

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 919**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/68** (2006.01)

**A61M 1/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2009 E 09793619 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **17.08.2011 EP 2356879**

54 Título: **Dispositivo y método para controlar energía**

30 Prioridad:

**10.11.2008 US 193248 P**

**22.10.2009 US 253893 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.02.2013**

73 Titular/es:

**GOJI LIMITED (100.0%)**  
**8 Par-La-Ville Road P.O. Box HM3399 HM PX**  
**Hamilton HM08, BM**

72 Inventor/es:

**BILCHINSKY, ALEXANDER y**  
**BEN-SHMUEL, ERAN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 394 919 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo y método para controlar energía.

**Campo de la invención**

5 La presente solicitud, en algunas realizaciones de la misma, se refiere en general a la disipación de energía electromagnética (EM) en una carga y, más en particular pero no exclusivamente, al calentamiento por RF, por ejemplo energía de microondas o UHF para descongelar, calentar y cocer.

**Antecedentes de la invención**

10 El calentar objetos usando radiación de alta frecuencia está ampliamente extendido y comprende los hornos microondas (MW) domésticos usados comúnmente, así como hornos comerciales que usan energía MW, principalmente en combinación con otros medios de calentamiento, tales como vapor, aire caliente y elementos de calentamiento por infrarrojos.

15 Entre los muchos problemas asociados a los hornos MW está una falta de uniformidad en el calentamiento, lo cual a menudo da como resultado puntos calientes y puntos fríos que reflejan la onda estacionaria en el interior de la cavidad. Muchos de los intentos para mejorar la uniformidad en tales dispositivos incluyeron el incrementar el número de modos en el interior de la cavidad (por ejemplo, mediante el modo agitación y/o moviendo la carga durante el calentamiento).

20 En algunos casos, en los que se usaban múltiples frecuencias, los dispositivos fueron configurados para medir la eficiencia de la transferencia de energía a la cavidad en diferentes frecuencias transmitidas y, entonces, transmitir la energía a la carga sólo en frecuencias que tuvieran una eficiencia relativamente elevada, con la intención de que se debiera incrementar la eficiencia de la transferencia de energía a la carga.

Calentar un objeto cambia sus características de disipación en diferentes frecuencias. Por ejemplo, una frecuencia que es disipada en la carga a una tasa antes de calentar puede disipar a una tasa diferente (más alta o más baja) después de que tenga lugar algún calentamiento o movimiento de la carga.

25 Los antecedentes de la técnica son proporcionados por los documentos de patente de EE.UU. US 4 196 332 A, internacional WO 02/23953 A1, internacional WO 91/07069 A1 y de EE.UU. 2 896 828 A.

30 El documento de patente de EE.UU. US 4 196 332 A describe un horno microondas de frecuencia controlada que tiene una cavidad de horno, una fuente microondas con agilidad de frecuencia para energizar la cavidad del horno, un detector para detectar la absorción de energía en una carga a varias frecuencias de fuente dentro de un ancho de banda y un circuito de control para ajustar la fuente de microondas en frecuencias según se determine por los niveles de absorción de potencia. Las frecuencias a las cuales la cavidad del horno es energizada son seleccionadas mediante el sistema de control para obtener una reflexión de energía baja de la cavidad y para obtener uniformidad de calentamiento mediante la superposición de diferentes patrones de calentamiento producidos por las diferentes frecuencias de funcionamiento.

35 El documento de patente internacional WO 02/23953 A1 describe un horno microondas y un método para calentar una carga que está colocada dentro del mismo. Un modo predeterminado en la cavidad del horno microondas es alimentado por medio de un puerto de alimentación asociado el cual está dispuesto para alimentar esencialmente sólo el modo pretendido, siendo esencialmente impedida la alimentación de un modo distinto del modo predeterminado pretendido.

40 El documento de patente internacional WO 91/07069 A1 describe un aparato de ondas en radiofrecuencia que incluye un aplicador el cual proporciona múltiples modos de procesamiento secuenciados. Los modos en el aplicador son seleccionados para adaptarse a cada etapa del procesado de un material. El aparato puede incluir múltiples intensidades la cuales acoplan las ondas de radiofrecuencia al aplicador por medio de sondas.

45 Finalmente, el documento de patente de EE.UU. 2 895 828 A describe un método de calentamiento y un aparato electrónico que implica el uso de dos fuentes de energía de ondas electromagnéticas de ultra-alta frecuencia distintas y relacionadas.

**Resumen de la invención**

La presente invención es un método de irradiar una carga según se define en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. También se proporciona un aparato según se define en la reivindicación 11.

50 De acuerdo con algunas realizaciones se proporciona un aparato y un método para irradiar una carga con un espectro de frecuencias de irradiación. La irradiación es realizada transmitiendo diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias. La cantidad de energía transmitida en cada frecuencia es controlada mediante, al menos, variar la duraciones respectivas durante las cuales se transmiten las correspondientes frecuencias.

- De acuerdo con un aspecto de las presentes realizaciones, se proporciona un método de irradiar una carga en el cual se suministran diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias variando las respectivas duraciones durante las cuales se transmiten las frecuencias correspondientes. Por lo tanto, una frecuencia de la cual se requiere mucha energía se transmite durante una cantidad de tiempo más larga y una frecuencia de la cual se requiere una energía pequeña es transmitida durante una cantidad de tiempo más corta.
- 5 El irradiar la carga puede ser realizado en una cavidad de resonancia.
- El irradiar la carga puede ser controlado para obtener un patrón de disipación de energía predeterminado en la carga.
- El irradiar la carga puede ser realizado a un nivel de transmisión de energía fijado.
- 10 El irradiar la carga puede ser realizado a un nivel de transmisión de potencia máximo para cada una de las frecuencias transmitidas respectivamente. El mantener el amplificador trabajando a una potencia máxima de diseño permite que se usen amplificadores más baratos.
- El irradiar la carga puede ser controlado para limitar la cantidad máxima de energía proporcionada a cada una de las diferentes frecuencias.
- 15 El irradiar la carga puede ser controlado para limitar la cantidad total de energía proporcionada a las diferentes frecuencias durante un período de transmisión.
- Un período de transmisión puede ser un ciclo de transmisión o un ciclo de trabajo.
- El irradiar la carga puede ser controlado para limitar las duraciones totales durante las cuales las frecuencias individuales son transmitidas.
- 20 El irradiar la carga puede ser controlado para maximizar la energía posible en cada una de las frecuencias transmitidas.
- Al menos dos frecuencias son transmitidas en al menos dos potencias distintas de cero diferentes.
- El método puede comprender:
- irradiar la carga con el espectro de frecuencias de irradiación;
- 25
  - medir un espectro acoplado y reflejado (espectro RC) resultante;
  - inferir información de disipación actual de la carga en vista del espectro RC; y
  - establecer el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con la información de disipación en la cual el establecimiento comprende el transmitir diferentes cantidades de energía en frecuencias diferentes mediante la variación de las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.
- 30 El método puede comprender:
- irradiar la carga con el espectro de frecuencias de irradiación, de tal forma que la energía es absorbida por la carga;
  - medir un espectro RC resultante;
  - inferir información de disipación actual de la carga en vista del espectro RC; y
- 35
  - modificar el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con la información de disipación en la cual la modificación comprende el transmitir diferentes cantidades de energía en frecuencias diferentes mediante la variación de las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.
- Las frecuencias pueden estar dispuestas en serie para formar un ciclo de trabajo.
- El método puede comprender el realizar el ciclo de trabajo de forma repetitiva.
- 40 Las frecuencias son variadas dentro del ciclo de trabajo.
- El método puede comprender el activar/desactivar frecuencias de forma diferencial sobre las repeticiones del ciclo de trabajo para variar las duraciones totales de irradiación en las respectivas frecuencias de irradiación de la carga.
- En el método, la activación diferencial se puede llevar a cabo mediante el desactivar una frecuencia para algunos de los ciclos o cambiarla a una potencia inferior para algunos de los ciclos.
- 45 De acuerdo con un segundo aspecto de las presentes realizaciones se proporciona un método para irradiar una

carga con un espectro de frecuencias de irradiación, teniendo la carga información de disipación la cual varía como una función de un estado de disipación de la carga, comprendiendo el método el modificar el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con la variación de la información de disipación en el que la modificación comprende el variar las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.

5 De acuerdo con un tercer aspecto de las presentes realizaciones se proporciona un aparato para irradiar una carga, que comprende:

a. una alimentación de energía que funciona para transmitir energía a una cavidad para resonar en presencia de la carga en una pluralidad de frecuencias; y

10 b. un controlador que funciona para variar las respectivas duraciones durante las cuales las correspondientes frecuencias son transmitidas.

En una realización, el controlador está configurado para llevar a cabo la variación de forma repetida.

15 En una realización, el controlador está configurado para irradiar la carga con el espectro de frecuencias de irradiación de acuerdo con las respectivas duraciones, para medir un espectro acoplado y reflejado (espectro RC) resultante, para inferir información de disipación actual de la carga en vista del espectro RC y para fijar el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con la información de disipación.

En una realización, el controlador está configurado para activar/desactivar frecuencias de forma diferencial sobre repeticiones de un ciclo de trabajo de las frecuencias, para variar de este modo la duración total de las respectivas frecuencias en la irradiación de la carga.

20 A menos que se defina de otra manera, todos los términos técnicos y científicos usados aquí tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto normal en la técnica a la cual pertenece esta invención. Los materiales, métodos y ejemplos proporcionados aquí son sólo ilustrativos y no se pretende que sean limitadores.

25 La palabra "ejemplar" es usada aquí para significar "que sirve como un ejemplo, caso o ilustración". Cualquier realización descrita como "ejemplar" no es necesariamente para ser interpretada como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones y/o para excluir la incorporación de particularidades de otras realizaciones.

La palabra "opcionalmente" es usada aquí para significar "es provisto en algunas realizaciones y no provisto en otras realizaciones". Cualquier realización particular de la invención puede incluir una pluralidad de particularidades "opcionales" a menos que tales particularidades entrasen en conflicto.

30 La implementación del método y/o sistema de realizaciones de la invención puede implicar el realizar o completar tareas seleccionadas manualmente, automáticamente o una combinación de las mismas. Esto se refiere, en particular, a tareas que implican el control del equipo tal como un microondas, secador y otros similares. Además, de acuerdo con el equipo y la instrumentación real de las realizaciones del método y/o sistema de la invención, varias tareas seleccionadas podrían ser implementadas mediante hardware, mediante software o mediante firmware o mediante una combinación de los mismos que use un sistema operativo.

35 Por ejemplo, el hardware que ejecuta tareas seleccionadas de acuerdo con realizaciones de la invención podría ser implementado como un chip o un circuito. Como software, podrían implementarse tareas seleccionadas de acuerdo con las realizaciones de la invención como una pluralidad de instrucciones de software que son ejecutadas por una computadora que usa cualquier sistema operativo adecuado. En una realización ejemplar de la realización, una o más tareas de acuerdo con realizaciones de la invención y/o sistemas ejemplares según se describen aquí son ejecutadas mediante un procesador de datos, tal como una plataforma computacional para ejecutar una pluralidad de instrucciones. Opcionalmente, el procesador de datos incluye una memoria volátil para almacenar instrucciones y/o datos y/o un almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco duro magnético y/o medio extraíble, para almacenar instrucciones y/o datos. Opcionalmente, se proporciona así mismo una conexión de red. Así mismo, se proporcionan una pantalla visualizadora y/o un dispositivo de entrada de datos del usuario tal como un teclado o ratón.

### Breve descripción de los dibujos

45 La invención es descrita aquí, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que acompañan. Con referencia específica ahora a los dibujos en detalle, se subraya que las particularidades mostradas son a modo de ejemplo y para propósitos de discusión ilustrativa de las realizaciones preferidas de la presente invención solamente y son presentadas con el fin de proporcionar lo que se cree que es la descripción más útil y fácilmente entendida de los principios y aspectos conceptuales de la invención. A este respecto, no se ha hecho intento alguno de mostrar detalles estructurales de la invención con más detalle que el que sea necesario para un entendimiento fundamental de la invención, haciendo la descripción tomada con los dibujos claro a los expertos en la técnica cómo pueden ser materializadas varias formas de la invención en la práctica.

En los dibujos:

La figura 1A es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método para la irradiación de una carga de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

5 La figura 1B es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención para proporcionar irradiación de energía controlada a una carga cuya información de disipación varía dependiendo del estado de energía de la carga.

La figura 1C es un diagrama de flujo simplificado de un método de controlar la cantidad de energía que se disipa en una carga en cada frecuencia transmitida a través de la modulación del período en el cual cada frecuencia es transmitida de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

10 La figura 2 es un diagrama de flujo ejemplar de controlar la transferencia de energía mediante irradiación en una pluralidad de frecuencias.

La figura 3 representa esquemáticamente un dispositivo de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

15 Las figuras 4A y 4B representan gráficas esquemáticas de potencia frente a frecuencia para un función de decisión ejemplar.

La figura 5 es un escenario ejemplar de controlar un ciclo de trabajo para irradiar una carga, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

#### Descripción detallada de realizaciones ejemplares

20 Las presentes realizaciones comprenden un aparato y un método para controlar la cantidad de energía UHF o microondas que se disipa en una carga en cada frecuencia transmitida y, en particular, a un control tal que se hace a través de la modulación del período en el cual cada frecuencia es transmitida, particularmente dentro de un ciclo de trabajo de las frecuencias. La disipación de energía puede ser usada, por ejemplo, para cualquier forma de calentamiento que utilice irradiación de energía, a veces sin incremento de temperatura, e incluye uno o más de derretir, descongelar, templar, cocer, secar, etc.

25 Las solicitudes de patente PCT n° WO2007/096877 ('877) y n° WO2007/096878 ('878), ambas por Ben-Shmuel y otros (ambas publicadas el 3 de agosto de 2.007) incorporadas aquí como referencia, describen métodos y dispositivos para calentamiento electromagnético. Algunos métodos descritos comprenden los pasos de colocar un objeto que va a ser calentado en una cavidad y alimentar energía UHF o microondas en la cavidad por vía de una pluralidad de alimentaciones y una pluralidad de frecuencias.

30 La solicitud de patente PCT n° WO2008/102,360 ('360), por Ben-Shmuel y otros, publicada el 28 de agosto de 2.008, incorporada aquí como referencia, describe, entre otros, un método para secar un objeto que comprende el aplicar energía RF de banda ancha a un objeto en una cavidad, de una manera controlada, el cual mantiene el objeto dentro de un programa de temperatura temporal y dentro de un perfil espacial deseado; y el terminar el secado cuando, al menos, se estima que el nivel de secado deseado se ha alcanzado.

35 La solicitud de patente PCT n° WO2008/102,334 ('233), por Ben-Shmuel y otros, publicada el 28 de agosto de 2.008, incorporadas aquí como referencia, describe, entre otros, un método para congelar un cuerpo o una porción de un cuerpo. El método comprende el exponer al menos una parte del cuerpo a un refrigerante que tiene una temperatura por debajo del punto de congelación del cuerpo y al mismo tiempo hacer funcionar un calentador electromagnético, para mantener la al menos parte del cuerpo a una temperatura por encima de su punto de congelación; y reducir el  
40 calentamiento electromagnético para permitir que la al menos una parte del cuerpo se congele. El calentador electromagnético comprende un resonador y la parte calentada del cuerpo es calentada en el interior del resonador.

Los métodos mencionados anteriormente de '877, '878 y '233 tienen en cuenta el ratio de disipación en cada frecuencia transmitida y la cantidad máxima de potencia que puede ser transmitida en esa frecuencia. Los métodos apuntan a veces a deducir la cantidad de energía que va a ser transmitida en cada frecuencia de tal forma que sólo  
45 una cantidad de energía deseada es disipada.

Los métodos mencionados anteriormente de '877, '878 y '233 describen, además, la opción de transmitir potencia solamente (o principalmente) en bandas que ante todo se disipan en la carga. Tal transmisión puede usarse, por ejemplo, para evitar o reducir significativamente la disipación en corrientes superficiales o entre alimentaciones, por ejemplo antenas que incluyen múltiples alimentaciones o antenas. La transmisión puede seer realizada, por  
50 ejemplo, de tal forma que la potencia disipada en el objeto sea sustancialmente constante para todas las frecuencias transmitidas (lo cual puede ser calificado como un patrón de disipación de energía homogénea en la carga). Una transmisión de este tipo permite una disipación de energía por frecuencia en la carga esencialmente igual, sin tener en cuenta la composición y/o geometría de la carga, mientras que la potencia alimentada y la eficiencia de la transferencia de energía pueden ser diferentes para frecuencias diferentes.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un método para irradiar una carga con un espectro de frecuencias, medir un espectro acoplado y reflejado (espectro RC) resultante, inferir a partir del espectro RC la disipación espectral de la carga según es modificada durante el curso de la irradiación y modificar el espectro de irradiación en respuesta al cambio del espectro de disipación. “Disipación espectral” o “información de disipación” de una carga puede ser tomado para significar los ratios de disipación de una pluralidad de frecuencias transmitidas en la carga.

Alternativa o adicionalmente, modificar la irradiación se realiza mediante regular dinámicamente uno o más parámetros para controlar la cantidad de energía que se disipa en una carga en cada frecuencia transmitida en un ciclo de trabajo. La regulación está basada en la información espectral recuperada de la carga. La información espectral puede comprender y/o ser derivada de uno o más del espectro RC, los parámetros S completos del dispositivo, la Disipación Espectral de la carga, los ratios de disipación de las frecuencias transmitidas en la carga, el factor Q asociado a los picos de disipación y/o la máxima potencia que puede ser transmitida a la cavidad en cada una de tales frecuencias. Tales parámetros para controlar el calentamiento pueden ser o incluir el tiempo asignado para cada frecuencia y/o la potencia asignada para cada frecuencia y otros similares.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el tiempo de transmisión para cada frecuencia es regulado de tal forma que una energía deseada sea disipada en la carga en cualquier frecuencia dada. En un protocolo así, el tiempo de transmisión puede ser usado para compensar, para casos que tienen un ratio de disipación de energía relativamente bajo y/o entrada de potencia máxima baja, mediante el asignar más tiempo para tales frecuencias (por ejemplo, si se desea una transmisión de energía relativamente alta para tales frecuencias en un ciclo dado). La energía deseada que es disipada en la una carga en una frecuencia dada es tal que puede concordar con un patrón de disipación deseado en la carga. De acuerdo con ello, la energía deseada puede ser, por ejemplo, un valor absoluto por frecuencia o un valor relativo (comparado con otra frecuencia transmitida) o una combinación de ambos. Puede también estar relacionada con la cantidad total de energía que debería ser disipada en una pluralidad de frecuencias y el patrón (ratio de disipación relativa) entre ellas. Un patrón de disipación en la carga significa la cantidad relativa y/o absoluta de energía que necesita ser disipada en una carga que está expuesta a irradiación en cada frecuencia o una pluralidad de frecuencias. El patrón puede estar relacionado con las frecuencias (por ejemplo, disipar una cantidad dada o relativa por una frecuencia) y/o relacionada con el lugar (por ejemplo disipar una cantidad dada o relativa en un lugar de la carga) u otro parámetro o característica de la información espectral (posiblemente a través de la banda de trabajo completa). Por ejemplo, un patrón de disipación puede ser homogéneo (esencialmente la misma cantidad de energía a ser disipada por una pluralidad de frecuencias y/o una pluralidad de lugares). Por ejemplo, para una disipación de energía homogénea, todos o una mayoría significativa (por ejemplo 51% o más, 60% o más, 80% o más, o incluso 95% o más), de los valores de energía disipada para cada frecuencia en un ciclo de calentamiento debe ser similar (por ejemplo la diferencia máxima es menor que 40%, 20%, 10%, 5% del valor medio). En otros patrones, puede existir una relación diferente. Por ejemplo, en algunos protocolos que pueden ser usados para descongelar, una cantidad de energía relativamente pequeña (si hay alguna) es disipada para frecuencias que tienen un ratio de disipación elevado, mientras que una cantidad de energía relativamente grande es disipada para frecuencias que tienen un ratio de disipación bajo. Un patrón de disipación de energía puede comprender uno o más de (a) disipación de energía homogénea en la carga, (b) disipación no homogénea y controlada en la carga o (c) una combinación de las mismas. El patrón de disipación puede ser escogido por ciclo de irradiación o puede ser escogido para una pluralidad de ciclos o incluso el proceso completo.

Un método de tiempo regulado puede permitir la reducción en el tiempo total del proceso en comparación con regular sólo la entrada de potencia en cada frecuencia (es decir, cuando el tiempo de transmisión por frecuencia está fijado) ya que un nivel de energía más elevado (al menos en algunas frecuencias) se hace posible.

Opcionalmente, un nivel de potencia más elevado (como función de frecuencia) es transmitido en todas las frecuencias, maximizando (para una fuente de potencia y situación espectral dadas) el ratio de disipación de energía, minimizando así el tiempo. El control del tiempo puede ser realizado una o más veces durante el calentamiento, por ejemplo, antes de cada ciclo de trabajo, y/o antes y/o después de una pluralidad de ciclos de trabajo, y puede estar basado en la información espectral o información de disipación recuperada de la cavidad y/o de la carga. El control puede abarcar, por ejemplo, el control del dispositivo sobre las diferentes frecuencias, por ejemplo para asegurarse que cada frecuencia es transmitida a una potencia y duración según sea necesario, pero a veces el control puede, también, abarcar el cambio de patrones de transmisión por ejemplo entre ciclos y, a veces, también, los correspondientes cálculos y/o procesos de toma de decisiones.

Adicionalmente, o alternativamente, la máxima potencia posible en cada frecuencia transmitida es transmitida para esa frecuencia, mientras que se controla el período de tiempo de transmisión para esa frecuencia. Una transmisión tal da como resultado el disipar una cantidad deseada de energía en la frecuencia dada en la carga. Una transmisión tal da como resultado un incremento o incluso maximización de la potencia disipada (o tasa de transferencia de energía a la carga) al tiempo que se obtiene un patrón de disipación de energía deseado. Adicional o alternativamente, se alcanza una reducción o incluso minimización del tiempo necesario para disipar cualquier cantidad dada de energía usando un patrón de disipación de energía dado. Sorprendentemente, la transferencia de energía a la potencia máxima posible en frecuencias escogidas cuidadosamente sobre el espectro no causa daño al objeto, aunque la transferencia de energía a una frecuencia puede afectar a la disipación de la carga de una frecuencia transmitida de forma consecuente.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el tiempo asignado para la transmisión de cada frecuencia está fijado para todas las frecuencias transmitidas dentro de un ciclo de trabajo mientras que las frecuencias que aparecen en cada ciclo son seleccionadas dinámicamente de forma que la suma sobre muchos ciclos proporciona el patrón de disipación deseado, de acuerdo con la información espectral y/o la información de disipación recuperada de la cavidad y/o la carga. La realización se explica con mayor detalle en la figura 5.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el tiempo asignado para la transmisión de cada frecuencia está fijado para todas las frecuencias transmitidas dentro de un ciclo de trabajo mientras que la potencia es regulada dinámicamente sobre una serie de ciclos de trabajo de forma que se obtiene un patrón de calentamiento deseado sobre la serie de ciclos (un grupo de ciclos preestablecido). En tales casos, es posible transmitir cada ciclo repetido de frecuencia dentro del grupo de ciclos, hasta que la energía deseada es disipada por esa frecuencia. La potencia de transmisión para cada frecuencia puede ser máxima para al menos una porción de los ciclos dentro del grupo de ciclos, de tal forma que una cantidad deseada de energía es disipada en total por la frecuencia. A veces, esto significa que la frecuencia es transmitida a máxima potencia sólo durante algunos de los ciclos dentro de un grupo y a potencia inferior (o incluso ninguna en absoluto) para uno o más ciclos dentro de un grupo. El control de la potencia puede estar basado en la información espectral y/o la información de disipación recuperada de la cavidad y/o carga.

Los principios y funcionamiento de un aparato y método de acuerdo con la presente invención pueden ser entendidos mejor con referencia a los dibujos que acompañan a la descripción.

Antes de explicar al menos una realización de la invención con detalle, debe ser entendido que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes expuestos en la descripción que sigue o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones o de ser puesta en práctica o llevada a cabo de diferentes maneras. También, debe ser entendido que la fraseología y terminología empleada aquí es para el propósito de descripción y no debe ser considerada como limitadora.

La figura 1A es un diagrama simplificado que ilustra una primera realización de acuerdo con la presente invención de un método de irradiar una carga sobre una secuencia de frecuencias. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un método en el cual el tiempo de transmisión para cada frecuencia en una secuencia de frecuencias transmitidas se regula de tal forma que una energía deseada es disipada en el objeto en esa frecuencia dada. La cantidad de tiempo para transmisión de cada frecuencia puede ser deducida (y de acuerdo con ello, controlada) cada vez que es actualizada la información espectral y/o información de disipación o a cada ciclo de trabajo o para varios ciclos de trabajo o incluso durante un ciclo de trabajo, basándose en la información espectral y/o información de disipación. Ahora se hace referencia al bloque 2, en la cual se proporcionan las frecuencias a ser transmitidas a una carga. Las frecuencias están a veces predeterminadas aunque más generalmente pueden ser seleccionadas dinámicamente durante el proceso de irradiación (por ejemplo, basándose en la información espectral y/o información de disipación). En el bloque 4 se determina la duración de la transmisión para cada frecuencia seleccionada. El tiempo de transmisión para cada frecuencia es regulado de tal forma que una energía deseada (absoluta o relativa) es disipada en el objeto en una frecuencia dada en un ciclo dado (o pluralidad de ciclos). En el bloque 6, la carga es irradiada de tal forma que cada frecuencia de las frecuencias seleccionadas es transmitida durante la duración que fue establecida en el bloque 2.

Ahora se hace referencia a la figura 1B la cual es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método para proporcionar irradiación de energía controlada a una carga de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, y que ilustra cómo se puede usar la retroalimentación desde la carga y/o cavidad para el establecimiento de los tiempos de transmisión para las diferentes frecuencias. Normalmente, una carga tiene una información de disipación de energía la cual no es estática sino más bien varía dependiendo de un estado actual de la carga. En el bloque 16, la cavidad es irradiada con el espectro de frecuencias de irradiación. En el bloque 17, se mide un espectro RC resultante. Los pasos mostrados en las cajas 16 y 17 pueden ser ejecutados de tal forma que la medida en sí misma no transmitiría una cantidad de energía significativa a la carga. Esto puede ser hecho, por ejemplo, a una potencia baja que tendría un efecto de calentamiento pequeño o ninguno, pero sería suficiente para obtener el espectro reflejado. Alternativamente, la información espectral (o información de disipación) puede ser medida mediante transmitir a alta potencia pero por un tiempo muy corto (por ejemplo 1, 10, 100 o incluso 1.000 ms). El espectro reflejado indica, entre otras cosas, para cada frecuencia transmitida y para el espectro transmitido completo la información de disipación. En el bloque 18 se infiere la información de disipación actual de la carga.

En el bloque 19, el espectro de irradiación de frecuencias es establecido para concordar con la información de disipación inferida en los pasos previos. Este establecimiento puede incluir establecer la selección de cuáles frecuencias transmitir y/o establecer una potencia de transmisión y/o tiempo para concordar con la información de disipación, y puede incluir los pasos de cálculo necesarios para establecer tales parámetros basándose en la información de disipación. Cuando todas la frecuencias son transmitidas durante la duración que está establecida para ellas, un ciclo de trabajo es terminado y un nuevo ciclo puede comenzar. Tal ciclo de trabajo puede ser considerado para incluir una pluralidad de ciclos de transmisión.

Después de eso, la irradiación del bloque 19 puede ser detenida y el proceso puede ser repetido (cajas 16-19), reestableciendo de ese modo dinámicamente los tiempos de transmisión para concordar con los cambios en el

espectro RC (o espectro de disipación) durante el calentamiento. Así, la carga puede ser irradiada de tal forma que se obtiene un patrón de disipación deseado. Cantidades relativas de energía transmitida a diferentes frecuencias pueden ser reguladas en respuesta a los ratios de disipación respectivos en cada frecuencia en la banda. Alternativamente, las cantidades relativas de energía transmitida pueden ser reguladas en respuesta a una función o derivación de los ratios de disipación en todas las frecuencias en la banda, afectando por ello al patrón de disipación de energía en la carga.

Ahora se hace referencia a la figura 1C, la cual es un diagrama de flujo simplificado de un método de controlar la cantidad de energía que se disipa en una carga a cada frecuencia transmitida a través de la modulación del período en el cual cada frecuencia es transmitida. En el bloque 11, la carga es irradiada mediante radiación UHF o microondas, usando una secuencia de frecuencias en un ciclo de trabajo. Esto puede ser hecho a potencia relativamente baja y/o potencia relativamente alta para un tiempo de transmisión muy corto de tal forma que se obtiene información con muy poca transferencia de energía (por lo tanto pequeño o ningún efecto en la información de disipación). En el bloque 12, la información de disipación se obtiene de la carga. En el bloque 13, se seleccionan niveles de energía para cada frecuencia basándose en el patrón de transmisión de energía deseado. Esto puede estar basado, por ejemplo, en los respectivos niveles de disipación y disipación de energía deseada total de la carga. En el bloque 14, se establece el ciclo de trabajo, al menos, seleccionando las respectivas duraciones dentro del ciclo de trabajo durante el cual son transmitidas las correspondientes frecuencias. Estas duraciones son seleccionadas de tal forma que la transmisión sea a una potencia dada. Típicamente, la potencia dada es la potencia máxima posible en esa frecuencia y en vista de la ratio de disipación para esa frecuencia, se transmite la cantidad de energía establecida. En el bloque 15, la carga es irradiada de acuerdo con el ciclo de trabajo. Esto puede ser seguido de nuevo por el bloque 11 de una nueva ronda de modificación del ciclo de trabajo. La información de disipación de energía inicial (o de hecho, el patrón de disipación completo) puede obtenerse a partir de información de disipación de energía predefinida, es decir, la información de disipación esperada para un huevo, o para calentar agua (por ejemplo, basándose en el funcionamiento previo del dispositivo o de un dispositivo similar con una carga similar). El ciclo de trabajo es modificado variando al menos las respectivas duraciones dentro del ciclo de trabajo durante las cuales las correspondientes frecuencias son transmitidas. El ciclo de trabajo puede comprender las frecuencias que son usadas para irradiar la carga y la potencia que es transmitida a las correspondientes frecuencias. La energía por frecuencia puede ser limitada dentro de los ciclos. La limitación puede basarse en una combinación de energía y tiempo acumulativo máximo para cada frecuencia permitida para ejecutar los ciclos o en una energía máxima por frecuencia permitida.

Como se ha apuntado en otro lugar de este documento, no toda la energía transmitida es realmente disipada (o absorbida) por la carga. La proporción de energía transmitida que es absorbida por la carga normalmente varía para diferentes frecuencias y para diferentes cargas. El exceso de energía transmitida puede ser reflejado de vuelta a la alimentación o acoplado a otra alimentación si ésta está presente.

La figura 2 es un diagrama de flujo ejemplar que representa el control sobre la cantidad de de energía que es transmitida. En el bloque 21, un patrón de disipación de energía es seleccionado opcionalmente un ratio de disipación. En el bloque 22, información de disipación es adquirida de la carga (por ejemplo, transmitiendo un barrido de frecuencias de baja energía según se describió arriba). En el bloque 23, se analiza la información de disipación. En el bloque 24, para cada frecuencia que va a ser transmitida, las tripletas frecuencia/tiempo/potencia (FTP) son seleccionadas para ejecutar el perfil seleccionado. Un método para seleccionar las tripletas está explicado con mayor detalle más adelante. Una o más tripletas FTP pueden ser fijadas para todas o una pluralidad de frecuencias. En el bloque 25 la energía es transmitida a la carga de acuerdo con las tripletas FTP. El proceso descrito en las cajas 21-25 puede ser repetido con o sin nuevos pasos de adquisición y análisis de información. El bloque 26 describe la terminación, la cual puede ser automática. La terminación automática puede ser después de que sea disipada una cantidad de energía establecida o después de que ha expirado un tiempo dado, o basándose en entradas de lecturas de sensores las cuales pueden ser humedad/temperatura/volumen/cambio de fase u otras similares. La terminación también puede ser manual.

La cantidad de potencia que es deseada para ser disipada en la carga a una frecuencia dada para una ratio de disipación dada por unidad de tiempo se define en adelante como  $dpl(f)$ . Potencia significa la energía disipada por unidad de tiempo. El suministro de diferentes cantidades de energía para diferentes frecuencias puede ser llevado a cabo, por ejemplo, usando diferentes potencias pico, diferentes ciclos de trabajo y/o transmitiendo a diferentes tasas. Por ejemplo, la potencia puede ser suministrada a amplitudes fijas, pero a diferente tasa y/o retrasos entre pulsos para diferentes frecuencias.

En calentamiento con potencia regulada, el tiempo asignado a cada frecuencia está fijado para todas las frecuencias transmitidas dentro de un ciclo, pero la potencia puede variar entre frecuencias. Cuando se desea tener una disipación homogénea de potencia a todas las frecuencias (o un rango particular de frecuencias),  $dpl(f)$  es seleccionada para ser la misma para todas las frecuencias transmitidas. En tales casos, es transmitida una potencia diferente en diferentes frecuencias que tienen diferentes ratios de disipación para afectar una cantidad de energía disipada esencialmente homogénea en las respectivas frecuencias.

La máxima cantidad de potencia que puede ser disipada en una carga en una unidad de tiempo (usando una fuente de potencia dada — por ejemplo un amplificador de potencia RF) se define como  $ep(f)$ , la cual es una función del

ratio de disipación en esa frecuencia ( $dr(f)$ ) y la máxima potencia disponible de la fuente de potencia en esa frecuencia ( $P_{max}$ ). Puesto que (en el calentamiento con potencia regulada) el tiempo asignado para la transmisión de cada frecuencia está fijado para todas las frecuencias transmitidas, para algunas frecuencias podría no ser posible disipar una cantidad de energía deseada elevada dentro de la ranura de tiempo (es decir, cuando  $ep(f) < dpl(f)$ ).

5 Escoger una  $dpl(f)$  baja puede incrementar el número de frecuencias que pueden tener la cantidad de potencia ( $dpl$ ) deseada disipada en ellas  $ep(f) \geq dpl(f)$ , y consecuentemente la cantidad de energía deseada se disipa en más porciones de la carga. No obstante, esto sería a expensas de la velocidad de disipación de energía. Escoger una  $dpl$  más elevada puede incrementar la velocidad de calentamiento ya que se disipa más energía dentro de una ranura de tiempo dada, pero también causa una desviación más elevada de la disipación de energía real del patrón de

10 disipación de energía seleccionado porque más frecuencias tienen  $ep(f) < dpl$  y por lo tanto pueden recibir sólo la energía máxima disponible, la cual, para esas frecuencias en esas circunstancias, es menor que  $dpl$ . Se hace notar que, modificando una característica de la cavidad (por ejemplo, moviendo un elemento de regulación de campo y/o moviendo la carga), la información espectral y/o la información de disipación puede ser modificada de tal forma que, por ejemplo, una  $dpl(f)$  dada sería transmisible en un mayor número de frecuencias, permitiendo con ello un

15 incremento de la tasa de calentamiento a un nivel dado de uniformidad.

En calentamiento con regulación de tiempo, el tiempo asignado para la transmisión de cada frecuencia puede ser variado entre frecuencias transmitidas dentro de un ciclo y, opcionalmente, la potencia de transmisión puede también variar entre frecuencias. Cuando se desea tener una disipación de potencia homogénea, o esencialmente homogénea, en todas o algunas frecuencias,  $dpl(f)$  se selecciona para ser el mismo para todas las frecuencias transmitidas. Usando este método, puede usarse un tiempo para transmitir en diferentes frecuencias, a las mismas y/o diferentes potencias, pero debido a los diferentes ratios de disipación, esencialmente la misma cantidad de potencia es disipada en la carga.

20

Ya que en el calentamiento con regulación de tiempo el tiempo asignado para la transmisión de cada frecuencia puede variar, es decir con objeto de compensar las diferencias en  $ep(f)$ , más frecuencias pueden ser útiles a un  $dpl(f)$  dado que en el calentamiento con regulación de potencia. De hecho, en el calentamiento con regulación de tiempo los patrones de disipación y el tiempo son virtualmente ilimitados cuando se comparan a los que se pueden obtener bajo condiciones similares con calentamiento con regulación de potencia. Aún otras limitaciones pueden ser impuestas, según se detalla por ejemplo más abajo, que podrían impedir el uso de frecuencias que tengan ratios de disipación y/o  $ep(f)$  demasiado elevados o demasiado bajos. Por ello, modificar una característica de la cavidad, por ejemplo moviendo un elemento de regulación de campo y/o moviendo la carga, en un protocolo de tiempo regulado puede también ser usada para modificar el número (o proporción) de frecuencias que pueden ser usadas para afectar a un patrón de disipación deseado.

25

30

De acuerdo con algunas realizaciones, una cantidad de energía total deseada para ser disipada en la carga en cualquier ciclo de transmisión dado se establece por adelantado. Un ciclo de transmisión, designado también como ciclo de trabajo, es un conjunto de transmisiones que comprenden todas las frecuencias usadas en una banda de trabajo, transmitidas de una vez o en secuencia, de acuerdo con un patrón de disipación de energía deseado. En un ciclo, una frecuencia puede ser transmitida una vez o más de una vez, como con el grupo de ciclos mencionado arriba, para afectar el patrón de disipación de energía. Un ciclo, por ejemplo, puede ser implementado como un barrido de frecuencias, en el que cada frecuencia es transmitida una vez y/o como un pulso en el que una pluralidad de frecuencias son transmitidas al mismo tiempo o uso y/o cualquier otro método conocido en la técnica. Un ciclo puede ser las transmisiones totales de energía entre eventos de reseteo de los parámetros del espectro de transmisión. Un único protocolo de calentamiento puede ser ejecutado como un ciclo de transmisión único (especialmente cuando la disipación de energía deseada es pequeña) o como una pluralidad de ciclos de transmisión.

35

40

De acuerdo con algunas realizaciones para el calentamiento con regulación de tiempo, un límite de potencia transmitida inferior puede ser seleccionado, por ejemplo para impedir un alargamiento indebido del ciclo por la necesidad de transmitir a  $ep(f)$  relativamente baja, por ejemplo 50% o menos, 20% o menos, 10% o menos o incluso 3% o menos del máximo valor  $ep(f)$ , o cuando  $ep(f)$  está por debajo de un valor absoluto preestablecido. Esta limitación de potencia es denominada aquí como  $bpl$ .  $tpl(f)$  representa la potencia que puede ser transmitida por el dispositivo a una frecuencia dada para disipar  $dpl$ . Por lo tanto,  $tpl(f)$  es una función de  $dpl$ , la máxima cantidad de potencia que puede ser transmitida por el dispositivo en una frecuencia dada y el ratio de disipación ( $dr(f)$ ) a esa frecuencia. Cuando  $tpl(f)$  es menor, el tiempo necesario con objeto de tener  $dpl(f)$  disipada es más largo que si  $tpl(f)$  sea mayor (para el mismo  $dp(f)$ ). Cuando  $tpl(f) < bpl$  el protocolo de calentamiento puede, de ahí, ser regulado para limitar la cantidad de tiempo gastado a tales frecuencias. Por ejemplo, frecuencias que tienen  $tpl(f)$  que está por debajo de  $bpl$  pueden ser ignoradas, en otras palabras, no transmitidas en absoluto, o alternativamente, pueden ser transmitidas durante un período de tiempo limitado. Así, por ejemplo, el período de calentamiento para  $ep(f) = bpl$ .

45

50

55

De acuerdo con algunas realizaciones, la cantidad de potencia transmitida máxima está limitada, por ejemplo con objeto de impedir daño al dispositivo. La limitación es ejecutada estableciendo un límite máximo en  $tpl(f)$ . Esta limitación puede tener mayor importancia a frecuencias de ratio de disipación bajo en las que la porción de potencia transmitida que no es disipada en la carga es grande. El efecto de esta limitación puede ser reducido añadiendo medidas de protección a diferentes partes del dispositivo, tales como medios de enfriamiento para la carga de potencia reflejada. El controlador puede ser configurado para impedir que la potencia que es disipada en la carga de

60

potencia reflejada exceda un límite superior predeterminado. Tal configuración puede ser alcanzada calculando la energía acoplada y de retorno o midiendo temperatura o cualesquiera otros medios conocidos en la técnica.

De acuerdo con algunas realizaciones, un límite superior puede ser impuesto al nivel de potencia que está permitido que sea transmitido en la cavidad por cualquier razón, que incluye, por ejemplo, la prevención de daño al dispositivo y la prevención de emisión excesiva desde el dispositivo. Un límite tal es denominado *utpl*. La transmisión (*tpl'(f)*) de acuerdo con tal limitación está representada en la Tabla 1.

Tabla 1

$$tpl'(f) = \begin{cases} utpl & tpl(f) > utpl \\ tpl(f) & resto \end{cases}$$

De acuerdo con algunas realizaciones, un límite superior puede ser impuesto en el límite de potencia que es permitido para ser disipado en la carga para prevención de daño a la carga y/o el dispositivo y/o prevención de emisión excesiva desde el dispositivo o por cualquier otra razón. El límite superior en tal caso es denominado aquí como *upl*. La limitación está definida en la Tabla 2, en la que *gl(f)* representa la cantidad de potencia a ser disipada en la carga a cada frecuencia sin tener en cuenta *upl*, y *gl'(f)* representa la cantidad de potencia a ser disipada en la carga a cada frecuencia cuando se tiene en cuenta *upl*.

Tabla 2

$$gl'(f) = \begin{cases} upl & gl(f) > upl \\ gl(f) & resto \end{cases}$$

Finalmente, a veces, pueden usarse dos o más de entre *upl*, *utpl* y *bpl*.

Método ejemplar para seleccionar FTPs:

*dr(f)*, que es el ratio de disipación a una frecuencia dada, tiene valores potenciales entre 0 y 1, y puede ser calculado como se muestra en la Ecuación 1, basándose en la potencia medida y que usa parámetros S medidos, como se conoce en la técnica.

$$dr_j(f) = \frac{P_{i,incidente,vatio}^j(f) - nP_{j,retornada,vatio}^j(f)}{P_{i,incidente,vatio}^j(f)} = 1 - \frac{nP_{j,retornada,vatio}^j(f)}{P_{i,incidente,vatio}^j(f)}$$

La potencia máxima que puede ser disipada en la carga en cada frecuencia (representada como *ep\_j(f)*) es calculada como sigue, dado que *P<sub>máximaj,vatio</sub>* es una potencia máxima disponible del amplificador a cada frecuencia.

$$ep_j(f) = dr_j(f)P_{máximo,j,vatio}(f)$$

En cualquier ciclo de disipación dado, *gl(f)* representa la potencia a ser disipada en la carga en cada frecuencia. *dpl(f)* se define como la cantidad de potencia que se desea que sea disipada en la carga a una frecuencia dada y la disipación es, por ello, según se describe en la tabla 3.

Tabla 3

$$gl(f) = \begin{cases} dpl(f) & dpl(f) \leq ep(f) \\ ep(f) & resto \end{cases}$$

Nota: *gl(f)* (y *ep(f)* y *dpl(f)*) son unas potencias que van a ser disipadas en la carga; la potencia a ser transmitida por el dispositivo en cada frecuencia (*tpl(f)*) es una función de *gl(f)* y *dr(f)* según se describe en la tabla 4.

Tabla 4

$$tpl(f) = \frac{gl(f)}{dr(f)}$$

En casos en los que un *bpl* es aplicado de tal forma que la transmisión es impedida por valores de *tpl(f)* más bajos que *bpl*, la transmisión real (*ttl'(f)*) es, por lo tanto, según se describe en la tabla 5.

Tabla 5

$$tpl'(f) = \begin{cases} 0 & tpl(f) > bpl \\ tpl(f) & resto \end{cases}$$

Cálculo del tiempo de transmisión

En algunas realizaciones ejemplares de la invención, se escoge un paso de tiempo básico (en adelante denominado

*bts* (por ejemplo 10 ns)). El paso de tiempo básico es normalmente una particularidad del controlador que controla el tiempo para la transmisión de cada frecuencia y define la resolución máxima en unidades de tiempo entre frecuencias transmitidas.  $ttd(f)$  es un valor numérico, el cual define el tiempo necesario para transmitir  $tpl(f)$ , medido en unidades de *bts*.  $ttd(f)$  puede ser calculado como sigue:

$$5 \quad ttd(f) = \frac{tpl'(f)}{ep(f)/dr}$$

De acuerdo con esto, el tiempo de transmisión mínimo puede ser calculado como una función de  $ttd(f)$  y *bts*. A veces, puede ser deseable el imponer un tiempo de ciclo que transmitiera al menos una cantidad de energía significativa o que el tiempo de ciclo no fuera muy corto por cualquier otra razón. Por lo tanto, una constante de extensión de tiempo (*tsc*) puede ser introducida para incrementar el tiempo de ciclo por encima del mínimo mencionado anteriormente, calculando con ello el tiempo de transmisión real para cada frecuencia ( $att(f)$ ) como sigue:

$$att(f) = ttd(f) * bts * tsc$$

15 *tsc* puede ser usado para incrementar/reducir una duración de ciclo. Esto puede ser un valor fijo para un dispositivo o diferentes valores fijos pueden ser establecidos para diferentes protocolos de funcionamiento del dispositivo o basándose en características de la carga, o regulado de tiempo en tiempo durante un ciclo de funcionamiento (por ejemplo, basado en limitaciones para una cantidad de energía total que es transmitida por ciclo), etc. De hecho, a veces, el incrementar el *tsc* puede ser usado con el fin de transmitir valores de  $dpl(f)$  bajos, lo cual puede incrementar la duración global del proceso de transmisión de energía, pero podría proporcionar más exactamente el patrón de disipación deseado.

20 Debe notarse que una cantidad de tiempo de transmisión total ( $att(f)$ ) dada es asignada a cada frecuencia de forma que este período no es necesariamente transmitido de forma continua. Más bien, un ciclo de transmisión puede ser descompuesto en una pluralidad de ciclos, en donde algunos o todos de las frecuencias transmitidas son transmitidas durante períodos más pequeños que  $att(f)$  mientras que el tiempo de transmisión total para cada frecuencia se mantiene como  $att(f)$ .

Demostración de reducción de tiempo:

La descripción ejemplar está basada en dos *frecuencias* transmitidas  $f_1$  y  $f_2$  y una potencia de transmisión máxima de un dispositivo  $P_{máxima} = P_1 > P_2$ . De acuerdo con un protocolo de transferencia de potencia seleccionado basado en regular la potencia transmitida,  $P_1$  es transmitida a  $f_1$  y  $P_2$  a  $f_2$ , cada una durante un período de tiempo  $t$  fijado. En tal caso, el tiempo total usado para transmitir  $E_1$  y  $E_2$  es  $2t$ .

$$E_1 = P_1 t$$

$$E_2 = P_2 t$$

$$t_{total} = 2t$$

35 De acuerdo con un protocolo transferencia de potencia seleccionado basado en regular el tiempo durante el cual es transmitida la energía,  $P_{máxima}$  es transmitida tanto a  $f_1$  como a  $f_2$ . En tal caso, el tiempo total usado para transmitir  $E_1$  y  $E_2$  se calcula como sigue:

$$E_1 = P_{máxima} t_1 = P_1 t$$

$$E_2 = P_{máxima} t_2 = P_2 t$$

40 Puesto que  $P_{máxima} = P_1$ ,  $t_1$  debe ser igual a  $t$ . Pero puesto que  $P_{máxima} > P_2$ ,  $t_2$  debe ser menor que  $t$ :

$$t_2 = t - \delta$$

$$t_{total} = t_1 + t_2 = t + (t - \delta) = 2t - \delta < 2t$$

45 La figura 3 representa esquemáticamente un dispositivo 10 de acuerdo con una realización de la presente invención. El dispositivo 10, según se muestra, comprende una cavidad 11. La cavidad 11, según se muestra, es una cavidad cilíndrica hecha de un conductor, por ejemplo un metal tal como aluminio. No obstante, debe entenderse que la metodología general de la invención no está limitada a ninguna forma de cavidad de resonador en particular. La cavidad 11, o cualquier otra cavidad hecha de un conductor, funciona como un resonador para ondas electromagnéticas que tienen frecuencias que está por encima de una frecuencia de corte (por ejemplo 500 MHz) la cual puede depender, entre otras cosas, de la geometría de la cavidad. Métodos de determinar una frecuencia de

corte basada en la geometría son bien conocidos en la técnica y pueden ser usados.

Una carga 12 es colocada en la cavidad la cual es una jaula de Faraday, opcionalmente sobre un miembro de soporte 13 (por ejemplo un plato de horno microondas convencional). En una realización ejemplar de la invención, la cavidad 11 comprende una o más alimentaciones 14 las cuales pueden ser usadas para transmitir energía en la  
 5 cavidad para resonar en la presencia de la carga en una secuencia de frecuencias. La energía es transmitida usando cualquier método y medios conocidos en la técnica, que incluyen, por ejemplo, el uso de un amplificador de estado sólido. Una o más, y a veces todas, de las alimentaciones 14 pueden también ser usadas una o más veces durante el funcionamiento para obtener la información espectral de la cavidad y/o información de disipación de la carga, dentro de una banda de frecuencias RF dada para determinar la información espectral de la cavidad. Por  
 10 ejemplo, información de disipación de la carga, como una función de frecuencia en la banda de trabajo. Esta información es recogida y procesada por el controlador 17, como se detallará más abajo.

En una realización ejemplar de la invención, la cavidad 11 también comprende uno o más sensores 15. Estos sensores pueden proporcionar información adicional al controlador 17, que incluye, por ejemplo, temperatura, detectada por uno o más sensores IR, fibras ópticas o sensores eléctricos, humedad, peso, etc. Otra opción es el  
 15 uso de uno o más sensores internos embebidos en o fijados a la carga (por ejemplo, un fibra óptica o un TTT según se describe en el documento de patente internacional WO07/096878).

Alternativa o adicionalmente, la cavidad 11 puede comprender uno o más elementos de regulación de campo (FAE) 16. Un FAE es cualquier elemento que está en el interior de la cavidad y que puede afectar a su información espectral (o información de disipación o espectro RC) o la información que se puede derivar de la misma. De acuerdo con ello, un FAE 16 puede ser, por ejemplo, cualquier carga dentro de la cavidad 11, incluyendo uno o más  
 20 componentes de metal dentro de la cavidad, alimentación 14, miembro de soporte 13 e incluso la carga 12. La posición, orientación, forma y/o temperatura de FAE 16 son controladas opcionalmente por el controlador 17. En algunas realizaciones de la invención, el controlador 17 está configurado para ejecutar varios barridos consecutivos. Cada barrido es ejecutado con una propiedad FAE diferente (por ejemplo, cambiar la posición u orientación de uno o más FAE) de tal forma que puede deducirse una información espectral diferente (por ejemplo, información de disipación o espectro RC). El controlador 17 puede, entonces, seleccionar la propiedad FAE basándose en la información espectral obtenida. Tales barridos pueden ser ejecutados antes de transmitir energía RF en la cavidad, y el barrido puede ser ejecutado varias veces durante el funcionamiento del dispositivo 10 con el fin de regular las potencias y frecuencias transmitidas (y a veces también la propiedad FAE) a los cambios que ocurren en la cavidad durante el funcionamiento.  
 25  
 30

A veces, las FAEs son controladas y/o la carga es rotada o movida, de forma que pueda adquirirse información espectral (por ejemplo, información de disipación o espectro RC) más útil para una irradiación selectiva y/o para establecer los parámetros de radiación tal como  $dpl$  (y cualquiera de otros parámetros de radiación definidos aquí), por ejemplo como se describe más abajo. Opcional o alternativamente, la carga y/o las FAEs son manipuladas periódicamente y/o basándose en una cualidad u otra propiedad de la información espectral adquirida. Opcionalmente, los establecimientos son seleccionados lo que permite que sea seleccionado un  $dpl(f)$  más elevado.  
 35

Una transferencia ejemplar de información al controlador está representada mediante líneas de puntos. Las líneas llenas describen ejemplos del control ejercido por el controlador 17 (por ejemplo, la potencia y frecuencias a ser transmitidas por una alimentación 14 y/o dictar la propiedad de FAE 16). La información/control puede ser transmitida por cualesquiera medios conocidos en la técnica, incluyendo la comunicación cableada o inalámbrica.  
 40

El controlador 17 puede también ser usado para regular la energía por frecuencia mediante la variación de las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.

Las figuras 4A y 4B describen gráficas ejemplares que representan dos ejemplos de regulación de parámetros antes de ejecutar un ciclo de trabajo, con el fin de disipar la misma cantidad de energía en una pluralidad de frecuencias.  
 45 La figura 4A representa un método de potencia regulada mientras que la figura 4B representa un método de tiempo regulado. En este ejemplo, el método t-regulado es uno en el que la cantidad de tiempo asignada para cada frecuencia antes es regulada ejecutando un ciclo de trabajo mientras que se mantiene una cantidad fija de potencia por cada frecuencia transmitida, y el método de tiempo regulado es uno en el que la cantidad de potencia por cada frecuencia es regulada antes ejecutando el ciclo de trabajo mientras que se mantiene el tiempo asignado por cada frecuencia fijado.  
 50

Las líneas discontinuas de la figura 4A y la figura 4B respectivamente representan la potencia máxima que puede ser disipada en la carga en cada frecuencia ( $ep(f)$ ). Como se muestra en las figuras, la potencia máxima disipada ( $ep(f)$ ) es la misma en ambas figuras. En ambas figuras, es introducido un factor limitador denominado  $mpl$ , que representa un nivel de potencia máxima por encima del cual se impide la disipación. En la figura 4A, el tiempo para la transmisión de cada frecuencia es fijado y la potencia escogida a ser disipada en cada frecuencia es la misma y es seleccionada para ser  $dpl$  (por ejemplo basándose en una compensación entre calentar a potencia elevada y usar un número grande de frecuencias que tienen un  $ep(f)$  que es, al menos, igual a  $dpl$ ). Como puede verse, algunas frecuencias que tienen  $ep(f) < dpl$  no son transmitidas, y todas excepto unas pocas frecuencias son transmitidas por debajo del su  $ep(f)$ . En la figura 4B, la cual representa un método de tiempo regulado, la mayoría de las frecuencias  
 55

son transmitidas a respectivas  $ep(f)$ , excepto las que tienen  $ep(f) > mpl$ . La línea que representa  $dpl$  en la figura 4B muestra la misma línea  $dpl$  que aparece en la figura 4A y es proporcionada meramente para comparación entre las dos gráficas.

5 La figura 5 es un escenario ejemplar de seleccionar las frecuencias que aparecen en cada ciclo, de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En este ejemplo, el tiempo asignado por cada frecuencia es fijado en cada ciclo de trabajo y la regulación se obtiene determinando cuál frecuencia aparece en cuál ciclo de trabajo. Una regulación tal toma en consideración el porcentaje deseado de energía transmitida en cada frecuencia. Una frecuencia determinada puede aparecer en todos los ciclos de trabajo para proporcionar un cien por cien de su energía máxima mientras que otra frecuencia puede aparecer en uno de entre una pluralidad de ciclos de trabajo (por ejemplo 1 en 3) para obtener una porción (en el ejemplo mencionado anteriormente, un tercio) de su emisión de energía máxima. Se puede obtener una resolución incrementada si se selecciona no transmitir una frecuencia o transmitirla pero por debajo de su potencia total para alguno de los ciclos. En el bloque 11, la carga es irradiada mediante radiación microondas o UHF, usando una secuencia de frecuencias en un ciclo de trabajo. En el bloque 12, se obtiene información de disipación de la carga. En el bloque 13, los niveles de energía son seleccionados para cada frecuencia que participa en el ciclo de trabajo actual basándose en los niveles de disipación respectivos y la disipación de energía deseada para la carga. En el bloque 14, el ciclo de trabajo es modificado variando las frecuencias que tienen lugar en el ciclo de trabajo. En el bloque 15, la carga es irradiada de acuerdo con el ciclo de trabajo modificado, el cual puede entonces ser seguido por el bloque 11 de una nueva ronda de modificación de ciclo de trabajo. La disipación de energía deseada se obtiene a partir de la información de disipación de energía preseleccionada.

En otro ejemplo, se proporciona potencia como pulsos multifrecuencia, con cada pulso incluyendo potencia en una pluralidad de frecuencias; las frecuencias en cada pulso y/o amplitud de la potencia para una frecuencia en un pulso pueden ser seleccionadas para aplicar una potencia media deseada.

#### Aplicación ejemplar

25 En los siguientes ejemplos el dispositivo usado fue un dispositivo de 900 vatios con una bande de trabajo en 800-1000 MHz, construido y accionado esencialmente de acuerdo con una realización del documento de patente internacional WO07/096878 ('878) mencionado más arriba;

##### 1. Algoritmo de calentamiento

30 Agua del grifo (500 g) fue calentada mediante un protocolo adecuado para proporcionar esencialmente la misma cantidad de energía a todas las porciones de la carga. Un total de 60 kJ fue transmitido a la carga (agua y el recipiente en el cual el agua estaba contenida) en cada experimento.

En un primer experimento de calentamiento se transmitieron diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias transmitiendo cada frecuencia durante el mismo período de tiempo fijado, mientras que se varió el período de transmisión, de acuerdo con una realización de '878. En este ejemplo, el agua fue calentada desde ca. 22° C hasta ca. 38 °C (un incremento de 16 °C) en 2:25 minutos.

En un segundo experimento de calentamiento se transmitieron diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias transmitiendo cada frecuencia a la potencia disponible máxima y variando el tiempo de transmisión, de acuerdo con una realización de la presente invención. El agua es calentada desde ca. 21 °C hasta ca. 38 °C (un incremento de 17 °C) en 1:58 minutos (ca. 80% del tiempo necesario para el primer experimento de templado).

40 La diferencia en el incremento de temperatura puede ser atribuida, por ejemplo, a la inexactitud del termómetro y/o a ligeras diferencias entre los recipientes que pueden haber conducido a diferentes absorbancia de energía RF.

##### 2. Algoritmo de descongelación

45 Se cogieron pechugas de pollo congeladas (deshuesadas y sin piel; agrupadas antes de congelar) de un congelador de restaurante convencional a ca. 18 °C y fueron calentadas usando un protocolo destinado a descongelar, en el que se transmite una cantidad de energía diferente en frecuencias diferentes, de acuerdo con una realización del documento de patente de EE.UU. US61/193,248 y una solicitud PCT Internacional registrada concurrentemente que tiene resguardo de abogado n° 47408.

En un primer experimento de descongelación se transmitieron diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias transmitiendo cada frecuencia durante el mismo período de tiempo fijado, mientras que se varió el período de transmisión, de acuerdo con una realización de '878. Un manojito de 1.500 g de pechugas de pollo fue calentado hasta 0-5 °C (medido en diferentes sitios de las pechugas) en 36 minutos.

55 En un segundo experimento de descongelación se transmitieron diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias transmitiendo cada frecuencia a la potencia disponible máxima y variando el tiempo de transmisión, de acuerdo con una realización de la presente invención. Un manojito de 1.715 g de pechugas de pollo fue calentado hasta 0-5 °C (medido en diferentes sitios de las pechugas) en 20 minutos. Se observó, así, que en el segundo

experimento de descongelación, ca. 56% del tiempo necesario para el primer experimento de descongelación fue suficiente para descongelar una carga mayor.

5 Se aprecia que ciertas particularidades de la invención, las cuales, por claridad, se describen en el contexto de realizaciones separadas, pueden también ser proporcionadas en combinación en una única realización. A la inversa, diferentes particularidades de la invención, las cuales, por brevedad, se describen en el contexto de una única realización, pueden también ser proporcionadas por separado o en cualquier subcombinación adecuada.

10 Aunque la invención se ha descrito en conjunto con realizaciones específicas de la misma, es evidente que muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán claras a los expertos en la técnica. De acuerdo con ello, se pretende abarcar todas las alternativas, modificaciones y variaciones tales que caen dentro del alcance de las reivindicaciones anexas. Además, la citación o identificación de cualquier referencia en esta solicitud no se interpretará como una admisión de que tal referencia es disponible como técnica anterior a la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método para irradiar una carga (12), método que incluye:  
 seleccionar una pluralidad de diferentes frecuencias;  
 5 seleccionar respectivas duraciones durante las cuales la correspondiente dicha pluralidad de frecuencias es transmitida; e  
 irradiar una carga (12) con energía en dicha pluralidad de diferentes frecuencias en dichas respectivas duraciones;  
 el método **caracterizado por**  
 obtener información de disipación de dicha carga (12);  
 10 establecer la energía deseada a ser disipada en la carga (12) en cada una de dicha pluralidad de frecuencias de acuerdo con dicha información de disipación; y  
 seleccionar dichas respectivas duraciones de acuerdo con dicha energía deseada.
- 2.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, que comprende, además:  
 15 definir una cantidad máxima de potencia que puede disiparse en una carga en una unidad de tiempo en cada frecuencia dicha como una función de la información de disipación en esa frecuencia y una potencia máxima disponible desde una fuente de potencia en esa frecuencia.
- 3.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho irradiar dicha carga (12) es controlado para obtener un patrón de disipación de energía predeterminado en dicha carga (12).
- 4.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho irradiar dicha carga (12) es controlado para limitar la cantidad de energía máxima provista en cada una de dichas diferentes frecuencias.  
 20
- 5.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho irradiar dicha carga (12) es controlado para limitar la cantidad de energía total provista en dichas diferentes frecuencias durante un período de transmisión.
- 6.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho irradiar dicha carga (12) es controlado para limitar las duraciones dichas.  
 25
- 7.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos dos frecuencias son transmitidas a al menos dos potencias distintas de cero diferentes..
- 8.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende:  
 30 irradiar dicha carga (12) con un espectro de frecuencias de irradiación;  
 medir un espectro acoplado y reflejado (espectro RC) resultante;  
 inferir información de disipación actual de dicha carga (12) en vista de dicho espectro RC; y  
 establecer el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con dicha información de disipación en el que dicho establecer comprende transmitir diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias variando las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.  
 35
- 9.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende:  
 irradiar dicha carga (12) con dicho espectro de frecuencias de irradiación, de tal forma que la energía sea absorbida por dicha carga (12);  
 medir un espectro RC resultante;  
 40 inferir información de disipación actual de dicha carga (12) en vista de dicho espectro RC medido; y  
 modificar el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con dicha información de disipación en el que dicho modificar comprende transmitir diferentes cantidades de energía en diferentes frecuencias variando las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias.
- 10.- Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas frecuencias están dispuestas en una serie para formar un ciclo de trabajo.  
 45

- 11.- Un aparato (10) para irradiar una carga (12), aparato que comprende:
- al menos una alimentación (14) de energía para transmitir energía a una cavidad (11) para resonar en la presencia de dicha carga (12) en una pluralidad de frecuencias; y
  - 5 un controlador (17) para seleccionar las respectivas duraciones durante las cuales son transmitidas las correspondientes frecuencias;
  - el aparato **caracterizado porque** dicho controlador (17) está configurado para obtener información de disipación de la carga (12), para establecer la energía deseada a ser disipada en la carga (12) en dicha pluralidad de frecuencias diferentes de acuerdo con dicha información de disipación y para seleccionar dichas duraciones de acuerdo con dicha energía deseada.
- 10 12.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, en el que dicho controlador (17) está configurado para llevar a cabo dicha selección de forma repetida.
- 13.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, en el que dicho controlador (17) está configurado para irradiar dicha carga (12) con un espectro de frecuencias de irradiación de acuerdo con dichas respectivas duraciones, para medir un espectro acoplado y reflejado (espectro RC) resultante, para inferir información de disipación actual de dicha carga en vista de dicho espectro RC, y establecer el espectro de frecuencias de irradiación para concordar con dicha información de disipación.
- 15 14.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, en el que dicho controlador (17) está configurado para activar/desactivar frecuencias de manera diferencial sobre repeticiones de un ciclo de trabajo de dichas frecuencias, para variar por ello la duración total de las respectivas frecuencias en dicho irradiar dicha carga (12).
- 20 15.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, en el que dicho controlador (17) está configurado además para compensar las frecuencias que tienen disipación de energía baja mediante asignar más tiempo para tales frecuencias.

FIG. 1A

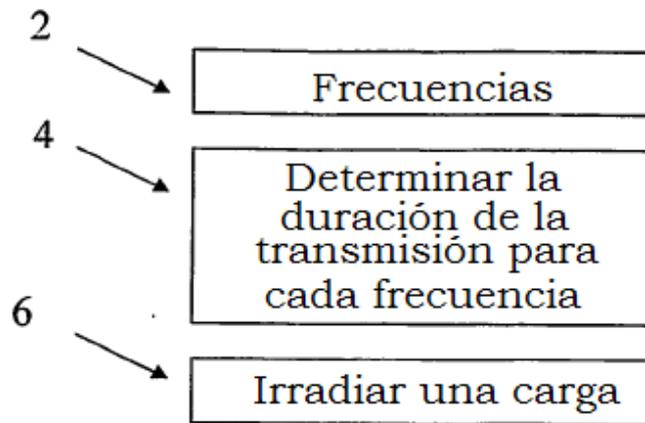


FIG. 1B

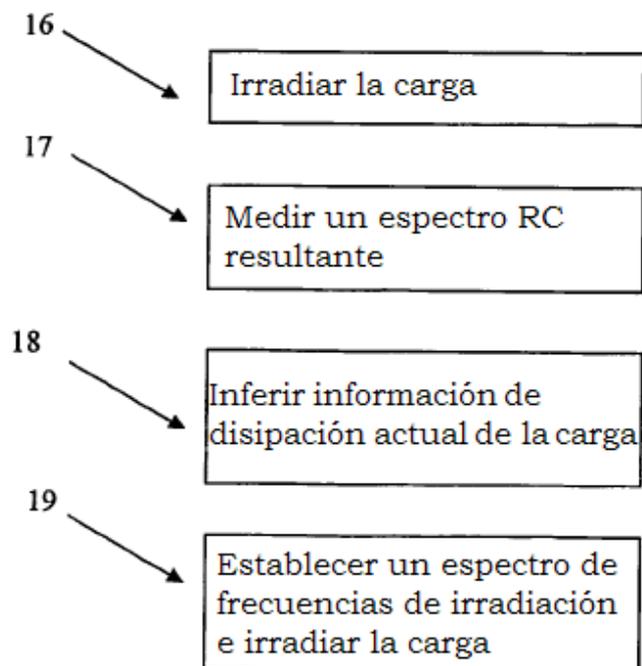


FIG. 1C

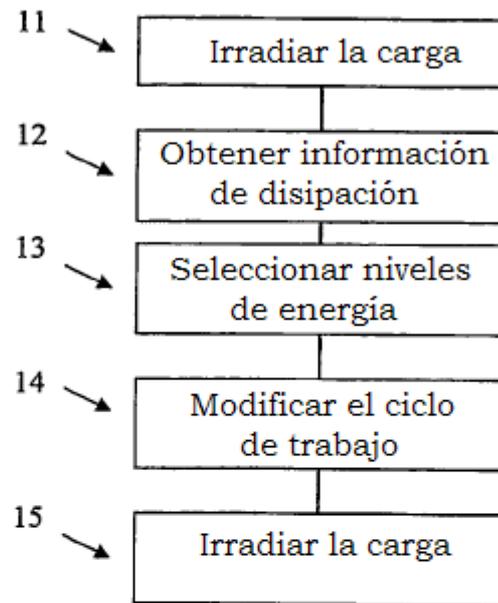


FIG. 2

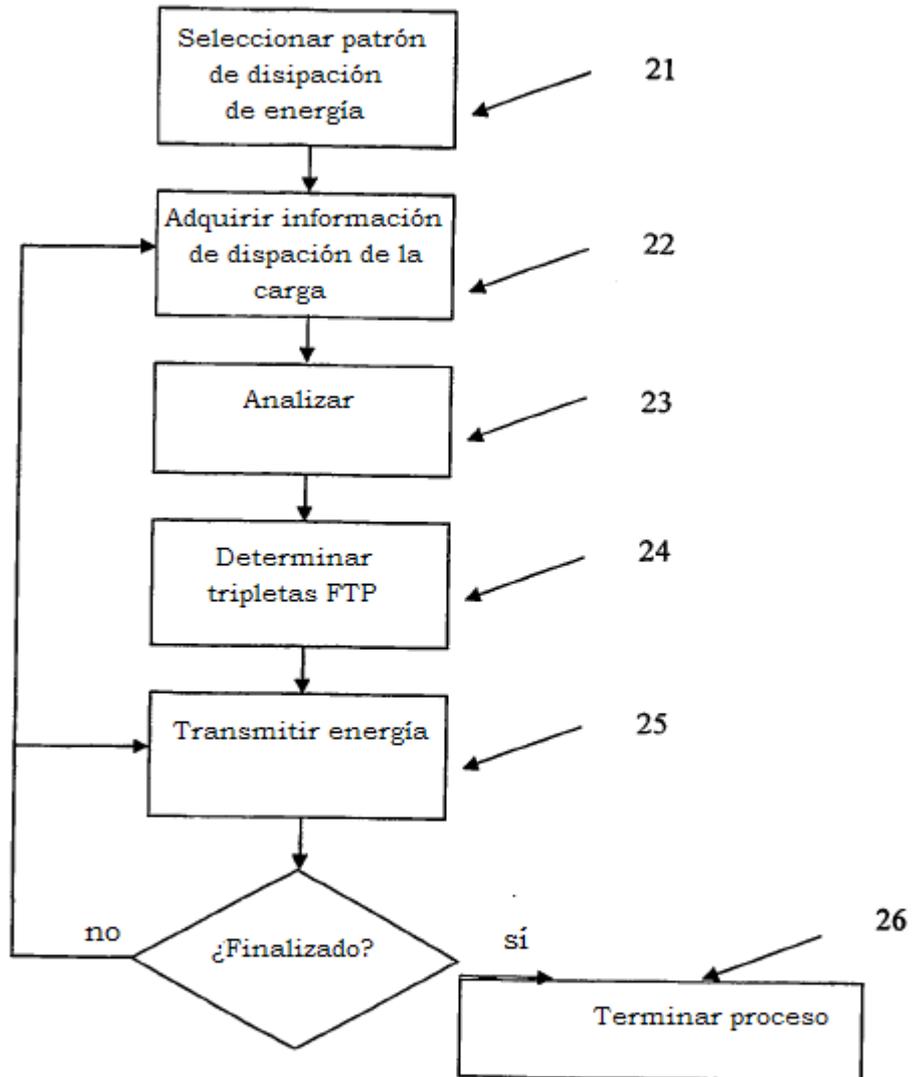


FIG. 3

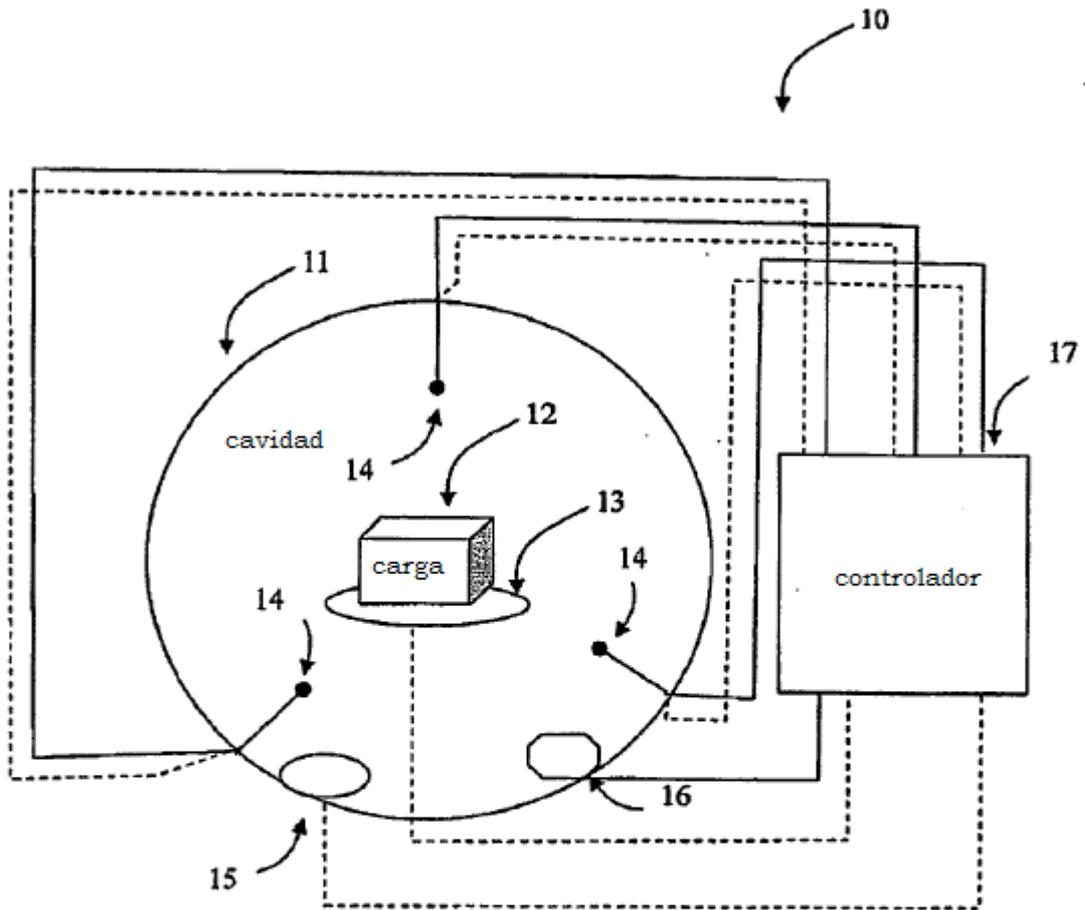


FIG. 4A

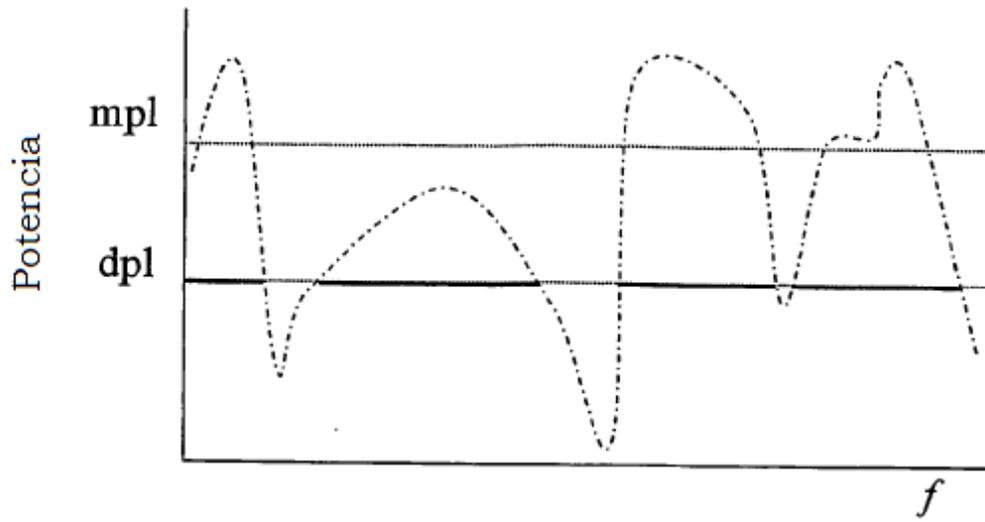


FIG. 4B

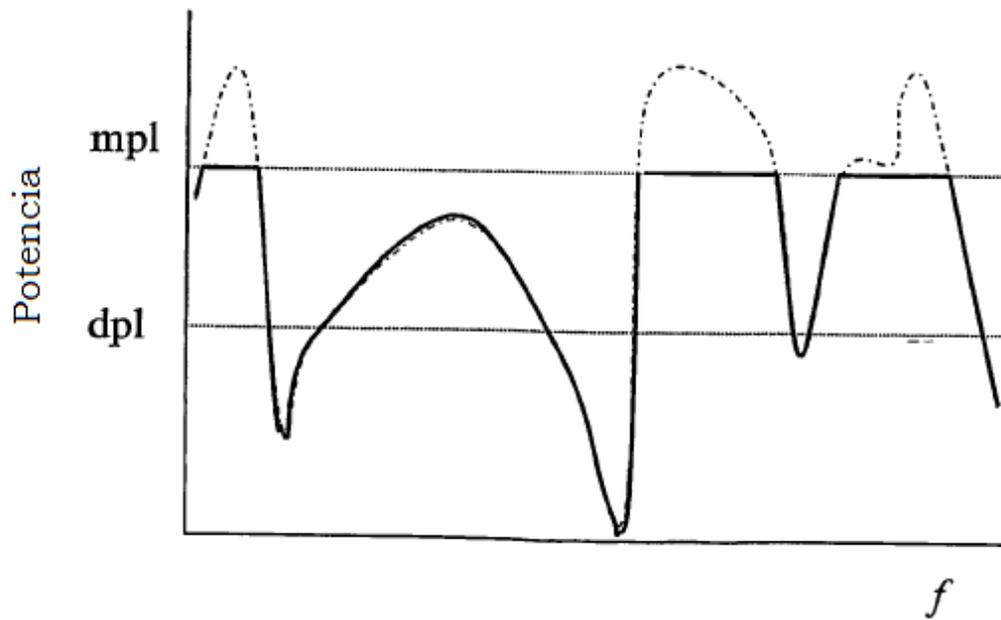


FIG. 5

