

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 749**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/04 (2006.01)

H01Q 9/42 (2006.01)

H01Q 9/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2016 PCT/FR2016/051917**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2017 WO17025675**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2016 E 16748340 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3335267**

54 Título: **Antena de ondas de superficie, red de antenas y utilización de una antena o de una red de antenas**

30 Prioridad:

10.08.2015 FR 1557654

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

18.10.2019

73 Titular/es:

**TDF (50.0%)
155 bis Avenue Pierre Brossolette
92120 Montrouge, FR y
UNIVERSITÉ DE RENNES 1 (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BELLEC, MATHILDE;
LAURENT, JEAN-YVES;
PALUD, SÉBASTIEN;
JEZEQUEL, PIERRE-YVES;
COLOMBEL, FRANCK y
AVRILLON, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 727 749 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

Antena de ondas de superficie, red de antenas y utilización de una antena o de una red de antenas

5 1. Campo técnico de la invención

La invención se refiere a una antena, a una red de antenas y a una utilización de antena o de una red de antenas. En particular, la invención se refiere a una antena o a una red de antenas de polarización vertical y/o elíptica adaptada para emitir y/o recibir unas ondas de superficie en una banda de frecuencia amplia que consta, en concreto, de la totalidad o parte de las frecuencias bajas, medias y altas comprendidas entre aproximadamente 30 kHz y aproximadamente 30 MHz, esto es, unas ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas.

2. Antecedentes de la técnica

15 Actualmente, se utilizan unas torres radiantes de grandes dimensiones para emitir unas fuertes potencias en las bandas hectométricas. Estas torres presentan el inconveniente de ser caras, de necesitar un terreno importante de seguridad para su instalación y de ser poco estéticas y discretas. No están optimizadas para una difusión sustancialmente por ondas de superficie.

20 Las antenas que utilizan únicamente una onda de superficie como vector de propagación son muy poco numerosas. Las antenas de ondas de superficie actuales son unas antenas de tipo látigo o bicónicas que se adaptan mal para unas aplicaciones de este tipo.

25 Las torres radiantes y, en general, todas las antenas de polarización vertical, por ejemplo, de tipo látigo o bicónico, generan sustancialmente un campo de onda espacial (también llamado radiación ionosférica) y son caras y muy poco discretas.

Se han propuesto unas soluciones para resolver estos problemas. La solicitud de patente francesa FR2965978, presentada por el solicitante, propone una solución que permite reducir de forma importante el espacio necesario vertical de la antena, permitiendo, de este modo, una reducción de los costes de implantación y una mejora de la discreción de la antena. Además, la antena permite una mejora de la propagación de ondas de superficie y una disminución de la radiación ionosférica. Sin embargo, la radiación ionosférica sigue siendo, no obstante, importante, en concreto, para unos ángulos comprendidos entre $\pm [20^\circ; 80^\circ]$ alrededor de la normal al plano de suelo sobre el que está dispuesta la antena. Esta radiación ionosférica restante puede, en ciertas bandas de frecuencias, generar unos fenómenos de atenuación (*fading* en inglés), en concreto, cuando las ondas de superficie y las ondas espaciales interfieren, al nivel de la superficie de la Tierra, después de propagación en unos medios y por unos caminos diferentes. El documento de la técnica anterior GB233346 describe una antena que incluye 2 hilos horizontales y en cada lado de estos en sus extremos 2 hilos verticales.

40 3. Objetivos de la invención

La invención tiene como propósito mitigar al menos algunos de los inconvenientes de las antenas conocidos.

45 En particular, la invención tiene como propósito proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una antena cuya radiación preferente es una radiación de ondas de superficie.

La invención también tiene como propósito proporcionar, en al menos un modo de realización, una antena cuya radiación ionosférica está disminuida.

50 La invención también tiene como propósito proporcionar, en al menos un modo de realización de la invención, una antena sencilla de realizar.

La invención también tiene como propósito proporcionar, en al menos un modo de realización, una antena discreta y cuyo espacio necesario vertical es escaso.

55 La invención también tiene como propósito proporcionar, en al menos un modo de realización, una antena cuyo ancho de banda puede modificarse fácilmente.

60 La invención también tiene como propósito proporcionar una red de antenas de ondas de superficie. La invención también tiene como propósito proporcionar una utilización de antena o de red de antenas para la radiación de ondas de superficie.

4. Exposición de la invención

65 Para hacer esto, la invención se refiere a una antena destinada a emitir y/o recibir unas ondas de superficie de longitud de onda central λ_0 decamétrica, hectométrica o kilométrica, caracterizada por que comprende:

- al menos un elemento radiante alámbrico horizontal de longitud comprendida entre $0,5 \lambda_0$ y λ_0 ,
- al menos tres elementos radiantes alámbricos verticales de misma longitud comprendida entre $0,03 \lambda_0$ y $0,1 \lambda_0$, dispuestos en un mismo plano y que comprenden cada uno un extremo superior y un extremo inferior, estando dichos extremos superiores conectados al elemento radiante alámbrico horizontal, estando dichos extremos inferiores adaptados para conectarse a un medio conductor que presenta una superficie sustancialmente horizontal,

y por que los extremos superiores de al menos dos elementos radiantes alámbricos verticales están conectados respectivamente a un primer extremo y a un segundo extremo del elemento radiante alámbrico horizontal y el extremo superior de un elemento radiante alámbrico vertical, denominado elemento central, está conectado al elemento radiante alámbrico horizontal en su centro, estando, además, el elemento central conectado a un dispositivo de alimentación de la antena.

Una antena según la invención permite, por lo tanto, la emisión/recepción de ondas de superficie directivas de polarización vertical y una reducción de la radiación ionosférica con respecto a las antenas convencionales gracias a la utilización de una forma de antena particular, de forma que se emitan/reciban unas ondas de superficie. Conectar la antena a un medio conductor, como, por ejemplo, un medio terrestre o acuático, permite la radiación de ondas de superficie que se propagan a lo largo de este medio. En concreto, la onda de superficie está adaptada para seguir la curvatura terrestre, permitiendo, de este modo, una propagación sobre unas largas distancias.

Además, la antena tiene una altura igual a la longitud de los elementos radiantes alámbricos verticales, en otras palabras, una altura comprendida entre $0,03 \lambda_0$ y $0,1 \lambda_0$, lo que hace de ella una antena corta eléctricamente en el plano vertical y que presenta un espacio necesario vertical reducido. Por lo tanto, una antena de este tipo es discreta. Además, es menos sensible al viento, a la ráfaga, al rayo, a los seísmos, etc.

La longitud de onda λ_0 central corresponde a la longitud de onda asociada a la frecuencia de funcionamiento si la antena irradia en una sola frecuencia o si la antena irradia en una banda de frecuencia, a la longitud de onda asociada a la frecuencia central de dicha banda de frecuencia.

Los elementos radiantes forman dos bucles simétricos con respecto al elemento central, que permite la radiación de ondas de superficie directivas.

Ventajosamente, una antena según la invención comprende al menos dos elementos radiantes alámbricos horizontales, conectados cada uno a al menos dos elementos radiantes alámbricos verticales y al elemento central.

Ventajosamente y según la invención, al menos dos elementos radiantes alámbricos horizontales son de misma longitud, dispuestos uno al lado del otro y a una misma distancia del medio conductor.

Los elementos radiantes alámbricos horizontales uno al lado del otro permiten aumentar la anchura de la antena y, de este modo, ampliar la banda de frecuencia de radiación de la antena.

Ventajosamente y según la invención, al menos dos elementos alámbricos horizontales son paralelos, de diferentes longitudes, dispuestos uno por encima del otro a una distancia diferente del medio conductor.

Los elementos radiantes alámbricos horizontales uno por encima del otro y de diferentes longitudes permiten una radiación de la antena a una frecuencia central suplementaria, por duplicación de los elementos de la antena a unas longitudes adaptadas, de forma que se forme una antena de doble resonancia.

Ventajosamente, una antena según la invención comprende unos elementos localizados de tipo resistivo, capacitivo y/o inductivo adaptados para formar unas trampas de corriente sobre la antena.

Según este aspecto de la invención, los elementos localizados permiten formar unas trampas de corrientes sobre la antena, es decir, formar unos circuitos abiertos a ciertas frecuencias y cerrados a otras frecuencias, de forma que se creen unas resonancias múltiples de la antena.

La invención se refiere, igualmente, a una red de antenas caracterizada por que comprende al menos dos antenas según la invención, formando dichas antenas una alineación de antenas, de forma que los elementos radiantes alámbricos horizontales de dichas antenas sean perpendiculares a un mismo plano de alineación.

La red formada es una red lineal de antenas, en la que todas las antenas están alineadas.

La formación de una red de antenas a partir de las antenas según la invención permite acentuar las ventajas aportadas por estas antenas: en particular, la radiación de la red de antenas tiene una mejor directividad, la ganancia de las ondas de superficie está mejorada y la radiación ionosférica se reduce fuertemente. La red de antenas tiene el mismo espacio necesario vertical que la antena según la invención para unos rendimientos mejorados. No obstante, la antena según la invención sigue siendo interesante para unas situaciones que necesitan ocupar una escasa superficie en el suelo.

Ventajosamente, una red de antenas según la invención comprende al menos dos alineaciones de antenas cuyos planos de alineación son paralelos, estando cada elemento radiante horizontal de una antena de una alineación alineado con un elemento radiante horizontal de una antena de al menos otra alineación.

5 La red formada es una red planar de antenas, que comprende una pluralidad de redes lineales.

La invención se refiere, igualmente, a una utilización de al menos una antena según la invención, estando dicha antena conectada a un medio conductor terrestre o acuático, para la emisión/recepción de ondas de superficie, de forma que dichas ondas de superficie se propagan a lo largo de dicho medio.

La invención se refiere, igualmente, a una utilización de al menos una red de antenas según la invención, estando cada antena de dicha red de antenas conectada a un medio conductor terrestre o acuático, para la emisión/recepción de ondas de superficie, de forma que dichas ondas de superficie se propagan a lo largo de dicho medio.

La utilización de una antena según la invención o de una red de antenas según la invención sobre un medio conductor terrestre o acuático tal como la tierra, el mar, un lago o una marisma salina, permite una radiación de ondas de superficie a lo largo de dicho medio. El medio conductor es de grandes dimensiones con respecto a la antena o a la red de antenas (dichas grandes dimensiones se consideran como infinitas con respecto a las dimensiones de la antena o de la red de antenas) y, de este modo, permite la propagación de ondas de superficie sobre unas largas distancias. Además, las grandes dimensiones del medio conductor permiten una reducción de la radiación ionosférica.

La invención se refiere, igualmente, a una antena, a una red de antenas y a una utilización de antena o de red de antenas caracterizadas en combinación por la totalidad o parte de las características mencionadas más arriba o a continuación.

5. Lista de las figuras

Otras finalidades, características y ventajas de la invención se harán evidentes con la lectura de la siguiente descripción dada a título únicamente no limitativo y que hace referencia a las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1 es una vista esquemática según un plano xOz de una antena según un primer modo de realización de la invención,
- la figura 2 es un diagrama de radiación según el plano xOy de la antena según el primer modo de realización de la invención,
- la figura 3 es un diagrama de radiación según el plano yOz de la antena según el primer modo de realización de la invención,
- la figura 4 es una vista esquemática según un plano xOz de una antena según un segundo modo de realización de la invención,
- la figura 5 es una vista esquemática según un plano xOz de una antena según un tercer modo de realización de la invención,
- la figura 6 es una vista esquemática en perspectiva de una antena según un cuarto modo de realización de la invención,
- la figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de una antena según un quinto modo de realización de la invención,
- la figura 8 es una vista esquemática según un plano xOz de una antena según un sexto modo de realización de la invención,
- la figura 9 es una vista esquemática en perspectiva de una red de antenas según un primer modo de realización de la invención,
- la figura 10 es un diagrama de radiación según el plano yOz de la red de antena según el primer modo de realización de la invención,
- la figura 11 es un diagrama de radiación según el plano xOy de la red de antena según el primer modo de realización de la invención,
- la figura 12 es una vista esquemática en perspectiva de una red de antenas según un segundo modo de realización de la invención,
- la figura 13 es un diagrama de radiación según el plano yOz de la red de antena según el segundo modo de realización de la invención,
- la figura 14 es un diagrama de radiación según el plano xOy de la red de antena según el segundo modo de realización de la invención.

6. Descripción detallada de un modo de realización de la invención

Las siguientes realizaciones son unos ejemplos. Aunque la descripción hace referencia a uno o varios modos de realización, esto no significa necesariamente que cada referencia se refiera al mismo modo de realización o que las características se apliquen solamente a un solo modo de realización. Unas características sencillas de diferentes

modos de realización se pueden combinar, igualmente, para proporcionar otras realizaciones. En las figuras, las escalas y las proporciones no se respetan estrictamente y esto con unos fines de ilustración y de claridad.

5 Se utiliza un sistema de coordenadas ortogonal Oxyz en cada figura que representa las antenas o redes de antenas según los diferentes modos de realización de la invención.

Las nociones de "horizontal" y "vertical" se utilizan en correspondencia con una antena una vez instalada, en situación operativa, como se representa en la figura 1. Además, un elemento es horizontal si su dirección principal es paralela al plano xOy y es vertical si su dirección principal es paralela al eje Oz.

10 La figura 1 representa esquemáticamente según un plano xOz una antena 20 según un primer modo de realización de la invención.

15 La antena 20 comprende un elemento 22 radiante alámbrico horizontal, denominado elemento 22 horizontal, conectado a tres elementos 24a, 24b, 24c radiantes alámbricos verticales, denominados elementos 24a, 24b, 24c verticales. Los elementos 24a, 24b, 24c verticales comprenden cada uno un extremo superior conectado al elemento 22 horizontal y un extremo inferior conectado a un medio 26 conductor. Según los modos de realización, los elementos radiantes pueden estar realizados de tubos o de alambres metálicos multihilos o monohilos, preferentemente de sección escasa.

20 El medio 26 conductor es un medio conductor imperfecto adaptado a la propagación de ondas de superficie. El medio 26 conductor puede ser un medio de fuerte conductividad eléctrica, como el mar, una marisma salina, un lago salado, etc. o bien un medio de conductividad más escasa, como la tierra, la arena, etc. En el caso en que el medio 26 conductor tiene una conductividad escasa, típicamente inferior a 1 S/m, un plano de masa está integrado en el medio 26 conductor y está conectado a los elementos 24 verticales. El plano de masa puede tomar diferentes formas (círculo, rectángulo, polígono irregular, etc.) y cubre una superficie sustancialmente igual o superior a la proyección de la antena sobre la superficie del medio conductor.

25 En este modo de realización, dos elementos 24a y 24c verticales están conectados respectivamente a un primer extremo y a un segundo extremo del elemento 22 horizontal. Un tercer elemento 24b vertical, denominado elemento 24b vertical central está conectado al elemento 22 horizontal en su centro. Además, el elemento 24b vertical central está conectado a un dispositivo 28 de alimentación de la antena.

30 El elemento 22 horizontal tiene una longitud comprendida entre $0,5 \lambda_0$ y λ_0 , que corresponde a la longitud de la antena y los elementos 24a, 24b, 24c verticales tienen una longitud comprendida entre $0,03 \lambda_0$ y $0,1 \lambda_0$ que corresponde a una altura h de la antena con respecto al medio conductor. De este modo, la antena 20 es eléctricamente corta en el plano vertical y presenta un espacio necesario vertical reducido.

35 Debido a la longitud y a la disposición particular del elemento 22 horizontal y de los elementos 24a, 24b, 24c verticales y debido a la utilización de la antena sobre un medio conductor terrestre o acuático, preferentemente de grandes dimensiones, tal como la tierra o el mar (que pueden considerarse como de dimensiones infinitas con respecto a las dimensiones de la antena), la antena está particularmente adaptada a la emisión y/o la recepción de ondas de superficie directivas que se propagan a lo largo del medio conductor, permitiendo, de este modo, la propagación de las ondas a larga distancia siguiendo la curvatura terrestre. Esta propagación está favorecida por la discontinuidad entre el aire en el que se propagan las ondas de superficie y el medio conductor.

40 Las figuras 2 y 3 representan unos diagramas de radiación respectivamente según el plano xOy y según el plano yOz de la antena según el primer modo de realización de la invención, en la que el elemento horizontal tiene una longitud de $0,7 \lambda_0$ y los elementos verticales tienen una longitud de $0,06 \lambda_0$. En los dos diagramas, las rectas correspondientes a los ángulos -90° y 90° representan el eje Oy.

45 De este modo, la antena presenta una radiación directiva en una dirección perpendicular al elemento 22 horizontal (es decir, según el eje Oy) y que tiene una ganancia importante para una radiación de ondas de superficie cercana al medio conductor, es decir, para unos ángulos cenitales cercanos a -90° y 90° .

50 Los modos de realización descritos a continuación se basan todos en este primer modo de realización al que se aportan unas modificaciones suplementarias.

55 La figura 4 representa esquemáticamente según el plano xOz, una antena 20 según un segundo modo de realización de la invención.

60 La antena comprende unos elementos 24d, 24e, 24f, 24g verticales suplementarios, que permiten crear unos bucles de resonancia suplementarios de tamaños variables. Estos elementos verticales suplementarios están dispuestos entre los elementos verticales descritos anteriormente y están conectados al elemento 22 horizontal, de forma que se formen una pluralidad de secciones 30a, 30b, 30c, 30d, 30e, 30f de diferentes longitudes sobre el elemento 22 horizontal. Por ejemplo, dos primeras secciones 30a y 30b presentan una longitud del orden de $0,175 \lambda_0$, dos segundas

secciones 30c y 30d presentan una longitud del orden de $0,35 \lambda_0$ y dos terceras secciones 30e y 30f presentan una longitud del orden de $0,5 \lambda_0$. Estas secciones 30a, 30b, 30c, 30d, 30e, 30f permiten una resonancia múltiple de la antena a varias frecuencias.

5 La figura 5 representa esquemáticamente según el plano xOz una antena 20 según un tercer modo de realización de la invención.

10 La antena comprende dos elementos 24d, 24e verticales suplementarios como en el segundo modo de realización de la invención, así como unos elementos localizados, en el presente documento, dos primeros elementos localizados 32a y 32b dispuestos sobre el elemento 22 horizontal y dos segundos elementos localizados 32c y 32d dispuestos cada uno sobre uno de los dos elementos 24d, 24e suplementarios.

15 Los elementos localizados pueden ser unos elementos resistivos, capacitivos (condensadores) o inductivos (bobinas). Estos elementos localizados son llamados habitualmente "load", "carga" en inglés. Los elementos localizados pueden permitir reproducir la resonancia RLC de los elementos radiantes con una longitud física (o espacio necesario) reducida, pero una longitud eléctrica equivalente.

20 Los elementos localizados también pueden permitir crear, sobre los elementos radiantes, unos circuitos abiertos (o alta impedancia) a ciertas frecuencias de funcionamiento y cerrados a otras frecuencias de funcionamiento, permitiendo, de este modo, una variación de la resonancia de los elementos radiantes según la frecuencia de funcionamiento. Estos elementos localizados crean, de este modo, unas múltiples resonancias con la ayuda de trampas de corriente.

25 La figura 6 representa esquemáticamente en perspectiva una antena 20 según un cuarto modo de realización de la invención.

30 La antena comprende una pluralidad de elementos horizontales, en el presente documento, tres elementos 22a, 22b, 22c horizontales, paralelos los unos a los otros. Cada elemento horizontal tiene cada uno de sus extremos conectados a un elemento vertical y los tres elementos horizontales están conectados en su centro a un único elemento vertical. Unos alambres conductores conectan los primeros extremos de los elementos horizontales entre sí y los segundos extremos de los elementos horizontales entre sí.

35 La presencia de una pluralidad de elementos horizontales aumenta la anchura L_r de la antena, aumentando, de este modo, el ancho de banda de la antena, en concreto, por mejora de la relación de onda estacionaria (ROE).

40 La figura 7 representa esquemáticamente en perspectiva una antena 20 según un quinto modo de realización de la invención. La antena comprende una pluralidad de elementos horizontales, en el presente documento, tres elementos 22a, 22b, 22c horizontales que se intersecan en su centro. Como para el cuarto modo de realización, el ancho de banda de la antena se aumenta, en concreto, por mejora de la ROE. Además, la unión de los tres elementos horizontales en su medio permite disminuir las partes reactivas de la impedancia de la antena.

La figura 8 representa esquemáticamente según el plano xOz una antena 20 según un sexto modo de realización de la invención.

45 La antena 20 comprende, además del elemento 22 horizontal y los tres elementos 24a, 24b, 24c verticales del primer modo de realización, un segundo elemento 122 horizontal y dos segundos elementos 124a, 124c verticales de tamaño reducido, permitiendo formar el equivalente de una segunda antena resonante a una frecuencia f_{bis} diferente de f_0 (estando la frecuencia f_{bis} asociada a una longitud de onda λ_{bis}). El elemento horizontal 122 tiene una longitud comprendida entre $0,5 \lambda_{bis}$ y λ_{bis} y los dos elementos 124a, 124c verticales tienen una longitud comprendida entre $0,03 \lambda_{bis}$ y $0,1 \lambda_{bis}$. El segundo elemento 122 horizontal está conectado en su centro al elemento 24b vertical central, permitiendo, de este modo, una alimentación común por el dispositivo 28 de alimentación. La antena 20 es, de este modo, una antena de doble resonancia duplicando la estructura de base de la antena con unas dimensiones diferentes, adaptadas a dos frecuencias f_0 y f_{bis} diferentes.

55 La figura 9 representa esquemáticamente en perspectiva una red 34 de antenas según un primer modo de realización de la invención.

60 La red de antena está compuesta por una pluralidad de antenas según uno de los modos de realización de la invención, por ejemplo, en el presente documento, por N antenas referenciadas $A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N$ según el primer modo de realización de la invención. Las antenas están alineadas de forma que todos los elementos horizontales sean perpendiculares a un mismo plano de alineación. Las antenas alineadas de este modo forman una alineación de antenas, también llamada red lineal de antenas. Las antenas son alimentadas por unas fuentes de equiamplitud y equifase. En este modo de realización, cada antena está espaciada de las otras antenas en una distancia d igual a $0,93 \lambda_0$. Con el fin de clarificar la lectura de la figura, las antenas se representan con unas proporciones de longitud-anchura diferentes de los modos de realización descritos anteriormente, pero sus dimensiones están comprendidas entre $0,5 \lambda_0$ y λ_0 para la longitud y $0,03 \lambda_0$ y $0,1 \lambda_0$ para la altura, como se ha descrito anteriormente.

Las figuras 10 y 11 representan unos diagramas de radiación respectivamente según el plano yOz y según el plano xOy de la red 34 de antenas según el primer modo de realización de la invención. En los dos diagramas, las rectas correspondientes a los ángulos -90° y 90° representan el eje Oy. Las curvas 36a y 36b representan la radiación de una red de antenas que comprende N=2 antenas y las curvas 38a y 38b representan la radiación de una red de antenas que comprende N=6 antenas.

La radiación en onda de superficie de la antena descrita anteriormente se mejora, de este modo, por la puesta en red de varias de estas antenas para formar una red de antenas. La radiación según el plano yOz de la red de antenas está muy cercana a los ángulos -90° y 90° que corresponden a unas ondas de superficie muy cercanas a la superficie del medio conductor y la radiación ionosférica se reduce muy fuertemente. Esta mejora de los rendimientos es visible desde la puesta en red de dos antenas y se acentúa añadiendo más antenas, en concreto, con seis antenas. La ratio de onda de superficie sobre ondas ionosféricas (ondas celestes) se puede optimizar más utilizando una ponderación de amplitud y/o una ponderación de fase apropiada.

Además, la radiación según el plano xOy muestra que la directividad de la antena también se mejora fuertemente en una dirección perpendicular a los elementos horizontales de las antenas.

La figura 12 representa esquemáticamente en perspectiva una red 34 de antenas según un segundo modo de realización de la invención.

La red 34 de antenas está compuesta por una pluralidad de alineaciones de antenas tales como se han descrito con referencia al primer modo de realización de la red de antenas. La red de antenas forma, de este modo, una red planar de antenas, según dos dimensiones. De este modo, la red comprende X alineaciones de Y antenas referenciadas $A_{1,1}$, $A_{2,1}$, ..., $A_{X,1}$, $A_{1,2}$, $A_{2,2}$, ..., $A_{X,2}$, ..., $A_{1,Y-1}$, $A_{2,Y-1}$, $A_{X,Y-1}$, $A_{1,Y}$, $A_{2,Y}$, $A_{X,Y}$. La distancia d_x entre dos alineaciones es inferior a λ_0 . Si la distancia d_x es inferior a la longitud del elemento radiante horizontal de la antena, las antenas de alineaciones diferentes están dispuestas de modo que sus elementos radiantes horizontales no estén en contacto. Por ejemplo, dos antenas situadas una al lado de la otra (como, por ejemplo, $A_{1,1}$ y $A_{2,1}$) están desplazadas sobre el eje Oy, de forma que no estén en contacto.

Esta configuración permite, gracias a los desfases aplicados a las antenas, modificar la dirección de radiación de la red de antenas. En particular, las alineaciones presentan un desfase $\Delta\phi$ las unas con respecto a las otras. Por ejemplo, con $\Delta\phi$ el desfase de la antena $A_{1,1}$ de la primera alineación que comprende las antenas $A_{1,1}$, $A_{1,2}$, ..., $A_{1,Y-1}$, $A_{1,Y}$, la antena $A_{2,1}$ de la segunda alineación que comprende las antenas $A_{2,1}$, $A_{2,2}$, ..., $A_{2,Y-1}$, $A_{2,Y}$, tiene un desfase igual a $2\Delta\phi$ y la antena $A_{X,1}$ de la Xª alineación que comprende las antenas $A_{X,1}$, $A_{X,2}$, ..., $A_{X,Y-1}$, $A_{X,Y}$ tiene un desfase igual a $X\Delta\phi$.

Además, las antenas de una misma alineación pueden presentar unas fases diferentes: por ejemplo, las dos antenas $A_{1,1}$ y $A_{1,2}$ representadas forman una subred R_1 alimentada con la misma amplitud y la misma fase y las dos antenas $A_{1,Y-1}$ y $A_{1,Y}$ representadas forman una subred R_2 alimentada con la misma amplitud y la misma fase, pero con un desfase de 90° con respecto a las antenas de la subred R_1 . Este desplazamiento en cada alineación permite obtener una radiación unidireccional.

Las figuras 13 y 14 representan unos diagramas de radiación respectivamente según el plano yOz y según el plano xOy de la red de antenas según el segundo modo de realización de la invención. En los dos diagramas, las rectas correspondientes a los ángulos -90° y 90° representan el eje Oy. La red de antenas comprende tres alineaciones de cuatro antenas, esto es, doce antenas. La longitud de onda λ_0 central es igual a 28 m, los elementos radiantes horizontales de las antenas tienen una longitud de 18 m (esto es, aproximadamente $0,64 \lambda_0$), las antenas tienen una altura de 1,8 m (esto es, aproximadamente $0,064 \lambda_0$). La distancia d_x entre dos alineaciones es igual a 10 m. Para evitar que las antenas de dos alineaciones estén en contacto, estas se desplazan en una distancia de 2 m según el eje Oy. La distancia d_y entre dos antenas de una misma alineación es igual a 20,2 m para unas antenas de misma fase (de una misma subred) e igual a 27 m para unas antenas desfasadas en 90° (de una subred diferente).

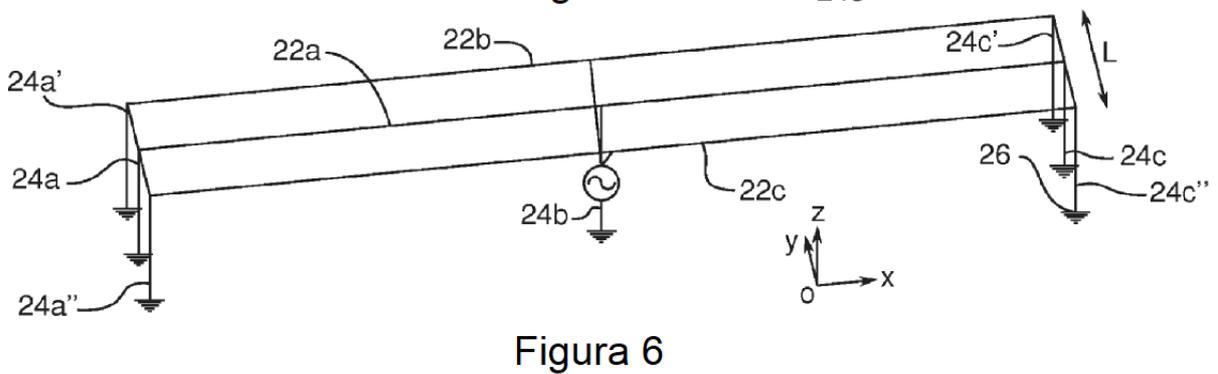
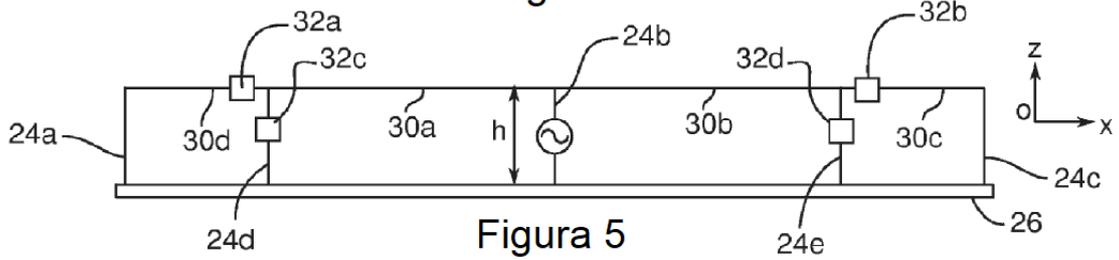
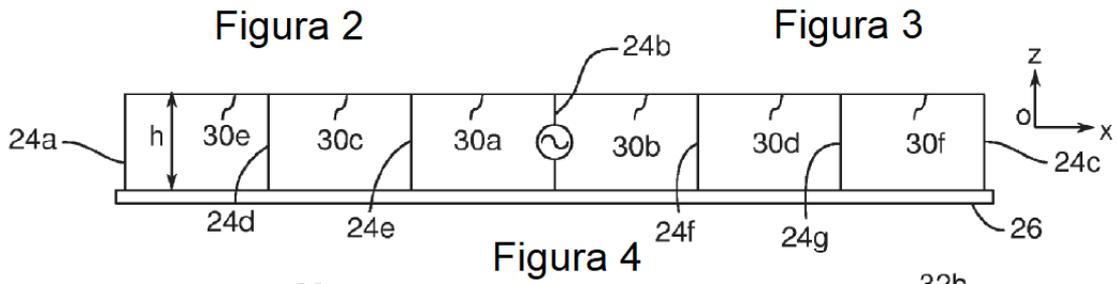
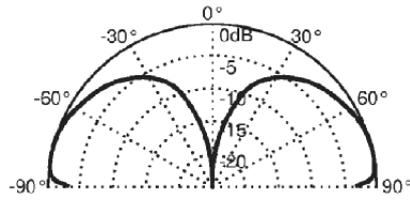
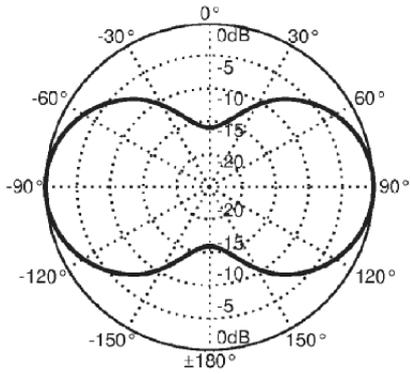
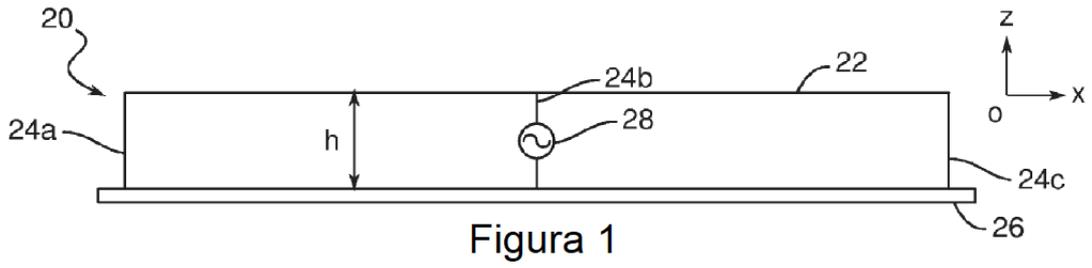
Las curvas representan unas radiaciones según varios valores de $\Delta\phi$, respectivamente 0° para las curvas 40a y 40b, $22,5^\circ$ para las curvas 42a y 42b, 44° para las curvas 44a y 44b, 65° para las curvas 46a y 46b, 85° para las curvas 48a y 48b.

La radiación según xOz es relativamente idéntica para todos los valores de $\Delta\phi$. En cambio, la radiación en el plano xOy tiene una forma diferente según el valor de $\Delta\phi$ y, en concreto, la dirección de radiación preferente de la red de antenas es variable. La red de antenas se puede, de este modo, reconfigurar para modificar su radiación sin necesidad de intervenir físicamente sobre la disposición de las antenas, sino únicamente modificando el valor $\Delta\phi$ de desfase de cada alineación con respecto a las otras alineaciones. En este modo de realización, la red de antenas se puede reconfigurar, de este modo, sobre un rango angular de 60° , como es visible en la figura 11: estando solo representadas unas configuraciones entre 90° y 120° , unas configuraciones con unos valores de $\Delta\phi$ negativos permiten obtener unas radiaciones simétricas con respecto al eje Oy, estando el rango angular, entonces, entre 60° y 120° . Además, las amplitudes de la alimentación de las antenas pueden ponderarse para optimizar los diagramas de radiación, en concreto, de forma que se evite la aparición de lóbulos secundarios importantes en caso de fuertes desajustes de las antenas.

La invención no se limita a los solos modos de realización descritos. En particular, las características de los diferentes modos de realización de las antenas se pueden combinar y las redes de antenas pueden estar formadas por antenas según una cualquiera de los modos de realización de antena.

REIVINDICACIONES

1. Antena destinada a emitir y/o recibir unas ondas de superficie de longitud de onda central λ_0 decamétrica, hectométrica o kilométrica, caracterizada por que comprende:
- 5 - al menos un elemento (22, 122) radiante alámbrico horizontal de longitud comprendida entre $0,5 \lambda_0$ y λ_0 ,
 - al menos tres elementos (24a-24g, 124a-124c) radiantes alámbricos verticales de misma longitud comprendida entre $0,03 \lambda_0$ y $0,1 \lambda_0$, dispuestos en un mismo plano y que comprenden cada uno un extremo superior y un extremo inferior, estando dichos extremos superiores conectados al elemento (22, 122) radiante alámbrico horizontal, estando dichos extremos inferiores adaptados para conectarse a un medio (26) conductor que presenta una superficie sustancialmente horizontal.
- 10 y por que los extremos superiores de al menos dos elementos (24a-24g, 124a-124c) radiantes alámbricos verticales están conectados respectivamente a un primer extremo y a un segundo extremo del elemento radiante alámbrico horizontal y por que el extremo superior de un elemento radiante alámbrico vertical, denominado elemento (24b) central, está conectado al elemento (22, 122) radiante alámbrico horizontal en su centro, estando el elemento central, además, conectado a un dispositivo (28) de alimentación de la antena.
- 15 2. Antena según la reivindicación 1, caracterizada por que comprende al menos dos elementos (22, 122) radiantes alámbricos horizontales conectados cada uno a al menos dos elementos (24a-24g, 124a-124c) radiantes alámbricos verticales y al elemento central (24b).
- 20 3. Antena según la reivindicación 2, caracterizada por que al menos dos elementos (22a-22c) radiantes alámbricos horizontales son de misma longitud, dispuestos uno al lado del otro y a una misma distancia del medio (26) conductor.
- 25 4. Antena según una de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizada por que al menos dos elementos (22, 122) alámbricos horizontales son paralelos, de diferentes longitudes, dispuestos uno por encima del otro a una distancia diferente del medio (26) conductor.
- 30 5. Antena según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que comprende unos elementos (32a-32d) localizados de tipo resistivo, capacitivo y/o inductivo adaptados para formar unas trampas de corriente sobre la antena.
- 35 6. Red de antenas, caracterizada por que comprende al menos dos antenas (A_1-A_N) según una de las reivindicaciones 1 a 5, formando dichas antenas una alineación de antenas, de forma que al menos un elemento radiante alámbrico horizontal de cada antena sea perpendicular a un plano de alineación.
- 40 7. Red de antenas según la reivindicación 6, caracterizada por que comprende al menos dos alineaciones de antenas cuyos planos de alineación son paralelos, estando un elemento radiante horizontal de cada antena de una alineación alineado con un elemento radiante horizontal de una antena de al menos otra alineación.
- 45 8. Utilización de al menos una antena (20) según una de las reivindicaciones 1 a 5, estando dicha antena (20) conectada a un medio (26) conductor terrestre o acuático, para la emisión/recepción de ondas de superficie, de forma que dichas ondas de superficie se propagan a lo largo de dicho medio (26).
9. Utilización de al menos una red de antenas (34) según una de las reivindicaciones 6 o 7, estando cada antena (A_1-A_N , $A_{1,1}-A_{X,Y}$) de dicha red de antenas conectada a un medio (26) conductor terrestre o acuático, para la emisión/recepción de ondas de superficie, de forma que dichas ondas de superficie se propagan a lo largo de dicho medio (26).



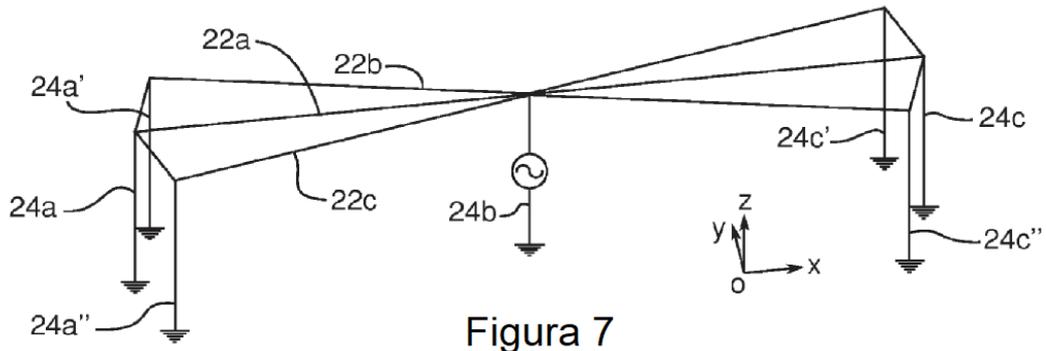


Figura 7

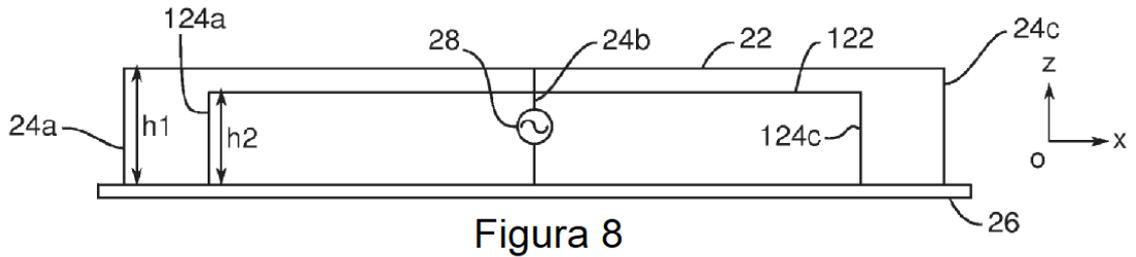


Figura 8

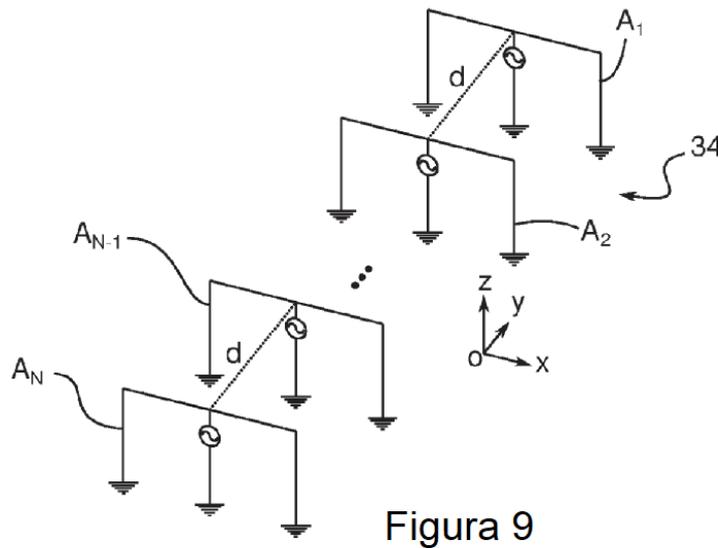


Figura 9

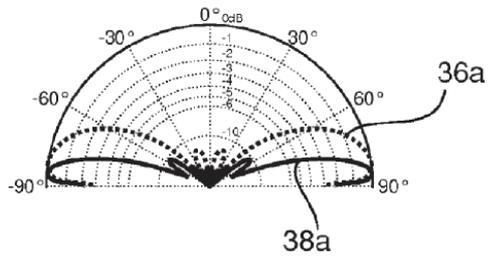


Figura 10

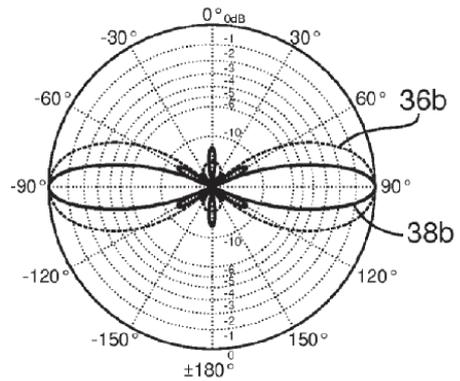


Figura 11

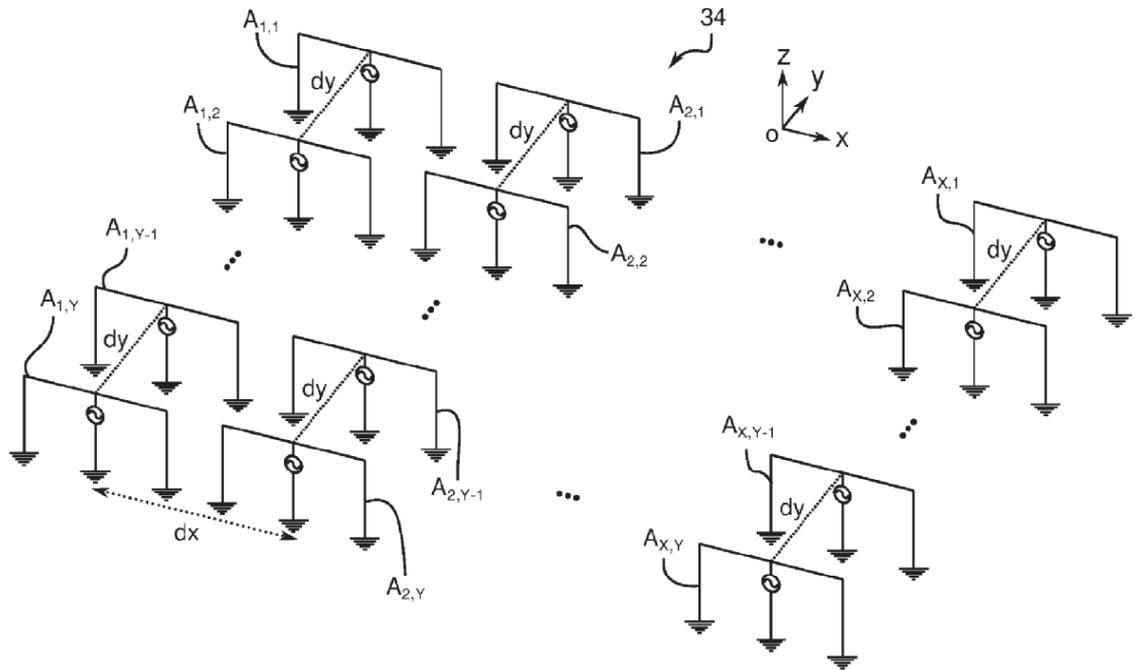


Figura 12

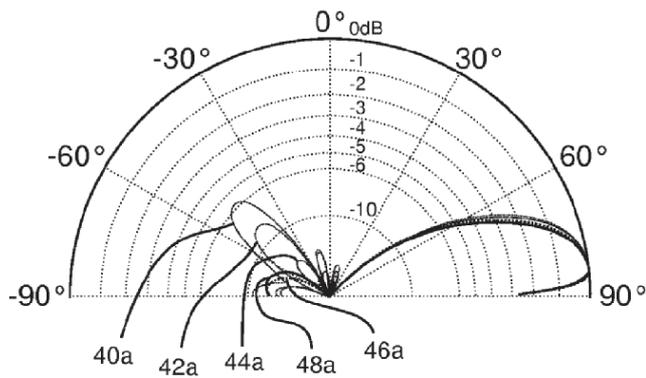


Figura 13

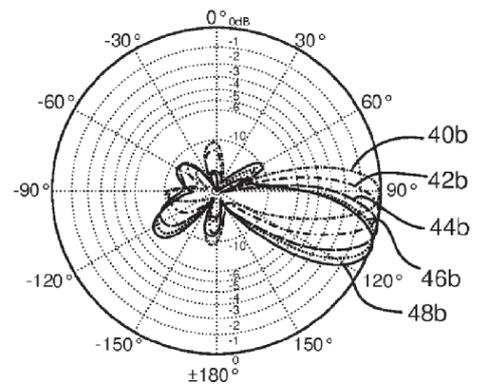


Figura 14