

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 717 552**

(21) Número de solicitud: 201990012

(51) Int. Cl.:

F21S 8/00 (2006.01)

F21V 19/00 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

(22) Fecha de presentación:

04.10.2017

(30) Prioridad:

05.10.2016 ES P201631290

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

21.06.2019

(88) Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

17.07.2019

Fecha de concesión:

30.12.2019

(45) Fecha de publicación de la concesión:

09.01.2020

(73) Titular/es:

SACYR CONCESIONES S.L. (100.0%)

Paseo de la Castellana, 83-85

28046 Madrid (Madrid) ES

(72) Inventor/es:

CASTILLO RECATALÁ, Daniel

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

(54) Título: **SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE TÚNELES DE CARRETERAS**

(57) Resumen:

Sistema de iluminación de túneles de carreteras. La invención proporciona un sistema de iluminación de un área objetivo de un túnel de carretera (11) que utiliza una pluralidad de dispositivos de emisión de luz (21) fijados al túnel que comprenden una fuente luminosa led (31) de una potencia eléctrica entre 0.5-10w y de una eficacia luminosa superior a 150 lum/w y que están dispuestos para proyectar haces luminosos (25) sobre el área objetivo con un ángulo de emisión AE2 predeterminado de manera que iluminen completamente el área objetivo.

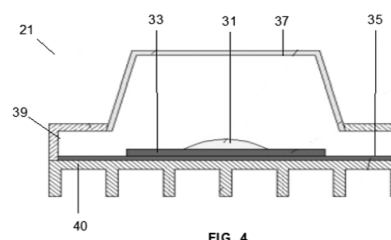


FIG. 4

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 717 552 B2

DESCRIPCIÓN

Sistema de iluminación de túneles de carreteras

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas de iluminación de túneles de carreteras y, más particularmente, a sistemas de iluminación basados en leds.

ANTECEDENTES

La iluminación de carreteras y particularmente los tramos de túneles han sido estudiados desde hace muchos años. El principal organismo internacional de redacción de normas y recomendaciones es el CIE ("International Commission on Illumination").

El problema visual fundamental en un túnel de carretera es el de la adaptación del ojo humano desde las elevadas luminancias exteriores durante el día, a las bajas luminancias que existen en el interior de los túneles, teniendo además en cuenta que en una determinada distribución de luminancias, puede no llegarse a ver un obstáculo si la luminancia es muy inferior a la de dicha distribución. Todo ello da lugar al conocido "efecto agujero negro", el cual impide que los conductores vean en el interior del túnel cuando se encuentran a una determinada distancia de la boca de entrada del mismo.

La adaptación del ojo a las condiciones lumínicas requiere de cierto tiempo, por ello, en función de la velocidad de la vía y de la longitud del túnel, se localizan en su interior varias zonas (umbral, transición, interior y salida) que requieren de diversos niveles de iluminación en función de las condiciones de luz del exterior del túnel.

Las instalaciones de alumbrado normal en túneles se pueden resumir básicamente en dos: permanente y refuerzo. El alumbrado permanente se denomina a menudo nocturno y permanece encendido en todo momento a lo largo de todo el túnel. El alumbrado de refuerzo se enciende de día en las proximidades de las bocas. Se requiere un refuerzo de alumbrado mucho mayor en la boca de entrada que en la de salida, ya que la adaptación del ojo a condiciones de mayor iluminación es más rápida que la adaptación a condiciones de baja iluminación.

La iluminación de túneles constituye una costosa infraestructura no sólo por su construcción sino sobre todo por el gran consumo eléctrico que requiere. El alumbrado permanente está encendido las 24 horas todos los días y el refuerzo supone una elevadísima potencia que también está siendo consumida un elevado número de horas.

La normativa establece los siguientes requisitos a las instalaciones:

- Nivel de iluminación (luminancia) en función del tipo de alumbrado (zona del túnel).
- Uniformidad de la iluminación (no sólo se pide un nivel medio de iluminación adecuado, sino que no haya zonas oscuras y la iluminación sea uniforme (uniformidad global) y no haya “cebreados” (uniformidad longitudinal).
- Distribución que no haga a los puntos de luz estar a distancias que provoquen el molesto efecto “flicker” (parpadeo) Estas distancias prohibidas para túneles de autovía o autopista (velocidades en torno a 100 km/h) están entre 2 y 12 metros.

Tradicionalmente, la iluminación de túneles ha empleado lámparas de vapor de sodio por su elevada eficacia luminosa (relación entre flujo luminoso emitido y potencia eléctrica consumida [lúmenes/watio]) Estas lámparas tienen mayor eficacia cuanto mayor es la potencia consumida por las mismas.

El diseño que se emplea en el alumbrado permanente de los túneles resulta de un compromiso entre el empleo de luminarias con la mayor potencia posible (para aumentar la eficacia) y la consecución de los mínimos establecidos por la normativa vigente en cada momento en relación a los parámetros de uniformidad. El empleo de luminarias de mayor potencia permite separar más los puntos de luz, sin embargo, al separarlas en exceso se produce un molesto efecto de “cebreado” en la calzada dado que por más que el diseño de los reflectores amplíe el ángulo de emisión de luz, el flujo recibido a cierta distancia de los proyectores acaba siendo sensiblemente menor que debajo de éstos, si se quiere contar con luminarias con suficiente rendimiento; hay que tener en cuenta que la altura de instalación de luminarias en el interior de túneles suele ser muy reducida.

Recientemente, los avances producidos en el campo de la tecnología LED aplicada a la iluminación han proporcionado la posibilidad de contar con luminarias de elevada eficacia a precios cada vez más bajos. Además, esta tecnología aporta importantes ventajas frente a otras existentes en lo relativo a la duración y consiguiente ahorro en mantenimiento, reducción de la depreciación (disminución del rendimiento con el tiempo de funcionamiento) la elección de la temperatura de color y la regulación (mediante drivers que ajustan el consumo a las necesidades lumínicas de forma prácticamente proporcional) Actualmente se cuenta con leds de eficacia luminosa superior a 160 lúmenes/watio a precios bajos.

Sin embargo, la aplicación de la tecnología LED a la iluminación de túneles no se ha impuesto como en otros campos de aplicación porque los fabricantes se han limitado a

5 fabricar proyectores para túneles similares a los existentes de vapor de sodio sólo que con leds. Esto no ha supuesto gran ventaja frente a lo ya existente, porque los leds más avanzados tienen una eficacia luminosa similar a las lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400W. Por ello, la mayoría de los estudios de cambio a leds se han limitado al
10 alumbrado permanente, donde sí puede llegarse a conseguir una pequeña ventaja en eficacia luminosa frente a los proyectores de VSAP (Vapor de Sodio de Alta Presión) de 150 W ó 250 W, que suelen distribuirse a distancias entre 20 y 30 metros. Sin embargo, carece de sentido realizar el estudio para los refuerzos, y los ahorros producidos en el alumbrado permanente son tan pequeños que es cuestionable el retorno de la inversión necesaria para cambiar los proyectores de VSAP existentes por otros de leds.

Un ejemplo de este estado de la técnica conocido es la patente china CN 102374452 que divulga el empleo de proyectores de leds de entre 80 y 200W, incluyendo diversas tablas con los resultados de luminancias obtenidos con estas fuentes de luz en los distintos tramos a considerar en la iluminación de un túnel. En dicho documento se ponen de manifiesto las
15 ventajas de la duración de las lámparas de leds frente a otras tecnologías (fluorescente, halogenuros metálicos, VSAP, etc.), las ventajas adicionales de cara a un mejor control del nivel de iluminación en función de las características exteriores y la ventaja de que se trate de fuentes direccionales y no dispersas (lámparas voluminosas que distribuyen la luz en todas direcciones). Se significa igualmente el elevado índice de reproducción cromática
20 (CRI) frente a otras fuentes como las lámparas de vapor de sodio. Todas estas circunstancias hacen que un sistema de iluminación de túneles con leds sea más rentable económicamente y suponga una mejora de la seguridad. Sin embargo, en este documento no se divulga la idea esencial de la presente invención, que consiste en emplear puntos de luz de poca potencia distribuidos a pequeñas distancias para lograr una uniformidad cercana
25 al 100% y para aprovechar mejor las características de luz direccional que tienen los leds.

Es decir, mientras que en el documento CN 102374452 se divulga el empleo de proyectores LED de mayor potencia cuya utilidad es poder sustituir a los actuales de otras tecnologías (principalmente vapor de sodio de alta presión) a unas interdistancias similares a las que actualmente se emplean con esta tecnología, el objeto de la presente invención no es
30 sustituir un sistema de iluminación existente por otro con luminarias de leds situados en los mismos puntos, sino hacer un sistema totalmente nuevo con una distribución continua de pequeños puntos de luz.

Para ello, la presente invención se basa en el empleo de luces pequeñas de leds en vez de grandes focos para lograr una uniformidad cercana al 100% y aprovechar las posibilidad que

dan los leds de hacer esta distribución con puntos de poca potencia, y a la vez de dirigir con exactitud la luz a la calzada y el entorno que es necesario iluminar (como arcones y aceras) en la medida exacta y sin desperdiciar nada.

5 A diferencia de lo que ocurre en la patente china indicada como estado de la técnica conocido donde solo se tiene en cuenta el ángulo de inclinación AI de los proyectores, en la presente invención, para lograr una uniformidad cercana al 100% los dispositivos de emisión de luz están provistos de lentes de cierre que posibilitan un ángulo de emisión AE2 predeterminado de los haces luminosos.

SUMARIO DE LA INVENCION

10 La invención proporciona un sistema de iluminación de un área objetivo de un túnel de carretera, tal como una calzada, utilizando una pluralidad de dispositivos de emisión de luz fijados al túnel que comprenden una fuente luminosa led de una potencia eléctrica entre 0.5-10w y de una eficacia luminosa superior a 150 lum/w y que están dispuestos para proyectar haces luminosos sobre el área objetivo con un ángulo de emisión AE2 predeterminado de
15 manera que se proporcione una iluminación uniforme. Ello supone utilizar un número mucho mayor de dispositivos de emisión de luz que el de las luminarias utilizadas en los sistemas conocidos para una misma área objetivo.

En una realización, los dispositivos de emisión de luz comprenden: a) una placa electrónica de control conectada a la fuente luminosa led y a los medios de interfaz y unida a una base
20 metálica; b) una lente de cierre configurada para lograr un ángulo de emisión AE2 predeterminado del haz luminoso; c) una envolvente plástica dispuesta entre la lente de cierre y la base metálica; d) un elemento disipador de calor unido a dicha base metálica.

El sistema de iluminación también comprende medios de interfaz entre los dispositivos de emisión de luz y una red eléctrica de suministro de corriente alterna para suministrarles
25 corriente continua. Esos medios de interfaz incluyen medios de regulación de la intensidad y/o la tensión de la corriente continua.

El sistema de iluminación también comprende medios de fijación de los dispositivos de emisión de luz a las paredes o al techo del túnel de carretera que incluyen medios de regulación del ángulo de inclinación AI de los haces luminosos

30 En una realización, dichos medios de fijación comprenden, para cada dispositivo de emisión de luz, una pieza de anclaje en una pared o en el techo del túnel de carretera y un marco receptor del dispositivo de emisión de luz que están configurados de manera que el marco

receptor puede situarse en la pieza de anclaje en la posición requerida para emitir un haz luminoso con un ángulo de inclinación α predeterminado. En un modo de realización alternativo se contempla la disposición de los puntos de luz insertados en un perfil longitudinal.

- 5 Otras características deseables y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención y de las reivindicaciones adjuntas, en relación con los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

- 10 La Figura 1 muestra esquemáticamente una sección de los haces luminosos emitidos por luminarias conocidas en la técnica en un túnel de carretera por un plano pasante por el eje central de la calzada y por una hipotética línea de alineación de las luminarias en la pared del túnel.

- 15 La Figura 2 muestra esquemáticamente una sección de los haces luminosos emitidos por dispositivos de emisión de luz según la invención en un túnel de carretera por un plano pasante por el eje central de la calzada y por una hipotética línea de alineación de las luminarias en la pared del túnel.

Las Figuras 3a, 3b y 3c son, respectivamente, vistas esquemáticas frontal, trasera y superior de una realización del dispositivo de emisión de luz según la invención y la Figura 4 es una sección transversal de dicho dispositivo ilustrando su componentes.

- 20 La Figura 5 muestra vistas en planta, alzado y sección de un marco receptor para el dispositivo de emisión de luz de la invención.

La Figura 6 muestra vistas en planta, alzado y sección de una pieza de anclaje del dispositivo de emisión de luz de la invención fijado en dicho marco receptor.

- 25 La Figura 7 muestra vistas en planta y alzado de un modo alternativo de disposición de los puntos de luz insertados en un perfil longitudinal.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

En la presente invención, los criterios de calidad usados para caracterizar las distintas clases de alumbrado son los que se definen a continuación:

- 30 **Luminancia:** Mide la intensidad luminosa por unidad de superficie y se expresa en Candelas (cd) por metro cuadrado. Aplicada al diseño de carreteras, la luminancia da una idea del

brillo o grado de reflexión de la luz incidente en el firme. Un alto grado de reflexión puede ocasionar molestias al conductor e impedirle distinguir con claridad objetos que se aproximan al vehículo. La CIE (Comisión Internacional de Alumbrado) recomienda valores de luminancia en torno a 2cd/m² en autopistas y autovías, y alrededor de 0,5-1 cd/m² en zonas urbanas.

Uniformidad global de luminancias (U_0): Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. La uniformidad global de luminancia (U_0) se exige por normativa que sea superior a 0,4.

Uniformidad longitudinal de luminancias (U_L): Relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos. Este es un buen indicador de la comodidad visual del conductor la normativa vigente exige que sea superior a 0,4 o superior a 0,7 según la importancia de la vía.

Iluminancia: es la cantidad de luz que incide en un determinado objeto. Su unidad es el Lux, que se expresa en lúmenes por metro cuadrado

Uniformidad media de iluminancias (U_m): Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada.

Uniformidad general de iluminancias (U_g): Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada

Tal y como se ha indicado, en un sistema de iluminación de túneles de carreteras conocido (ver Figura 1) se usan unas luminarias 12 (bien de tipo VSAP o bien de tecnología LED) para iluminar una calzada 13 de un túnel de carretera 11 que emiten unos haces luminosos 24 con un ángulo de emisión AE1 de una magnitud que, aunque implica pérdidas de flujo luminoso en sus bordes, se considera justificada desde un punto de vista de la eficiencia energética.

En el sistema de iluminación de túneles según la invención (ver Figura 2) se usan unos dispositivos de emisión de luz 21 para iluminar una calzada 13 de un túnel de carretera 11 que emiten unos haces luminosos 25 con un ángulo de emisión AE2 de una magnitud que elimina las pérdidas de flujo luminoso en sus bordes para lograr la máxima uniformidad en la iluminación de la calzada y que, a su vez, resultan eficientes energéticamente (debe tenerse en cuenta que, por necesidades gráficas, la magnitud de los ángulos AE1 y AE2 en las Figuras 1 y 2 no puede considerarse representativa de su magnitud real).

Ese resultado se logra utilizando unos dispositivos de emisión de luz 21 de tecnología led de una potencia eléctrica comprendida entre 0.5 y 10W y de una eficacia luminosa superior a 150 lum/W. De este modo, su flujo luminoso estará en el rango de entre 75 y 1500 lúmenes. Ello implica utilizar un número de dispositivos de emisión de luz 21 muy superior al de las luminarias 12 de la técnica anterior para una misma longitud de un túnel de carretera 11. Los led disponibles han alcanzado la eficiencia energética de las lámparas de vapor de sodio y además su eficiencia es mayor a bajos niveles de potencia a diferencia de lo que sucede en las lámparas de vapor de sodio.

En los ensayos realizados, se han realizado pruebas con distintas disposiciones de los dispositivos de emisión de luz 21. En concreto, se han realizado pruebas en con

Disposición unilateral de las luminarias: en este tipo de disposición las luminarias se disponen únicamente en uno de los márgenes de la vía.

Disposición pareada de las luminarias: en este caso las luminarias se sitúan enfrentadas, una a cada lado de la vía.

En las pruebas realizadas se midió la iluminación (o luminancia) (luxes) que llegan a la calzada (empleando para ello un luxómetro como equipo de medida) y se realizaron cálculos teóricos con otras distribuciones de luz que no mejoran esta luminancia pero sí la iluminación o la luz que tras rebotar en la calzada llega al ojo del conductor (candelas/m2 de calzada)

En el primer ensayo realizado, se empleó un driver que alimentaba 96 puntos de luz de 1,8W cada uno, con una interdistancia entre los puntos de luz de 0,5 metros. El consumo total driver incluido fue de 180W para iluminar un carril de 3,5 metros de ancho en una disposición unilateral. El resultado fue de 106 luxes de iluminación media. Esto sustituía a dos proyectores VSAP de 150W separados 24 metros. La prueba se hizo en un túnel unidireccional de dos carriles,

En el segundo ensayo realizado la disposición de los puntos de luz fue en bilateral. En este caso se emplearon dos drivers enfrentados de 180W cada uno alimentando cada uno de los drivers a 96 puntos de luz de 1,8W cada uno. El sistema existente VSAP también era bilateral, es decir en total se sustituía a 4 proyectores de 150W (dos en el carril derecho y dos en el izquierdo) separados 24 metros.

Los puntos de luz empleados en ambos ensayos eran leds de alto rendimiento con una eficacia luminosa de 157 lum/w (Modelo NF2X757G-V1F1) y también se experimentó con prototipos de 187 lum/w (Modelo NVSL219C).

5 Es importante significar en relación con este último punto que, mientras la eficacia en VSAP aumenta con la potencia, con leds no varía, de hecho, aumenta al disminuir la potencia pues disminuye la temperatura de funcionamiento y mejora el rendimiento.

En ambas pruebas realizadas se obtuvo un nivel de iluminación superior en un 50% al sistema existente de proyectores VSAP con un consumo eléctrico un 37% inferior. Además, la uniformidad longitudinal estuvo cercana al 100% o 1.

10 Podemos concluir por tanto que, como valor de referencia de los ensayos realizados (tanto en disposición unilateral como bilateral) con 180W se consigue iluminar 3,5x48 metros (168 m²) con un nivel medio de 106 luxes: 0,0035 lux/m²/W, lo cual está muy por encima de los estándares de las tecnologías en base a proyectores conocidas en el estado de la técnica. Así por ejemplo, en un túnel de un solo carril se pusiera en bilateral cada 1 metro, el
15 resultado en iluminación media sería el mismo que en unilateral cada 0,5 metros, porque la iluminación que llega a la calzada desde los distintos puntos de luz simplemente se suma. Conclusión: 0,0035 lux/m²/W sería el valor de referencia.

En un tercer ensayo, se experimentó modificando la interdistancia entre los puntos de luz, pudiéndose comprobar que si en vez de colocarlos cada 0,5 metros se colocan cada 1
20 metro, el nivel de iluminación (luxes) baja justamente la mitad.

Por otra parte también se comprobó experimentalmente que al incrementar las interdistancias (si no se actúa sobre la lente de cierre modificando el ángulo de emisión AE2) llega un momento en que dejan de solaparse los ángulos de emisión de luz de distintos puntos, se reduce la uniformidad, hasta llegar a un punto en el que si la luz de un
25 punto no se solapa con la siguiente se produce una sombra total en medio (0 luxes).

En otro ensayo, se pretendió acercarse al límite del Flicker (que está aproximadamente en 1,8 metros para 100 km/h) en lugar de distribuir tanto los puntos de luz. En este caso el experimento se realizó sobre un túnel unidireccional de dos carriles. El objetivo era verificar si con una óptica adecuada podrían colocarse todas las fuentes de luz en la bandeja del
30 hastial derecho y ahorrar en cableado y equipos de comunicaciones para el control de los drivers. El problema de emplear ópticas (lentes de cierre) que tengan que dispersar la luz un ángulo de emisión AE2 grande es que se producen pérdidas. Al separar los puntos de luz

más distancia y ponerlos todos en un hastial se reduce el rendimiento, pero para un túnel de sólo dos carriles, esto podría ser asumible ahorrando en material y mano de obra (y después en explotación porque hay que hacer la mitad de cortes de carril para mantenimiento).

En los ensayos realizados se experimentó con fuentes luminosas de diferentes potencias eléctricas en el rango 0,5 a 10 W y con interdistancias de 0,5, 1,0, 1,5 y 1,8 metros. Los resultados obtenidos fueron también satisfactorios en el sentido de que aunque se detectó una merma en las características lumínicas (una pequeña reducción en la uniformidad) que de todas formas los valores obtenidos en todas las pruebas seguían siendo altísimos (la lineal superó siempre el 0,9 y la global el 0,5). Sin embargo, el ahorro económico es muy grande. Evidentemente, los puntos de luz en esta disposición son de más potencia;

En los ensayos anteriormente señalados se ha trabajado con lo que se considera una forma de realización preferente en la que la potencia eléctrica de las fuentes luminosas led (31) oscila entre 0,5 y 10W, para interdistancias entre 0,5 y 1,5m aproximadamente. Obviamente, cualquier experto en la materia podrá deducir que si aumenta la distancia entre los puntos de luz por encima del valor de 1,5m, para una misma eficacia luminosa de los leds, sería necesario recurrir dispositivos de mayor potencia para lograr una mayor uniformidad, pudiéndose en algunos casos superar los valores preferidos inferiores a los 10W.

Como se muestra en las Figuras 3a-3c, el dispositivo de emisión de luz 21 está alimentado por unos cables 29 conectados a su vez a unos dispositivos de interfaz (no representados) con una red eléctrica pública de corriente alterna que le suministran una corriente eléctrica continua con la intensidad y tensión necesarias para alimentar al dispositivo de emisión de luz 21. Esas fuentes de alimentación pueden ser fuentes de tipo regulable en las que se puede variar la tensión e intensidad de salida de modo que el dispositivo de emisión de luz 21 puede dar más o menos flujo luminoso en función de la energía eléctrica que consume. La relación entre ambas magnitudes es prácticamente proporcional. Estas fuentes de alimentación suelen contar con un par de conectores o cables que reciben una señal de mando 0-10 Vdc, en función de la cual llevan a cabo la regulación mencionada.

En la realización ilustrada en la Figura 4, el dispositivo de emisión de luz 21 comprende una fuente luminosa led 31, que puede estar formada por uno o varios módulos led, que internamente pueden estar compuestos por una matriz de pequeños leds, una placa electrónica de control 33 (preferentemente una placa de núcleo metálico para una mejor evacuación del calor) a la que se sueldan la fuente luminosa led 31 y los cables de alimentación (no representados en la Figura 4), una envolvente plástica 39, una lente de

cierre 37 para transmitir la mayor cantidad de luz recibida sin producir pérdidas lumínicas, una base 35 de, preferentemente, aluminio a la que se une con tornillos un disipador de calor 40 estructurado en forma de una placa con una pluralidad de aletas sobresalientes de ella y realizado, preferentemente, en aluminio.

- 5 En una realización, la lente de cierre 37 está realizada en policarbonato con una serie de surcos tallados que hacen la función de lente de Fresnel dirigiendo la luz con el ángulo de emisión AE2 deseado.

En cuanto a las ópticas, un modo de realización de la presente invención contempla el empleo de ópticas a contraflujo (dirigen la luz hacia el conductor, además de distribuirla para
10 toda la sección de la calzada). Si se envía toda la luz hacia atrás con el ángulo adecuado se mejora la luminancia que llega al conductor (esto es el contraflujo) aunque se puede producir un efecto de deslumbramiento, valor que ha de calcularse para no sobrepasar los valores establecidos en la normativa. De esta forma se reduce en gran medida el consumo eléctrico pues para un mismo flujo luminoso de los puntos de luz, llega a los conductores
15 una mayor intensidad lumínica (candelas por superficie de carretera en la que se refleja la luz) Emplear pequeños puntos de luz implica que estas ópticas son de tamaño reducido y económico.

El contraflujo implica lentes que dispersen la luz un ángulo grande y ello ocasiona pérdidas. En algunos pavimentos difusores (nada especulares) no se gana apenas luminancia en el
20 observador y se penaliza enormemente la iluminancia en la calzada, produciéndose grandes pérdidas en las lentes. Por tanto, es esencial un preciso ajuste de los ángulos AI y AE2 para cada tipo de pavimento concreto y calcular lo que aumenta la luminancia y lo que se pierde con las lentes. El elemento del dispositivo de emisión de luz (21) que dirige la luz con la distribución deseada es la lente de cierre (37). Lógicamente esta lente ha de diseñarse en
25 base al led (31) que se elija, ya que cada led tendrá una distribución de luz que luego se corregirá con la lente de cierre.

Otra mejora de la presente invención consiste en emplear ópticas que dirijan la luz de forma que la superficie de la luminaria de la que sale la luz nunca tenga proyección en el plano transversal que apunta a la boca de entrada. Ello es debido a que el paso de los vehículos
30 genera un hollín que se deposita en estas superficies y las ensucia en poco tiempo. Sin embargo, en planos transversales a la sección del túnel, la deposición de hollín es mínima.

En cuanto a los medios de instalación de los dispositivos de emisión de luz 21 en las paredes laterales del túnel de carretera 11 (o en otros lugares, según las necesidades) el sistema de la invención comprende, por un lado, un marco receptor 41 del dispositivo de emisión de luz 21 (ver Figura 5) y una pieza de anclaje 51 (ver Figura 6) destinada a ubicarse en una pared o en el techo del túnel directamente o indirectamente a través otro elemento tal como una bandeja pasa-cables.

El dispositivo de emisión de luz 21 se fija al marco receptor 41 (mediante, por ejemplo, tornillos aplicados a los huecos previstos al efecto en ambos elementos) y el marco receptor 41 se instala en la pieza de anclaje 51 en la posición angular apropiada dentro del cajeado angular 53 (utilizando para ello un accesorio de fijación conveniente) para emitir el haz luminoso con el ángulo de inclinación AI (ver Figuras 1 y 2) adecuado.

En un modo de instalación alternativo mostrado en la figura 7, se ha considerado sustituir el empleo de una pluralidad de pequeños puntos de luz puntuales aislados por el de numerosos puntos de luz insertados en un perfil longitudinal. Esta configuración, que también puede ser en unilateral o bilateral fijados a los hastiales o a las bandejas portacables, o se puede colocar en la clave sobre cada carril o para iluminar diversos carriles, presenta la ventaja de que no hay que acercarse al límite del Flicker, sino que únicamente han de buscarse leds de altísimo rendimiento y colocarlos a la distancia necesaria en función de la geometría del túnel. Aunque ha de afrontarse el coste adicional del perfil, se ahorra en mano de obra de instalación. Como cualquier experto en la materia podrá entender, la potencia del tramo de perfil dependerá de su longitud. En la figura se muestra una sección de un perfil longitudinal 61 sobre el que se han insertado varios dispositivos de emisión de luz 21. La referencia "ld" hace referencia a la interdistancia a la que pueden colocarse los puntos de emisión de luz que será variable, en consonancia con la presente invención en un rango desde algo menos de 0,1 m hasta valores próximos a 1,8 m (recuérdese que el límite del Flicker está en 1,8m para 100Km/h). Con el numeral 37 se hace referencia a la lente de cierre similar a la empleada en los puntos de luz individuales.

A título indicativo cabe señalar que un dispositivo de emisión de luz 21 puede tener unas dimensiones de 30x40 mm y un peso de 30 gramos, si bien no hay ninguna limitación en este sentido.

Tal y como se ha expuesto con anterioridad, la adaptación del ojo a las condiciones lumínicas requiere de cierto tiempo, por ello, en función de la velocidad de la vía y de la longitud del túnel, se localizan en su interior varias zonas (umbral, transición, interior y

salida) que requieren de diversos niveles de iluminación en función de las condiciones de luz del exterior del túnel. Así en la Figura 8 se reproduce el nivel de iluminación en las distintas zonas de un túnel que se contempla en la norma CIE 88:2004 (Guía para el alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores).

5 Una primera aplicación del objeto de la presente invención en base a una pluralidad de dispositivos de emisión de luz 21 de pequeña potencia uniformemente distribuidos estaba pensada para el alumbrado permanente en el tramo interior, donde el nivel de iluminación necesario es muy bajo y de ahí surgía el problema al emplear proyectores VSAP necesariamente de bastante potencia. Las lámparas de VSAP son además de más eficacia
 10 cuanto mayor es su potencia. En los circuitos destinados a alumbrado de refuerzo (principalmente en la boca de entrada) el nivel de iluminación necesario es tan alto que los proyectores VSAP tradicionales (o los equivalentes de leds que los sustituyen) son adecuados y se colocan a interdistancias pequeñas. Sin embargo, en la segunda parte de la zona de umbral y en la zona de transición (según queda definida en la representación del
 15 nivel de iluminación en las distintas zonas de un túnel de la Figura 8) el nivel mínimo es una curva continua y la técnica habitual es utilizar escalones que aportan un nivel de iluminación superior al de la curva mencionada. Con una distribución de pequeños dispositivos de emisión de luz 21 como se describe en la presente invención se puede ajustar con total exactitud la distribución de luz emitida con la prescrita en la mencionada curva, con el
 20 consiguiente ahorro energético. Además, el sistema de control puede adaptar con total precisión las condiciones de iluminación interior a las del exterior del túnel, estando siempre ajustada al nivel establecido por la curva de la CIE 88:2004.

Teniendo en cuenta la normativa vigente, puede afirmarse que todo depende de la L20 (la
 25 luminancia en el exterior que determina a su vez la luminancia en la zona de umbral) y esto es distinto en cada túnel y en cada boca. Como se ha indicado más arriba, como resultado de la fase experimental realizada se ha podido concluir que con una separación de 0,5 m se consigue 0,0035 lux/m²/W, por lo que si se disminuye la interdistancia hasta por ejemplo 0,1 m, este valor se multiplicaría por 5. Por tanto, como lo que se está instalando son puntos de luz muy pequeños, al variar la interdistancia o separación entre ellos o con la disposición de
 30 elementos de mayor potencia o dispuestos en paralelo, es posible adaptarse a la curva CIE 88:2004 con gran precisión, logrando un importante ahorro energético.

Por tanto, a modo de resumen, podemos señalar que entre las ventajas de la invención cabe citar las siguientes:

Se logra un ajuste preciso del flujo luminoso emitido al área a iluminar con la consiguiente reducción de consumo eléctrico. Al utilizar dispositivos de emisión de luz 21 de pequeña magnitud se puede direccionar la luz emitida al área objetivo con precisión absoluta sin emitirse absolutamente nada a otras áreas que no sea necesario iluminar (como techo o

5 paredes en el caso de dispositivos destinados a iluminar solo la calzada).

Uniformidad cercana al 100%. La yuxtaposición en la calzada de los haces luminosos emitidos por los dispositivos de emisión de luz 21, que están separados a muy poca distancia como consecuencia de su baja potencia, genera una iluminancia homogénea en la calzada y una luminancia igualmente homogénea al conductor, con la consiguiente

10 sensación de confort. Los parámetros de uniformidad que se consiguen son cercanos al 100%.

Abaratamiento de los costes. La producción masiva de los dispositivos de emisión de luz 21 (que pueden tener el tamaño de una caja de cerillas) conlleva una importante reducción de costes respecto a otras alternativas. El aumento de coste de mano de obra de instalación

15 asociado a un mayor número de elementos es muy inferior al ahorro en los costes de producción.

Aumento de la eficiencia y duración de los leds. La inserción de numerosos leds en un único conjunto dentro de la carcasa de una luminaria grande genera un importante problema de disipación de calor. La eficacia luminosa de los leds y el número de horas de vida de los

20 mismos disminuye drásticamente al hacerlos trabajar a altas temperaturas. Ello provoca que en las luminarias de leds de elevada potencia sean necesarios complejos radiadores de disipación de calor, e incluso el empleo de sistemas de ventilación forzada, con el consiguiente aumento de coste de producción y de pérdidas de energía eléctrica. El empleo de elementos electrónicos de pequeño tamaño reduce la generación de calor, la

25 temperatura del equipo y facilita en gran medida la disipación de calor al aire, pudiéndose obviar los disipadores, o empleando disipadores de aluminio sencillos, pequeños y económicos.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con varias realizaciones, debe entenderse a partir de lo dicho que pueden hacerse combinaciones de elementos,

30 variaciones o mejoras que están dentro del alcance de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de iluminación de un área objetivo de un túnel de carretera (11) que comprende una pluralidad de dispositivos de emisión de luz (21) fijados a él, en el que la interdistancia entre los dispositivos de emisión de luz (21) puede adoptar cualquier valor en el rango de 0 m a 2,0m, caracterizado porque dichos dispositivos de emisión de luz (21) comprenden:
- una fuente luminosa led (31) de una potencia eléctrica entre 0.5-10w y de una eficacia luminosa superior a 150 lum/w;
 - una lente de cierre (37) configurada para lograr un ángulo de emisión AE2 predeterminado de los haces luminosos (25);
- 10 - medios de fijación de los dispositivos de emisión de luz (21) a las paredes o al techo del túnel de carretera (11) provistos de medios de regulación del su ángulo de inclinación AI; de manera que ajustando los ángulos AI y AE2 el área objetivo se ilumina completamente con una uniformidad longitudinal superior al 90%.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 15 - dicha área objetivo es una calzada (13) o una parte de ella;
 - los dispositivos de emisión de luz (21) están fijados a las paredes o al techo del túnel de carretera (11).
3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que también comprende medios de interfaz entre los dispositivos de emisión de luz (21) y una red eléctrica de suministro de corriente alterna que incluyen medios de suministro de corriente continua a dichos dispositivos de emisión de luz (21).
- 20 4. Sistema según la reivindicación 3, en el que dichos medios de interfaz también comprenden medios de regulación de la intensidad y/o la tensión de la corriente continua suministrada a los dispositivos de emisión de luz (21).
- 25 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque los dispositivos de emisión de luz (21) comprenden:
- una placa electrónica de control (33) conectada a dicha fuente luminosa led (31) y a dichos medios de interfaz y unida a una base metálica (35);

- una envolvente plástica (39) dispuesta entre la lente de cierre (37) y la base metálica (35);
- un elemento disipador de calor (40) unido a dicha base metálica (35).

6. Sistema según la reivindicación 5, en el que dicha base metálica (35) y dicho elemento disipador de calor (40) están realizados en aluminio.

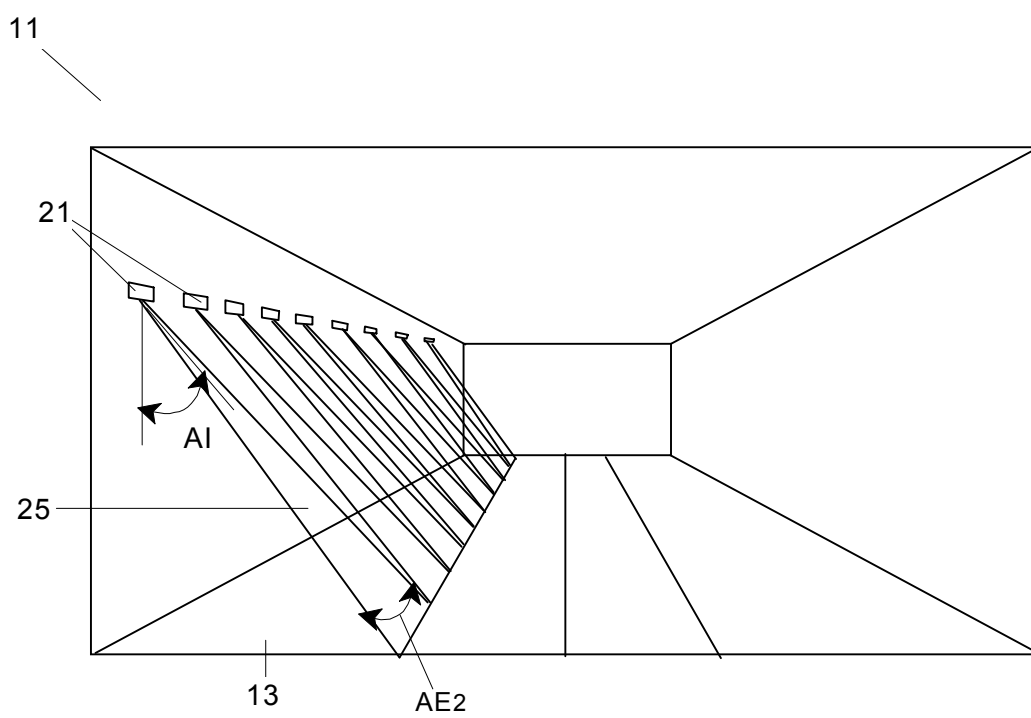
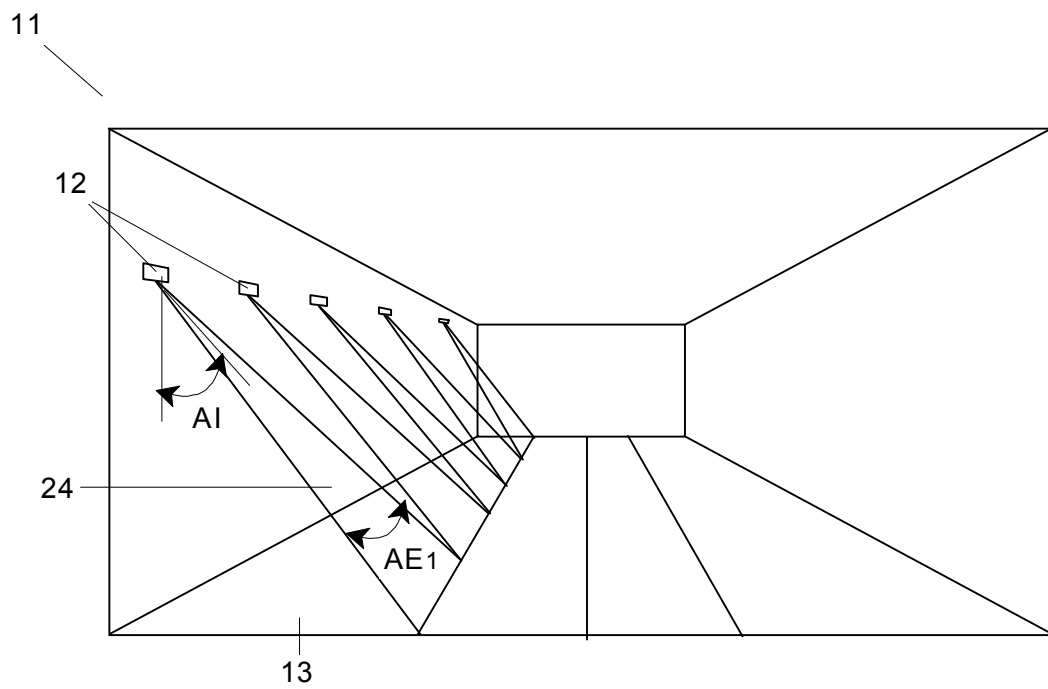
5 7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 2-6, caracterizado porque dichos medios de fijación comprenden para cada dispositivo de emisión de luz (21) una pieza de anclaje (51) en una pared o en el techo del túnel de carretera (11) y un marco receptor (41) del dispositivo de emisión de luz (21) que están configurados de manera que el marco receptor (41) puede situarse en la pieza de anclaje (51) en la posición requerida para emitir
10 un haz luminoso (25) con un ángulo de inclinación α predeterminado.

8. Sistema según la reivindicación 7, en el que la pieza de anclaje (51) comprende un cajeado angular (53) configurado para permitir que un dispositivo de emisión de luz (21) fijado a un marco receptor (41) pueda situarse en la pieza de anclaje (51) en diferentes posiciones angulares respecto a la calzada.

15 9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 2-6, caracterizado porque los medios de fijación de los dispositivos de emisión de luz (21) a las paredes o al techo del túnel de carretera (11) comprenden un perfil longitudinal 61 sobre el que se han insertado una pluralidad de dispositivos de emisión de luz 21 a una interdistancia "ld" variable.

20 10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que se emplean ópticas que dirijan la luz de forma que la superficie del dispositivo de emisión de luz (21) por la que sale la luz nunca tenga proyección en el plano perpendicular al sentido de circulación de los vehículos.

25 11. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la fijación de los dispositivos de emisión de luz (21) se hace según una óptica de contraflujo dirigiendo la luz hacia la boca de entrada del túnel.



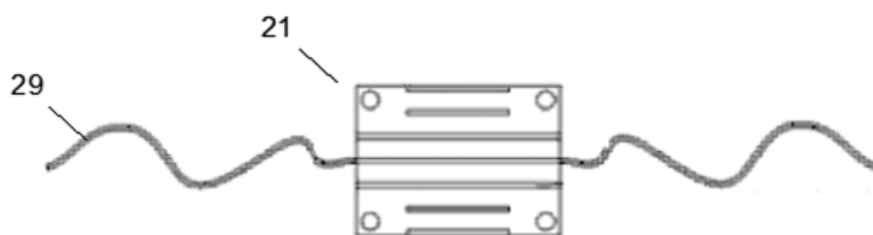


FIG. 3a

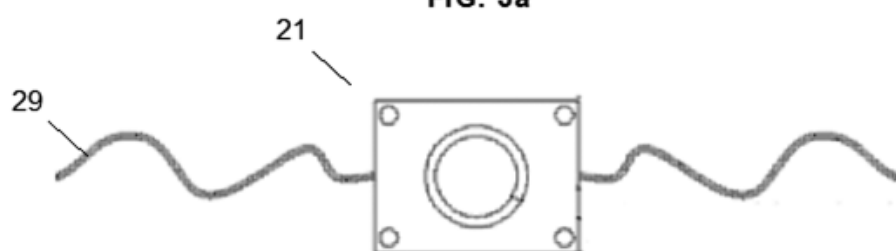


FIG. 3b

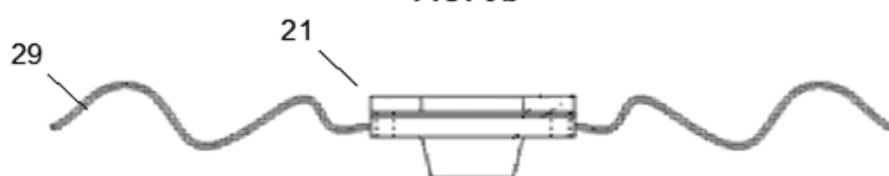


FIG. 3c

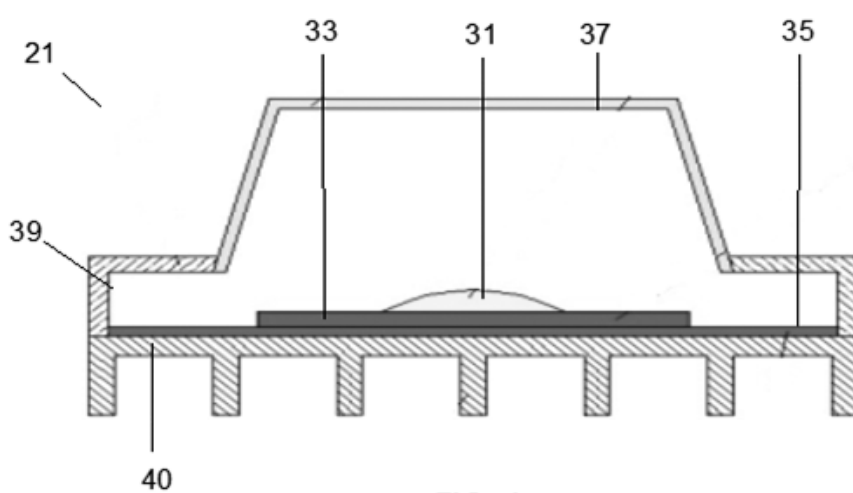


FIG. 4

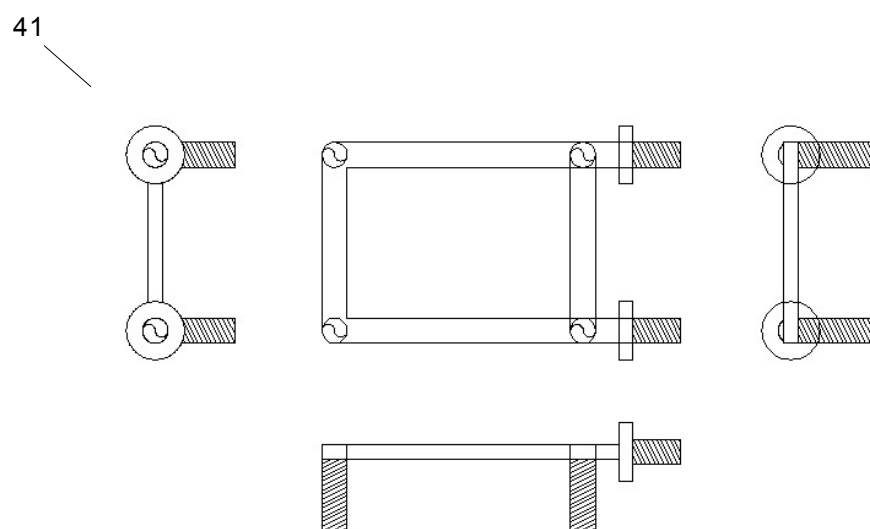


FIG. 5

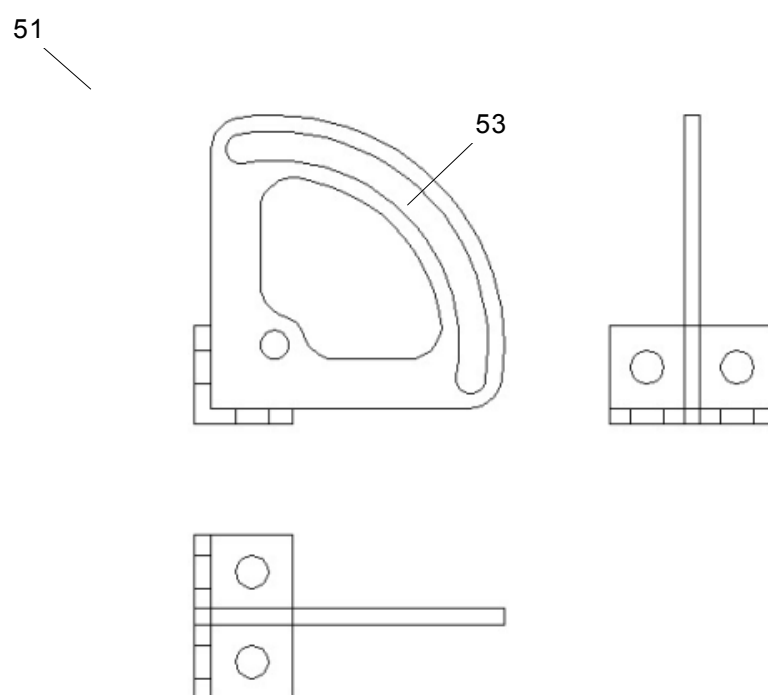


FIG. 6

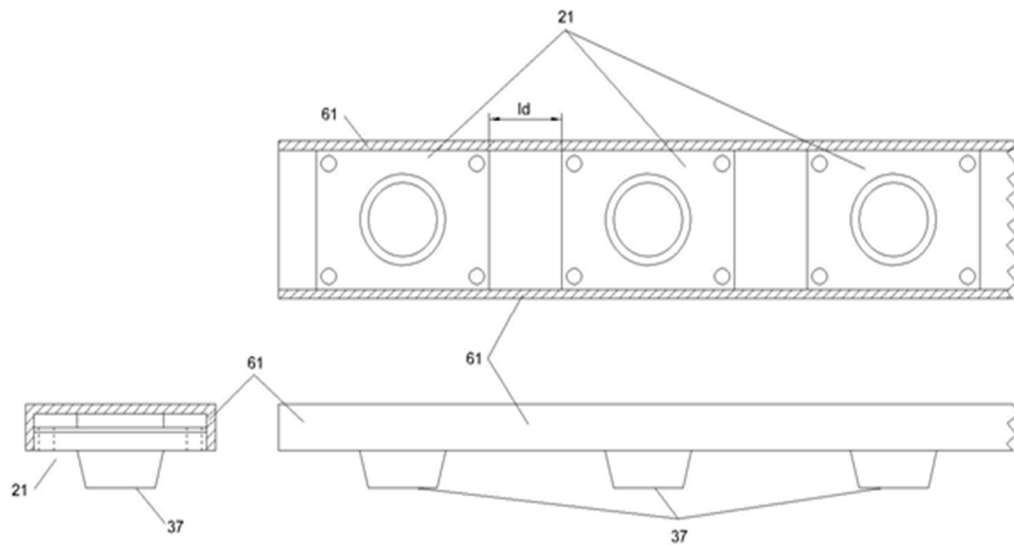


FIG 7

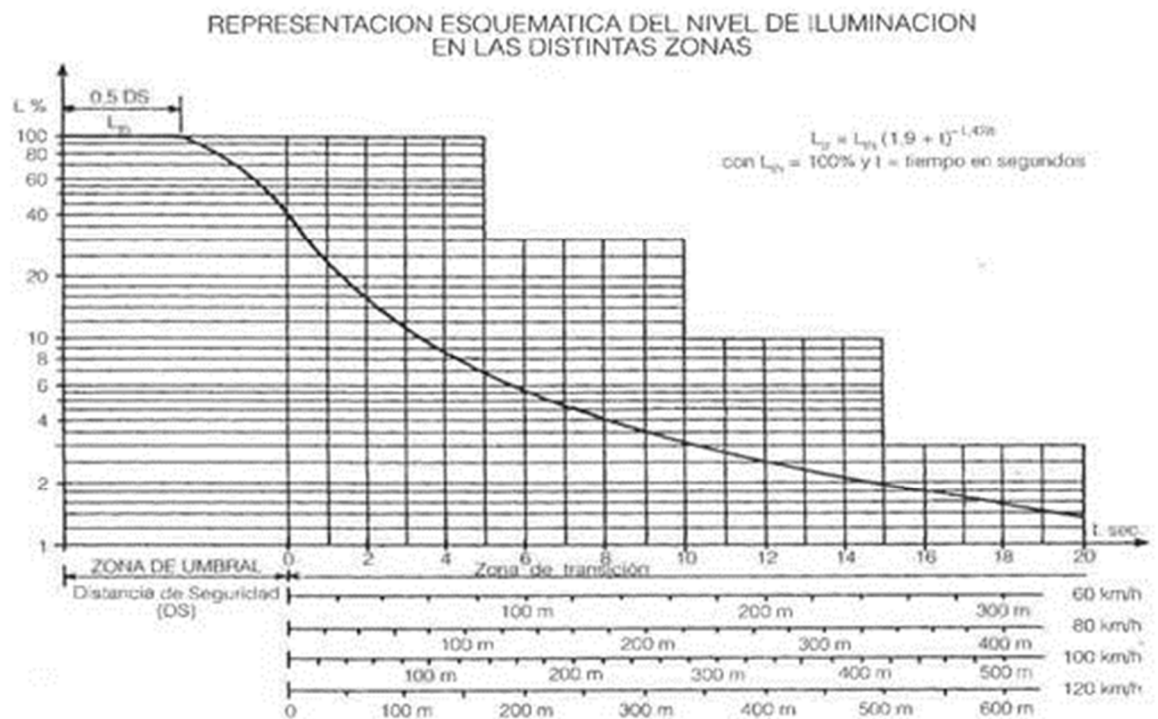


FIG 8