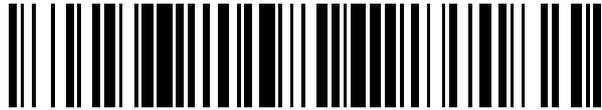


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 478**

21 Número de solicitud: 201530323

51 Int. Cl.:

**H05B 37/02** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**13.03.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**14.10.2016**

Fecha de concesión:

**26.05.2017**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**02.06.2017**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2016/070154**

73 Titular/es:

**MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.  
(100.0%)**

**FEDERICO SALMON, 13  
28016 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**MOROLLON PEREZ, Antonio;  
CAMPUZANO RIOS, Jesus y  
VILANOVA MARTINEZ-FALERO, Vicente**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Nuria**

54 Título: **SISTEMA PARA EL CONTROL Y REGULACIÓN DE LA ILUMINACIÓN DE UN TRAMO DE UN TÚNEL.**

57 Resumen:

Sistema para el control y regulación de un sistema de iluminación de un tramo de un túnel que comprende: al menos un dispositivo luminancímetro (200) dispuesto para detectar los parámetros de luminancia en la zona umbral del túnel, al menos un dispositivo (300) dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel, al menos un dispositivo (400) dispuesto para detectar el parámetro de número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo, al menos un dispositivo luxómetro (500) dispuesto para detectar los parámetros de luminancia en el interior del túnel y una unidad de control adaptada para interrogar y recoger los parámetros de los dispositivos anteriores, donde la unidad de control (100) está conectada y dispuesta para actuar a través de al menos una salida sobre un sistema de iluminación (900) de dicha sección de túnel y donde dicha unidad de control (100) establece al menos dos niveles de adaptación de las luminarias de dicho sistema de iluminación (900) para cada una de las zonas de iluminación de dicho tramo de túnel. Además dicha unidad de control (100) dispone de salidas para activar dispositivos de señalización variable y salidas de datos para su interacción vía web o bien el SCADA de gestión del túnel.

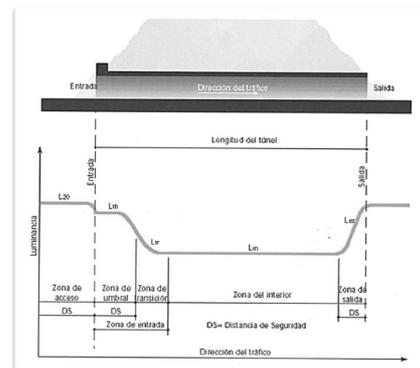


FIG 1.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

ES 2 586 478 B1

## DESCRIPCIÓN

Sistema para el control y regulación de la iluminación de un tramo de un túnel

### **Campo de la invención**

5 La invención se aplica en el campo de la iluminación y más concretamente en el de la iluminación en túneles. Se refiere particularmente a los sistemas para controlar y regular la iluminación en el interior de los túneles en función de las condiciones existentes, entre las que pueden estar la iluminación exterior, climáticas o flujo del tráfico, respetando las exigencias de la normativa aplicable.

### **Antecedentes de la invención**

10 En el momento en que un conductor se acerca a un túnel, su ojo ha de adaptarse a los cambios de niveles de luminancias a los que será sometido. Según si la adaptación es suave o brusca, podrán presentarse lo que se conocen como los efectos de inducción o “agujero negro”, es decir, la entrada se presenta al conductor como una mancha oscura en cuyo interior no se puede distinguir nada. Este problema, que se presenta cuando se está a  
15 una distancia considerable del túnel, se debe a que la luminancia ambiental en el exterior es mucho mayor que la de la entrada.

Desde el punto de vista luminotécnico en los túneles, principalmente en los llamados “túneles largos” se diferencian las siguientes zonas tal y como se observa de forma esquemática en la Figura 1: la de acceso, la de entrada constituida por las zonas de umbral  
20 y de transición, y finalmente la de salida. Por razones económicas no es posible establecer en la zona de entrada de los túneles condiciones de iluminación similares a las existentes durante el día en el exterior, estableciéndose normalmente un porcentaje de la iluminación exterior

En la zona de umbral situada justo a la entrada del túnel, con una longitud aproximadamente  
25 igual a la distancia de seguridad, el alumbrado durante el día debe dimensionarse de forma que asegure una visión suficiente ante eventuales obstáculos sobre la calzada, aunque se produzca una primera reducción brusca de los niveles de iluminación existentes en el exterior, pero que resulte aceptable. En la segunda parte de la zona de umbral se reducen progresivamente los niveles de iluminación.

30 La zona de transición puede tener una longitud variable en función de la velocidad de

circulación, la instalación del alumbrado debe concebirse para paliar el efecto de adaptación, continuando con una disminución paulatina de los niveles de iluminación hasta haber completado el proceso de adaptación del ojo al llegar a la zona de interior, donde se dispone un alumbrado con nivel constante de iluminación.

5 En la zona de salida, con una longitud aproximadamente igual a la distancia de seguridad, debe reforzarse de forma progresiva el alumbrado elevando los niveles de iluminación, de manera que se facilite a los conductores la adaptación a las condiciones luminosas exteriores. En los túneles bidireccionales el alumbrado en la zona de salida será idéntico o similar al de la zona de entrada.

10 Hay que entender como distancia de seguridad, también conocida como distancia de parada, la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado y por tanto es directamente proporcional a la velocidad a la que circula el  
15 vehículo y también incluyen otros factores como el estado de la calzada –húmeda, seca, etc.- o el estado y tipo de vehículo.

Así, se observa que la zona umbral es clave para el tránsito dentro del túnel, ya que es donde se tiene que reducir el contraste de forma más brusca, pero óptima, por medio de las luminarias adecuadas; en esta zona se tiene que mantener una cantidad de candelas por  
20 metro cuadrado y luxes suficiente en relación con el exterior, ya que si es más bajo al principio no se podrá observar nada de lo que hay en el interior. En la siguiente zona, la de transición, se produce una nueva reducción para adaptarse finalmente a la zona de interior. Obviamente, hacia la salida, se debe incrementar nuevamente la luminosidad para no tener deslumbramiento al terminar el túnel.

25 Por tanto, desde el punto de vista energético, la zona de entrada, que incluyen umbral y transición, es la que mayor consumo eléctrico requiere y, a su vez, es la que mayores variaciones tiene ya que son principalmente las que necesitan una mayor adaptación de la iluminación inicial del túnel a las condiciones exteriores de iluminación, que por otro lado varían según la hora del día y la época del año.

30 Actualmente, mayoritariamente, la regulación de la iluminación en las entradas de los túneles está basada en la información de un luxómetro colocado en la entrada.

Un luxómetro es un dispositivo sensor analógico que mide la iluminancia, en lux, de la luz

ambiental, y la convierte en una señal en lazo de corriente; pero este sensor no representa la sensación del ojo humano, sino que simplemente ofrece el valor de la iluminancia ambiental recibida en un punto muy concreto.

5 Esta solución basada en luxómetro, por tanto, permite diferenciar en varios escalones, como por ejemplo soleado, nublado/crepuscular y nocturno tal y como se refleja en la primera gráfica de la Figura 2. Pero si se utiliza solo un luxómetro, simplemente se medirá la iluminancia en un punto, pero no se tendrá en cuenta los elementos adyacentes que tanta influencia tienen en el efecto “agujero negro”. Además los luxómetros miden solo iluminancias mientras que lo que el ojo humano percibe son las luminancias (candelas por metro cuadrado) y por lo tanto nunca un luxómetro podrá determinar con exactitud la percepción del ojo humano

15 Esta información de los luxómetros en ocasiones se complementa con la aportada por los relojes astronómicos para diferenciar entre día y noche a lo largo del año. Para cada uno de los escalones o niveles de alumbrado se encienden los distintos circuitos de luminarias previamente definidos. Con este sistema, por simple, no es necesario incluir ningún dispositivo controlador para su gestión, como por ejemplo tipo PLC (Controlador Lógico Programable o en inglés *Programmable Logic Controller*).

20 Pero esta solución es poco eficiente desde el punto de vista energético, ya que solamente suelen existir 3 o 4 escalones o niveles de alumbrado para modelar todas las posibles situaciones del día y el porcentaje sobre el consumo que representa el escalón de soleado que describe esta solución, el de mayor consumo, está en torno a un 40-42%.

25 Las soluciones basadas en PLC ya son conocidas para la gestión energética de instalaciones como edificios, tramos a cielo abierto o túneles y permite automatizar procesos electromecánicos. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas o lógicas para el control de funcionamiento del sistema, por ejemplo un sistema de luminarias, se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

### **Descripción de la invención**

30 Es necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas encontradas en la misma, y de forma particular en relación con la eficiencia energética en la iluminación en túneles y en la facilidad de la visión de los usuarios cuando entran y

atraviesan dichos túneles.

Con este fin, la presente invención se refiere de forma diferenciadora, en un primer aspecto, a un sistema para el control y regulación de un sistema de iluminación en uno o varios tramos de un túnel que comprende al menos un dispositivo luminancímetro dispuesto para  
5 detectar los parámetros de luminancia en la zona umbral del túnel, al menos un dispositivo dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel, al menos un dispositivo dispuesto para detectar el parámetro de número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo, al menos un dispositivo luxómetro dispuesto para detectar los parámetros de luminancia en el interior del túnel y una unidad de control  
10 adaptada para interrogar y recoger los parámetros de los dispositivos anteriores.

Y donde, a diferencia de los sistemas conocidos, la unidad de control está conectada y dispuesta para actuar a través de al menos una salida sobre un sistema de iluminación de dicho tramo del túnel y donde dicha unidad de control establece al menos dos niveles de adaptación del alumbrado de las luminarias de dicho sistema de iluminación para cada una  
15 de las zonas de iluminación de dicha sección de túnel.

Por tanto, el sistema y el método de conformidad con los aspectos de la invención descritos anteriormente presentan una serie de ventajas con respecto a la técnica anterior, que se pueden resumir como sigue:

- El sistema de la presente invención mejora la adaptación y automatización del control de la iluminación en túneles, tomando como variables de entrada las suministradas por los equipos instalados en las inmediaciones de las bocas, principalmente en la entrada.  
20
- Se ofrece un sistema fácil de implementar (por ejemplo instalando un controlador tipo PLC en los cuadros de mando de los sistema de iluminación del túnel), con una lógica o método que optimiza el encendido y/o apagado de los circuitos de las luminarias del interior, disponiendo la iluminación necesaria durante el tiempo estrictamente necesario.  
25
- Soluciona el problema de inducción o “agujero negro” que se presenta a los conductores en la entrada los túneles con adaptaciones de las luminarias más ajustadas a las condiciones de luz existentes en el exterior del túnel.  
30
- Se estima que, a diferencia de las soluciones existentes, mejora la eficiencia

energética. Por ejemplo, en las soluciones basadas solo en un luxómetro, donde se tiene por ejemplo un solo escalón o nivel de alumbrado en soleado (ver gráfica 1 de la Figura 2), se requiere un 42% del consumo en este tramo, mientras que con la invención propuesta, con varios escalones para soleado (ver gráfica 2 de la Figura 2) gestionados dinámicamente (por ejemplo 2 o 3), el ahorro sobre el consumo puede estar entre un 15-20%.

- El uso de luminancímetros para captar la iluminación exterior permite obtener una mejor medida de lo que percibe el ojo humano, a diferencia de los luxómetros, ofreciendo por tanto una regulación de la iluminación interior más precisa.

Estas y otras ventajas se ven evidentes a la luz de la descripción detallada de la invención.

Los elementos definidos en esta descripción detallada se proporcionan para ayudar a una comprensión global de la invención. En consecuencia, los expertos en la técnica reconocerán que variaciones y modificaciones de las realizaciones descritas en este documento pueden realizarse sin apartarse del alcance y espíritu de la invención.

### **Breve descripción de los dibujos**

Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, que deben considerarse de una manera ilustrativa y no limitativa, en los que:

La figura 1 muestra, esquemáticamente, las distintas zonas de iluminación y el grado de iluminación que se pueden encontrar típicamente en un túnel, así como la relación de la distancia de seguridad, principalmente con la zona de umbral y la zona de transición.

La figura 2 muestra dos gráficas con la comparativa, por un lado de la situación de la adaptación de la luminancia en los sistemas actuales, con pocos niveles de alumbrado, y por otro la situación alcanzable con la invención propuesta, donde los niveles de alumbrado pueden ser muchos más y por lo tanto se puede actuar de forma más precisa sobre las distintas zonas del segmento de túnel con el consiguiente ahorro energético.

La figura 3 muestra, esquemáticamente, la arquitectura tanto de los elementos que forman parte del sistema de la invención como aquellos con los que se relaciona.

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

Los elementos definidos en esta descripción detallada se proporcionan para ayudar a una

comprensión global de la invención. En consecuencia, los expertos en la técnica reconocerán que variaciones y modificaciones de las realizaciones descritas en este documento pueden realizarse sin apartarse del alcance y espíritu de la invención. Además, la descripción detallada de las funciones y elementos suficientemente conocidos se omiten por razones de claridad y concisión.

Por supuesto, las distintas funcionalidades de la invención pueden ser implementadas con diferentes variaciones de arquitectura, protocolos o dispositivos. Cualquier implementación presentada a continuación es incluida con el propósito de ilustrar y hacer comprensiva la invención y no con la intención de limitar aspectos de la misma.

Como se ha mencionado anteriormente la presente invención se centra en mejorar la adaptación y automatización del establecimiento de la iluminación de los túneles, tomando como variables de entrada para dicha adaptación las suministradas por uno o varios dispositivos instalados en las inmediaciones de las bocas del túnel, principalmente de entrada.

Los equipos o dispositivos del sistema encargados de recoger los parámetros del exterior del túnel para el control y adaptación de la luz interior son los siguientes:

a) Luminancímetros (200). Este tipo de dispositivos permiten obtener mediciones del nivel de luminancia en la entrada del túnel, principalmente en la zona de umbral de un túnel. En el sistema propuesto tiene que haber al menos uno, aunque puede haber instalados más y preferiblemente dos, lo que permitirá tener redundancia en caso de fallo de uno de los dispositivos.

En la práctica debe usarse un luminancímetro (200) con un campo de medición (cono de visión) preferiblemente de 20 grados cumpliendo así con las limitaciones normativas, posicionado a la distancia de parada o seguridad antes de la boca de entrada del túnel .

Es un instrumento de medida que reproduce la sensación del ojo humano al acercarse a un túnel. Normalmente, el luminancímetro (200) se sitúa a 4 ó 5 metros de altura en el lateral de la calzada. Puede ir en un báculo independiente o sobre uno de una luminaria de exterior. Si se sitúan dos luminancímetros lo usual es colocar uno a cada lado de la calzada de entrada al túnel.

El luminancímetro (200), de forma habitual, se compone de la óptica necesaria para la medida del cono de 20 grados, un fotodetector de silicio de curva espectral aproximada a la del ojo, electrónica de acondicionamiento de señal de alta sensibilidad y

preferiblemente un conversor analógico-digital de doce bits para transmitir la información recogida en forma de valores o parámetros.

5 La ventaja de la utilización de luminancímetros (200) en el control de iluminación en las entradas de los túneles, a diferencia respecto al uso de luxómetros, radica, como ya se ha indicado antes, en que verdaderamente representan la sensación del ojo humano al acercarse al mismo, considerando el efecto de los elementos adyacentes y ajustando la iluminación interior a la realmente necesaria para la adaptación del ojo humano.

10 Los distintos elementos que se encuentran en las inmediaciones de los túneles tienen distintas luminancias: árboles, cielo, calzada, rocas, edificios, muros, etc. En función del porcentaje de cada uno de ellos dentro del cono de visión con 20 grados, la sensación del conductor será distinta y, por tanto, la iluminación en la entrada del túnel también variará.

15 Si, por el contrario, se utiliza un luxómetro, simplemente se mide la luminancia en un punto, pero no se tendrá en cuenta los elementos adyacentes que tanta influencia tienen en el efecto “agujero negro”. Así por ejemplo, un día soleado en un túnel situado en una trinchera profunda con praderas en sus taludes, si se utiliza un luxómetro se dispondrá una mayor iluminación en la entrada que si se considera un luminancímetro (200), ya que reducirá el efecto al disminuir la luminancia por el efecto de la presencia de las praderas. Un efecto similar ocurre con túneles situados en orientación Este-Oeste  
20 respecto a los orientados Norte-Sur

Este dispositivo de forma general obtiene valores instantáneos de la luminancia, aunque puede estar dispuesto para obtener un valor medio de esta magnitud en un determinado periodo de tiempo, lo que permite evitar oscilaciones en el alumbrado debidas a alteraciones en la medida fruto de condiciones externas transitorias como puedan ser  
25 reflejos, nubes que ocultan momentáneamente el sol, etc.

b) Estación meteorológica con sensor de calzada (300). Este tipo de dispositivo está dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel. El sistema propuesto por esta invención contará con al menos uno situado en el exterior cercano a la entrada del túnel.

30 Es muy importante poder detectar y recoger los parámetros con las condiciones meteorológicas de las bocas del túnel, principalmente en el caso de calzada mojada, ya que afectará a la distancia de parada o seguridad y, por tanto, a la longitud de las zonas

de umbral y transición.

Este tipo de dispositivos o estaciones meteorológicas (300) pueden estar dispuestas para recoger, entre otros, parámetros de de temperatura ambiental, humedad ambiental, velocidad y dirección del viento, estado de la calzada –húmeda, mojada, seca, con hielo, con nieve, etc.-, temperatura de la calzada, tamaño de la lámina de agua, hielo o nivel, nivel de radiación solar, presión atmosférica, niebla, etc.

De forma preferida, este dispositivo (300) aportará al sistema como mínimos los parámetros que indican si a nivel de calzada hay lluvia, niebla, viento o helada.

c) Estación de aforo de tráfico (400). Este tipo de dispositivo está dispuesto para contabilizar o detectar el número de vehículos que pasan por un punto concreto, en este caso concreto, los que acceden al túnel. Se puede contabilizar este aforo por unidad de tiempo. En el caso de esta invención, el sistema contará con al menos un dispositivo (400) de este tipo situado en el exterior cercano a la entrada del túnel.

En ocasiones este tipo de dispositivos (400) también permiten diferenciar el tipo de vehículo, por ejemplo vehículos pesados o vehículos ligeros, o la velocidad media de paso de los mismos.

Los modelos más habituales de estaciones de aforo (400) se suelen implementar a partir de una pareja de espiras electromagnéticas instaladas en cada carril de la calzada, que detectan el paso y la presencia del vehículo, calculando una serie de datos de interés como son el peso, longitud o velocidad a la que circulan los vehículos. También se emplean dispositivos tipo radar sobre pórticos.

Con los datos suministrados por la estación de aforo (400), se puede reducir el nivel de iluminación a determinadas horas, cuando el tráfico es muy reducido.

d) Luxómetros (500). Se trata de un dispositivo sensor analógico dispuesto para medir la iluminancia –lux- de la luz ambiental, y la convierte en una señal en lazo de corriente. En la invención propuesta existe al menos un dispositivo (500) de este tipo y estará situado en el interior del túnel y al menos uno de ellos de forma preferida estará ubicado en la zona de umbral o en la zona de transición.

Generalmente está basado en un foto-sensor de silicio, que es sensible en un rango próximo al de la luz visible.

Como se ya se ha comentado, a diferencia del luminancímetro, este dispositivo (500) no representa la sensación del ojo humano, simplemente ofrece el valor de la luminancia ambiental, pudiendo comprobar si la iluminación dispuesta por el sistema, en ese momento, es la correcta y cumple con la normativa. También permite lanzar alarmas cuando el nivel de iluminación recibido no coincide con el que debería tener en ese momento.

- e) Una unidad de control (100) adaptada para solicitar y recoger los parámetros detectados los dispositivos anteriores, es decir, por luminancímetros (200), estaciones meteorológicas (300), estaciones de aforo (400) y luxómetros (500). Dicha unidad de control (100) está conectada a un sistema de iluminación de una sección del túnel (900), aunque puede ser utilizada para controlar todo el túnel. El sistema propuesto en esta invención contará con al menos una unidad de este tipo (100) por cuadro de mando eléctrico.

Se puede utilizar diferentes implementaciones como unidad de control (100) para la invención propuesta, como por ejemplo un ordenador de propósito general con un software controlador, pero en una realización de preferida la implementación es a través de un PLC (Controlador Lógico Programable), ya que es posible ahorrar tiempo en su despliegue, teniendo, por lo general, un reducido tamaño y mantenimiento de bajo costo.

Los elementos de recogida de parámetros pueden ser implementados con distintas interfaces de comunicación, tanto analógicas como digitales. Por ejemplo, es normal que los luminancímetros (200) tengan una de estas interfaces, pero de forma preferida para esta invención el luminancímetro (200) usará interfaz digital a través de transmisión por RS-485 con la unidad de control (100). Este mismo tipo de interfaz puede ser válida, en una realización preferida, para la comunicación entre la estación de control de aforo (400) y la unidad de control (100) tipo PLC. Las estaciones meteorológicas (300), por el contrario, suelen contar con interfaces Ethernet y una posible implementación de esta red con la unidad de control sería a través de una comunicación de red móvil (GPRS, 3G, LTE, etc.), aunque también se podría establecer una Ethernet por cable. Finalmente, dentro de los elementos de los que se puede recibir parámetros en la unidad de control (100), el luxómetro (500), aunque también puede disponer de interfaz digital, en la realización preferida de esta invención cuenta con una interfaz analógica en bucle de corriente de 4-20 mA.

De forma general, la unidad de control (100) estará dispuesta para interrogar a cada uno

de los dispositivos anteriores – luminancímetros (200), estaciones meteorológicas (300), estaciones de control de aforo (400) o luxómetros (500)- sobre sus medidas, tanto instantáneas como medias o para recibirlas directamente, principalmente en caso de los dispositivos con interfaz analógica.

5 Dicha unidad de control, está programada para analizar dichos parámetros y para actuar, a través de una o varias salidas analógicas (110) y/o digitales (120) sobre los circuitos de un sistema de iluminación de un tramo de un túnel (900) o todo el túnel.

10 En una realización preferida las salidas analógicas (110) estarán en el rango de 4-20mA y podrá haber al menos 6 salidas mientras que se contará con al menos 12 salidas digitales (120).

15 Con este tipo de salidas se puede abarcar todas las necesidades para las instalaciones o sistemas de luminarias en cuanto a número de circuitos y tipo de luminaria, como por ejemplo para luminarias de tipo VSAP (vapor de sodio a alta presión) o LED. Por ejemplo, las luminarias tipo LED suelen admitir regulación analógica, por ejemplo, en un rango del 0 al 10, mientras que otras luminarias solo admiten un valor digital, enciende o apaga, pero varias luminarias de un sistema se pueden regular su apagado o encendido –unas sí y otras no- en base a superponer circuitos.

20 La unidad de control (100) o PLC, de forma opcional, tendrá también comunicación con un sistema de supervisión basado en SCADA (700) (Supervisión, Control y Adquisición de Datos o acrónimo de *Supervisory Control And Data Acquisition*) y/o con un servidor web (800) que muestra la información en tiempo real y puede operar sobre el sistema de propuesto, por ejemplo, para tareas de mantenimiento.

25 Desde el punto de vista funcional la unidad de control (100) del sistema o preferiblemente el PLC está programado para interrogar periódicamente a los distintos dispositivos de medición—luminancímetros (200), estaciones meteorológicas (200), estaciones de control de aforo (400) o luxómetros (500)-. El periodo de interrogación para la recogida de parámetros puede variar en función de las características del túnel e incluso en función de las medidas analizadas con anterioridad. De esta forma el sistema se puede autoadaptar. Como ejemplo, requerir parámetros cada 15 minutos sería una buena opción de inicial.

30 En función del análisis de dichos parámetros, la unidad de control (100) está programada para calcular la luminancia requerida para cada uno de los tramos del segmento de túnel, principalmente en la zona de umbral y en la zona de transición y establecer los valores de

salida, analógicos (110) y/o digitales (120), para actuar sobre los circuitos del sistema de iluminación (900) al que está conectado la unidad de central.

5 La iluminación en la entrada del túnel es función de la iluminación en el exterior y de la sensación en el ojo del conductor cuando se acerca al túnel. Este valor es el que detecta el luminancímetro (200). En el caso de los parámetros recibidos de los luminancímetros (200), por lo general la unidad de control (100) lee las luminancias medias, lo que evita cambios indeseados en la iluminación debidos a variaciones momentáneas de las condiciones ambientales. A mayor valor del luminancímetro (200), mayor iluminación se necesitará en el comienzo del túnel para facilitar la adaptación del ojo humano, es decir, mayor activación de salidas y por tanto mayor iluminación; y viceversa, a menor valor recogido del luminancímetro (200) se actuará, por parte de la unidad de control (100), requiriendo menor iluminación al sistema de iluminación (900). Esta iluminación requerida o calculada por la unidad de control (100) da como resultado la superposición de circuitos sobre los que hay que actuar para alcanzar el nivel de iluminación que se necesita en cada caso en el sistema de iluminación (900).

15 En la configuración preferida el sistema contará con dos luminancímetros (200) y se comprobará, por parte de la unidad de control (100), en cada ciclo de interrogación, si al menos uno de dichos luminancímetros (100) está operativo para poder aplicar el análisis o cálculo sobre los parámetros recibidos de forma automática.

20 En función de las características del túnel, si los parámetros interrogados y suministrados por la estación de aforo (300) están por debajo de un determinado umbral en un momento dado o período de tiempo, es decir, el tráfico es más reducido de lo normal, la unidad de control aplica en sus cálculos un factor de reducción a la iluminación inicialmente calculada con la información de los luminancímetros (200).

25 Los valores de la estación meteorológica (400) afectarán en caso de lluvia, niebla, etc, haciendo igualmente que influya en los cálculos de la luminancia y por tanto en el aumento o reducción de la iluminación.

30 Por ejemplo, una situación de calzada mojada generalmente influirá directamente en la velocidad en el túnel e incluso puede suponer la modificación temporal de la velocidad máxima, que es la que marca la distancia de parada; que lógicamente con suelo mojado aumenta, y que es la misma distancia que la longitud en la que se tiene que prolongar la iluminación umbral y de transición. Por eso es tan importante la calzada mojada, para que la longitud con iluminación umbral y de transición, la más elevada del túnel y de mayor

potencia, afecte a la menor longitud y, por tanto, se produzca el menor consumo.

Dicha modificación o adaptación de velocidad en el túnel en función de las condiciones meteorológicas se puede producir a través de la actuación de la unidad de control (100) actuando sobre señalización variable a la entrada del túnel, para disminuirla hasta el punto en que se conserve la misma distancia de parada que existía con pavimento seco.

En definitiva, los valores proporcionados por la estación meteorológica (300) recibidos por la unidad de control (100) afectarán a los cálculos de las luminancias requeridas en cada una de las zonas del segmento de túnel en la medida en que afectan a la velocidad máxima de los vehículos y por tanto a la variable de la distancia de seguridad o parada. Este cálculo por tanto no solo influye en la cantidad de iluminación sino en la longitud de las zonas a iluminar, principalmente en la zona de tránsito; a mayor distancia de parada requerida mayor será la zona de tránsito.

Concretamente, la unidad de control (100) actuará sobre el sistema de iluminación (900) aumentando el tamaño de las zonas del segmento del túnel sobre las que actúa cuando los parámetros del de la estación meteorológica indiquen que en exterior la calzada no está seca; principalmente sobre la zona de transición. También actuará en el caso de calzada húmeda, si así se ha determinado, activando una señalización variable para la regulación de la velocidad de los vehículos que acceden al túnel

Tras la interpretación de todos los parámetros por el programa instalado en la unidad de control (100) y su ejecución, se generarán las salidas (110, 120) que afectarán a los distintos circuitos establecidos. Dado la flexibilidad del sistema, el número de salidas (110, 120) puede variar y por tanto obtener una adaptación óptima y ajustada con respecto a las condiciones de iluminación existentes en el exterior de los túneles, principalmente cuando hay mucha iluminación en el exterior, por ejemplo en días soleados, y por tanto el consumo es mayor.

Los parámetros obtenidos de los luxómetros (500) situados en el interior del túnel que permiten obtener la luminancia en un punto permite comparar el la luminancia real con la calculada por la unidad de control (100) en cada interacción y por tanto detectar si hay desviaciones y si es el caso, la unidad de control (100) enviará la correspondiente alerta o alarma a los sistemas de supervisión (700, 800).

La actuación de la unidad de control (100) sobre el sistema de iluminación (900) se puede concretar en un determinado rango de niveles de alumbrado, uno de los cuales es

seleccionado en cada iteración en función de la luminosidad calculada para cada zona del segmento del túnel. Cada nivel de alumbrado se corresponde con la actuación, por parte de la unidad de control (100) sobre unos circuitos específicos del sistema de iluminación (900) para cada una de las zonas del segmento del túnel.

5 Como se puede observar, los niveles de alumbrados pueden ser muy variados, pero principalmente se concentrarán en la parte diurna y más concretamente en momentos soleados, mientras que los circuitos a activar en cada caso para cada una de las zonas también pueden ser numerosos, pero por lo general tendrán cierta limitación en número.

10 Como ejemplo no limitativo, de forma preferida se podrían establecer estos niveles de iluminación y los correspondientes circuitos a activar en cada nivel:

<b>Nivel de Alumbrado</b>	<b>Circuitos Activos</b>
Nocturno	Permanente
Día Crepuscular	Permanente + Crepuscular
Día Nublado	Permanente + Crepuscular + Nublado
Día soleado (50%)	Permanente + Crepuscular + Nublado + 50% Soleado
Día soleado (100%)	Permanente + Crepuscular + Nublado + 100% Soleado

Lógicamente se deduce que, aquellos circuitos que no son necesarios activar en un momento dado pero lo estaban previamente, son desactivados durante la actuación del unidad de control (100) en el sistema de iluminación (900)

15 Opcionalmente, el sistema, a través de la unidad de control (100) o PLC, enviará para su registro la información con las decisiones tomadas, incluyendo, entre otros, los parámetros recibidos y los cálculos o análisis realizados, con los que se podrá obtener estadísticas teóricas de consumos y sus evoluciones, así como estimaciones de consumo para comparar con los datos de compañía. Toda esta información estará disponible en el sistema SCADA (700) y/o en un servidor web (800) en tiempo real. Opcionalmente también es posible extraer  
20 esta información para registro mediante tarjetas SD a un PC para el tratamiento de los datos.

25 El sistema dispondrá de un modo “incidencia” que dará una iluminación plena para casos de accidentes o incidentes dentro del túnel. Así mismo se podrá rescatar o recuperar el sistema desde el puesto de mando (700, 800) para poder actuar por encima de cualquier programación del sistema, como por ejemplo cuando se detecte una desviación entre los

datos de iluminancia calculados por la unidad de control (100) y los recogidos por los luxómetros (500) en el interior del túnel.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema para el control y regulación de la iluminación de un tramo interior de un túnel que comprende:

5 a) al menos un dispositivo luminancímetro (200) dispuesto para detectar los parámetros de luminancia en la zona umbral del túnel,

b) al menos un dispositivo (300) dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel,

c) al menos un dispositivo (400) dispuesto para detectar el parámetro de número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo,

10 d) al menos un dispositivo luxómetro (400) dispuesto para detectar los parámetros de luminancia en el interior del túnel,

e) y una unidad de control (100) adaptada para interrogar y recoger los parámetros detectados por el al menos un dispositivo luminancímetro (200), el al menos un dispositivo (300) dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel, el al menos un dispositivo (400) dispuesto para detectar el parámetro de número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo y el al menos un dispositivo luxómetro (500),

20 donde dicha unidad de control (100) está conectada y dispuesta para actuar a través de al menos una salida (110, 120) sobre un sistema de iluminación de dicha sección de túnel (900) y donde dicha unidad de control (100) establece al menos dos niveles de alumbrado de las luminarias de dicho sistema de iluminación para cada una de las zonas de iluminación de dicha sección de túnel.

2. Sistema para el control y regulación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde el número de luminancímetros (200) es al menos dos y están dispuestos para obtener como dicho parámetro de luminancia el valor medio de la luminancia en un determinado periodo de tiempo.

3. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de una sección de túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde el al menos un dispositivo (300) dispuesto para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el

exterior del túnel está dispuesto para al menos detectar a nivel de calzada parámetros que indican si hay lluvia, niebla, viento o helada.

4. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde la unidad de control (100) es un PLC (Controlador Lógico Programable)
5. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde dichas salidas (110, 120) de dicha unidad de control (100) son salidas analógicas (110) y/o digitales (120) y donde dichas salidas están dispuestas para actuar sobre uno o varios circuitos de dicho sistema de iluminación (900).
6. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde la unidad de control (100), adicionalmente, envía la información con los parámetros recibidos y los análisis realizados a un sistema SCADA (700) y/o un servidor web (800).
7. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 1 donde la unidad de control (100) actúa sobre dicho sistema de iluminación (900) teniendo en cuenta los parámetros interrogados y recogidos del al menos un dispositivo luminancímetro (200), el al menos un dispositivo dispuesto (300) para detectar los parámetros de las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel, el al menos un dispositivo (400) dispuesto para detectar el parámetro de número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo y el al menos un dispositivo luxómetro (500).
8. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo interior de un túnel de acuerdo con la reivindicación 7 donde la unidad de control (100) actúa:
  - a) disminuyendo los valor de la luminancia en las zonas del segmento del túnel cuando el parámetro de luminancia recibido del luminancímetro (200) disminuye y aumentándola cuando aumenta dicho valor de luminancia,
  - b) aplicando un factor de reducción al valor de luminancia del paso a) cuando el parámetro de al menos un dispositivo (300) dispuesto para detectar el número de vehículos que acceden al túnel por unidad de tiempo indica que el número de vehículos es menor de un umbral establecido.

- 5
- c) aumentando el tamaño de las zonas del segmento del túnel sobre las que actuar cuando los parámetros del al menos un dispositivo (400) dispuesto para detectar las condiciones meteorológicas en el exterior del túnel indican que las la calzada no está seca, o bien actuando sobre señalización variable a la entrada del túnel, para disminuirla hasta el punto en que se conserve la misma distancia de parada que existía con pavimento seco.
9. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo de un túnel de acuerdo con las reivindicaciones 7 a 8 donde valores establecidos por la unidad de control (100) para la actuación sobre el sistema de iluminación (900) se disponen en un rango de niveles de alumbrado y donde dichos niveles de alumbrado se corresponden con la activación de unos circuitos determinados para cada zona de dicho sistema de iluminación (900).
- 10
10. Sistema para el control y adaptación de un sistema de iluminación de un tramo de un túnel de acuerdo con las reivindicación 1 donde, si la unidad de control (100) detecta que el parámetro con el valor de luminancia recibido de un luxómetro (500) no se corresponde con el valor de luminancia establecido por la unidad de control se genera una alarma.
- 15

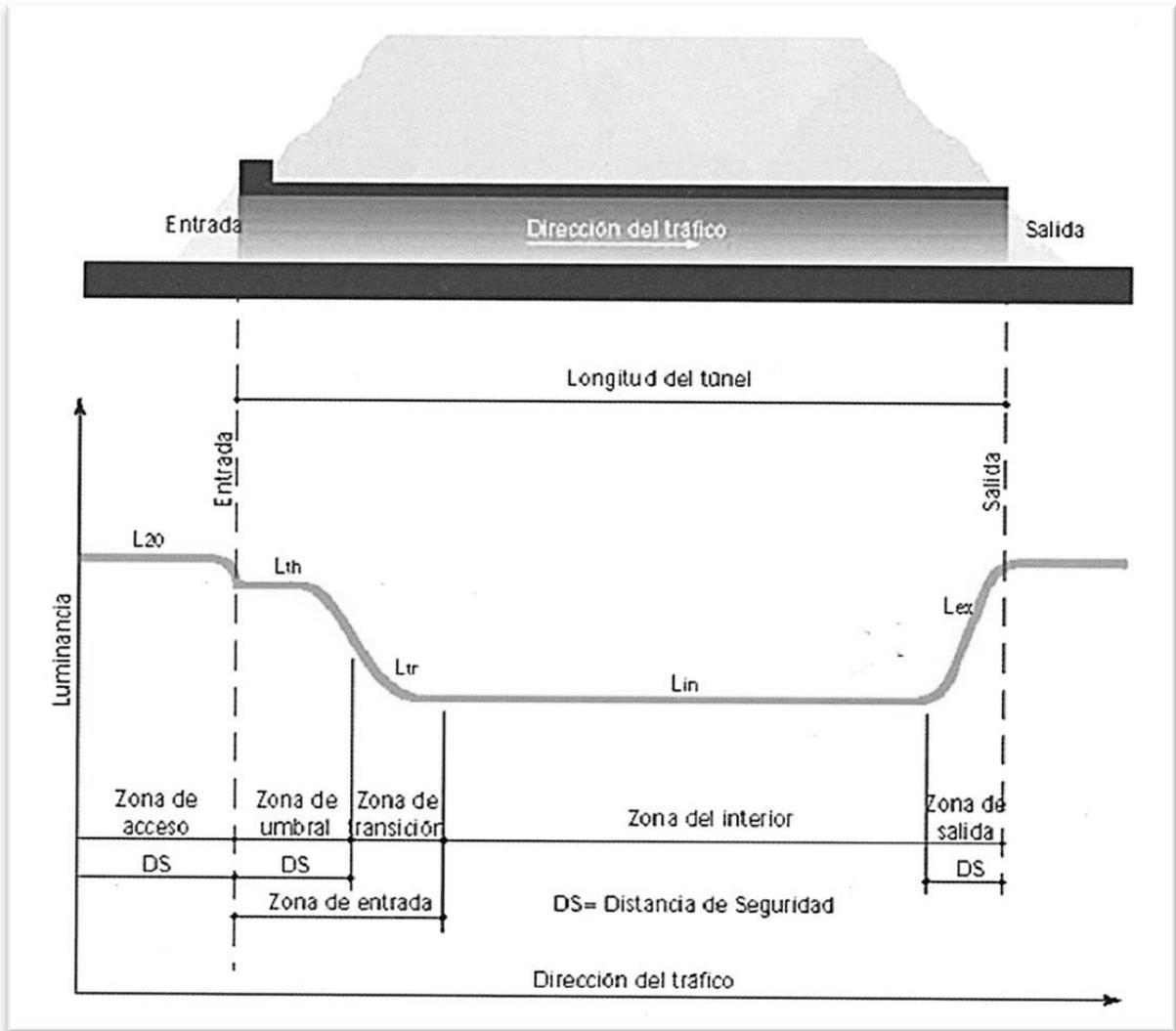


FIG 1.

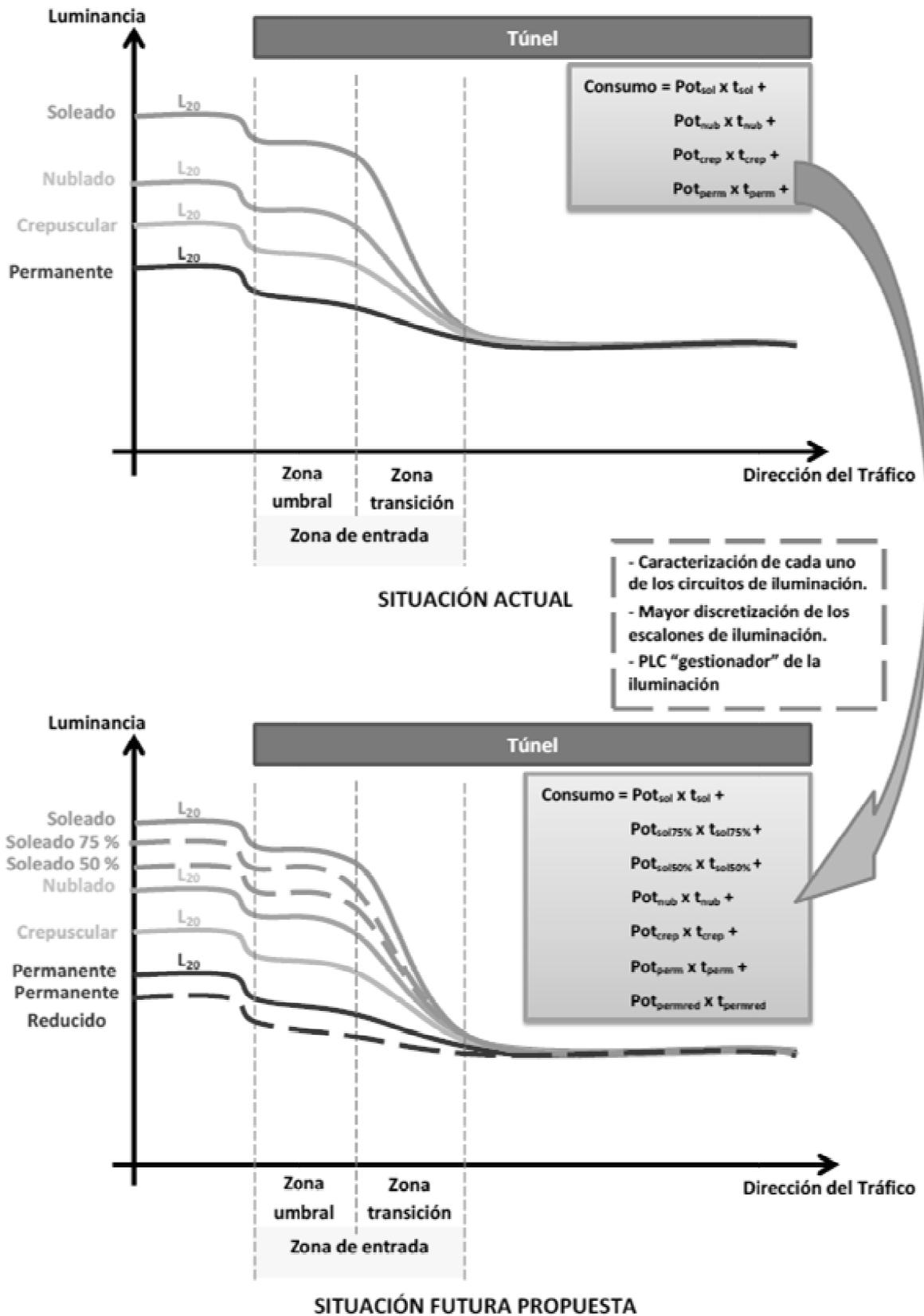


FIG 2

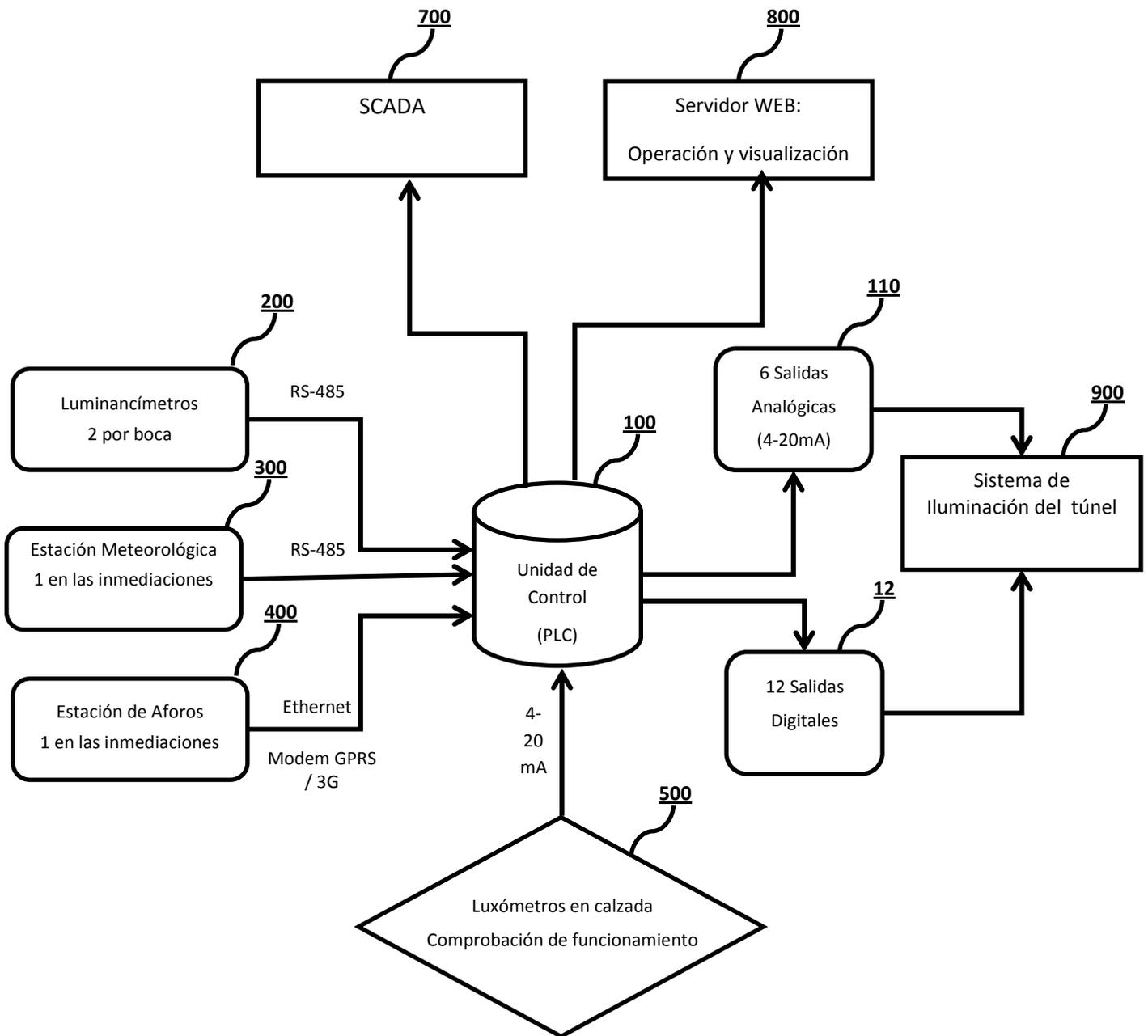


FIG 3.