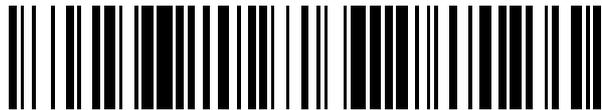


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 765**

21 Número de solicitud: 201630546

51 Int. Cl.:

**H04B 11/00** (2006.01)

**H04R 17/10** (2006.01)

**G01F 17/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**29.04.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**30.10.2017**

71 Solicitantes:

**AGENCIA DE OBRA PUBLICA DE LA JUNTA DE  
ANDALUCIA (100.0%)  
AV.DIEGO MARTINEZ BARRIO Nº 10 (EDIF.  
CONSEJERIA DE FOMENTO Y VIVIENDA) 4º  
PLANTA  
41013 SEVILLA ES**

72 Inventor/es:

**GONZÁLEZ CARVAJAL, Ramón;  
HIDALGO FORT, Eduardo;  
GARCÍA OYA, José Ramón;  
MUÑOZ CHAVERO, Fernando;  
ONIEVA GIMÉNEZ, Luis;  
CORTÉS ACHEDAD, Pablo;  
GUADIX MARTÍN, José y  
MUÑUZURI SANZ, Jesús**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE CONTENEDORES DE CARGA DE PAREDES METÁLICAS**

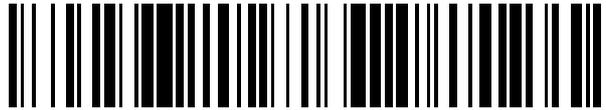
**ES 2 639 765 A1**

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 765**

21 Número de solicitud: 201630546

57 Resúmen:

Sistema y método de monitorización de contenedores de carga de paredes metálicas. El sistema comprende:

sensores (1) instalados en el interior de un contenedor (10) de carga para monitorizar diferentes variables;

un primer transductor de ultrasonidos (3) emplazado en una pared interna (26) del contenedor (10);

un nodo interno (2) ubicado en el interior del contenedor (10) y configurado para recibir información proveniente de los sensores (1), procesar dicha información y excitar el primer transductor de ultrasonidos (3) para transmitir una señal acústica con la información procesada;

un segundo transductor de ultrasonidos (6) en contacto con una pared externa (27) del contenedor (10) y configurado para convertir la señal acústica en una señal eléctrica;

un nodo externo (7) ubicado en el exterior del contenedor (10) y configurado para recibir y procesar la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos (6) para extraer información proveniente de los sensores (1).

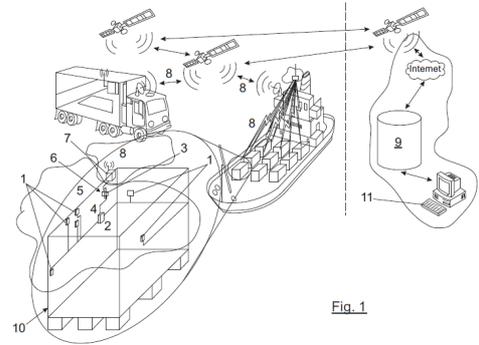


Fig. 1

**SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE CONTENEDORES DE CARGA DE PAREDES METÁLICAS**

**DESCRIPCIÓN**

5

Campo de la invención

La presente invención se engloba en el sector del transporte de mercancías, concretamente para aplicaciones en el campo del transporte intermodal, sostenible, inteligente e integrado. La invención implementa una comunicación no invasiva entre el interior y el exterior de los contenedores de carga con fines de sensorización de variables, monitorización de mercancías y seguimiento de éstas a lo largo de su transporte.

Antecedentes de la invención

En la actualidad, la monitorización de diferentes variables dentro de los contenedores de carga, tales como temperatura, humedad, movimiento, o niveles químicos o radioactivos, es fundamental para el mantenimiento de dicha carga, suponiendo además un aumento del nivel de seguridad respecto al transporte de cargas peligrosas o respecto a la prevención de posibles intrusiones o robos. Dicha monitorización genera beneficios económicos a todos los agentes que participan en el transporte de mercancías: a las autoridades portuarias o ferroviarias, a las compañías exportadoras, a las compañías propietarias de las mercancías, a las compañías importadoras, a los clientes finales e incluso a las compañías aseguradoras.

Teniendo en cuenta que más del 90% del transporte de mercancías a nivel mundial se realiza mediante contenedores, se puede predecir el impacto positivo sobre la economía y la sociedad que tiene una correcta monitorización de efectos no deseados sobre la mercancía, tales como intrusiones, ataques, contrabando o daños ambientales.

Usualmente, para monitorizar los resultados obtenidos por las redes de sensorización emplazadas en el interior de los contenedores, los equipos comerciales actuales cuentan con el inconveniente de ser sistemas intrusivos al emplear una transmisión cableada entre el interior y el exterior del contenedor, debido a que el entorno metálico en el que se encuentran dificulta enormemente la transmisión inalámbrica mediante estándares de comunicación convencionales. De este modo, dicha transmisión cableada supone la necesidad de realizar un taladro en algún punto de la superficie del contenedor, el cual no

respetar la propiedad de estanqueidad requerida para la mayoría de los transportes de mercancías. Este modo de extracción de la información, a su vez, supone un coste añadido en cuanto a la instalación de los dispositivos, así como por el hecho de suponer una modificación permanente en la superficie del contenedor.

5

Algunos de los equipos comerciales actuales, como por ejemplo Globe Tracker, Triton, TREC o WiFi Smart Chip Tags (WSCT), son sistemas completos que incluyen funcionalidades de seguimiento de mercancías y de monitorización de variables tales como temperatura, localización del contenedor, apertura de puertas, o detección de explosivos, empleando estándares de comunicación inalámbrica tales como GPS, GPRS, WiFi, GSM o ZigBee para el envío de la información desde el exterior del contenedor. No obstante, ninguno de estos sistemas soluciona el problema de la no intrusión en el interior del contenedor.

10

15

La mayoría de los trabajos publicados para aplicaciones de monitorización y seguimiento de contenedores no tienen resuelto el problema de la conservación de la estanqueidad del contenedor. Algunos ejemplos son las publicaciones científicas de S. Mahlkecht, S.A. Madani, "On Architecture of Low Power Wireless Sensor Networks for Container Tracking and Monitoring Applications", 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics, pp. 353-358, 2007, y de W. Lang et al., "The "Intelligent Container"—A Cognitive Sensor Network for Transport Management", IEEE Sensors Journal, vol. 11, no. 3, pp. 688-698, 2011; así como las patentes US 0094209 (C.M. Braun, 2008) y US 7324921 (B.M. Sugahara *et al.*, 2008).

20

25

No obstante, también se conocen sistemas no invasivos para la inspección del interior de contenedores, como el divulgado en la patente US7,106,244-B2, el cual se basa en la transmisión de una onda electromagnética y en la lectura de la onda resonante reflejada. Este sistema tiene el objetivo de implementar una correlación entre ambas ondas para detectar posibles manipulaciones de los contenidos del contenedor, así como la posible presencia de elementos explosivos o radiactivos. El medio de transmisión empleado son ondas electromagnéticas en donde únicamente se realiza una comparativa con una onda patrón para detectar posibles cambios en el interior del contenedor, sin llegar a implementarse realmente un canal de comunicaciones para la transmisión de datos. Además, el sistema divulgado en US7,106,244-B2 requiere la transmisión y recepción de ondas en el rango de los 100-800 MHz, lo que supone un aumento del coste de los circuitos

30

35

y del consumo de potencia, principalmente los referidos a la implementación de un convertidor ADC de muy alta precisión a las tasas de muestreo requeridas. Además, al variar la frecuencia de resonancia en función del área del contenedor en el rango de los 100-800 MHz (implicando que el sistema es dependiente del contenedor donde se instale) la potencia en el lado transmisor debe ser muy alta, debido a que la atenuación de la onda en el metal se incrementa proporcionalmente con la frecuencia. La patente US7,397,377-B1 presente una solución similar a la divulgada en US7,106,244-B2.

En la patente US8,571,829-B2 se presenta un sistema basado en la detección de objetos a partir de la frecuencia de resonancia producida por las vibraciones dentro del contenedor, empleando para ello acelerómetros. Pero en este caso tampoco se implementa un canal de comunicaciones, siendo su aplicación muy específica para este tipo de sensorización y sin capacidad de monitorización de variables de otras naturalezas.

Por último, existen otros sistemas no invasivos para inspección desde el interior de los contenedores, como los mostrados en la patente US7,376,216-B2, el cual no especifica la tecnología que utiliza para la comunicación hacia el exterior, o la patente US7,156,129-B2, que propone el uso de un transmisor RF emplazado en el interior del contenedor de un modo genérico, para cualquier rango de frecuencia y tipo de modulación. Sin embargo, estos sistemas no presentan una solución a los problemas que suponen la dificultad de comunicación y el elevado consumo a la hora de transmitir información a través de canales metálicos.

Por otra parte, existen otras técnicas no invasivas dedicadas específicamente al seguimiento de mercancías como son las basadas en RFID o en OCR (Optical Character Recognition). La primera de ellas puede resultar una tecnología eficiente (S. J. Barro-Torres et al., "Maritime Freight Container Management System Using RFID", The Third International EURASIP Workshop on RFID Technology, pp. 93-96, 2010), pero cuenta con desventajas como el coste de los lectores y de las etiquetas, problemas de colisión entre identificadores, problemas de desvanecimientos y efectos multi-trayecto de la onda electromagnética en entornos metálicos, así como la posibilidad de activación de explosivos en el interior de los contenedores haciendo uso de las propias etiquetas RFID. Por otra parte, las técnicas basadas en OCR (T.C. Lirn, M.S. Chiu, "Study of the SMART container monitoring system in the ocean shipping industry", Proceedings of the 14th ISL, 2009) cuentan con más complejidad a la hora de resolver problemas relacionados con el reconocimiento de

caracteres en la superficie de los contenedores, las cuales sufren numerosos daños en parámetros tales como su forma y color. Además de estos inconvenientes, estas técnicas no solucionan el problema de la comunicación del interior con el exterior del contenedor.

5 En resumen, en el campo de la monitorización de contenedores de carga y, en concreto, de variables internas tales como temperatura o humedad, se conocen:

- Sistemas de monitorización intrusivos, mediante cable entre el interior y exterior del contenedor, para lo cual hay que realizar un taladro, produciendo pérdida de estanqueidad.

10 - Sistemas de monitorización no intrusivos mediante transmisión de una onda electromagnética y lectura de la onda resonante reflejada, en los cuales no se establece propiamente un canal de comunicaciones ni se puede obtener cualquier tipo de variable interna del contenedor.

15 - Sistemas de monitorización no intrusivos mediante transmisión de ondas RF desde el interior del contenedor, con el inconveniente de un alto consumo por las pérdidas de la señal al recorrer las paredes metálicas del contenedor.

20 La presente invención propone un sistema de monitorización de los contenedores que resuelve los problemas del estado del arte, al ser a la vez no intrusivo y de reducido consumo, y que permite obtener cualquier variable interna del contenedor al establecer un canal de comunicaciones entre el interior y el exterior.

### Descripción de la invención

25 La invención se refiere a un sistema y un método de monitorización de contenedores de carga que emplea un sistema de transmisión/recepción que soluciona los inconvenientes de los sistemas comerciales existentes, permitiendo la monitorización de numerosas variables del interior del contenedor y la comunicación con el exterior mediante un estándar inalámbrico robusto y maduro, ofreciendo como ventaja adicional la propiedad de tratarse de un sistema no intrusivo.

30 El sistema comprende al menos un sensor instalado en el interior de un contenedor de carga, un primer transductor de ultrasonidos emplazado en una pared interna del contenedor, un nodo interno ubicado en el interior del contenedor, un segundo transductor de ultrasonidos emplazado en una pared externa del contenedor, y un nodo externo ubicado en el exterior del contenedor. El sistema puede también comprender al menos una red de  
35 adaptación de impedancias de tipo RLC.

El nodo interno se encarga de recibir información proveniente del al menos un sensor, procesar dicha información y excitar el primer transductor de ultrasonidos para transmitir una señal acústica con la información procesada. El segundo transductor de ultrasonidos está  
5 configurado para convertir la señal acústica proveniente del primer transductor de ultrasonidos en una señal eléctrica. El nodo externo está adaptado para recibir y procesar la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos para extraer información proveniente del al menos un sensor.

10 En una realización preferente el primer y el segundo transductor de ultrasonidos están enfrentados y alineados entre sí. Preferentemente, el primer y el segundo transductor de ultrasonidos están respectivamente en contacto con la superficie de la pared interna y externa del contenedor mediante un gel de acoplamiento de impedancia acústica.

15 El nodo interno comprende preferentemente una unidad de procesamiento de datos y un convertidor DAC, estando el nodo interno configurado para procesar los datos recibidos del al menos un sensor, modular los datos procesados y convertirlos al dominio analógico a la salida del nodo interno para excitar al primer transductor de ultrasonidos. Por su parte, el nodo externo puede comprender una unidad de procesamiento de datos y un convertidor  
20 ADC, estando el nodo externo configurado para convertir la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos al dominio digital y demodular dicha señal digital.

El nodo interno está preferiblemente configurado para realizar una modulación digital de los datos procesados de tipo DBPSK. En una realización preferente el primer y el segundo  
25 transductor de ultrasonidos son transductores piezoeléctricos, donde la frecuencia de portadora de la señal analógica transmitida por el primer transductor de ultrasonidos es la frecuencia de resonancia del material piezoeléctrico.

En otra posible realización el sistema comprende un segundo canal de ultrasonidos,  
30 independiente del canal de comunicaciones formado por el primer y segundo transductor de ultrasonidos. Dicho segundo canal de ultrasonidos comprende un segundo par de transductores piezoeléctricos, transductor interno y transductor externo emplazados respectivamente en la pared interna y externa del contenedor, donde el transductor externo está configurado para transmitir la energía de excitación proveniente de una señal de  
35 potencia al transductor interno para almacenar energía en un acumulador de energía

ubicado en el interior del contenedor.

El canal de comunicaciones formado por el primer y segundo transductor de ultrasonidos puede ser bidireccional, comprendiendo el sistema en este caso un dispositivo de selección para controlar si cada transductor de ultrasonidos actúa como transmisor o receptor, seleccionando entre un primer modo de funcionamiento dedicado a la comunicación de datos o un segundo modo de funcionamiento dedicado a la transmisión de energía desde el exterior del contenedor a un acumulador de energía ubicado en el interior del contenedor.

El nodo externo puede comprender un adaptador de red inalámbrico para comunicar inalámbricamente la información proveniente del al menos un sensor. El al menos un sensor se puede emplear para, entre otras, cualquiera de las siguientes funciones: monitorización del estado de la carga del contenedor; monitorización de las variables ambientales en el interior del contenedor, incluyendo temperatura, humedad, movimiento, y/o niveles químicos o radioactivos; localización del contenedor; apertura de puertas del contenedor; y detección de explosivos.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un método de monitorización de contenedores de carga de paredes metálicas. El método comprende:

- Monitorizar al menos una variable en el interior de un contenedor de carga empleando al menos un sensor.
- Procesar la información proveniente del al menos un sensor.
- Transmitir una señal acústica con la información procesada mediante un primer transductor de ultrasonidos en contacto con la pared interna del contenedor. La señal acústica está preferentemente modulada con una modulación digital de tipo DBPSK.
- Convertir dicha señal acústica en una señal eléctrica mediante un segundo transductor de ultrasonidos (6) emplazado en una pared externa del contenedor.
- Procesar dicha señal eléctrica para extraer información proveniente del al menos un sensor.
- Opcionalmente, el método puede también comprender comunicar inalámbricamente la información extraída proveniente del al menos un sensor.

A diferencia de las anteriores invenciones, la presente invención implementa la transmisión/recepción de información de manera no intrusiva a través de la pared de un contenedor de carga para la monitorización de los valores dados por una red de sensores emplazada en su interior. En el presente sistema de monitorización, la transmisión de los datos se realiza utilizando señales de ultrasonidos a través de un canal metálico y, por tanto, las frecuencias de funcionamiento están en el rango de los KHz, reduciendo además enormemente el consumo. El propio nodo externo donde se emplaza el receptor de ultrasonidos integra a su vez la funcionalidad de enviar la información de seguimiento de los contenedores.

10

La presente invención utiliza un sistema de transmisión y recepción por ultrasonidos para aplicaciones de monitorización del estado de la carga de los contenedores y de las variables ambientales en su interior, con el objetivo de implementar un sistema no invasivo que respete la estanqueidad del contenedor, a la vez que permita una transmisión de información a partir de la excitación de transductores piezoeléctricos con bajos niveles de tensión, de modo que se reduzca el consumo de energía en el interior del contenedor, alargando su tiempo de vida y necesidad de mantenimiento.

15

La invención propuesta emplea transductores piezoeléctricos para transmitir señales de ultrasonido a través de la pared metálica de los contenedores de carga para su uso en aplicaciones de sensorización y monitorización, con el objetivo de solucionar el problema que plantea el hecho de transmitir información a través de un canal metálico, conservando la estanqueidad del contenedor y evitando el uso de cables que modifiquen la superficie de éste. El carácter no intrusivo del sistema, unido al bajo consumo que presenta, suponen las principales ventajas respecto al estado de la técnica anterior.

20

25

El sistema comprende un nodo emplazado en el interior del contenedor, que recoge la información de una red de sensores que monitorizan las diferentes variables de entorno en dicho interior. La información recogida servirá como entrada de un convertidor digital-analógico (DAC) que excita con una señal modulada al material piezoeléctrico emplazado en la pared interna del contenedor. Dicha información tiene una frecuencia portadora igual a la frecuencia de resonancia del material piezoeléctrico, pudiéndose realizar la modulación de la información en el propio microcontrolador de manera digital. En una realización preferente se emplea una modulación DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), debido a su robustez y a que cumple con los anchos de banda requeridos por la aplicación. Así, el hecho

30

35

de que la transmisión por ultrasonidos a través de canal metálico no sea excesivamente robusta requiere que la modulación implementada sí lo sea, por lo que la modulación DBPSK elegida resulta óptima por la baja tasa de error de bit que presenta. Otro factor a la hora de elegir esta modulación para esta aplicación específica es el hecho de que se requiere una demodulación no coherente (es decir, sin compartir referencia de reloj), debido a la complejidad que supondría guardar el sincronismo entre el transmisor y el receptor a ambos lados de la pared metálica si no se emplease una modulación diferencial. No obstante, la presente invención no está limitada necesariamente a una modulación DBPSK, y es posible la utilización de cualquier otro tipo de modulación soportada por la frecuencia de resonancia y el ancho de banda del material piezoeléctrico elegido.

Por otra parte, el sistema comprende otro transductor de similares características ubicado en la pared externa del contenedor, siendo el primer elemento de la cadena de recepción. Dicho transductor es excitado por la onda acústica que viaja por el canal metálico, generando a partir de ella la señal eléctrica que, con el correcto circuito de acondicionamiento de señal y amplificación, sirve de entrada a un convertidor analógico-digital (ADC), el cual genera los datos digitales para su procesamiento y posterior envío. De este modo, se obtiene un sistema de monitorización a tiempo real, de bajo consumo (empleando tasas de transmisión de KHz), y no invasivo, evitando el uso de cables y, de este modo, conservando la estanqueidad del contenedor, lo cual supone la principal ventaja respecto a los sistemas actuales para el mismo tipo de aplicaciones.

La invención propuesta consiste por tanto en un sistema de monitorización no invasiva de contenedores de carga, a partir de la transmisión y recepción de ondas de ultrasonidos a través del canal metálico conformado por la pared metálica de dichos contenedores. La invención se presenta como parte de un sistema completo de monitorización y seguimiento de contenedores. Dicho sistema está conformado por una red de sensores distribuidos en el interior del contenedor, con el objetivo de medir variables tales como temperatura, humedad o movimiento. Las salidas de dichos sensores son recogidas, mediante una conexión cableada, por un nodo interno emplazado en la pared interna del contenedor. Dicho nodo cuenta con un microprocesador de bajo consumo que ordena dicha información en tramas de datos, las cuales sirven de entrada para el dispositivo que se encargue de excitar el transductor piezoeléctrico de ultrasonidos. Dicho circuito de generación de tensiones está basado en un convertidor digital-analógico (DAC) emplazado a la salida de dicho nodo, el cual genera una onda con frecuencia de portadora igual a la frecuencia de resonancia del

transductor piezoeléctrico, y modulada a partir de un esquema que soporte el ancho de banda requerido por la aplicación. La modulación de la información es realizada en el propio microcontrolador de manera digital y es preferentemente de tipo DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying). Adicionalmente, se emplea un buffer entre el convertidor DAC y el  
5 transductor con el objetivo de desacoplar sus impedancias.

La onda acústica modulada viaja por el canal metálico formado por la pared del contenedor hasta excitar al transductor piezoeléctrico emplazado en la pared externa. Ambos transductores piezoeléctricos se ponen en contacto con la pared del contenedor mediante el  
10 uso de un gel de adaptación de impedancia acústica. De este modo, el transductor externo genera unos niveles de tensión que sirven de entrada a una etapa de amplificación que compensa la atenuación sufrida por la onda a través del canal metálico y ajusta los niveles de tensión a los requeridos por el demodulador. El demodulador se puede implementar en el dominio digital utilizando un convertidor analógico-digital (ADC) a la entrada del nodo  
15 externo del sistema. De esta forma, los niveles digitales de información son demodulados en el propio microprocesador del nodo externo emplazado en la pared externa del contenedor, ordenando dicha información y enviándola, a través de una red inalámbrica, con el objetivo de gestionar la monitorización de las variables medidas en el interior del contenedor. Los valores de dichas variables se almacenan en una base de datos con el objetivo de  
20 proporcionar la información recogida al usuario final del sistema.

Por último, como ventaja adicional, se puede emplear el propio canal de comunicaciones basado en ultrasonidos para la transmisión de energía desde el exterior al interior del contenedor, con el objetivo de alargar la vida útil de los circuitos instalados en él. Dicha  
25 funcionalidad se puede implementar a partir de la configuración bidireccional del canal (o del empleo de un segundo canal de comunicaciones en sentido contrario) y de la utilización de los circuitos necesarios para la transmisión y almacenamiento de energía, tales como amplificadores de potencia o rectificadores.

### 30 Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 representa un esquema general del sistema completo donde se integra la invención, es decir, la red de sensores en el interior del contenedor, el sistema de transmisión y recepción por ultrasonidos a través del canal metálico, y la implementación de la red inalámbrica que recoge y gestiona los datos.

5

La Figura 2 muestra una descripción, a modo de ejemplo, de la modulación empleada.

La Figura 3 representa un esquema de transmisión/recepción del sistema de monitorización basada en ultrasonidos, con descripción de cada uno de los bloques que la componen.

10

La Figura 4 ilustra, a modo de ejemplo, el circuito de amplificación de carga necesario para el acondicionamiento de la señal, y su curva característica.

15

La Figura 5 ilustra, en otra realización alternativa, una implementación de un segundo canal de ultrasonidos para la transmisión de energía desde el exterior del contenedor.

#### Descripción detallada de la invención

20

El sistema de monitorización de la presente invención utiliza un sistema de transmisión y recepción por ultrasonidos para aplicaciones de monitorización del estado de la carga de los contenedores y de las variables ambientales en su interior, con el objetivo de implementar un sistema no invasivo que respeta la estanqueidad del contenedor, a la vez que permite una transmisión de información a partir de la excitación de transductores piezoeléctricos con bajos niveles de tensión, reduciendo a su vez el consumo de energía en el interior del contenedor, alargando su tiempo de vida y minimizando la necesidad de mantenimiento.

25

30

La presente invención tiene aplicaciones monitorización y seguimiento de mercancías, especialmente cuando la preservación de la estanqueidad de los sistemas a monitorizar es requerida, empleando una comunicación por ultrasonidos a través de canales metálicos. Como implementación preferente se proponen etapas de modulación-demodulación para aplicaciones de monitorización de carga, así como el uso de los posibles circuitos de amplificación de la señal eléctrica generada por el transductor piezoeléctrico en el lado receptor para este tipo de aplicaciones. Adicionalmente, se puede emplear el propio canal de comunicaciones basado en ultrasonidos para la transmisión de energía desde el exterior al interior del contenedor, con el objetivo de alargar la vida útil de los circuitos instalados en

él. De este modo, se facilita el mantenimiento del sistema, disminuyendo la frecuencia de acceso al contenedor con el objetivo de recambiar las baterías.

En la **Figura 1** se muestra una realización preferente de la invención, donde se aprecia el uso de tecnologías de transmisión y recepción por ultrasonidos para aplicaciones de monitorización de variables en el interior de los contenedores de carga. De este modo, las variables obtenidas desde la red de sensores 1 en el interior del contenedor 10 son recogidas por un nodo interno 2 basado generalmente en un microcontrolador de bajo consumo, u otro dispositivo similar con capacidades de procesado de señal. Los datos procesados son modulados y convertidos al dominio analógico a la salida 4 de dicho nodo interno 2 para excitar a un primer transductor de ultrasonidos 3, en contacto con la superficie de la pared interna del contenedor 10 mediante el uso de un gel de acoplamiento de impedancia acústica. El primer transductor de ultrasonidos 3, excitado a su frecuencia de resonancia, genera una onda acústica que viaja por el canal formado por la pared metálica del contenedor 5 hasta llegar a la entrada de un segundo transductor de ultrasonidos 6 emplazado en la pared externa del contenedor 10. El segundo transductor de ultrasonidos 6 se encarga de convertir la señal acústica recibida en una señal eléctrica que es amplificada a los niveles de tensión requeridos por un convertidor ADC emplazado a la entrada del nodo externo 7 del sistema.

Los datos digitales obtenidos son demodulados por una unidad de procesamiento de datos, preferentemente un microprocesador de bajo consumo, instalado en el nodo externo 7. Dicha unidad de procesamiento de datos también puede implementarse con cualquier otro tipo de dispositivo de procesamiento de señal, siendo posible a su vez que la señal recibida sea demodulada en el dominio analógico. Finalmente, la información obtenida es enviada, generalmente a través de una o varias redes inalámbricas 8, con el objetivo de gestionar remotamente la monitorización de las variables medidas en el interior del contenedor. Los valores de dichas variables se almacenan en una base de datos 9 con el objetivo de proporcionar la información recogida al usuario final del sistema 11, por ejemplo mediante una interfaz web desde un ordenador.

En la **Figura 2** se describe más específicamente la modulación implementada en una realización preferente. Aunque la invención no excluye la posibilidad de cualquier otra técnica de modulación, analógica o digital, en función de la tasa de transmisión requerida y del ancho de banda del transductor de ultrasonidos utilizado, en este ejemplo se propone el

uso de una modulación digital de tipo DBPSK 12, para la cual la transmisión de un '1' lógico se traduce en el mantenimiento de la fase de la señal analógica transmitida y la transmisión de un '0' lógico en el cambio de fase de dicha señal. Dicho cambio de fase será de  $180^\circ$ , al tratarse de una modulación binaria, lo que supone un aumento de la robustez en la demodulación, aumentando la distancia entre los umbrales de decisión y reduciendo, de este modo, la tasa de error de bit (BER). Una segunda ventaja de esta demodulación se encuentra en el hecho de que es no coherente, es decir, no se necesita una sincronización con el transmisor, ya que el valor recibido sólo depende del anterior, lo que reduce enormemente la complejidad en la demodulación.

10

La frecuencia de portadora de la señal analógica transmitida es igual a la frecuencia de resonancia del transductor piezoeléctrico, donde las frecuencias de funcionamiento están en el rango de los KHz. Por ejemplo, en un sistema evaluado se emplea 40 KHz, para la que se obtiene un ancho de banda de transmisión de 10 KHz, el cual está soportado por el especificado por el fabricante del transductor. Adicionalmente, este ancho de banda resulta suficiente para soportar la tasa de transmisión requerida para implementar una lectura de las salidas de la red de sensores a tiempo real. La Figura 2 también representa, de modo ilustrativo, una captura experimental de la señal transmitida 13.

15

En la **Figura 3** se ilustra un ejemplo de la implementación de la cadena de transmisión y recepción basada en ultrasonidos. Se observa cómo los datos obtenidos de los sensores 1 por el microprocesador 20 del nodo interno 2 son almacenados en tablas lógicas 21 con el objetivo de obtener palabras (por ejemplo, de 12 bits) que sirven de entrada a un convertidor DAC 22 de la misma resolución. Para el caso concreto mostrado en la Figura 3 se trabaja con una frecuencia de reloj 23 de 640 KHz, la cual es escogida al tratarse del máximo múltiplo entero potencia de 2 de la frecuencia de portadora (40 KHz) inferior a 1 MHz (tasa máxima de conversión del DAC en concreto), con el objetivo de disminuir la complejidad y la potencia de cálculo requerida en la transmisión, si bien podrían utilizarse otras frecuencias de portadora y otras frecuencias de reloj. Cada bit de datos es transmitido empleando ocho ciclos de la señal portadora, lo que disminuye el impacto en el resultado de la demodulación en caso de pérdida de la sincronización, es decir, de la pérdida de uno o más ciclos transmitidos. Dicha codificación a nivel de bit supone un tiempo de bit de 0.2 ms y, por tanto, para esta modulación binaria en concreto, el ancho de banda de transmisión es de 10 KHz.

20

25

30

Posteriormente al envío de la señal analógica, ésta pasa por una etapa de adaptación de impedancias, la cual puede estar implementada por un buffer 24 o una red de adaptación de impedancias 25 de tipo RLC, para posteriormente atacar al primer transductor de ultrasonidos 3 emplazado en la pared interna 26 del contenedor 10, al cual se le aplica a su vez un gel de acoplamiento de impedancia acústica 30. Dicho gel de acoplamiento de impedancia acústica 30 también se aplica al segundo transductor de ultrasonidos 6 emplazado en la pared externa 27 del contenedor 10, el cual recibe la onda acústica que viaja por el canal metálico formado por la pared del contenedor 28. El canal metálico presentado por la pared del contenedor 28 suele tener un grosor entre 3 y 10 cm, por lo que hay que asegurar que la atenuación en el material (generalmente acero) no impide la recuperación de la señal en recepción. Debido a que la atenuación en el metal es proporcional a la frecuencia de portadora, el hecho de transmitir a una frecuencia relativamente baja (e.g. 40 KHz) supone una ventaja adicional debido a que se podrá excitar al transductor con tensiones relativamente bajas, en este caso concreto iguales a 3.3 V, siendo generadas desde el propio microprocesador 20. Este hecho incrementa el ahorro del consumo total de energía, el cual es crítico especialmente en el interior del contenedor 10, reduciendo así la necesidad de mantenimiento y de acceso a su interior.

Así mismo, el empleo de una baja frecuencia de transmisión también supone un ahorro del consumo de energía en la parte de recepción del nodo externo 7, al requerirse un convertidor ADC 71 de baja tasa de muestreo. Una última ventaja del empleo de bajas frecuencias de transmisión reside en el hecho de que de este modo se reducen los efectos de desvanecimiento y multi-trayecto en el canal, evitando, de este modo, el uso de ecualizadores en recepción que aumentan la complejidad de su implementación.

No obstante, el objeto de la presente invención es aplicable también para sistemas que requieran una mayor tasa de transmisión, elevando, por tanto, el consumo total del sistema, pero manteniendo el resto de sus propiedades.

Previamente a la conversión analógico-digital puede ser implementada una red de adaptación de impedancias 31 de tipo RLC, si es necesaria, y una etapa de amplificación 32 para conseguir los niveles requeridos por el convertidor ADC 71. Los valores digitales, una vez convertidos, son almacenados en una tabla lógica 72 para ser demodulados a partir de la comparativa 73 del bit actual con el bit anterior recibido, de modo que se detecte si existe o no un cambio de fase. A su vez, este tipo de modulación tiene como ventaja adicional el

hecho de poder ser implementada por software en el mismo microprocesador 70 del nodo externo 7. Los datos demodulados y procesados podrán ser enviados por una red inalámbrica 8 al sistema de gestión o almacenados para ser tratados posteriormente.

5 La invención propuesta también permite la utilización de dos o más transductores de ultrasonidos en una o ambas paredes del contenedor de carga 10 cuando la aplicación requiera una redundancia en el canal de comunicación con el objetivo de aumentar su fiabilidad. También se incluye la posibilidad de que ambos transductores de ultrasonidos no estén completamente alineados, así como la posibilidad de transmitir la información por  
10 ultrasonidos desde un contenedor a otro contenedor o varios en contacto con él (por ejemplo, en el interior de un almacén o de un medio de transporte de mercancías) a partir de la transmisión de las vibraciones de ultrasonidos producidas entre dichas paredes adyacentes.

15 La **Figura 4** ilustra un ejemplo de la implementación de la etapa de amplificación 32 de la Figura 3 y su curva característica 42, a cuya entrada es conectado el segundo transductor de ultrasonidos piezoeléctrico 6 (en esta figura no se muestra la red de adaptación de impedancias 31 al ser un elemento opcional), siendo la salida en corriente de éste integrada mediante el uso de una capacidad  $C_f$  y de una resistencia  $R_f$  en el lazo de realimentación de  
20 un amplificador operacional 40, con el objetivo de obtener un valor en tensión  $V$  amplificado.

Los valores escogidos para este circuito específico son de  $R_f=20K\Omega$  y  $C_f=3nF$ , con el objetivo de colocar la frecuencia de corte  $f_c$  del filtro paso alta ( $f_c=1/2\pi R_f C_f$ ) que se implementa al menos una década por debajo de la frecuencia de resonancia (40 KHz).

25 Además, para la elección de dichos valores hay que tener en cuenta que interesa una capacidad lo más pequeña posible (ya que su valor es inversamente proporcional a la sensibilidad de la etapa de amplificación ( $S_{VQ}=V/Q=1/C_f$ )), siendo recomendable adicionalmente que no sea menor a la capacidad del propio transductor piezoeléctrico (2.4 nF, según las especificaciones del fabricante). De este modo, en este caso concreto se  
30 emplea una arquitectura de amplificador de carga con ajuste de la frecuencia de corte del filtro paso-alta, pero igualmente podrán emplearse variaciones de esta etapa de amplificación, tales como amplificadores en tensión cuando la salida del transductor no sea dada en corriente, amplificadores con etapa de ajuste interno de sensibilidad, o etapas de amplificación diferenciales con conexión de la entrada del circuito a ambos terminales del  
35 transductor de ultrasonidos 6, cuando los dos pines de éste se encuentren accesibles.

Por último, la **Figura 5** ilustra un ejemplo de la funcionalidad de transmisión de energía desde el exterior al interior del contenedor 10, con el objetivo de alargar la vida útil de los circuitos instalados en él. En dicho ejemplo se emplea un segundo canal de ultrasonidos 51 independiente al canal de comunicaciones 50 descrito anteriormente. El segundo canal de ultrasonidos 51 hace uso de un segundo par de transductores piezoeléctricos (transductor interno 56 y transductor externo 57) emplazados en la pared externa 27 e interna 26 del contenedor 10. El transductor externo 57 es excitado por una señal de potencia 52 a su frecuencia de resonancia, generalmente a partir del uso de un amplificador de potencia 53, un filtro de rechazo de armónicos 54 y una red de adaptación de impedancias 55 o un buffer de adaptación. En el interior del contenedor 10 el transductor interno 56 excitado a su frecuencia de resonancia genera una señal eléctrica que es adaptada mediante una red de adaptación de impedancias 58, previamente al paso de la señal por un circuito rectificador 59 para posteriormente ser almacenada su energía (por ejemplo, en una batería de condensadores 60).

Como alternativa a la realización mostrada en la Figura 5, se puede implementar esta funcionalidad de transmisión de energía empleando los mismos transductores (3, 6) que los empleados para comunicación de datos, a partir del uso de un solo canal de ultrasonidos bidireccional. Empleando esta arquitectura se emplaza un dispositivo de selección (como un interruptor o un multiplexor) a cada lado de la pared del contenedor, de modo que controle si el transductor piezoeléctrico actúa como transmisor o receptor, seleccionando una de las circuiterías correspondientes descritas anteriormente, bien la dedicada a la comunicación de datos, o bien la dedicada a la transmisión de energía.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de monitorización de contenedores de carga de paredes metálicas, caracterizado  
5 por que comprende:  
al menos un sensor (1) instalado en el interior de un contenedor (10) de carga;  
un primer transductor de ultrasonidos (3) emplazado en una pared interna (26) del  
contenedor (10);  
un nodo interno (2) ubicado en el interior del contenedor (10) y configurado para  
10 recibir información proveniente del al menos un sensor (1), procesar dicha información y  
excitar el primer transductor de ultrasonidos (3) para transmitir una señal acústica con la  
información procesada;  
un segundo transductor de ultrasonidos (6) emplazado en una pared externa (27) del  
contenedor (10) y configurado para convertir la señal acústica proveniente del primer  
15 transductor de ultrasonidos (3) en una señal eléctrica;  
un nodo externo (7) ubicado en el exterior del contenedor (10) y configurado para  
recibir y procesar la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos (6) para extraer  
información proveniente del al menos un sensor (1).
- 20 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el primer (3) y segundo (6)  
transductor de ultrasonidos están enfrentados y alineados entre sí.
3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el  
primer (3) y segundo (6) transductor de ultrasonidos están respectivamente en contacto con  
25 la superficie de la pared interna (26) y externa (27) del contenedor mediante un gel de  
acoplamiento de impedancia acústica (30).
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el  
nodo interno (2) comprende una unidad de procesamiento de datos (20) y un convertidor  
30 DAC (22), estando el nodo interno (2) configurado para procesar los datos recibidos del al  
menos un sensor (1), modular los datos procesados y convertirlos al dominio analógico a la  
salida (4) del nodo interno (2) para excitar al primer transductor de ultrasonidos (3).
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el  
35 nodo externo (7) comprende una unidad de procesamiento de datos (70) y un convertidor

ADC (71), estando el nodo externo (7) configurado para convertir la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos (6) al dominio digital y demodular dicha señal digital.

5 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el nodo interno (2) está configurado para realizar una modulación digital de los datos procesados de tipo DBPSK (12).

10 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer (3) y segundo (6) transductor de ultrasonidos son transductores piezoeléctricos, donde la frecuencia de portadora de la señal analógica transmitida por el primer transductor de ultrasonidos (3) es la frecuencia de resonancia del material piezoeléctrico.

15 8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende al menos una red de adaptación de impedancias (25, 31) de tipo RLC.

20 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un segundo canal de ultrasonidos (51), independiente del canal de comunicaciones (50) formado por el primer (3) y segundo (6) transductor de ultrasonidos, comprendiendo dicho segundo canal de ultrasonidos (51) un segundo par de transductores piezoeléctricos, transductor interno (56) y transductor externo (57) emplazados respectivamente en la pared interna (26) y externa (27) del contenedor, donde el transductor externo (57) está configurado para transmitir la energía de excitación proveniente de una señal de potencia (52) al transductor interno (56) para almacenar energía en un acumulador de energía (60) ubicado en el interior del contenedor (10).

25 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el canal de comunicaciones (50) formado por el primer (3) y segundo (6) transductor de ultrasonidos es bidireccional, comprendiendo el sistema un dispositivo de selección para controlar si cada transductor de ultrasonidos (3, 6) actúa como transmisor o receptor, seleccionando entre un primer modo de funcionamiento dedicado a la comunicación de datos o un segundo modo de funcionamiento dedicado a la transmisión de energía desde el exterior del contenedor a un acumulador de energía (60) ubicado en el interior del contenedor (10).

35 11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el

nodo externo (7) comprende un adaptador de red inalámbrico para comunicar inalámbricamente la información proveniente del al menos un sensor (1).

5 12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un sensor (1) se emplea para cualquiera de las siguientes funciones:

- monitorización del estado de la carga del contenedor (10);
- monitorización de las variables ambientales en el interior del contenedor (10), incluyendo cualquiera de las siguientes: temperatura, humedad, movimiento, y/o niveles químicos o radioactivos;
- 10 - localización del contenedor (10);
- apertura de puertas del contenedor (10);
- detección de explosivos.

13. Método de monitorización de contenedores de carga de paredes metálicas, 15 caracterizado por que comprende:

monitorizar al menos una variable en el interior de un contenedor (10) de carga empleando al menos un sensor (1);

procesar la información proveniente del al menos un sensor (1);

20 transmitir una señal acústica con la información procesada mediante un primer transductor de ultrasonidos (3) en contacto con la pared interna (26) del contenedor (10);

convertir dicha señal acústica en una señal eléctrica mediante un segundo transductor de ultrasonidos (6) emplazado en una pared externa (27) del contenedor (10);

25 procesar dicha señal eléctrica para extraer información proveniente del al menos un sensor (1).

14. Método según la reivindicación 13, caracterizado por que la señal acústica está modulada con una modulación digital de tipo DBPSK (12).

15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14, caracterizado por que 30 comprende comunicar inalámbricamente la información extraída proveniente del al menos un sensor (1).

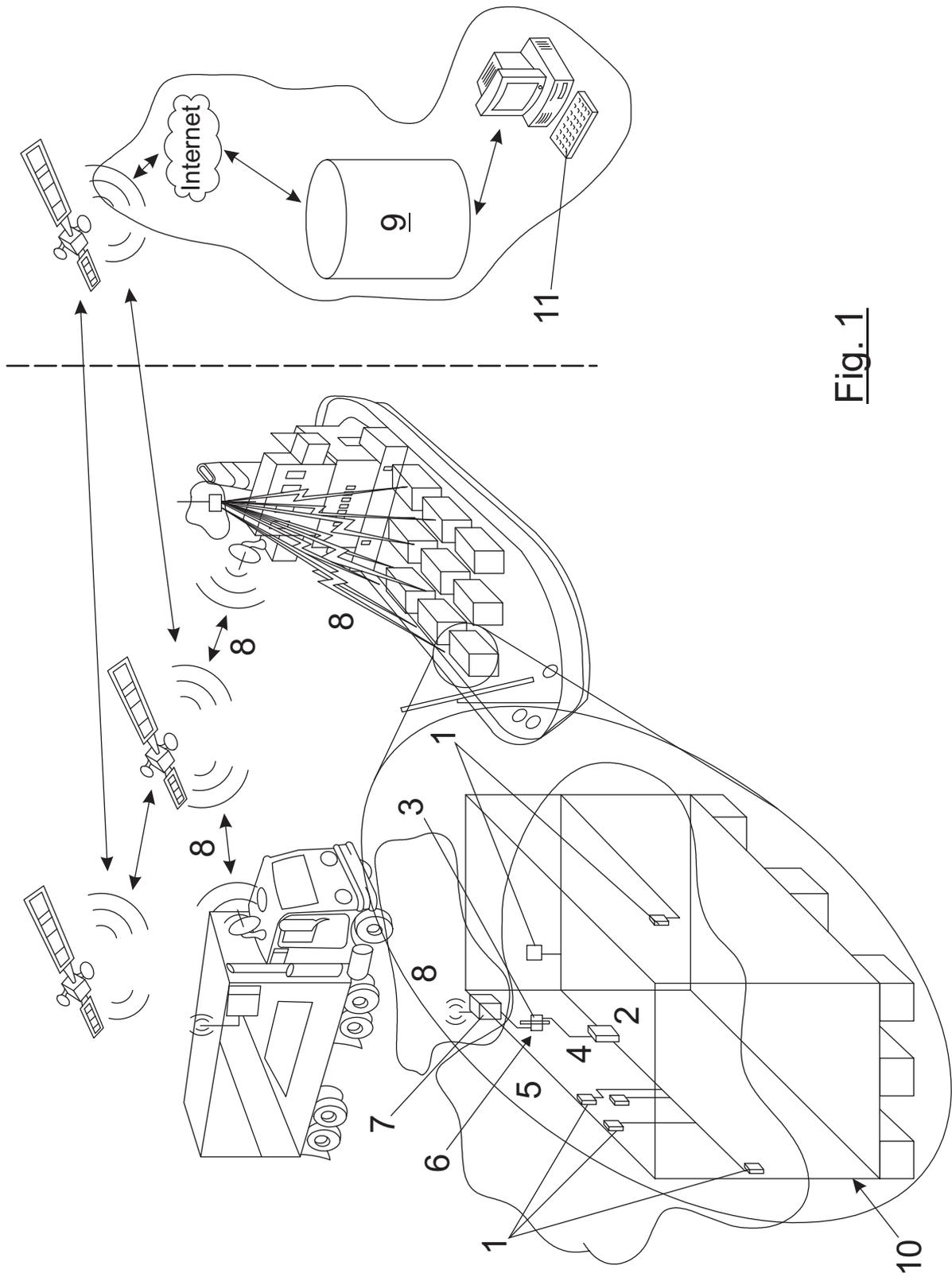


Fig. 1

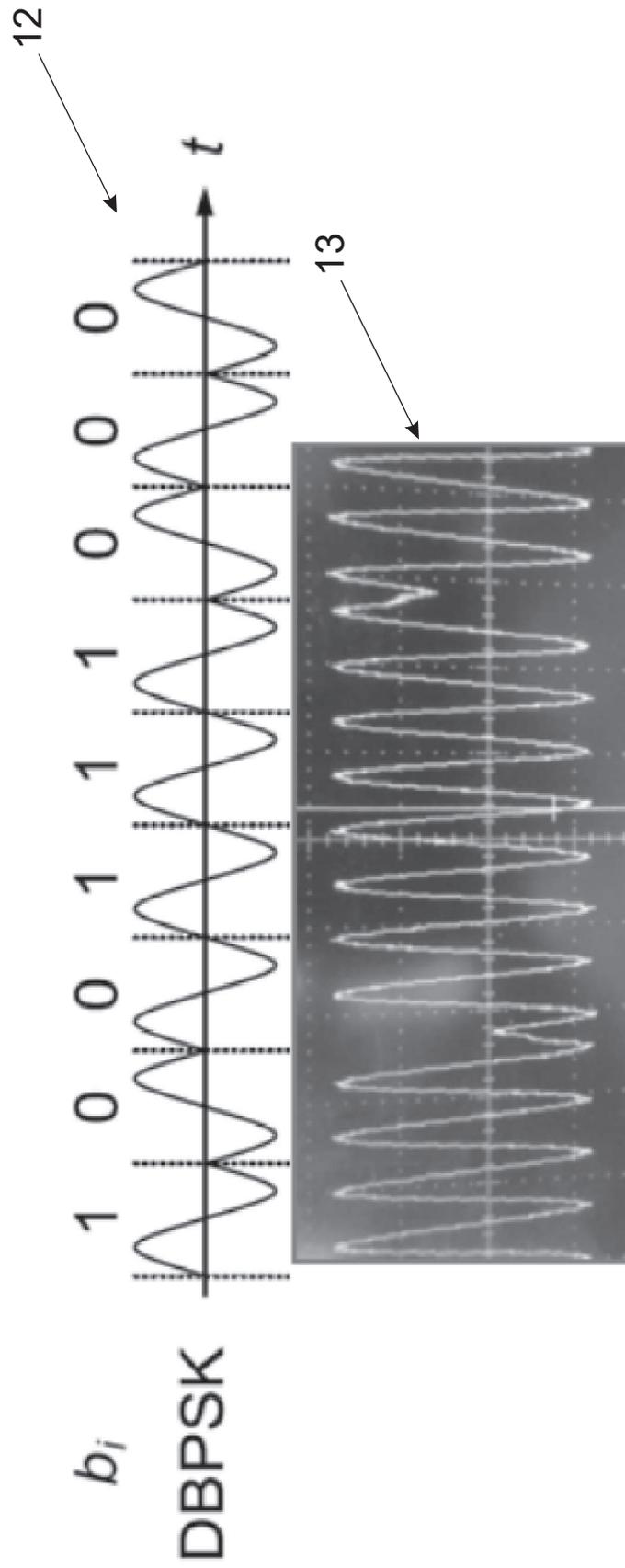


Fig. 2

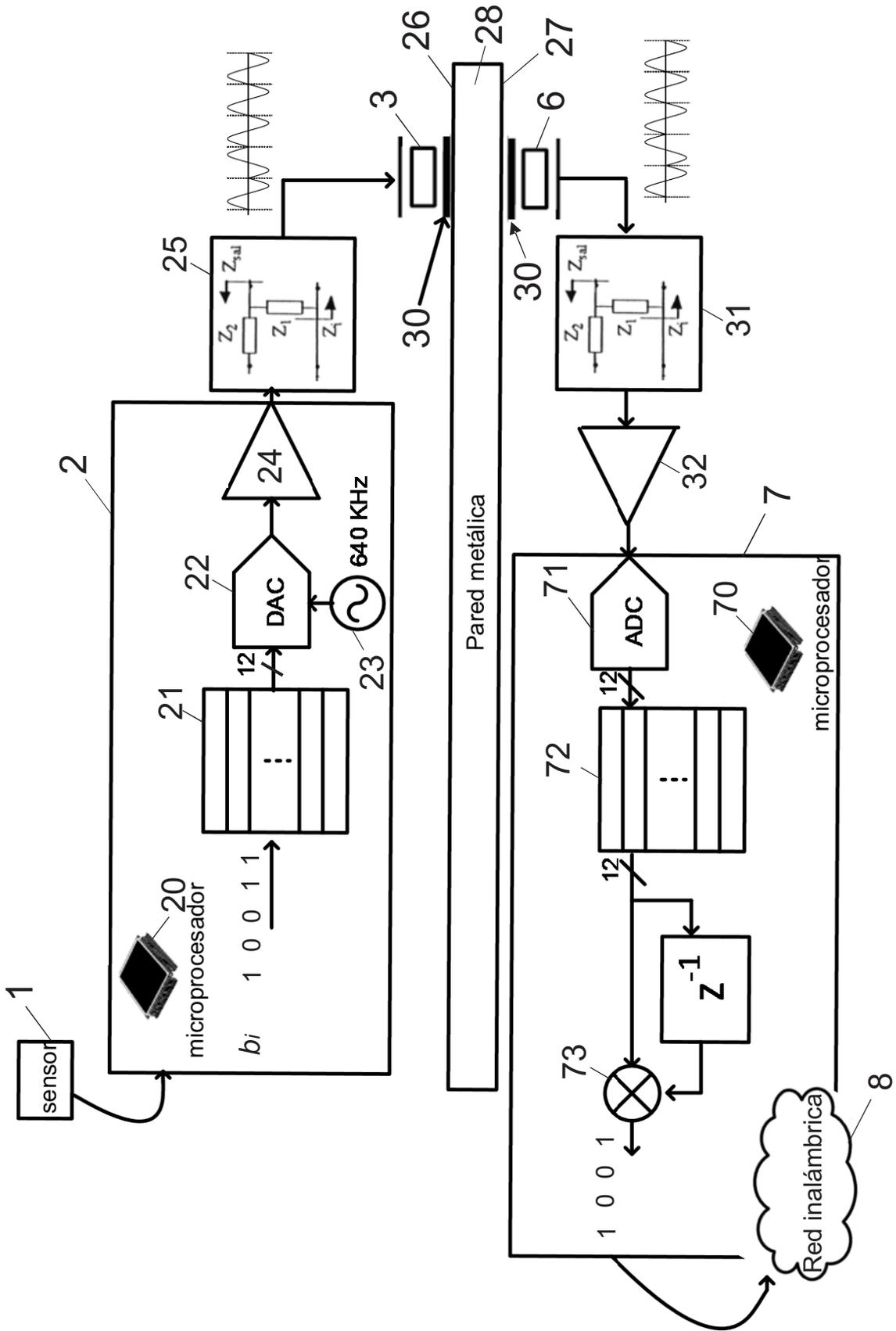
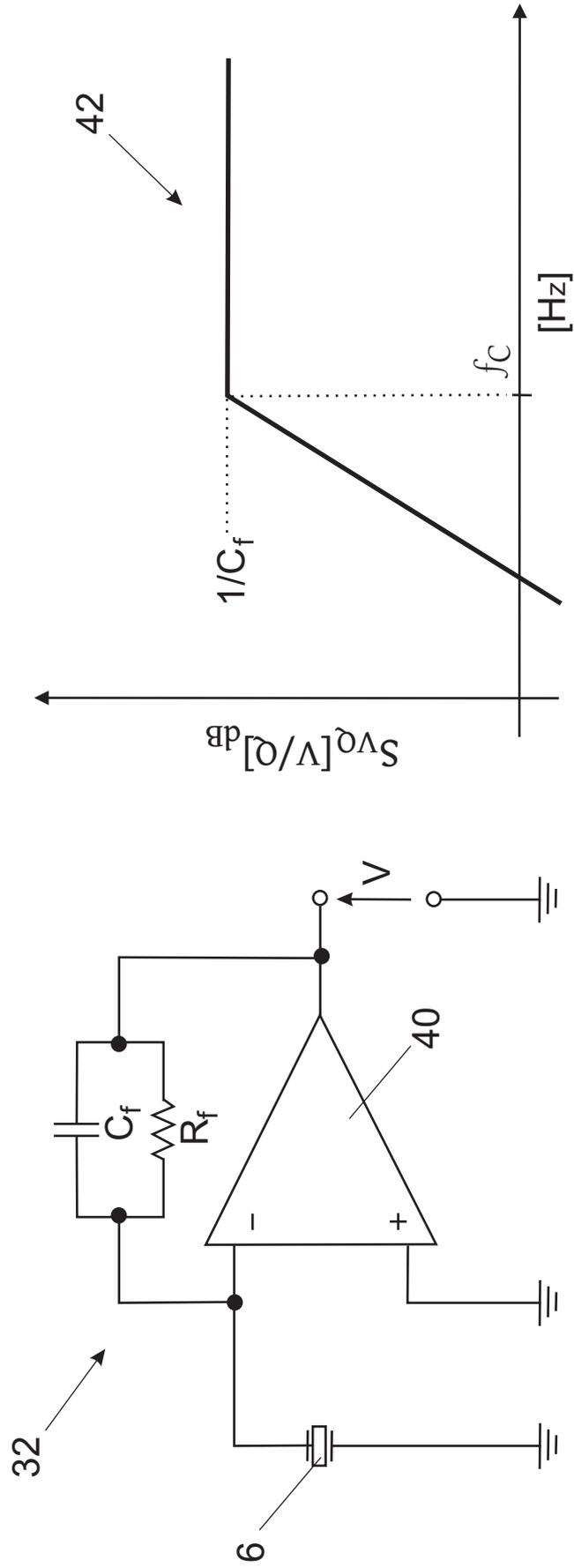


Fig. 3



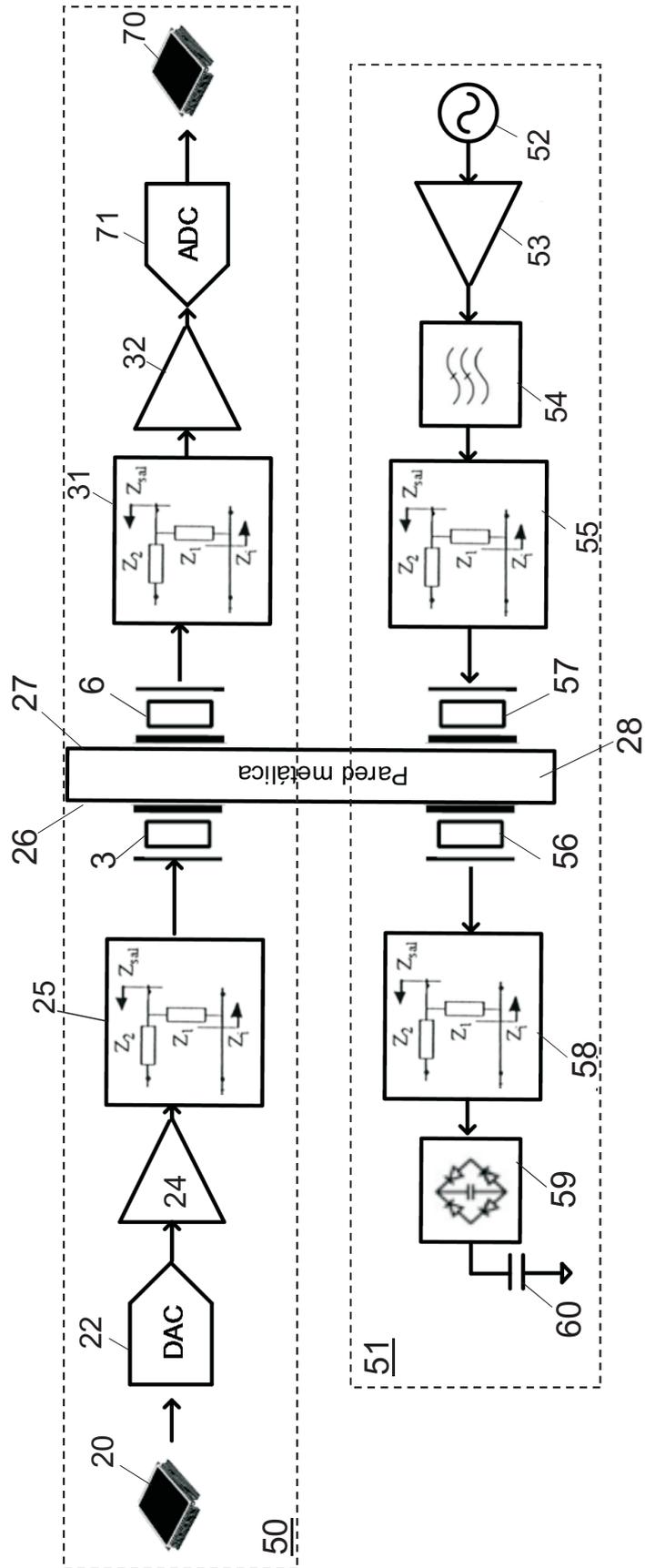


Fig. 5



- ②① N.º solicitud: 201630546  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.04.2016  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	LAWRY T J et al. A high-performance ultrasonic system for the simultaneous transmission of data and power through solid metal barriers. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 20130101 IEEE, US 01/01/2013 VOL: 60 No: 1, Pags.: 194 - 203 ISSN 0885-3010; doi:10.1109/TUFFC.2013.2550. Todo el documento, en especial Abstract, Secciones II, III, IV, VI; Figs. 1, 2, 6.	1 - 15
X	ASHDOWN J D et al. A full-duplex ultrasonic through-wall communication and power delivery system. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 20130301 IEEE, US 01/03/2013 VOL: 60 No: 3 Pags: 587 - 595 ISSN 0885-3010; doi:10.1109/TUFFC.2013.2600. Todo el documento, en especial Abstract, Sección II, Sección IV (B y C); Figs. 4, 6.	1 - 15
X A	Video: "Transmit Ultrasound Through Steel", recuperado de YouTube de fecha 26/04/2012. URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=TFk7Kxd04iE">https://www.youtube.com/watch?v=TFk7Kxd04iE</a> Todo el video.	13 1 - 12, 14 - 15
A	KLUGE M et al. Remote acoustic powering and data transmission for sensors inside of conductive envelopes. 2008 IEEE Sensors, Lecce, Italy, 20081026 IEEE, Piscataway, NJ, USA 26/10/2008 VOL: Pags: 41 - 44 ISBN 978-1-4244-2580-8; ISBN 1-4244-2580-8 Todo el documento.	1 - 15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
24.02.2017

Examinador  
J. J. Carbonell Olivares

Página  
1/6

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H04B11/00** (2006.01)

**H04R17/10** (2006.01)

**G01F17/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04B, H04R, G01F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, IEEE Xplore, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.02.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 6, 10 - 12, 14, 15	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1 - 5, 7 - 9, 13	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1 - 15	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	LAWRY T J et al. A high-performance ultrasonic system for the simultaneous transmission of data and power through solid metal barriers. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 20130101 IEEE, US 01/01/2013 VOL: 60 No: 1 Pags: 194 - 203 ISSN 0885-3010 Doi: doi:10.1109/TUFFC.2013.2550	01.01.2013
D02	ASHDOWN J D et al. A full-duplex ultrasonic through-wall communication and power delivery system. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 20130301 IEEE, US 01/03/2013 VOL: 60 No: 3 Pags: 587 - 595 ISSN 0885-3010 Doi: doi:10.1109/TUFFC.2013.2600	01.03.2013
D03	Video: "Transmit Ultrasound Through Steel", recuperado de YouTube de fecha 26/04/2012. URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=TFk7Kxd04iE">https://www.youtube.com/watch?v=TFk7Kxd04iE</a>	26.04.2012

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

Se considera el documento D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud. Este documento afecta a la novedad y a la actividad inventiva de las reivindicaciones de la solicitud. Entre paréntesis se indican referencias del documento D01.

Reivindicación 1:

En la reivindicación independiente 1 se detalla un sistema de monitorización de contenedores de carga de paredes metálicas (*Abstract, Figs. 1, 2, 6*), caracterizado por que comprende:

- al menos un sensor instalado en el interior de un contenedor de carga (*Fig. 2, Data in*);
- un primer transductor de ultrasonidos emplazado en una pared interna del contenedor (*Fig. 1, Tx Piezoelectric Transducer*);
- un nodo interno ubicado en el interior del contenedor y configurado para recibir información proveniente del al menos un sensor, procesar dicha información y excitar el primer transductor de ultrasonidos para transmitir una señal acústica con la información procesada (*Fig. 2, Transmitter DSP*);
- un segundo transductor de ultrasonidos emplazado en una pared externa del contenedor y configurado para convertir la señal acústica proveniente del primer transductor de ultrasonidos en una señal eléctrica (*Fig. 1, Rx Piezoelectric Transducer*);
- un nodo externo ubicado en el exterior del contenedor y configurado para recibir y procesar la señal eléctrica del segundo transductor de ultrasonidos para extraer información proveniente del al menos un sensor (*Fig. 2, Receiver DSP*).

Así pues, y según se describen en la solicitud, todos los elementos del sistema se encuentran anticipados con las mismas características técnicas en el documento D01. El sensor está implícitamente considerado por el hecho de que siendo un sensor genérico simplemente genera datos de entrada en el sistema de comunicación, sean del tipo que sean y está citado explícitamente las conclusiones (*p. 202, col. 1, Sección VI. Summary and Conclusions*). Adicionalmente, el estudiar un sistema □para□ su uso en las paredes de un contenedor no supone un elemento técnico que lo diferencie de un sistema como el de D01, en el que también se incide en la cuestión de la estanqueidad (*véase en Abstract: "which prevents the need for physical penetration"*).

Por ello, puede considerarse que el sistema de esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 2:

La reivindicación dependiente 2 detalla ambos transductores interno y externo están alineados entre sí (*p. 194, col. 2, Sección II; Fig. 1*).

Por tanto, esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 3:

La reivindicación dependiente 3 detalla que ambos transductores interno y externo están acoplados a las paredes respectivas de la barrera metálica mediante un gel de acoplamiento de impedancia acústica (*p. 195, col. 1, Sección II; Fig. 1, Tx Acoustic Couplant, Rx Acoustic Couplant*).

Por tanto, esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones dependientes 4 y 5:

Estas reivindicaciones dependientes refieren los elementos en los lados de transmisor y receptor para tratar y procesar la señal de datos (véanse los elementos en *Fig. 2, Transmitter DSP, DAC, Driver, ADC, Receiver DSP*).

En consecuencia, las reivindicaciones 4 y 5 no cumplen con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 6:

La reivindicación dependiente 6 especifica que la modulación empleada en el sistema de comunicación de datos es del tipo DBPSK. Sin embargo, en D01 se utiliza una modulación de tipo OFDM. El elegir una u otra modulación puede considerarse una alternativa que un experto en la materia valoraría en función de criterios como el nivel de señal e interferencias en el canal de comunicación (la placa metálica), la frecuencia de trabajo y el ancho de banda disponibles, la complejidad del hardware necesaria para implementar una u otra opciones o la eficiencia espectral de la modulación y la tasa de transmisión requeridas. Siendo OFDM una modulación compleja, que puede utilizar a su vez distintas modulaciones en el conjunto de sub-portadoras que forman la señal completa, en D01 puede verse una discusión en la que se contempla por ejemplo el uso de la modulación BPSK para las subportadoras OFDM (véase *p. 197, col. 2, Sección IV.C. Performance Analysis; Tabla 1; Fig. 5*). Es conocido también el hecho de que OFDM y DBPSK se diferencian en la característica de que DBPSK no requiere especial sincronización, si bien en OFDM pueden mitigarse los problemas de sincronización bajo determinados supuestos (*p. 196, col. 2, Sección IV.B. Digital Modulation Techniques*). En último término y para unas condiciones de operación concretas, el sistema podría diseñarse de una manera u otra simplemente atendiendo a una metodología de prueba y error a la hora de escoger la modulación más adecuada.

Por tanto, la reivindicación 6 carece del requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 7:

La reivindicación dependiente 7 especifica que los transductores funcionan a una de sus frecuencias de resonancia (*p. 194, col. 2, Sección II, párrafo 1*).

Por tanto, esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 8:

La reivindicación dependiente 8 especifica que se utiliza una red de impedancias de tipo RLC (*p. 196, col. 1, Sección III, "a pair of matching networks are designed using inductors and/or capacitors to achieve the optimal conjugate power matching"*). Adicionalmente, obtener una impedancia compleja conjugada de otra lleva implícito el, en su caso, añadir o no un elemento resistivo a la red.

Por tanto, esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 9:

La reivindicación dependiente 9 detalla que se utiliza un segundo canal de ultrasonidos para la transmisión inalámbrica de potencia (véase *p. 195, col. 2, Sección III. Power Transmission*).

Por tanto, esta reivindicación no cumple con el requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones 10 a 12:

La reivindicación dependiente 10 especifica que el sistema puede convertirse en bidireccional (para la comunicación de datos) a partir del uso de un dispositivo de selección. Esta característica no está directamente contemplada en D01, si bien sí se apunta a esta misma posibilidad en sus conclusiones (*p. 202, col. 1, Sección VI. Summary and Conclusions*). Por otro lado, los mismos autores de D01, estudian en D02 un sistema full-duplex que sí lograría la bidireccionalidad de los datos. A la vista de ambos documentos, el experto en la materia podría por lo tanto considerar como opción normal de diseño incluir esta característica del sistema descrito en el documento D02 para resolver el problema planteado. De igual manera, las reivindicaciones 11 y 12 no suponen un esfuerzo inventivo frente al estado de la técnica conocido.

Por tanto, la reivindicaciones 10 a 12 carecen del requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 13:

La reivindicación independiente 13 detalla un procedimiento de monitorización de contenedores de carga que hace uso del sistema anteriormente descrito. A la vista de lo anticipado en D01, todas las etapas descritas en este método tienen equivalencia en lo ya divulgado. Por otro lado, puede considerarse que estas etapas son las que podrían considerarse por parte de un experto en la materia como evidentes para realizar este tipo de actividad. A este respecto puede verse en D03 un procedimiento claramente coincidente.

Por tanto, y la vista de lo divulgado anteriormente, el procedimiento de la reivindicación 13 carece del requisito de novedad que establece el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones dependientes 14 y 15:

Estas reivindicaciones dependientes detallan el uso de la modulación DBPSK y de un transmisor inalámbrico que según se ha indicado anteriormente no suponen un esfuerzo inventivo frente al estado de la técnica conocido. En consecuencia, las reivindicaciones 14 y 15 no cumplen con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

A modo de conclusión, las reivindicaciones de la solicitud no cumplen con los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley de Patentes 11/1986.