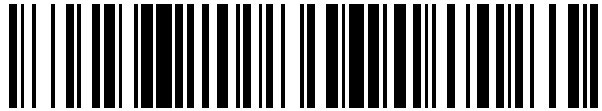


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 431**

21 Número de solicitud: 201600022

51 Int. Cl.:

**H02J 3/00** (2006.01)  
**G06Q 50/06** (2012.01)  
**G06F 1/28** (2006.01)  
**G01R 21/06** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**29.12.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.05.2016**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (50.0%)**  
**Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n**  
**39005 Santander (Cantabria) ES y**  
**VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MAÑANA CANTELI, Mario;**  
**ARROYO GUTIÉRREZ, Alberto;**  
**CASTRO ALONSO, Pablo Bernardo;**  
**LECUNA TOLOSA, Ramón;**  
**MÍNGUEZ MATORRAS, Rafael;**  
**GONZÁLEZ DIEGO, Antonio;**  
**GARROTE GARCÍA, Ramsés;**  
**MARTÍNEZ TORRE, Raquel;**  
**LASO PÉREZ, Alberto y**  
**DOMINGO FERNÁNDEZ, Rodrigo**

54 Título: **Metodología para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, según la elección de los emplazamientos críticos**

ES 2 569 431 A1



## DESCRIPCIÓN

Metodología para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, según la elección de los emplazamientos críticos.

5

### **Campo de la invención**

La presente invención pertenece al campo de los métodos y sistemas para la predicción y operación dinámica de las líneas eléctricas aéreas, y más concretamente al campo de la ingeniería eléctrica y a la producción y distribución de la energía eléctrica, y particularmente a la caracterización de la intensidad máxima - ampacidad - admisible en líneas eléctricas aéreas.

10

### **Antecedentes de la invención**

15

Existen determinadas circunstancias que hacen necesario el aumento de la corriente eléctrica que circule por una línea eléctrica; algunos de estos motivos pueden ser el aumento de la demanda por parte de un emplazamiento, la instalación de una nueva central de generación eléctrica, etc.

20

Hasta hace unos años el problema se solventaba con la construcción de nuevos tendidos eléctricos. Sin embargo, en la actualidad dicha solución conlleva una serie de problemas legales y medioambientales que dificultan en gran manera su implementación. Una solución alternativa es la optimización de las ya existentes. Es por esto que la búsqueda de métodos que optimizaran el uso de las redes de transporte se hacía indispensable.

25

Con motivo de todo esto se empezó a trabajar sobre un nuevo concepto, denominado ampacidad. Dicho concepto no es más que la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños, estudiando en detalle la temperatura que alcanza dicho conductor en función de las condiciones meteorológicas que le rodean.

30

Hasta la aparición del concepto ampacidad, la máxima corriente que podría circular por un conductor venía fijada en su hoja de características. Dicha máxima corriente era calculada para unas condiciones ambientales muy restrictivas, dando lugar al concepto de máxima corriente estática (hoy en día conocida como rate estático o ampacidad estática), en la cual no se tenían en cuenta las condiciones meteorológicas reales del emplazamiento donde se encontraba el conductor. Es fácilmente entendible que el conductor se calentará menos con mucho viento, poca radiación solar y poca corriente que con poco viento, mucha radiación solar y mucha corriente. En consecuencia, el primer supuesto permitirá circular una mayor corriente que el segundo para una misma temperatura del conductor. Es por esto que apareció el concepto de ampacidad dinámica, que permite modificar la máxima corriente que tolera el cable sin sufrir daños en función de las condiciones meteorológicas. Como la ampacidad estática fue calculada para variables ambientales muy restrictivas, es de suponer que la mayoría de las veces la ampacidad dinámica sea superior a la estática.

35

40

45

Un ejemplo práctico desarrollado en el sistema eléctrico español se describe en F. Soto y otros, *"Increasing the Capacity of Overhead Lines in the 400 Kv Spanish Transmission Network: Real Time Thermal Ratings"*, Cigré Session, 22-211, Paris-France, 1998. De esta forma la ampacidad comparada con la corriente que circule en cada momento por el

50

conductor nos dirá cuan de cargada se encuentra la línea. que es dual a comparar la temperatura máxima que soporte el conductor con la temperatura instantánea del conductor.

- 5 De este modo, la determinación de la temperatura superficial del conductor se puede realizar bien de manera estimada (según normativa), o bien mediante su monitorización medida con un sensor de temperatura (de contacto directo o de contacto indirecto).

10 La primera de las opciones, estima la temperatura superficial del conductor monitorizando las condiciones meteorológicas del entorno donde se encuentra emplazada la línea aérea y utilizando los balances térmicos estimados de las normativas.

15 Para la medición de las variables meteorológicas es necesaria la colocación de una serie de estaciones meteorológicas que nos permitan monitorizar datos como el viento (velocidad y dirección), la radiación solar, la humedad, la temperatura ambiente, etc. Mediante dichas mediciones y conociendo la corriente que circula por el cable se puede determinar la temperatura que alcanza la superficie del cable.

20 Este método de calculo esta normalizado, siendo las principales normas a seguir la "Technical Brochure 601, Guide for thermal rating calculation of overhead lines, Cigre. December 2014" y la "IEEE Standard for calculating the current-temperature of bare overhead conductors. IEEE Std 738-2012 (Revision of IEEE STD 738-1993)".

25 Dichas normas proponen dos análisis diferentes para la estimación de la temperatura del cable: un análisis en estado estacionario y un análisis en estado no estacionario. El primero de ellos consiste en un estudio estacionario de las condiciones ambientales y en consecuencia de la temperatura del mismo. De este modo, conociendo las variables ambientales cada cierto tiempo y utilizando el balance térmico estacionario de las normativas se puede calcular la temperatura permanente que alcanzarla el conductor si se mantuviese indefinidamente bajo esas condiciones ambientales, y se utiliza esa nueva temperatura como punto de partida para el siguiente conjunto de valores ambientales. Sin embargo, se intuye que este método no es lo suficientemente preciso puesto que las variables ambientales son cambiantes con el tiempo.

35 Por este motivo las normativas proponen una alternativa, realizar un balance térmico no estacionario que tenga en cuenta la inercia térmica del cable. Este nuevo método estima la temperatura que tendría el cable en cada periodo de muestreo y utiliza esa nueva temperatura como punto de partida para el siguiente conjunto de valores ambientales.

40 Sin embargo, estos métodos (estacionario y no estacionario) introducen una determinada incertidumbre debido a factores como el error en la medición de las variables meteorológicas (viento, radiación, etc.) [*Guide for the Selection of Weather Parameters for Bare Overhead Conductor Ratings*, CIGRE 82-12 Brochure (Ref No. 299), 2006], [Dräger HJ. Hussels D. Puffer R. "Development and Implementation of a Monitoring System to Increase the Capacity of Overhead Lines". 42<sup>nd</sup> CIGRE Session, Paris, August 2008"] [G.M. Beers, S. R. Gilligan, H. W LIS, J. M. Schamberger: "Transmission Conductor Ratings", IEE Transactions Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-82. PP. 767-75, 1963], la localización de los puntos mas calientes en la línea, la zona que pueda mitigar el viento, etc.

50

La segunda de las opciones, es la monitorización de la temperatura medida con un sensor de contacto directo o indirecto. Esta forma de determinar la temperatura superficial del conductor se hace necesaria para comparar los resultados medidos con los valores estimados según normativa, de tal manera que la coincidencia o no de ambos valores permiten al operario corroborar o no la validez de sus cálculos. [Modelling precipitation cooling of overhead conductors. Pytlak, P.; Musilek, P. *Electric Power Systems Research*, 2011], [Development and improvement of an intelligent cable monitoring system for underground distribution networks using distributed temperature sensing. Cho. J; Kim. J; Hak-Ju, L.: Ju-Yong, K.; Il-Keun. S.; Joon-Ho. C. *Energies*. 2014] [Simulation and measurement of the steady-state temperature in multi-core cables. Holyk, C.: Liess, H. D.: Grondel, S.: Kanbach, H.; Loos, F *Electric Power Systems Research*, 2014]. No obstante, al igual que ocurre en el caso de la temperatura estimada, existe una determinada incertidumbre debido a los sensores, generalmente instalados en el conductor.

Por otro lado, es importante destacar que, así como la medida directa con un sensor de temperatura nos permite monitorizar la temperatura superficial del conductor, en el caso de la normativa, además de obtener la temperatura superficial estimada del conductor, es posible obtener la ampacidad estimada. En el caso de la temperatura estimada, y tal y como se comentó anteriormente, es necesario conocer las condiciones meteorológicas así como la corriente que circula por el conductor, mientras que en el caso de la ampacidad estimada, es suficiente con conocer las condiciones meteorológicas.

De este modo, conociendo la temperatura del conductor y los datos meteorológicos del emplazamiento se puede realizar la gestión dinámica de la línea, bien comparando dicha temperatura con la máxima que soporte el conductor en cuestión, o bien calculando la corriente que circula por el cable para posteriormente poder ser cotejada con la ampacidad [Dynamic thermal line ratings. Part I. Dynamic ampacity rating algorithm". S.O. Foss, S.H. Lin. R.A. Fernandes, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. 102, No. 6, pp. 1858-64. 1983].

La patente americana US 8386198 B2 describe una metodología para el cálculo de la ampacidad utilizando una monitorización en tiempo real de las variables meteorológicas. Dicha metodología consiste en recibir los datos de la línea y las condiciones meteorológicas, calcular la ampacidad dinámica, o lo que es lo mismo la máxima corriente que puede circular en función de las variables meteorológicas, compararla con la ampacidad estática, es decir, la que se proporciona en la hoja de especificaciones del conductor y que se calcula con condiciones meteorológicas muy restrictivas, y trasladar estos datos a campo. Dicha metodología no contempla ni la selección de las líneas más críticas dentro del mallado de la red ni la selección de los lugares críticos de la línea donde por motivos ambientales u orográficos las condiciones de calentamiento/refrigeración del conductor pueden ser muy distintas a las del resto de la línea.

Adicionalmente la patente indica como única restricción de la ampacidad dinámica, la máxima flecha (distancia conductor al suelo) que puede presentar la línea. Sin embargo existen otros criterios como transformadores, seccionadores, empalmes, punto calientes y demás aparata de la línea.

Por otro lado, en el método de cálculo de la ampacidad de la patente mencionada no se contempla el error cometido por los algoritmos implementados. En la literatura técnica están ampliamente definidos los procedimientos de obtención de la ampacidad y los

errores en los que incurre [*Guide for the Selection of Weather Parameters for Bare Overhead Conductor Ratings*], CIGRE 82-12 Brochure (Ref No. 299), 2006).

5 Finalmente, la patente tampoco tiene en cuenta la necesaria predicción de la ampacidad para la correcta y viable operación del sistema eléctrico. Es necesario entender que el operador de la línea necesite de un tiempo de maniobra a corto y medio plazo para poder realizar modificaciones de carga en la misma.

10 Para que las normativas te permitan obtener a corto y medio plazo una predicción de la temperatura del conductor es necesaria la predicción de las variables meteorológicas. Para ello se utilizan modelos numéricos de predicción meteorológica que permiten, partiendo de un estado inicial con unas características atmosféricas dadas, simular la evolución atmosférica mediante la traducción, a través de métodos numéricos, de las leyes de la mecánica de fluidos y de la termodinámica. Existen diferentes métodos de predicción de las variables meteorológicas, como son los Métodos deterministas [*Prediction of overhead transmission line ampacity by stochastic and deterministic models*. Hall, J.F.; Deb, A.K. *Transactions on Power Delivery, IEEE, 1988*] y los métodos probabilísticos [*A method for determining probability based allowable current ratings for BPA's transmission lines*. Reding, J.L. *Transactions on Power Delivery, IEEE, 1994*].

20 Los métodos deterministas introducen unas condiciones iniciales únicas, lo que da como resultado un solo valor para los diferentes factores (viento, radiación, etc.) que, básicamente, se usa para la predicción a corto plazo. Sin embargo, los métodos probabilísticos modifican las condiciones iniciales por diferentes y complejos procedimientos dando lugar a múltiples predicciones meteorológicas. A continuación se compara la frecuencia con que coinciden los múltiples resultados obtenidos con la predicción determinista y se expresan los resultados en términos de porcentaje de probabilidad de ocurrencia. Este procedimiento se utiliza, básicamente, para medio plazo.

30 En la literatura se encuentran antecedentes de predicción meteorológica para el cálculo de la ampacidad a corto y medio plazo:

35 - *"Dynamic line rating and ampacity forecasting as the keys to optimise power line assets with the integration of RES. the European project twenties demonstration inside central western Europe"*. Huu-Minh Nguyen; Lilien, J.-L.; Schell, P., *Electricity Distribution (CIRED 2013)* trata sobre la predicción meteorológica mediante modelos numéricos de predicción global, los cuales simulan la dinámica de la atmósfera en un tiempo determinado, a través de la resolución de complejas ecuaciones diferenciales. Estas ecuaciones expresan diferentes principios y leyes de la Física: segunda ley de Newton, primer principio de la Termodinámica, principio de conservación de la masa de aire y del agua en la atmósfera, ecuación hidrostática y ecuación de estado del aire. El sistema de ecuaciones necesita de modelos numéricos aproximados para resolverlos. La principal limitación de este método es que los modelos matemáticos son muy complejos y las empresas distribuidoras deberían externalizar el servicio para un correcto funcionamiento de los mismos, suponiendo un coste elevado.

45 - *"Prediction of overhead transmission line ampacity by stochastic and deterministic models. Transactions on Power Delivery"*, IEEE. Hall, J.F.; Deb, A.K. y *"Prediction of transmission-line rating based on thermal overload probability using weather models"*. Kim, D.-M and Kim, J-O. *Euro. Trans. Electr. Power, 20:534-544 (2010)*.

utilizan algoritmos estocásticos/determinísticos basados en series temporales para la predicción de las variables meteorológicas. Una serie temporal o cronológica es un conjunto ordenado de observaciones obtenidas en intervalos regulares de tiempo. La característica principal es la dependencia operacional: el valor de una variable en un determinado instante de tiempo depende de los valores de la propia variable en instantes anteriores. Este método aunque presenta modelos más sencillos incurre en mayores errores que los métodos matemáticos.

- *"Probabilistic ampacity forecasting for overhead lines using weather forecast ensembles"*. Ringelband, T.; Schafer, P. & Moser, A. *Electrical Engineering, Springer-Verlag, 2013, 95, 99-107*, se basa en la predicción a largo plazo de la ampacidad a través de funciones de probabilidad. Este método está indicado para predicciones a largo plazo con errores bastante considerables.

### 15 Descripción de la invención

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un método para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, según la elección de los emplazamientos críticos de las estaciones meteorológicas y de los sensores de temperatura y corriente, que permite aumentar la capacidad de transporte eléctrico de los conductores de las líneas aéreas.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, que permite aumentar la capacidad de transporte eléctrico de los cables conductores de las líneas aéreas, y que comprende las etapas de:

- seleccionar las líneas, dentro del conjunto de la red, más susceptibles de ver aumentada su capacidad de transporte eléctrico;

- para cada línea, realizar un estudio micro climático en el que se analizan los gradientes de viento, temperatura ambiente y radiación, y la orografía y las peculiaridades de diversas zonas de la línea bajo estudio, permitiendo así identificar las zonas de la línea donde se pueda producir menor refrigeración del cable conductor, tal que cada zona comprende al menos una sección de la línea eléctrica;

- para cada línea, disponer en un punto de aquellas zonas de menor refrigeración obtenidas mediante el estudio micro climático, estaciones meteorológicas - configuradas para medir parámetros ambientales, tales como: velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad temperatura ambiente, presión atmosférica, cantidad de lluvia, etc. - y sensores de comente y temperatura del conductor, tal que dicho punto se encuentra situado en una de las secciones que comprende la zona;

- transcurrido al menos un año, y para comprobar la veracidad del estudio previo micro climático en relación a las zonas de menor refrigeración, realizar, mediante las estaciones meteorológicas y los sensores de comente y temperatura ya instalados, los estudios estadísticos tanto de los registros de temperatura del conductor como de los parámetros: viento efectivo, temperatura ambiente y radiación solar, obteniendo asilas secciones críticas;

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas, calcular la ampacidad estimada mediante normativa, y aplicar a dicha ampacidad una corrección debida a la máxima flecha de la línea, y a la aparamenta existente en la línea, como transformadores, interruptores, contactores, celdas y seccionadores;

5

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas, calcular la temperatura superficial en el cable conductor estimada mediante normativa;

10

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas, medir la temperatura superficial en el cable conductor con al menos un sensor de temperatura;

15

-realizar un estudio de las diferentes correlaciones que existen entre el error en la estimación de la temperatura del conductor (diferencia entre la temperatura medida y la estimada) y las variables que afectan al cálculo (intensidad, viento, temperatura ambiente y radiación), y obtener las correlaciones más críticas, es decir, las variables que afectan en mayor medida al error de la temperatura, y las condiciones de aplicación en las que se producen.

20

- calcular la temperatura corregida para cada variable y condición de aplicación:

$$T_{\text{corregida}} = T_{\text{estimada}} + E_{Tn,m}$$

25

- a partir de los registros de viento, temperatura ambiente y radiación solar monitorizados por las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura e intensidad ubicados en las secciones críticas obtenidas, predecir las variables meteorológicas para el cálculo de la predicción de la ampacidad a corto y medio plazo, de tal forma que dichas variables meteorológicas predichas permiten el cálculo de la ampacidad corregida en función de la aparamenta así como de la temperatura corregida correspondiente a dicha ampacidad.

30

Preferentemente, la selección de las líneas más susceptibles de ver aumentada su capacidad de transporte eléctrico comprende las etapas de: realizar una simulación de la red eléctrica con diferentes escenarios respecto a los datos de generación y consumo eléctrico de la red; definir los tipos de las líneas de transporte; obtener la distribución de los flujos de carga - corriente - a través de las líneas que conforman la red y realizar el estudio de las líneas que están más cargadas. En una posible realización, también se realiza el estudio de escenarios alternativos que se puedan producir debido a diversas contingencias, tales como el fallo de una línea o su mantenimiento.

35

40

Preferentemente, las zonas identificadas mediante el estudio micro climático son aquellas en las cuales se cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

- el valor de velocidad de viento es inferior al 85% de los valores del estudio micro climático;

45

- el valor de temperatura ambiente es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;

- el valor de radiación solar es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;

50



- los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente del estudio micro climático respectivamente;
- 5 - los valores de velocidad de viento y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y radiación solar del estudio micro climático respectivamente;
- 10 - los valores de temperatura ambiente y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de temperatura ambiente y radiación solar del estudio micro climático respectivamente.

15 En una posible realización, en el caso de que al menos dos zonas resultantes del estudio micro climático pertenezcan a una misma sección, se disponen las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura y corriente en aquella zona con un valor más restrictivo, siendo el orden de selección: menores valores de viento, mayores valores de temperatura ambiente, mayores valores de radiación, y combinaciones de: menores valores de viento y mayores valores de temperatura ambiente, menores valores de viento y mayores valores de radiación solar y mayores valores de temperatura ambiente y  
20 mayores valores de radiación solar.

Preferentemente, para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de temperatura del conductor por medio de sensores de temperatura y corriente, el método comprende las etapas de: analizar estadísticamente  
25 los registros de temperatura del cable conductor medidos por cada sensor en cada estación del año; obtener una relación de los sensores que registran un mayor número de veces la temperatura máxima de la línea; establecer como secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por los sensores que han registrado, con un porcentaje de  
30 ocurrencia superior al 5%, un mayor número de veces la temperatura máxima de la línea.

Preferentemente, para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de viento por medio de estaciones meteorológicas, el método comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de viento medidos por  
35 cada estación meteorológica en cada estación del año; obtener los valores de viento efectivo para cada sección donde se encuentra la estación meteorológica; ordenar para cada sección y estación del año los valores de viento efectivo, extraer del listado el 20% de los valores de vientos efectivos más bajos; asignar al mayor de éstos valores, el valor efectivo mínimo, el cual presenta un 80% de nivel de confianza; seleccionar como secciones críticas aquellas secciones que poseen el 15% de los valores efectivos  
40 mínimos más bajos.

Preferentemente, para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de temperatura ambiente por medio de estaciones meteorológicas, el método comprende las etapas de: analizar estadísticamente los  
45 registros de temperatura ambiente medidos por cada estación meteorológica en cada estación del año; calcular su valor medio; seleccionar como secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por las estaciones meteorológicas cuya temperatura ambiente media se encuentra por encima del valor de la temperatura media de la estación menos crítica más un 15%.

50

Preferentemente, para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de radiación solar por medio de estaciones meteorológicas, el método comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de radiación solar medidos por cada estación meteorológica en cada estación del año; calcular la radiación solar media de las horas de sol; calcular la media de la radiación solar máxima diaria; seleccionar como secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por las estaciones meteorológicas cuya radiación solar media y cuya radiación solar máxima diaria media se encuentra por encima del valor de la radiación solar media y de la radiación solar máxima diaria media de la estación menos crítica más un 10% respectivamente.

En una posible realización, el método comprende además la etapa de eliminar las estaciones meteorológicas y los sensores de corriente y temperatura los cuales monitorizan secciones de la línea que, tras los estudios estadísticos tanto de los registros de temperatura del conductor como de los parámetros, no se consideran críticas.

Preferentemente, para aplicar a la ampacidad una corrección debida a la aparcencia existente en la línea, el método comprende la etapa de comprobar los elementos de la línea que provoquen un aumento de temperatura mas restrictivo, siendo estos elementos los que limiten el aumento de corriente en la línea;

Preferentemente, las correlaciones mas críticas se muestran en forma de recta de correlación del error ( $E_{Tn,m}$ ) por cada una de las variables ( $X_n$ ) y condiciones de aplicación ( $C_{an,m}$ ):

$$E_{Tn,m} = A_{n,m} + B_{n,m} \cdot X_n \forall C_{an,m}$$

donde:

$n \equiv$  número de variables correlacionadas con el error.

$m \equiv$  número de condiciones de aplicación para cada variable ( $X_n$ ).

$A_{n,m}$  y  $B_{n,m} \equiv$  los parámetros de la recta de correlación asociadas a cada variable ( $X_n$ ) y a cada condición de aplicación ( $C_{an,m}$ ).

Preferentemente, la predicción de las variables meteorológicas para el cálculo de la predicción de la ampacidad a corto y medio plazo se lleva a cabo por medio de redes neuronales, y comprende las etapas de: definir los horizontes de predicción necesarios para la operación óptima de los gestores de la red; definir las variables principales a predecir, siendo éstas la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento y la radiación; definir las posibles variables explicativas para cada variable principal; entrenar las redes neuronales para cada variable principal combinándola con sus posibles variables explicativas; realizar la predicción con cada una de las redes neuronales entrenadas y obtener el error cuadrático medio de la predicción respecto al medido; utilizar para la predicción de la ampacidad las combinaciones de variables principales y explicativas con menor error cuadrático medio, realizar la predicción en tiempo real. Preferentemente, para la predicción en tiempo real, el método comprende las etapas de: definir  $n_r$  matrices de entrada a utilizar por cada una de las redes neuronales entrenadas; implementar las redes neuronales con las matrices de entrada; obtener  $n_r$  valores de salida que se corresponden con los valores predichos de las variables principales;

obtener la ampacidad predicha en el horizonte definido para cada estación meteorológica; utilizar la ampacidad predicha para la gestión dinámica de la línea por parte del operador.

### **Breve descripción de las figuras**

5

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

10

La figura 1 muestra un esquema de una realización concreta de la invención.

15

La figura 2 muestra un esquema de una realización concreta de la invención, para la selección de las líneas susceptibles de ser gestionadas dinámicamente y del emplazamiento de los sensores de medida dentro de la línea a monitorizar.

20

La figura 3 muestra un esquema de una realización concreta de la invención, para corregir el error cometido por los algoritmos de las normativas durante la estimación de la temperatura del conductor.

25

La figura 4 muestra un esquema de una realización concreta de la invención, con los pasos a seguir durante la implementación de las redes neuronales durante el entrenamiento y la predicción respectivamente.

### **Descripción detallada de la invención**

30

En este texto, el término "comprende" y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

35

Además, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", "alrededor de", "unos", etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

40

Además, se entiende por apoyo o torre a la estructura encargada de soportar algunos de los elementos que componen una línea eléctrica aérea (tales como aisladores, conductores y otros componentes) para mantenerlos separados entre ellos y del terreno unas distancias establecidas por reglamento técnico.

45

Además, se entiende por vano la zona entre dos apoyos.

Además, se entiende por conductor, cable conductor o cable al elemento con baja resistencia a la conducción eléctrica y principal encargado en las líneas eléctricas del transporte de la intensidad eléctrica.

50

Además, se entiende por línea o línea de transporte y/o distribución de energía eléctrica el medio físico encargado de la transmisión de energía eléctrica, constituida por los elementos necesarios (apoyos, crucetas, cables de fase, cables de guarda, aisladores...) para transportar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo y a través de grandes

distancias. Cuando los cables de fase de la línea están instalados por encima del suelo, la línea se denomina línea aérea de transporte de energía eléctrica.

5 Además, se entiende por flecha a la distancia vertical medida desde un punto de un cable hasta la línea recta imaginaria que une los dos puntos de sujeción del cable.

10 Además, se entiende por flecha máxima cuando el punto del cable es el más alejado de la línea recta imaginaria que une los dos puntos de sujeción. En el caso de líneas eléctricas, el cable es un cable conductor, y los puntos de sujeción son los amarres.

15 Además, se entiende por medición directa de la temperatura a aquella medición realizada por un termómetro y que calcula la temperatura a partir de una ecuación de estado explícita, sin necesidad de introducir otras variables dependientes de la temperatura (termómetros primarios: p. ej. termómetro de gas, acústico o de radiación total) o bien aquella medición realizada por un termómetro y que obtiene la temperatura a partir de alguna otra propiedad (llamada variable termométrica) que tiene una relación conocida con la temperatura (termómetros secundarios o prácticos: p. ej. termómetro de mercurio o alcohol, termómetros de resistencia y termopares o termómetros de infrarrojos).

20 Además, se entiende por medición indirecta de la temperatura aquella medición en la cual no se emplea un termómetro, si no que se mide una propiedad y se relaciona con la temperatura, pero sin un instrumento de medida que relacione ambas directamente sobre una escala de temperatura (p. ej. inclinómetro).

25 Además se entiende por temperatura medida aquella que es monitorizada mediante un sensor de temperatura bien de contacto directo o indirecto.

30 Además, se entiende por gestión dinámica aquella gestión que permite controlar a corto y medio plazo la máxima corriente o ampacidad que puede circular por un conductor sin que éste sufra daños. Además, se entiende que dentro de la gestión dinámica se determina la temperatura superficial del conductor de manera estimada (según normativa), y mediante su monitorización medida con un sensor de temperatura (de contacto directo o de contacto indirecto), y se lleva a cabo la predicción.

35 Además, se entiende por secciones las partes de línea que son uniformes en cuanto a dirección, es decir, forman parte de una misma sección los vanos consecutivos que no tengan cambios de direcciones apreciables a lo largo de la línea. Es decir, una línea está dividida en secciones y cada sección engloba un número determinado de vanos. Cada sección posee vanos consecutivos que no tienen cambios de dirección apreciables a lo  
40 largo de la línea.

Además, se entiende por aparamenta a todos aquellos elementos asociados a la red de transporte como: seccionadores, interruptores, transformadores, aisladores, etc.

45 Las características del método de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

50 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativas de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí

indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

5 A continuación se describe el método para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, según la elección de los emplazamientos críticos de las estaciones meteorológicas y de los sensores de temperatura y corriente, que permite aumentar la capacidad de transporte eléctrico de los conductores de las líneas aéreas. La figura 1 muestra un esquema de las etapas que comprende el método de la invención.

10 En primer lugar, se seleccionan las líneas a gestionar dinámicamente dentro del conjunto de la red, con el fin de conocer qué líneas son las más susceptibles de ver aumentada su capacidad de transporte eléctrico. Es por esto que se hace necesario realizar un estudio de los flujos de carga de la línea.

15 Para ello, preferentemente se realiza una simulación de la red eléctrica con diferentes escenarios que se den en la realidad. Los diferentes escenarios que se simulan, abarcan un gran número de combinaciones. Por ejemplo, un parámetro a variar es la potencia generada. Un experto en la materia entenderá que los valores máximos y mínimos de la potencia depende en gran medida de su fuente de generación: en parques eólicos la potencia sufre una gran variación, mientras que en centrales nucleares la potencia permanece más constante. Además de simular diferentes escenarios con respecto a los datos de generación y consumo eléctrico de la red, se definen los tipos de las líneas de transporte y, a continuación se simula y se obtiene la distribución de los flujos de carga (corriente) a través de las líneas que conforman la red. Una vez obtenida la corriente que circula por las líneas para cada escenario, se realiza el estudio de las líneas que están más cargadas. Además, en una posible realización se prueban escenarios alternativos que se puedan producir, por ejemplo, debido al fallo de una línea o bien por su mantenimiento, siendo necesario en estos casos evacuar la energía de la línea por el resto de líneas. Con toda esta metodología, se obtienen las líneas más cargadas, e incluso saturadas, y las que en caso de contingencia, son más susceptibles de ser sobrecargadas.

35 A continuación, y una vez identificadas las líneas susceptibles de ser gestionadas dinámicamente, para cada línea se determinan las zonas en donde se pueda producir menor refrigeración del cable conductor, debido a sus particularidades ambientales y/u orográficas. Entiéndase que la dimensión de una zona depende de las particularidades mencionadas, por lo que una zona puede comprender 1 ó más secciones.

40 Para ello, se realiza un estudio previo micro climático en el que se analizan los gradientes de viento, temperatura ambiente y radiación, y la orografía y las peculiaridades de las zonas de la línea bajo estudio. Estos estudios identifican las zonas más críticas de la línea, desde el punto de vista del efecto meteorológico en la ampacidad. Estas zonas más críticas serán las que por sus condiciones ambientales y orográficas refrigeren menos al conductor. Este estudio se realiza con históricos de variables meteorológicas que son captadas en zonas cercanas al emplazamiento de la línea pero no directamente en el propio emplazamiento de la misma.

50 Un experto en la materia entenderá que los parámetros que conllevan una menor refrigeración del conductor son: valores menores de velocidades de viento, valores mayores de temperatura ambiente y valores mayores de radiación solar. Por ello, el

método de la invención propone preferentemente definir como zonas de menor refrigeración, aquellas zonas donde se cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

- 5 - el valor de velocidad de viento es inferior al 85% de los valores del estudio micro climático;
- el valor de temperatura ambiente es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;
- 10 - el valor de radiación solar es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;
- 15 - los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente del estudio micro climático respectivamente;
- los valores de velocidad de viento y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y radiación solar del estudio micro climático respectivamente;
- 20 - los valores de temperatura ambiente y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de temperatura ambiente y radiación solar del estudio micro climático respectivamente;

25 Las zonas de menor refrigeración resultantes del estudio micro climático, son las elegidas para instalar estaciones meteorológicas - configuradas para medir parámetros ambientales, tales como: velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad temperatura ambiente, presión atmosférica, cantidad de lluvia, etc. - y sensores de corriente y temperatura del conductor. Un experto en la materia entenderá que ante la imposibilidad de monitorizar las variables meteorológicas de la línea de manera continua, se deben instalar estaciones meteorológicas que permitan adquirir suficientes datos meteorológicos para caracterizar lo más posible toda la línea. Además, un experto en la materia entenderá que es suficiente con instalar un único sensor de intensidad, pues esta permanece constante a lo largo de la línea.

35 Además, preferentemente el método de la invención establece que cada sección comprendida en cada línea debe tener como mucho una estación meteorológica y un sensor de temperatura y corriente, pudiendo haber varias secciones que se encuentren monitorizadas por una misma estación meteorológica y un mismo sensor. Es por ello que, en el caso de que al menos dos zonas resultantes del estudio micro climático pertenezcan a una misma sección, el método de la invención propone instalar las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura y corriente, en aquella zona con un valor más restrictivo, siendo el orden de selección el establecido en la etapa anterior: menores valores de viento, mayores valores de temperatura ambiente, mayores valores de radiación, y combinaciones de: menores valores de viento y mayores valores de temperatura ambiente, menores valores de viento y mayores valores de radiación solar y mayores valores de temperatura ambiente y mayores valores de radiación solar.

50 Un experto en la materia entenderá que dentro de cada zona resultante del estudio micro climático se debe seleccionar un punto, situado en una de las secciones que comprende la zona, para instalar las estaciones meteorológicas y sensores de corriente y

temperatura, debido a que físicamente dichos instrumentos deben tener un emplazamiento puntual.

5 Una vez instaladas las estaciones meteorológicas y los sensores, se obtienen datos más locales, y por lo tanto más precisos, que definen claramente los gradientes de temperatura ambiente, viento y radiación a lo largo de la línea, lo que permite identificar de forma directa cuales de aquellas zonas con menor refrigeración resultantes del estudio micro climático lo son en la realidad, y por lo tanto son más susceptibles de ser monitorizadas.

10 Por ello, y para comprobar la veracidad del estudio previo micro climático en relación a las zonas con menor refrigeración, transcurrido al menos un año, para al menos haber monitorizados todas las estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), se realizan, mediante las estaciones meteorológicas y los sensores de corriente y temperatura ya  
15 instalados, los estudios estadísticos tanto de los registros de temperatura del conductor como de los parámetros citados anteriormente (viento efectivo, temperatura ambiente y radiación solar), obteniendo así las secciones críticas. Este estudio conjunto de las temperaturas del conductor y de las variables meteorológicas para obtener una visión global de las secciones más susceptibles de ser monitorizadas, se hace necesario debido  
20 a la incertidumbre de la medida del sensor de temperatura. Además, es aconsejable realizarlo cuando los sensores están situados próximos entre sí.

En el caso de los sensores de corriente y temperatura, el método de la invención propone utilizar los registros de temperatura del conductor obtenidos durante el tiempo de análisis  
25 (al menos un año). Un experto en la materia entenderá que cuantos más sensores de temperatura hayan sido instalados, más precisión se obtiene en la localización de las secciones críticas. El valor de temperatura del conductor se obtiene para cada uno de los sensores, pudiendo un único sensor englobar la monitorización de varias secciones, de este modo el valor de la temperatura del conductor coincide en todas las secciones que  
30 monitoriza. Para ello, preferentemente se analizan estadísticamente los valores de temperatura agrupados por sensores y estaciones del año. El estudio se realiza obteniendo el histograma de ocurrencia de temperatura máxima de la línea por sensor, por lo que se obtiene una relación de los sensores que registran un mayor número de veces la temperatura máxima en la línea. En este caso las secciones más críticas son las  
35 situadas dentro de la zona monitorizada por aquellos sensores que estadísticamente tienen temperaturas del conductor más altas. El método de la invención establece como secciones críticas aquellas que presentan un porcentaje de ocurrencia de temperatura del conductor máxima superior al 5%.

40 Por otro lado, es necesario, junto con el análisis de la temperatura del conductor, un estudio de las variables meteorológicas (viento efectivo, temperatura ambiente y radiación solar) a lo largo de la línea. Preferentemente, el método de la invención propone utilizar los registros de las estaciones meteorológicas obtenidos durante el tiempo de análisis (al menos un año).

45 El viento, considerado a priori como la variable que más afecta al balance térmico, se establece en términos efectivos debido a que su magnitud no es representativa por sí misma en relación a la ampacidad de la línea, ya que se hace necesario tener en cuenta el ángulo de incidencia del viento sobre la línea.

50

El viento efectivo se define como la magnitud de viento que si fuera perpendicular a la línea produciría la misma refrigeración que el viento (módulo y dirección) medido por la estación meteorológica. El cálculo de viento efectivo depende de factores como la velocidad y dirección del viento, la rugosidad del conductor, el número de Reynolds, la dirección de la línea, etc. De este modo, se calcula el viento efectivo como:

$$V_{ef} = V^n \sqrt{coef_{Morgan}} \quad (1)$$

Donde **V** es la velocidad del viento medida, **n** un parámetro que depende del número de Reynolds **Re** y de la rugosidad del conductor **Rs** (Tabla 1) y **coef<sub>Morgan</sub>** es el coeficiente de Morgan que se puede obtener a través de las ecuaciones (2) y (3)

Tabla 1

| Conductores sin rugosidad |       | Conductor rugoso $R_s \leq 0.05$ |       | Conductor rugoso $R_s > 0.05$ |       |
|---------------------------|-------|----------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| Re                        | n     | Re                               | n     | Re                            | n     |
| 35-5000                   | 0.471 | 100-2650                         | 0.471 | 100-2650                      | 0.471 |
| 5000-50000                | 0.633 | 2650-5000                        | 0.633 | 2650-5000                     | 0.800 |
| 50000-200000              | 0.814 |                                  |       |                               |       |

Y,

$$coef_{Morgan} = 0.42 + 0.68\sin(\delta)^{1.08} \forall \delta \leq 24^\circ \quad (2)$$

$$coef_{Morgan} = 0.42 + 0.58\sin(\delta)^{0.9} \forall \delta > 24^\circ \quad (3)$$

Siendo  $\delta$  el ángulo de incidencia del viento en la línea.

Es importante destacar que por cada valor de viento registrado en una estación meteorológica situada en una zona, habrá tantos valores de viento efectivo como secciones comprenda la zona. Esto es debido a que el viento efectivo depende del ángulo de incidencia en la línea, y al existir un ángulo de dirección de la línea diferente para cada sección existe un viento efectivo por cada sección. Es por ello que la división de la línea en secciones es importante, puesto que ante un mismo valor de viento no refrigera igual una sección paralela al mismo que una perpendicular.

Para ello, se obtienen los históricos de vientos efectivos para todas las secciones de la línea y se realiza el análisis estadístico de los mismos. A continuación, se agrupan estos valores por sección y por estación del año para establecer las secciones más críticas estadísticamente, es decir, aquellas que cuentan con una refrigeración, debida al viento, baja. Para ello se establece un nivel de confianza del 80% como indicador de los niveles de vientos efectivos mínimos, evitando con ello los posibles valores atípicos. El procedimiento de cálculo se basa en ordenar para cada sección y estación del año los valores de viento efectivo. A continuación se extrae del listado el 20% de los valores de



vientos efectivos más bajos, siendo el mayor de éstos el valor efectivo mínimo el cual presenta un 80% de nivel de confianza. Este proceso se repetirá para cada sección y estación del año. Una vez calculados los valores efectivos mínimos de todas las secciones se determinan cuáles son las secciones críticas. Para ello, se eligen como secciones críticas aquellas secciones que posean el 15% de los valores efectivos mínimos más bajos.

Una vez establecidas las secciones que estadísticamente son más críticas debido al viento efectivo, es necesario realizar un análisis estadístico de la temperatura ambiente.

La estadística de la temperatura ambiente se obtiene para cada una de las estaciones meteorológicas, y como cada estación meteorológica puede monitorizar varias secciones, el valor de la temperatura ambiente coincide en todas las secciones monitorizadas por dicha estación meteorológica. Preferentemente, se calcula la temperatura ambiente media (entendida en invierno como la temperatura ambiente media y en el resto de estaciones del año como la media de la temperatura ambiente máxima diaria). Se agrupan los datos por estación meteorológica y estación del año. En este caso las secciones más críticas son las situadas dentro de la zona monitorizada por las estaciones meteorológicas que estadísticamente tienen temperaturas medias más altas. En concreto, se establece como secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por las estaciones meteorológicas cuya temperatura ambiente media se encuentra por encima del valor de la temperatura media de la estación menos crítica más un 15%.

Por último, el método de la invención propone estudiar, como tercer parámetro, la radiación solar. La estadística de la radiación solar se obtiene para cada una de las estaciones meteorológicas, y como cada estación meteorológica puede monitorizar varias secciones, el valor de la radiación solar coincide en todas las secciones monitorizadas por dicha estación meteorológica. En las líneas eléctricas pueden existir zonas que por su orográfica se encuentran en zonas de sombra, por lo que esas zonas serán menos críticas en cuanto a la ampacidad. El método de la invención propone preferentemente realizar un análisis estadístico en el que se obtiene la radiación media de las horas de sol (sin incluir las horas de noche) y la media de la radiación máxima diaria. Los datos se agrupan por estación meteorológica y estación del año. En concreto, se establecen como secciones críticas las que tienen valores de radiación media y de radiación máxima diaria media por encima del valor de la radiación media y de la radiación máxima diaria media de la estación menos crítica más un 10% respectivamente.

Un experto en la materia entenderá que una vez terminado este estudio, el número de estaciones colocadas en la línea puede ser reducido ya que pueden existir estaciones meteorológicas situadas en zonas que por sus características no son críticas, y del mismo modo retiradas para su futura utilización en otras líneas. De la misma manera que las estaciones meteorológicas, los sensores de temperatura y de intensidad instalados en la línea pueden ser suprimidos ya que existen datos suficientes para tener una comparativa entre los datos medidos y los calculados.

La metodología de los pasos explicados anteriormente se encuentra en la figura 2.

A continuación, una vez establecidas las secciones críticas se procede al cálculo de la ampacidad estimada mediante, por ejemplo, los algoritmos mostrados en el estado del arte [*Technical Brochure 601, Guide for thermal rating calculation of overhead lines, Cigré, December 2014*], [*IEEE Standard for calculating the current-temperature of bare*

*overhead conductors, IEEE Std 738-2012 (Revision of IEEE STD 738-1993)*], es decir, se estima la máxima corriente que puede circular por el cable con las condiciones meteorológicas (valores de velocidad y dirección del viento, radiación, temperatura ambiente) de cada momento y la temperatura máxima que soporta el cable.

5

Para ello, el método de la invención propone el estudio de la aparamenta existente en la línea, con el fin de evitar que el aumento de corriente que supone seguir la ampacidad dinámica, dañe equipos de la línea como transformadores, seccionadores, uniones, etc. Para ello se debe comprobar los elementos de la línea que provoquen un aumento de temperatura más restrictivo, siendo estos elementos los que limiten el aumento de corriente en la línea. Este punto es de vital importancia puesto que si como en la patente americana US 8386198 B2 se indica, sólo se comprobaba la máxima flecha ("maximum sag"), esto podría provocar el daño de otros elementos de la línea. La comprobación de los equipos más limitantes se hace necesaria para poder prever su funcionamiento ante aumentos de corriente y sustituirlos por otros de mayor capacidad antes de su fallo. Cada elemento de la aparamenta tiene sus propias limitaciones:

15

- transformadores: el incremento de corriente a través de la línea de manera continua, no debe superar su corriente máxima.

20

$$\text{Ampacidad} < I_{\max} \text{ nominal} \quad (4)$$

25

No obstante, un experto entenderá que existe el concepto de intensidad de servicio, cuyo valor puede ser superior a la  $I_{\max}$  nominal del transformador, durante un tiempo de duración determinado.

30

- interruptores, contactares, celdas y seccionadores: cada uno de los cuales tiene un poder de corte y si la corriente sube en exceso, podrían no abrirse ante un fallo. La Intensidad nominal máxima de cada uno de estos elementos es muy variable.

35

40

Es decir, el método de la invención propone, además de comprobar la máxima flecha de la línea. estudiar la aparamenta existente, obteniendo así un valor de ampacidad mas preciso que los obtenidos en las metodologías convencionales.

Además, en aquellas secciones críticas, el método de la invención propone el cálculo de la temperatura estimada mediante, por ejemplo, los algoritmos mostrados en el estado del arte [*Technical Brochure 601, Guide for thermal rating calculalion of overhead fines, Cigré, December 2014*], [*IEEE Standard for calculating the current-temperature of bare overhead conductors, IEEE Std 738-2012 (Revision of IEEE STD 738-1993)*], es decir, se estima la temperatura que presenta el conductor con las condiciones meteorológicas (valores de velocidad y dirección del viento, radiación y temperatura ambiente) y de corriente en cada momento.

45

50

Revisando el estado de la técnica, la patente americana US 8386198 B2 no plantea el cálculo de la estimación de la temperatura mediante la normativa, centrándose únicamente en el cálculo de la ampacidad dinámica. Además, los algoritmos de cálculo presentan dos tipos de incertidumbres, la primera de ellas derivada de las mediciones de los parámetros ambientales debido a los equipos de medición y la segunda de ellas de las propias ecuaciones de los algoritmos de las normativas. Son las propias normativas las que ellas mismas se ponen limitaciones de uso. Por ejemplo, valores de viento que den lugar a un número de Reynolds superior a 4000 no permitirían su uso. Es por

limitaciones como ésta por las que se deben plantear soluciones con el fin de corregir la temperatura estimada por los algoritmos.

5 Para superar estos inconvenientes, el método de la invención comprende la etapa de corrección operativa del error, que consiste en corregir las desviaciones de la estimación de la temperatura en base al error cometido en las mediciones históricas mediante sensores de temperatura e intensidad ya instalados. La corrección del error se realiza obteniendo la recta de regresión lineal del error cometido por la estimación en el histórico. A través de esta recta de regresión se puede estimar el error que se va a cometer y  
10 corregirlo.

Para ello, en primer lugar, se mide la temperatura superficial del cable conductor con al menos un sensor de temperatura.

15 A continuación, se realiza un estudio de las diferentes correlaciones que existen entre el error en la estimación de la temperatura del conductor (diferencia entre la temperatura medida y la estimada) y las variables que afectan al cálculo (intensidad, viento, temperatura ambiente y radiación). Adicionalmente se puede dividir cada correlación en rangos de valores de cada variable, dando lugar cada variable a diferentes condiciones  
20 de aplicación. De este estudio se obtienen las correlaciones más críticas, es decir, las variables ( $X_n$ ) que afectan en mayor medida al error de la temperatura, y las condiciones de aplicación en las que se producen ( $C_{a\ n,m}$ ). Las correlaciones se muestran en forma de recta de correlación. De esta manera se tiene una recta de correlación del error ( $E_{Tn,m}$ ) por cada una de las variables ( $X_n$ ) y condiciones de aplicación ( $C_{a\ n,m}$ ).

25

$$E_{Tn,m} = A_{n,m} + B_{n,m} \cdot X_n \forall C_{a\ n,m}$$

donde:

30  $n \equiv$  número de variables correlacionadas con el error.

$m \equiv$  número de condiciones de aplicación para cada variable ( $X_n$ ).

35  $A_{n,m}$  y  $B_{n,m} \equiv$  los parámetros de la recta de correlación asociadas a cada variable ( $X_n$ ) y a cada condición de aplicación ( $C_{a\ n,m}$ ).

40 Para el cálculo de la temperatura corregida ( $T_{\text{corregida}}$ ) se introduce en la recta de correlación correspondiente a cada variable y a cada condición de aplicación, el valor de la variable a corregir en cada instante ( $X_n$ ), obteniéndose el error cometido en cada instante en dicha variable bajo esa condición de aplicación.

El valor de la temperatura corregida para cada variable y condición de aplicación se calcula como:

45

$$T_{\text{corregida}} = T_{\text{estimada}} + E_{Tn,m}$$

La metodología se representa en el diagrama de flujo de la figura 3.

50 Finalmente, el método de la invención propone, a partir de los registros de viento, temperatura ambiente y radiación solar monitorizados por las estaciones meteorológicas

y sensores de temperatura e intensidad ubicados en las secciones críticas obtenidas, la predicción de las variables meteorológicas para el cálculo de la predicción de la ampacidad a corto y medio plazo, de tal forma que dichas variables meteorológicas predichas permiten el cálculo de la ampacidad corregida en función de la aparamenta así como de la temperatura corregida correspondiente a dicha ampacidad.

La metodología de cálculo de la predicción cuenta con diferentes etapas para conseguir una ampacidad óptima a corto y medio plazo.

En primer lugar, es necesario definir los horizontes de predicción necesarios para la operación óptima de los gestores de la red. Un experto en la materia entenderá horizonte de predicción como el tiempo para el cual se hace la predicción. Para los operadores es interesante contar con una predicción a corto plazo de entre 1 a 6 horas. Con estos horizontes de predicción se permite la operación segura de la red dinámicamente. Los horizontes de predicción a medio plazo, 24 horas, son útiles para la planificación de las operaciones de red.

A continuación, se definen las variables principales o variables a predecir. En el caso del calculo de la ampacidad las variables principales a tener en cuenta son la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento y la radiación.

La utilización de series temporales, y en concreto de redes neuronales, permite la utilización de variables explicativas para la predicción. Un experto en la materia entenderá como variables explicativas aquellas variables auxiliares de las que depende la principal y cuyo conocimiento permite mejorar la precisión de la predicción. Se da el caso que una variable principal puede ser variable explicativa de otra variable principal. Para definir las variables explicativas correspondientes a cada una de las variables principales se debe realizar un proceso previo de análisis en el que se entrenan las redes neuronales para cada variable principal combinándola con diferentes variables explicativas. De este modo, se definen las variables que mejor explican a cada una de las variables principales.

Una vez entrenadas todas las redes neuronales posibles, se realiza la predicción con cada una de ellas y se obtiene el error cuadrático medio de la predicción respecto al medido. Las combinaciones de variables explicativas con menor error cuadrático medio para cada uno de las variables meteorológicas serán las utilizadas para la predicción de la ampacidad.

El número de redes neuronales a generar será igual a:

$$n_r = n_v * n_h * n_e$$

Donde:

$n_v$  = número de variables principales a predecir.

$n_h$  = número de horizontes de predicción.

$n_e$  = número de estaciones meteorológicas.

- Una vez definidas las redes neuronales correspondientes a cada una de las variables principales ( $n_r$ ), horizontes de predicción y estaciones meteorológicas se realiza la predicción en tiempo real. Para ello en cada instante de adquisición de datos se crean  $n_r$  matrices de entrada, una para cada red neuronal. Cada matriz está formada por el vector
- 5 de la variable principal y por los vectores de las variables explicativas. Las salidas de este procedimiento serán las variables meteorológicas predichas correspondientes a cada una de las redes neuronales, es decir, se obtendrán  $n_r$  valores de salida correspondientes a cada variable principal, horizonte de predicción y estación meteorológica. Estos valores se agrupan por estación meteorológica y horizonte de predicción y, a través del
- 10 procedimiento de cálculo de ampacidad definido por la normativa, se obtiene la ampacidad predicha para todas las estaciones y horizontes de predicción. Finalmente el operador cuenta con los valores de predicción en tiempo real en los diferentes horizontes de predicción que le permite operar de manera eficiente y segura.
- 15 Un experto en la materia entenderá que la predicción de la ampacidad es básica puesto que el operario de la línea necesita de un tiempo de maniobra para poder realizar modificaciones sobre la misma.

20 La metodología se representa en la figura 4.

## REIVINDICACIONES

1. Método para el cálculo y predicción de la ampacidad en líneas eléctricas aéreas, que permite aumentar la capacidad de transporte eléctrico de los cables conductores de las líneas aéreas, **caracterizado** por que comprende las etapas de:

- seleccionar las líneas, dentro del conjunto de la red, más susceptibles de ver aumentada su capacidad de transporte eléctrico;

- para cada línea, realizar un estudio micro climático en el que se analizan los gradientes de viento, temperatura ambiente y radiación, y la orografía y las peculiaridades de diversas zonas de la línea bajo estudio, permitiendo así identificar las zonas de la línea donde se pueda producir menor refrigeración del cable conductor, tal que cada zona comprende al menos una sección de la línea eléctrica;

- para cada línea, disponer en un punto de aquellas zonas de menor refrigeración obtenidas mediante el estudio micro climático, estaciones meteorológicas - configuradas para medir parámetros ambientales, tales como: velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad temperatura ambiente, presión atmosférica, cantidad de lluvia, etc. - y sensores de corriente y temperatura del conductor, tal que dicho punto se encuentra situado en una de las secciones que comprende la zona;

- transcurrido al menos un año, y para comprobar la veracidad del estudio previo micro climático en relación a las zonas de menor refrigeración, realizar, mediante las estaciones meteorológicas y los sensores de corriente y temperatura ya instalados, los estudios estadísticos tanto de los registros de temperatura del conductor como de los parámetros: viento efectivo, temperatura ambiente y radiación solar, obteniendo así las secciones críticas;

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas, calcular la ampacidad estimada mediante normativa, y aplicar a dicha ampacidad una corrección debida a la máxima flecha de la línea, y a la aparamenta existente en la línea, como transformadores, interruptores, contactares, celdas y seccionadores;

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas, calcular la temperatura superficial en el cable conductor estimada mediante normativa;

- para cada línea, y en aquellas secciones críticas. medir la temperatura superficial en el cable conductor con al menos un sensor de temperatura;

- realizar un estudio de las diferentes correlaciones que existen entre el error en la estimación de la temperatura del conductor (diferencia entre la temperatura medida y la estimada) y las variables que afectan al calculo (intensidad, viento, temperatura ambiente y radiación), y obtener las correlaciones mas críticas, es decir, las variables que afectan en mayor medida al error de la temperatura, y las condiciones de aplicación en las que se producen.

- calcular la temperatura corregida para cada variable y condición de aplicación:

$$T_{\text{corregida}} = T_{\text{estimada}} + E_{Tn,m}$$

- 5 - a partir de los registros de viento, temperatura ambiente y radiación solar monitorizados por las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura e intensidad ubicados en las secciones críticas obtenidas, predecir las variables meteorológicas para el cálculo de la predicción de la ampacidad a corto y medio plazo, de tal forma que dichas variables meteorológicas predichas permiten el cálculo de la ampacidad corregida en función de la aparamenta así como de la temperatura corregida correspondiente a dicha ampacidad.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, donde la selección de las líneas mas susceptibles de ver aumentada su capacidad de transporte eléctrico comprende las etapas de: realizar una simulación de la red eléctrica con diferentes escenarios respecto a los datos de generación y consumo eléctrico de la red; definir los tipos de las líneas de transporte; obtener la distribución de los flujos de carga - corriente - a través de las líneas que conforman la red y realizar el estudio de las líneas que están más cargadas.
- 15 3. El método de la reivindicación 2, donde la selección de las líneas a gestionar dinámicamente comprende además la etapa de realizar el estudio de escenarios alternativos que se puedan producir debido a diversas contingencias, tales como el fallo de una línea o su mantenimiento.
- 20 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las zonas identificadas mediante el estudio micro climático son aquellas en las cuales se cumple al menos uno de los siguientes requisitos:
- 25 - el valor de velocidad de viento es inferior al 85% de los valores del estudio micro climático;
- el valor de temperatura ambiente es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;
- 30 - el valor de radiación solar es superior al 50% de los valores del estudio micro climático;
- 35 - los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y temperatura ambiente del estudio micro climático respectivamente;
- 40 - los valores de velocidad de viento y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de velocidad de viento y radiación solar del estudio micro climático respectivamente;
- los valores de temperatura ambiente y radiación solar están comprendidos entre el 15% y el 50% de los valores de temperatura ambiente y radiación solar del estudio micro climático respectivamente.
- 45 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde en el caso de que al menos dos zonas resultantes del estudio micro climático pertenezcan a una misma sección, disponer las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura y corriente en aquella zona con un valor más restrictivo, siendo el orden de selección: menores valores de viento, mayores valores de temperatura ambiente, mayores valores de radiación, y combinaciones de: menores valores de viento y mayores valores de
- 50

temperatura ambiente, menores valores de viento y mayores valores de radiación solar y mayores valores de temperatura ambiente y mayores valores de radiación solar.

5 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el cual para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de temperatura del conductor por medio de sensores de temperatura y corriente, comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de temperatura del cable conductor medidos por cada sensor en cada estación del año; obtener una relación de los sensores que registran un mayor número de veces la temperatura máxima de la línea; establecer como  
10 secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por los sensores que han registrado, con un porcentaje de ocurrencia superior al 5%, un mayor número de veces la temperatura máxima de la línea.

15 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el cual para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de viento por medio de estaciones meteorológicas, comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de viento medidos por cada estación meteorológica en cada estación del año; obtener los valores de viento efectivo para cada sección donde se encuentra la estación meteorológica; ordenar para cada sección y estación del año los valores de viento  
20 efectivo, extraer del listado el 20% de los valores de vientos efectivos más bajos; asignar al mayor de éstos valores, el valor efectivo mínimo, el cual presenta un 80% de nivel de confianza; seleccionar como secciones críticas aquellas secciones que poseen el 15% de los valores efectivos mínimos más bajos.

25 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el cual para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de temperatura ambiente por medio de estaciones meteorológicas, comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de temperatura ambiente medidos por cada estación meteorológica en cada estación del año; calcular su valor medio; seleccionar como  
30 secciones críticas aquellas secciones monitorizadas por las estaciones meteorológicas cuya temperatura ambiente media se encuentra por encima del valor de la temperatura media de la estación menos crítica más un 15%.

35 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el cual para la obtención de las secciones críticas mediante el estudio estadístico de los registros de radiación solar por medio de estaciones meteorológicas, comprende las etapas de: analizar estadísticamente los registros de radiación solar medidos por cada estación meteorológica en cada estación del año; calcular la radiación solar media de las horas de sol; calcular la media de la radiación solar máxima diaria; seleccionar como secciones  
40 críticas aquellas secciones monitorizadas por las estaciones meteorológicas cuya radiación solar media y cuya radiación solar máxima diaria media se encuentra por encima del valor de la radiación solar media y de la radiación solar máxima diaria media de la estación menos crítica más un 10% respectivamente.

45 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de eliminar las estaciones meteorológicas y los sensores de corriente y temperatura los cuales monitorizan secciones de la línea que, tras los estudios estadísticos tanto de los registros de temperatura del conductor como de los parámetros, no se consideran críticas.  
50



11. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde para aplicar a la ampacidad una corrección debida a la aparamenta existente en la línea, comprende la etapa de comprobar los elementos de la línea que provoquen un aumento de temperatura más restrictivo, siendo estos elementos los que limiten el aumento de corriente en la línea;

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las correlaciones más críticas se muestran en forma de recta de correlación del error ( $E_{Tn,m}$ ) por cada una de las variables ( $X_n$ ) y condiciones de aplicación ( $C_{an,m}$ ):

$$E_{Tn,m} = A_{n,m} + B_{n,m} \cdot X_n \forall C_{an,m}$$

donde:

$n \equiv$  número de variables correlacionadas con el error.

$m \equiv$  número de condiciones de aplicación para cada variable ( $X^n$ ).

$A_{n,m}$  y  $B_{n,m} \equiv$  los parámetros de la recta de correlación asociadas a cada variable ( $X_n$ ) y a cada condición de aplicación ( $C_{an,m}$ ).

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la predicción de las variables meteorológicas para el cálculo de la predicción de la ampacidad a corto y medio plazo se lleva a cabo por medio de redes neuronales, y comprende las etapas de: definir los horizontes de predicción necesarios para la operación óptima de los gestores de la red; definir las variables principales a predecir, siendo éstas la temperatura ambiente, la velocidad y dirección del viento y la radiación; definir las posibles variables explicativas para cada variable principal; entrenar las redes neuronales para cada variable principal combinándola con sus posibles variables explicativas; realizar la predicción con cada una de las redes neuronales entrenadas y obtener el error cuadrático medio de la predicción respecto al medido; utilizar para la predicción de la ampacidad las combinaciones de variables principales y explicativas con menor error cuadrático medio, realizar la predicción en tiempo real.

14. El método de la reivindicación 13, donde para la predicción en tiempo real, el método comprende las etapas de: definir  $n_r$  matrices de entrada a utilizar por cada una de las redes neuronales entrenadas; implementar las redes neuronales con las matrices de entrada; obtener  $n_r$  valores de salida que se corresponden con los valores predichos de las variables principales; obtener la ampacidad predicha en el horizonte definido para cada estación meteorológica; utilizar la ampacidad predicha para la gestión dinámica de la línea por parte del operador.

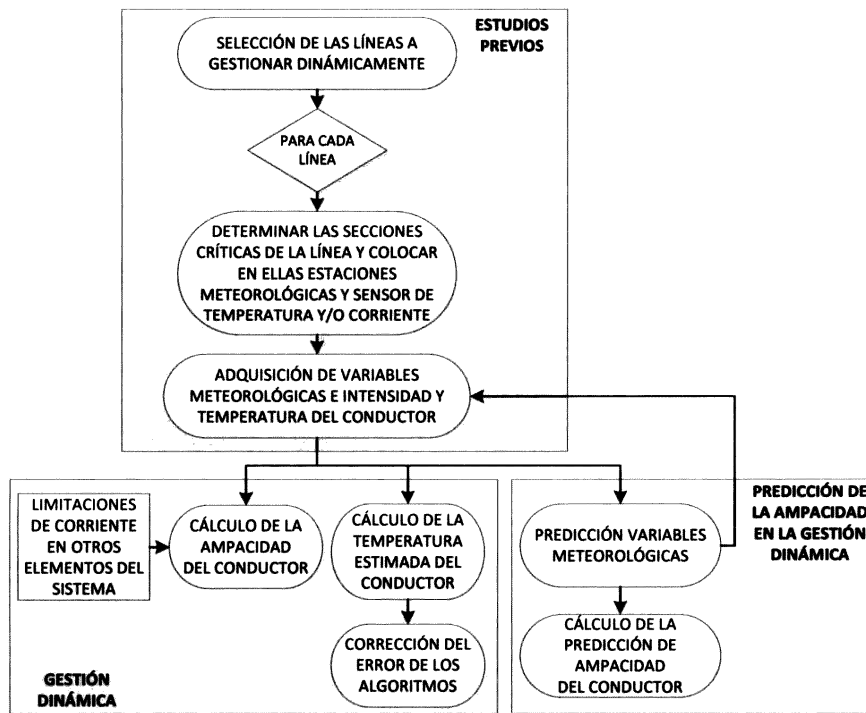
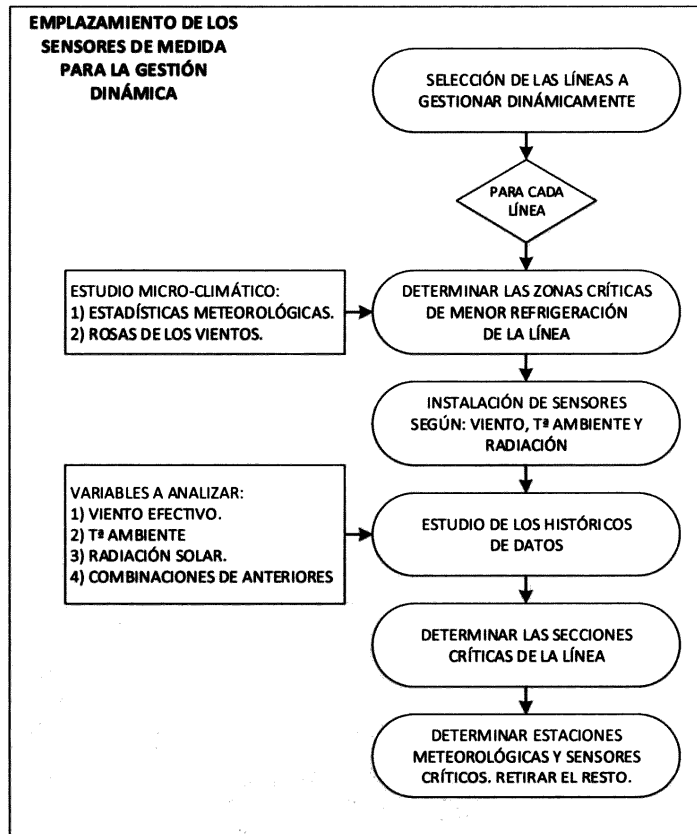


FIGURA 1



**FIGURA 2**

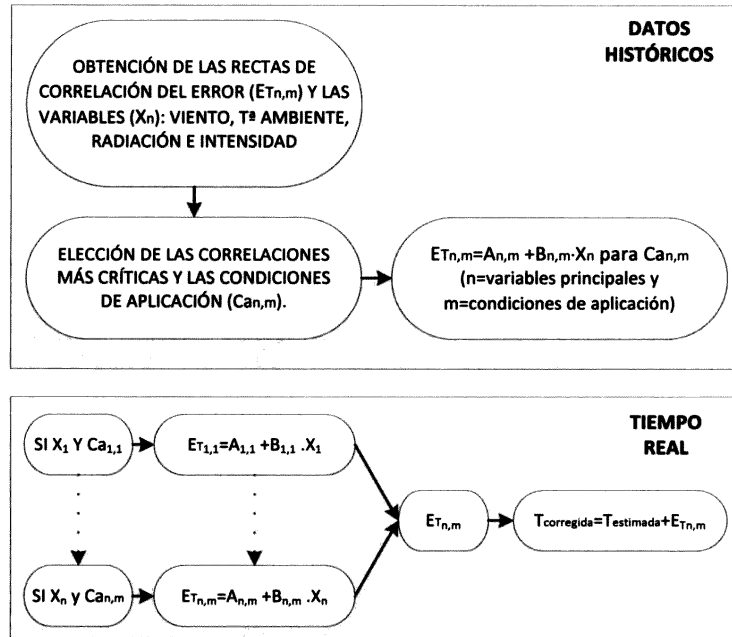
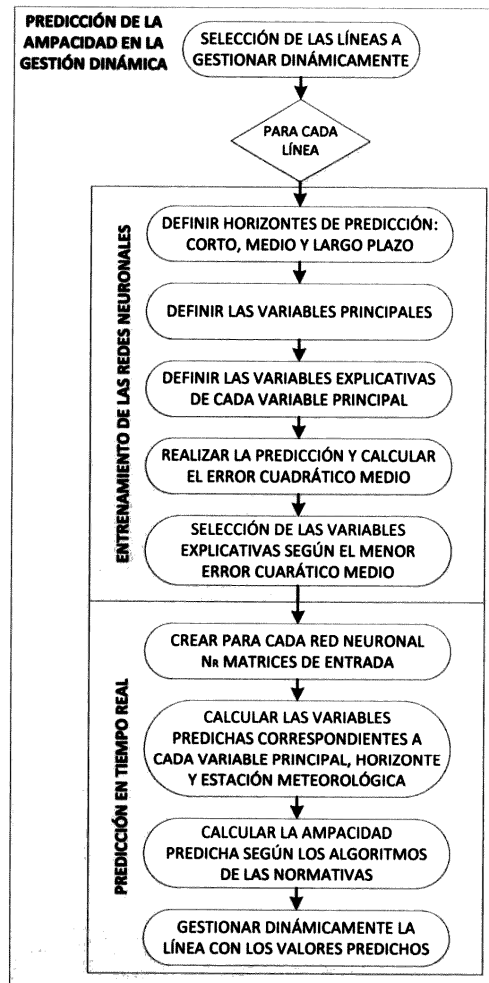


FIGURA 3



**FIGURA 4**



- ②① N.º solicitud: 201600022  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.12.2015  
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         | US 5140257 A (DAVIS MURRAY W) 18.08.1992, columna 4, líneas 16-29,64-68; columna 5, líneas 15-39; columna 7, líneas 19-23; columna 11, líneas 9-14; columna 23, líneas 2-10; columna 26, líneas 3-22; columna 27, líneas 34-59; figuras 29,30. | 1-14                       |
| A         | US 2010114392 A1 (LANCASTER MARK) 06.05.2010, [0005],[0018],[0025],[0027],[0033]; figura 1.  | 1-14                       |
| A         | US 5933355 A (DEB ANJAN KUMAR) 03.08.1999, todo el documento, en especial columna 32, líneas 29-63; figuras 7A,7B,8.   | 1-14                       |
| A         | US 6205867 B1 (HAYES RAY M et al.) 27.03.2001, todo el documento.  | 1-14                       |

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:

|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
| <p><b>Fecha de realización del informe</b><br/>29.04.2016</p> | <p><b>Examinador</b><br/>J. J. Carbonell Olivares</p> | <p><b>Página</b><br/>1/5</p> |
|---|---|------------------------------|

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H02J3/00** (2006.01)

**G06Q50/06** (2012.01)

**G06F1/28** (2006.01)

**G01R21/06** (2006.01)

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

H02J, G06Q, G01R, G06F

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

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.04.2016

**Declaración**

|   |                       |           |
|---|-----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>            | Reivindicaciones 1-14 | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b> | Reivindicaciones      | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones 1-14 | <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       | US 5140257 A (DAVIS MURRAY W)       | 18.08.1992        |
| D02       | US 2010114392 A1 (LANCASTER MARK)   | 06.05.2010        |
| D03       | US 5933355 A (DEB ANJAN KUMAR)      | 03.08.1999        |

**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 actividad inventiva de las reivindicaciones de la solicitud, tal y como se detalla a continuación.

Reivindicación 1:

El documento D01 describe el siguiente método (se citan entre paréntesis referencias del propio documento D01):

Método de cálculo y predicción de la ampacidad (*Resumen, col. 7 l. 19-23*) caracterizado por:

- seleccionar las líneas susceptibles de ver aumentada su capacidad (*col. 4 l. 16-29*)
- estudio micro-climático de gradientes de viento, temperatura ambiente, radiación y orografía para identificar zonas de línea de menor refrigeración del cable conductor (*col.26 l. 3-22*)
- disponer en zonas de menor refrigeración estaciones meteorológicas (velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad, temperatura ambiente, presión atmosférica, cantidad de lluvia) y sensores de corriente y temperatura del conductor (*col.26 l. 3-22*)
- transcurrido al menos un año, realizar mediante estaciones meteorológicas y sensores de corriente y temperatura estudios estadísticos ( $t_{conductor}$ , viento efectivo,  $t_{ambiente}$  y radiación solar) para obtener las secciones críticas (*col. 27 l. 34-45*)
- en cada sección crítica, calcular la ampacidad estimada según la normativa, aplicar la corrección debida a máxima flecha de la línea y aparata existente (transformadores, etc.) (*col. 3 l. 2-24, col. 4 l. 64-68, col. 5 l. 5-12*)
- en cada sección crítica, medir la temperatura superficial en el cable conductor (*col. 11 l. 9-14*).
- a partir de los registros ( $t_{amb}$ , viento, radiación solar) predecir las variables meteorológicas a corto y medio plazo y predecir ampacidad y temperatura corregidas (*col. 5 l. 23-39*).

Se puede por tanto comprobar como el método descrito anticipa las características técnicas de la invención propuesta en la solicitud, si bien ésta última presenta algunas diferencias. Cabe destacar de manera genérica que estas diferencias no se relacionan de manera explícita con las que pueden considerarse características técnicas de la invención, y por ello no dotan al conjunto de un efecto técnico diferenciador. En particular se puede citar el hecho de que en D01 no se propone la realización de un estudio estadístico con una recopilación de datos meteorológicos durante un año completo. Aunque se pueda argumentar una mayor sofisticación, y posiblemente precisión con la salvedad de la adecuada recopilación de esos datos, el empleo de este tipo de procedimiento no puede considerarse una característica técnica que contribuya al resultado de la invención diferenciándola por su carácter inventivo. Por otro lado, realizar un cálculo de ampacidad en base a las normas establecidas para ello, tampoco tiene carácter inventivo. Por añadidura, realizar la comparación entre resultados obtenidos según la normativa o por medición in situ no puede suponer actividad inventiva, teniendo en cuenta sobre todo que ya se han realizado medidas durante un periodo de tiempo largo (hasta un año completo). Finalmente, tal y como están redactadas las etapas 6 a 9 del método reivindicado, el cálculo de una temperatura corregida (a partir de su error correspondiente) no presenta diferencias respecto al empleo directo de una temperatura medida, y dado que se realizan medidas extensivas en el tiempo, este tipo de etapas no presenta características técnicas que tengan carácter inventivo. Por todo lo anterior, y a la vista de lo divulgado en D01, la reivindicación 1 no presenta carácter inventivo para un experto en la materia.

Consecuentemente, el método divulgado en la reivindicación 1 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 2:

La reivindicación dependiente 2 detalla ciertas características del método de selección de líneas que se encuentran también recogidas en D01 (*col. 4 l. 16-29*).

En consecuencia, la reivindicación 2 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 3:

La reivindicación dependiente 3 considera el estudio de distintos escenarios para los cuales prever planes de contingencia, si bien este planteamiento también está anticipado en D01 (*col. 5 l. 15-33*).

En consecuencia, la reivindicación 3 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 4:

La reivindicación dependiente 4 identifica determinadas zonas geográficas en función de los valores de los parámetros meteorológicos estudiados, si bien no se indica (tampoco en la descripción) si la elección concreta de esos valores límite produce un efecto técnico concreto, pudiendo resultar arbitraria. De otra manera, no puede considerarse que esto suponga una característica de carácter técnico, y por tanto carece de actividad inventiva.

En consecuencia, la reivindicación 4 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 5:

La reivindicación dependiente 5 detalla la clasificación de los emplazamientos del estudio en función de una serie de criterios ordenados por su importancia, si bien este planteamiento ya se adelanta implícitamente en D01 (*col. 23 l. 2-10*).

En consecuencia, la reivindicación 5 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones 6 a 9:

Las reivindicaciones dependientes 6 a 9 detallan la realización de distintos estudios estadísticos sobre los datos recopilados de temperatura del conductor, viento, temperatura ambiente y radiación solar, respectivamente. En cada caso, se trata de identificar secciones críticas a partir de valores extremos, si bien tal y como se planteaba en la reivindicación 4 se establecen valores límite que no suponen ningún efecto técnico concreto, por lo cual tampoco puede considerarse que proporcionen un efecto técnico diferenciador. A título de ejemplo, se puede citar en D02 (*[0030]*) un tratamiento estadístico de los datos correspondientes a la temperatura del conductor que puede considerarse común para un experto en la materia de esta área técnica.

En consecuencia, las reivindicaciones 6 a 9 no cumplen con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 10:

La reivindicación dependiente 10 no añade características técnicas, por tanto carece de actividad inventiva.

Reivindicación 11:

La reivindicación dependiente 11 detalla la posibilidad de incluir en el método de cálculo de la ampacidad los elementos de la aparatamenta de la línea considerada, si bien esta característica ya se anticipa en D01 (*col. 4 l. 64-68*).

En consecuencia, la reivindicación 11 no cumple con el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones 12 a 14:

Las reivindicaciones dependientes 12 a 14 detallan el empleo de distintos métodos estadísticos para estimar valores de error o de parámetros meteorológicos a partir de las distintas medidas (modelo de regresión o red neuronal). En sí mismos estos métodos estadísticos no aportan características técnicas a la invención y no tienen un efecto técnico diferenciador, por lo que carecen de actividad inventiva. El carácter predictivo que se puede asociar a un sistema de monitorización en tiempo real está anticipado en D01 (*col. 27 l. 45-59*), D02 (*[0025]*, *[0033]*) y D03 (*col. 32 l. 29-63; Figs. 7A, 7B, 8*).

En consecuencia, las reivindicaciones 12 a 14 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, ninguna de las reivindicaciones de la solicitud cumple con los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley de Patentes 11/1986.