las de puesta en marcha y vigilancia del funcionamiento de los hornos y la alimentación y recogida de la materia prima utilizada en el proceso (lana, caucho, etc.). Este trabajo lo suele realizar un solo operario, aunque en algunos hornos (debido al volumen o velocidad del proceso) son dos los trabajadores que lo atienden.

La media de antigüedad de este personal en puestos de hornos es de 4 años y la media de permanencia en la empresa, 9 años. La jornada laboral, en la práctica totalidad de los casos, es de 8 horas al día y la distancia de los puestos de trabajo a la boca del horno oscila entre un metro y medio y dos metros.

Por lo general, los trabajadores que desarrollan estas funciones no suelen utilizar protecciones personales específicas, ya que en la actualidad no están homologadas.

En varios de los hornos estudiados han sido instalados, por parte de las empresas, diversos tipos de protecciones especiales (en su mayoría aconsejados por técnicos de este CNNT), que han resultado muy eficaces para reducir la exposición a las radiaciones a que pudieran estar sometidos los trabajadores.

Uno de los casos en que resultó más útil la protección recomendada fue en la boca de salida de un horno de radiofrecuencias, destinado al secado de lanas, en el cual el operario encargado de la recogida del producto seco efectuaba la operación en un punto sometido a una radiación por encima del TLV.

La solución recomendada fue prolongar la cinta transportadora hasta una distancia de 3 metros de la boca de salida y proteger los laterales con sendas pantallas de vidrio metalizado, para evitar el acceso de los operarios a la zona de más radiación.

Las medidas descritas pueden verse en la Figura 2.

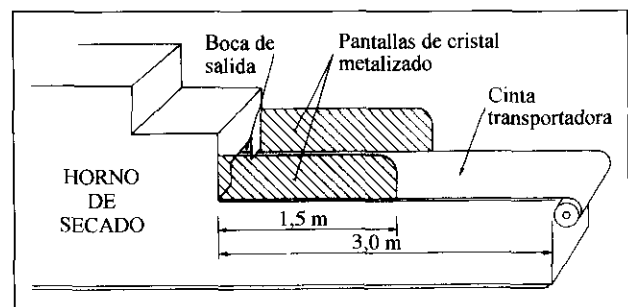
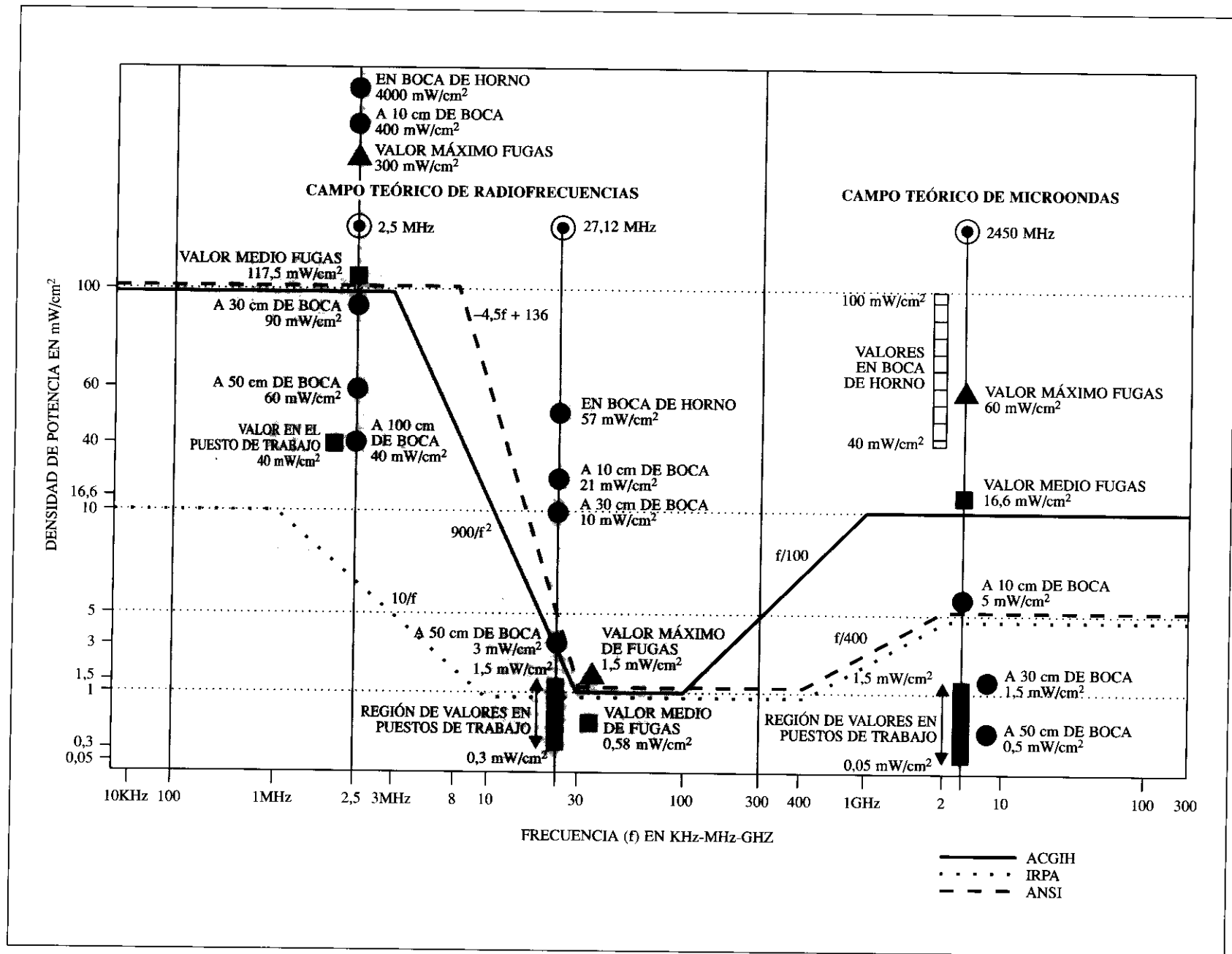


Figura 2

Otra forma de protección consiste en instalar, en las bocas de entrada, un regulador metálico vertical del tipo guillotina, que permite limitar la abertura del horno, disminuyendo así la difusión de radiaciones. (Figura 3)

También se pueden instalar, para proteger a los operarios de la radiación, pantallas metálicas y faldones abatibles, tanto en bocas de entrada como de salida. (Figura 4)



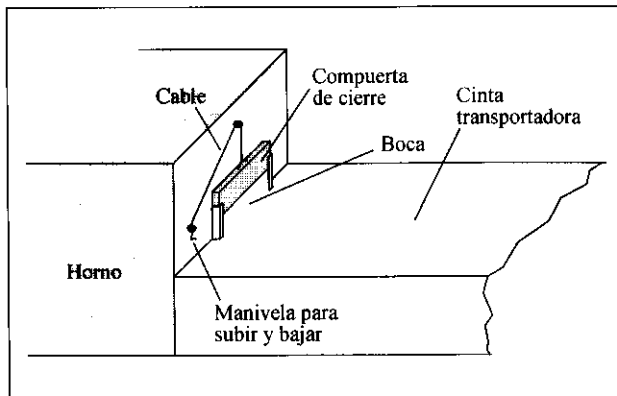


Figura 3

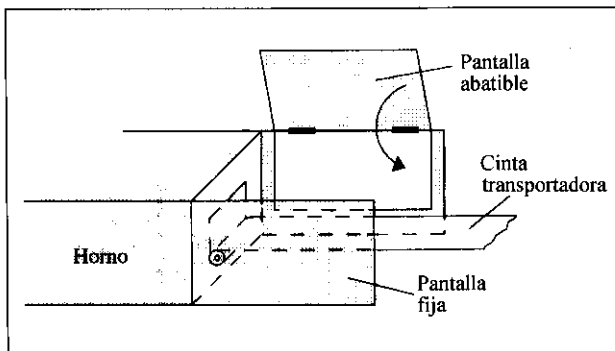


Figura 4

En cuanto a posibles fugas, si éstas se producen a través de rejillas y con radiación elevada, se puede proteger a los trabajadores, instalando pequeñas pantallas metálicas delante de las mismas, del modo que se describe en la Figura 5.

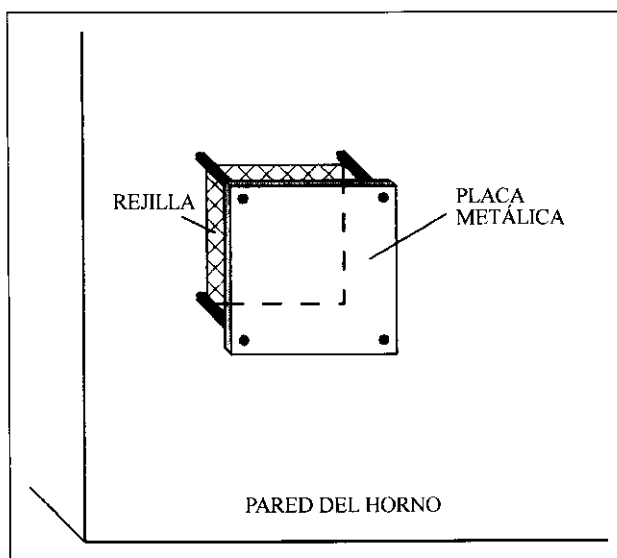


Figura 5

Por último, si las fugas se producen en los perímetros de los portillos, la mejor medida de precaución es la revisión periódica de los mismos para comprobar el buen estado de los frisos de goma y verificar que rodean el perímetro completo, garantizando así la hermeticidad del cierre.

También es importante revisar las bisagras y manivelas o tornillos de cierre, para asegurar el buen funcionamiento de los mismos.

Asimismo, se deben evitar los portillos rectangulares del tipo guillotina (que eran propios de los hornos antiguos) ya que su cierre es bastante deficiente, siendo mucho más seguros los circulares (de ojo de buey), que corrientemente se encuentran en los hornos más modernos.

CONCLUSIONES FINALES

El núcleo más importante del Proyecto, que consistía en el estudio y medición de los puestos de trabajo, reveló que las densidades de potencia, a que están expuestos los operadores de los hornos, son menores que los límites recomendados por la ACGIH, IRPA y ANSI, salvo dos casos que superaban la recomendación más restrictiva del IRPA y que fueron corregidos con medidas de protección, determinadas por técnicos del CNNT.

En virtud de la muestra de hornos industriales seleccionada y dado que se estudiaron trenes de calentamiento y secado que emiten a frecuencias, tanto de microondas, como de radiofrecuencias abarcando las bandas de MEDIA, ALTA y ULTRA ALTA, se puede concluir que este estudio, a pesar de la dificultad inicial para localizar las empresas, puede representar las condiciones generales de trabajo de la población que ejerce su actividad en esta clase de procesos.

Se puede indicar que el uso de hornos industriales de radiofrecuencias y microondas no está excesivamente extendido en España. Actualmente, las aplicaciones más generalizadas son: como secadero de lanas (textil) y vulcanización de perfiles de caucho (derivados del caucho).

Algunos de los trabajadores encuestados manifestaron un cierto recelo hacia estas radiaciones, provocado generalmente por el desconocimiento de lo que es en sí la radiación, de sus posibles efectos, de las medidas de prevención y de los límites permisibles. Estos prejuicios disminuyen notablemente con una buena labor de formación e información.

La población trabajadora manifestó, en general, una buena aceptación de su puesto de trabajo. No señalaron trastornos importantes de salud, salvo algún dolor esporádico de cabeza o ligero nerviosismo temporal, que no se pueden considerar datos objetivos que permitan establecer una relación causa-efecto.

Por tanto, podemos concluir significando que el funcionamiento y estado de conservación del conjunto de hornos industriales de radiofrecuencias y microondas, en España, se encuentra dentro de unos límites aceptables y que las fugas debidas al deterioro de cierres y envejecimiento de juntas han sido convenientemente detectadas, recomendando a las empresas un control periódico de las mismas, para conocer los elementos en mal estado pudiendo así proceder a su sustitución.

Se recogen en un cuadro final las MEDIDAS DE CONTROL que estimamos más aconsejables. (Cuadro 2)

CUADRO 2

Medidas de control aconsejables para hornos industriales de R.F. y M.O.*

Puestos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar que la radiación esté por debajo de los límites recomendados por ACGIH, IRPA y ANSI. En caso de sobrepasar estos límites: - Prolongar cintas transportadoras. - Instalar pantallas laterales. - Incluir faldones, pantallas abatibles y guillotinas en bocas de entrada y salida. - Adecuar la distancia (50 cm-1 m) al foco emisor.
Hornos	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión periódica de mecanismos de cierre y frisos de goma en el perímetro de los portillos. - Sustitución de hornos con más de 20 años, por otros de nueva instalación.
Operadores de hornos	<ul style="list-style-type: none"> - Facilitar información a los trabajadores sobre las radiaciones, medidas de prevención y límites permisibles. - No existen protecciones personales homologadas

* R.F. = Radiofrecuencias
M.O. = Microondas

BIBLIOGRAFÍA

O.I.T. Occupational Hazards from Non-Electromagnetic Radiation (Occupational Safety and Health series nº 53), 1985.

O.M.S. Criterios de la Salud Ambiental 16. Radiofrecuencias y Microondas nº 468, 1984.

TREMOLIERE, Jaques. Les ondes electromagnetiques, un risque á connaitre.

R.G.S. nº 45 Decembre 1985.

P. COOK, Nigel. Microwave Processing and Engineering. Chichester England: Horwood, 1986.

TLV's VALORES LIMITE E INDICES BIOLÓGICOS DE EXPOSICIÓN PARA 1992-1993. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.) American Industrial Hygiene Association. Spanish Section.

INFORMES TÉCNICOS A EMPRESAS ELABORADOS POR EL C.N.N.T. DE MADRID (I.N.S.H.T.)

GALLARDO AGUILAR, E., GÓMEZ-CANO HERNÁNDEZ, M. MALDONADO GONZÁLEZ, J., RUPÉREZ CALVO, M.J., SAN MARTÍN FERRER D. "Radiaciones no ionizantes. Prevención de riesgos".

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Mayo 1988.

SAN MARTÍN FERRER, D. Radiaciones electromagnéticas, Microondas y Radiofrecuencias, Hornos Industriales. Documento Técnico 67:91.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Septiembre 1991.