



13 Eranskinak
Argiztapena

Markina - Berriatua, BI-633 errepidearen
hobekuntza proiektua, 52+200 P.K-tik
54+000 P.K-ra.

2016ko Urria

Anejo nº 13
Iluminación

Proyecto de mejora de la carretera BI-633
del P.K. 52+200 al P.K. 54+000, en
Markina - Berriatua.

Octubre 2016



*ekonomi eta lurralde garapena
sustatzeko saila*

*departamento de desarrollo
económico y territorial*



UTE DAIR-INGEPLAN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	1
2.1. CENTRO DE MANDO.....	1
2.2. MATERIALES	1
3. CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN	3
3.1. LÁMPARAS.....	3
3.2. LUMINARIAS	3
3.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA	3
3.4. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA.....	7
3.5. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS	9
3.6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	14
4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS	15
4.1. INTRODUCCIÓN.OBJETO.....	15
4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN	15
4.3. CÁLCULO DE LA INVERSIÓN.....	15
4.4. DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	16
4.5. DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO	18
4.6. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	19
5. CONCLUSIONES	22

APÉNDICE Nº 13.1: CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

APÉNDICE Nº 13.2: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

APÉNDICE Nº 13.3: ILUMINACIÓN INTERSECCIÓN BI-2405

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es la descripción de los elementos y características de la iluminación proyectada en la nueva acera de Berriatua dentro del Proyecto de Mejora de la BI-633, del P.K. 52+200 al P.K. 54+000, en Markina - Berriatua.

De este modo se dan a conocer a los Organismos competentes las características y requisitos técnicos que se han de cumplir.

En la actualidad, el tramo de estudio dispone de iluminación disponiendo luminarias en ambas márgenes de la carretera.

La Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles, del Ministerio de Fomento, recomienda utilizar en carreteras la aplicación de instalaciones LED, ya que su utilización favorece el ahorro y la eficiencia energética. Esta nueva tecnología favorece la optimización de los costes de explotación de las instalaciones, adaptándose a la reciente modificación de la estructura tarifaria y el incremento del coste de la energía

La Orden circular 36/2015 indica que en los actuales proyectos de construcción de nuevas carreteras y túneles, de acondicionamiento de los existentes y de actuaciones específicas de iluminación (tal como se definen en el apartado 2.3 de la Norma 3.1.-1 .C., Trazado), deberán incluir en un apartado correspondiente al análisis económico de las posibles soluciones a aplicar, determinando la más eficiente tanto desde el punto de vista técnico como económico.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1. CENTRO DE MANDO

El centro de mando existente y el cual se empleará será el CM1, propiedad del Ayuntamiento de Berriatua, que se encuentra situado en el centro urbano del municipio.

Las potencias mínimas requeridas tanto por la instalación mediante LED, como por lámparas de vapor de sodio se ven reflejada en la siguiente tabla:

CENTRO DE MANDO	TIPO DE INSTALACIÓN	LUMINARIAS	POTENCIA NECESARIAS (W)
CM1	LED	(10 x 78 W)	780
	Lámparas de vapor de sodio	(9 x 250W)	2.250

Respecto a la alternativa 1 (VSAP), según el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, establece que con la finalidad de ahorrar energía, toda instalación de alumbrado exterior de VSAP, correspondiente con la Alternativa VSAP del presente proyecto, con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 KW, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante algún sistema.

Por tanto, se instalaría un regulador de flujo junto al centro de mando 1 si la solución definitiva fuese la instalación de lámparas de vapor de sodios (VSAP).

En cuando a la distribución del cableado de la instalación eléctrica, hay que destacar que no hay diferencia en cuanto a las dos alternativas

2.2. MATERIALES

En el presente anejo se evaluará tanto la solución mediante un sistema de LED y mediante un sistema de lámparas de vapor de sodio. Por lo tanto, se utilizarán luminarias herméticas IP-65 con lámpara V.S.A.P. de 250 W de potencia, de tipo globular, sobre columnas de 9 metros en toda la superficie relativa al proyecto, y en el sistema mediante LED se emplearán dos tipos de luminarias de 78 LED NW OFR1 sobre báculos de 9 metros.

Los equipos de la alternativa 1 (VSAP), estarán compuestos por lámparas de vapor de sodio estarán dotados de reductores de flujo con equipos electrónicos de alta frecuencia para una disminución de los niveles de iluminación en el alumbrado de medianoche. Sin embargo, en la otra solución se puede programar para mantener el flujo de los LED en un nivel constante predefinido durante la vida útil de la luminaria.

La canalización definitiva para ambas soluciones estará formada por una conducción subterránea constituida por tubo de PVC, por cuyo interior discurrirán cuatro cables de distribución y un cable desnudo de puesta a tierra.

A continuación, se describen los diferentes materiales a aplicar en la instalación diferenciando las luminarias y el cableado. En cuanto a los dos tipos de soluciones propuestas, se describirán tanto las luminarias de lámparas de vapor de sodio y las de LED.

2.2.1. Luminarias herméticas IP-65 con lámpara V.S.A.P. de 250 W de potencia

El modelo de luminaria descrito será de características similares a las existentes en la carretera BI-633 a lo largo del tramo de proyecto.

Sistema óptico diseñado para un buen control del haz y del flujo luminoso. Óptima iluminancia y buena uniformidad cuando la altura de montaje es más o menos igual que el ancho de la calzada. Posee un cierre de policarbonato resistente al vandalismo y a las radiaciones UV. Con aislamiento de clase II la cual ofrece seguridad añadida y requiere únicamente un cable de dos hilos para la conexión eléctrica. El sistema de cierre será de bisagra con clips de liberación inmediata y la capota posterior extraíble favorecen un mantenimiento rápido y seguro.

La capota será de polipropileno reforzado con fibra de vidrio y estabilizado frente al UV, el difusor será de policarbonato al igual que el portaequipos salvo que este último estará reforzado con fibra de vidrio.

Los equipos reductores de flujo se instalarán en cada luminaria, e irán equipados con balastros que varían su impedancia mediante conmutación. Se gobernará por célula fotoeléctrica a reloj astronómico. Dispondrá de condensadores para corrección del factor de potencia.

Las columnas sobre las que se instalarán las luminarias serán del tipo AM-10 fabricadas en acero A-360 B según UNE 36.080 y tendrán una protección superficial a base de galvanizado en caliente con un espesor mínimo del recubrimiento de zinc de 450 gr/m² y cara según UNE 72.404. Dispondrán de una puerta de registro con mecanismo de cierre normalizado e IP-33 y llevará borna para puesta a tierra fácilmente accesible y resistente a la corrosión. Tendrán una altura de 9 m en todo el tramo.

2.2.2. Luminarias LED NW OFR1 de 78 W de potencia

La luminaria empleada tendrá un diseño y un control del haz y del flujo luminoso apto para su empleo en todas las calles y carreteras. Tanto la intensidad como la energía empleada se pueden ajustar para crear una solución idónea en términos de ahorro de energía y costes. Este tipo de luminarias se pueden programar para mantener un determinado flujo luminoso de los LED en un nivel constante predefinido durante la vida útil de la luminaria.

Así mismo, para optimizar la distribución de la luz en función de la variación de la geometría de la carretera y/o restricciones de deslumbramiento, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente.

Otro de los beneficios que ofrece la instalación LED es que debido al ajuste del haz y el flujo luminoso se obtiene un ahorro energético de más del 50%, con una reducción de las emisiones de CO₂ relacionadas.

La eficiencia lumínica es superior a los 124 lm/W, siendo el periodo de mantenimiento superior a las 100.000 horas a 25°C. Incluye un sistema de programado de drives LED, el cual permite un control remoto de todas las luminarias desde el correspondiente centro de control.

Se emplearán lentes de óptica viaria, con cierre óptico mediante cubierta plana de vidrio. El material de las carcasas será de aluminio fundido a presión, no corrosivo. La cubierta de vidrio templado, la bandeja del equipo de aluminio y finalmente la espita de aluminio fundido a presión.

Finalmente, el mantenimiento se realizará mediante una marquesina formada por una bandeja de bisagras de apertura hacia arriba con el módulo y el engranaje LED. Todo ello está garantizado mediante una barra de bloqueo de acero inoxidable (2 posiciones), haciendo que el módulo de LED se accese desde abajo con seguridad.

2.2.3. Cableado

En ambas soluciones, los cables utilizados en la instalación de distribución de alumbrado público y fuerza, serán tetrapolares con una sección mínima de 6 mm² y cumplirán las prescripciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D.842/2002), con especial atención a las características del aislamiento y de las densidades de corriente admisible. Se emplearán cables con aislamiento DN 0,6/1 KV clase 5 con cubierta de neopreno y aislamiento EPR según UNE 21.123:2004. La resistencia de los conductores será según UNE-EN 60228:2005. Los metales que conforman el conductor estarán de acuerdo a las normas UNE 20.003 y 60889:1997.

Las canalizaciones se ajustarán bajo tubo protector de 110 mm y 3 de espesor de pared, colocado sobre cama de arena fina y protegida por el mismo material hasta 10 cm encima de su generatriz, en el caso de tendido por aceras. En los cruces de calzadas rodadas, la entibación será con triple tubo, apoyado en una cama de hormigón hasta la base del pavimento.

Las zanjas para la instalación de la conducción eléctrica y de su tubo de protección serán mayores o iguales a 50 cm de anchura, con una profundidad de 100 cm bajo las aceras y las calzadas.

2.2.4. Elementos para la puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra estará formada por los siguientes elementos:

- Cable aislado: Será un conductor de cobre con recubrimiento verde-amarillo, de sección mínima dieciséis milímetros cuadrados (16 mm²) que circulará por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Picas bimetálicas de puesta a tierra: Las picas serán de alma de acero al carbono con una capa de espesor uniforme de cobre puro. Cumplirá las prescripciones contenidas en la norma UNE 21.056. Tendrán un diámetro entre 14,6 y 16 mm y longitud de 1,5 m.
- Arqueta registrable para puesta a tierra: Será de forma rectangular prefabricada en hormigón de dimensiones interiores 0,40 x 0,40 m y profundidad inferior a 1,00 m.

3. CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

3.1. LÁMPARAS

Las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior deben tener una eficacia luminosa superior a 65 lum/W, para alumbrado de viales, siendo la eficacia luminosa de una lámpara la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por ésta.

3.2. LUMINARIAS

Las luminarias que se establezcan en las instalaciones de alumbrado deben cumplir con los requisitos de la tabla siguiente, respecto a los valores de rendimiento de la luminaria (η) y factor de utilización (f_u):

CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS Y PROYECTORES

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	FUNCIONAL	AMBIENTAL	PROYECTORES	LUMINARIAS
Rendimiento	≥65	≥55	≥55	≥60
Factor de utilización	(2)	(2)	≥0.25	≥0.30

A excepción de alumbrado festivo y navideño.

Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01

3.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se define como eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior a la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S(m^2) \cdot E_m(lux)}{P(W)}$$

Siendo:

ε = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.

P = Potencia activa total instalada.

S = Superficie iluminada.

E_m = Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto.

La potencia máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga no deben superar los valores que se indican a continuación.

POTENCIA NOMINAL DE LA LAMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15 A) 277 (3 A)	--	270
400	435	425 (3,5 A) 435 (4,6 A)	--	425

Las instalaciones de alumbrado, ya sea alumbrado vial o funcional, deben cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética fijados en las tablas siguientes.

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MINIMA (m2 lux/W)
$\geq 30,0$	22,0
25,0	20,0
20,0	17,5
15,0	15,0
10,0	12,0
$\leq 7,5$	9,5

Nota: Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.

ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL

E_m	EFICIENCIA ENERGÉTICA MINIMA
$\geq 20,0$	9,0
15,0	7,5
10,0	6,0
7,5	5,0
$\leq 5,0$	3,5

Nota: Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.

3.3.1. Proceso de calificación energética

Se define el índice de eficiencia energética (I_{ε}) como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada.

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

VALORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE REFERENCIA

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicios proyectada Em (lux)	Eficiencia energética de referencia $\mathcal{E}_R$ $\left(\frac{m^2 lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada Em (lux)	Eficiencia energética de referencia $\left(\frac{m^2 lux}{W}\right)$
≥30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
≤ 7.5	14	7.5	7
--	--	≤ 5	5
Nota-Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrá por interpolación lineal.			

Con el fin de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras es el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

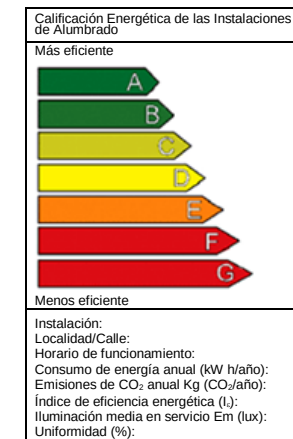
$$ICE = \frac{1}{I\mathcal{E}}$$

La siguiente tabla determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

Calificación energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE<0.91	$I_{\mathcal{E}} \geq 1.1$
B	$0.91 \leq ICE < 1.09$	$1.1 \geq I_{\mathcal{E}} > 0.92$
C	$1.09 \leq ICE < 1.35$	$0.92 \geq I_{\mathcal{E}} > 0.74$
D	$1.35 \leq ICE < 1.79$	$0.74 \geq I_{\mathcal{E}} > 0.56$
E	$1.79 \leq ICE < 2.63$	$0.56 \geq I_{\mathcal{E}} > 0.38$
F	$2.63 \leq ICE < 5.00$	$0.38 \geq I_{\mathcal{E}} > 0.20$
G	$ICE \geq 5.00$	$I_{\mathcal{E}} \leq 0.20$

La calificación energética de esta instalación, medida mediante el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético, corresponde a una instalación de tipo B.



3.3.2. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y degradan a lo largo del tiempo. Una explotación correcta y un buen mantenimiento permiten conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y lograr una idónea eficiencia energética.

El factor de mantenimiento f_m es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado periodo de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva.

El factor de mantenimiento es el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, de forma que se verifique:

$$F_m = F_{DFL} \cdot F_{SL} \cdot F_{DLU}$$

Siendo:

F_m = Factor de mantenimiento.

F_{DFL} = Factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

F_{SL} = Factor de supervivencia de la lámpara.

F_{DLU} = Factor de depreciación de la luminaria.

Los factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican a continuación:

FACTORES DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE LAS LÁMPARAS F_{DFL}

TIPO DE LAMPARA	PERIODO DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS				
	4	6	8	10	12
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

FACTORES DE SUPERVIVENCIA DE LAS LÁMPARAS F_{SL}

TIPO DE LAMPARA	PERIODO DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS				
	4	6	8	10	12
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

FACTORES DE DEPRECIACIÓN DE LAS LUMINARIAS F_{DLU}

GRADO PROTECCION SISTEMA ÓPTICO	GRADO CONTAMINACIÓN	INTERVALO DE LIMPIEZA EN AÑOS				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Nota: A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, un año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

El grado de contaminación referido corresponde a las siguientes especificaciones:

- Grado de contaminación alto:

Existe en las proximidades de las actividades generadoras de humo y polvo con niveles elevados.

Con frecuencia las luminarias se encuentran envueltas en penachos de humo y nubes de polvo, que comporta un ensuciamiento importante de la luminaria en un medio corrosivo y corresponde, entre otras, a:

 - Vías de tráfico rodado de muy alta intensidad de tráfico.
 - Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada y, eventualmente, a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o transformación.
- Sectores sometidos a la influencia marítima.
- Grado de contaminación medio:

Hay en el entorno actividades generadoras de humo y polvo con niveles moderados con intensidad de tráfico media, compuesto de vehículos ligeros y pesados, y un nivel de partículas en el ambiente igual o inferior a 600 µg/m³, que supone un ensuciamiento intermedio o mediano de la luminaria y corresponde, entre otras, a:

 - Vías urbanas o periurbanas sometidas a una intensidad de tráfico medio.
 - Zonas residenciales, de actividad u ocio, con las mismas condiciones de tráfico de vehículos.
 - Aparcamientos al aire libre de vehículos.
- Grado de contaminación bajo:

Ausencia en las zonas circundantes de actividades generadoras de humo y polvo, con poca intensidad de tráfico o casi exclusivamente ligero. El nivel de partículas en el ambiente es igual o inferior a 150 µg/m³, que corresponde, entre otras, a:

 - Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.
 - Grandes espacios no sometidos a contaminación.
 - Medio rural.

Para las luminarias VSAP utilizadas en este caso se considera un factor de mantenimiento del 72,80 %.

3.4. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

3.4.1. Limitaciones de las emisiones luminosas

Se define resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica como la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

En la tabla siguiente se clasifican las distintas zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas:

GRADO PROTECCION SISTEMA OPTICO	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Se deben limitar las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona E1, E2, E3 y E4, no supera los límites establecidos en la tabla siguiente:

VALORES LÍMITE DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO

CLASIFICACIÓN ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS _{inst}
E1	≤1%
E2	≤5%
E3	≤15%
E4	≤25%

La instalación de las luminarias debe cumplir además de estos valores, los siguientes requisitos:

- Se debe iluminar solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- Los niveles de iluminación no deben superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
- El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación deben satisfacer los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04.

3.4.2. Limitación de la luz intrusa o molesta

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior, sobre residentes y sobre los ciudadanos en general, las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción del alumbrado festivo y navideño, se diseñan para que cumplan los valores máximos establecidos en la siguiente tabla en función de la clasificación de zonas:

LIMITACIONES DE LA LUZ MOLESTA PROCEDENTE DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E _v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2500 cd	7500 cd	10000 cd	25000 cd
Luminancia media de las fachadas (L _m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L _{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos (L _{max})	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME 3/ME 4	ME 1/ME 2
	TI=15% para adaptación a L=0,1 cd/m ²	TI=15% para adaptación a L=1 cd/m ²	TI=15% para adaptación a L=2 cd/m ²	TI=15% para adaptación a L=5 cd/m ²

- Iluminancia vertical (Ev) en ventanas.
- Luminancia (L) de las luminarias medida con Intensidad luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia.
- Luminancia media (Lm) de las superficies de los paramentos de los edificios que como consecuencia de una iluminación excesiva pueda producir molestias.
- Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador o incapacitivo en las vías de tráfico rodado producido por instalaciones de alumbrado distintas de las de viales. Dicho incremento constituye la medida por la que se cuantifica la pérdida de visión causada por dicho deslumbramiento. El TI producido por el alumbrado vial está limitado por la ITC-EA-02.

3.5. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Para los niveles de iluminación y uniformidad de la zona se toman los valores marcados por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones Técnicas complementarias.

3.5.1. Clasificación de las vías y cálculo de los niveles de alumbrado

En función del tipo de vía, de la complejidad de su trazado, de la intensidad y sistema de control del tráfico y de la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto.

CLASIFICACION	TIPO DE VIA	VELOCIDAD DEL TRAFICO RODADO (km/h)
A	De alta velocidad	$V > 60$
B	De moderada velocidad	$30 < V \leq 60$
C	Carriles bici	---
D	De baja velocidad	$5 < V \leq 30$
E	Vías peatonales	$V \leq 5$

Según la clasificación anterior se considera una vía de tipo B, ya que la velocidad del tráfico rodado en la zona del proyecto siempre es inferior a 60 km/h.

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
A1	Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías).	
	Intensidad de tráfico:	
	Alta $IMD \geq 25.000$	ME1
	Media $15.000 \leq IMD < 25.000$	ME2
	Baja $IMD < 15.000$	ME3a
	Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas).	
	Intensidad de tráfico:	
	Alta $IMD > 15.000$	ME1
A2	Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.	
	Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio.	
	Intensidad de tráfico:	
	$IMD \geq 7.000$	ME1 / ME2
	$IMD < 7.000$	ME3a / ME4a
A3	Vías colectoras y rondas de circunvalación.	
	Carreteras interurbanas con accesos no restringidos.	
	Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos.	
	Vías principales de ciudad y travesía de poblaciones.	
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera:	
	$IMD \geq 25.000$	ME1
	$15.000 \leq IMD < 25.000$	ME2
	$7.000 \leq IMD < 15.000$	ME3b
	$IMD < 7.000$	ME4a / ME4b

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
B1	Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.	
	Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.	
	Intensidad de tráfico:	
	$IMD \geq 7.000$	ME2 / ME3c
	$IMD < 7.000$	ME4b / ME5
B2	Carreteras locales en áreas rurales.	
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.	
	$IMD \geq 7.000$	ME2 / ME3b
	$IMD < 7.000$	ME4b / ME5
C1	Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta de unión en zonas urbanas.	
	Flujo de tráfico de ciclistas:	
	Alto	S1 / S2
	Normal	S3 / S4
D1 – D2	Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.	
	Aparcamientos en general.	
	Estaciones de autobuses.	
	Flujo de tráfico de peatones:	
	Alto	CE1a/CE2
	Normal	CE3 / CE4
D3 – D4	Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada.	
	Zonas de velocidad muy limitada.	
	Flujo de tráfico de peatones y ciclistas.	
	Alto	CE2 / S1 / S2
E1	Normal	S3 7 S4
	Espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada.	
	Paradas de autobús con zonas de espera.	
	Áreas comerciales peatonales.	

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VIAS	CLASE DE ALUMBRADO
	Flujo de tráfico de peatones:	
	Alto	CE1a / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
E2	Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones	
	Flujo de tráfico de peatones:	
	Alto	CE1a / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4

Nota: Para todas las situaciones de alumbrado, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Según la clasificación anterior se considera una vía de tipo ME4.

Niveles de iluminación de los viales

A continuación se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

SERIES ME DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES SECOS TIPO A Y B

CLASE DE ALUMBRADO	LUMINANCIA DE LA SUPERFICIE DE LA CALZADA EN CONDICIONES SECAS			DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR	ILUMINACIÓN DE ALREDEDORES
	Lm (cd/m ²)	U0	UI	TI (%)	SR
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

Nota: Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de TI, que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos valores de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento fm elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral TI.

La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías e tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia multiplicando los primeros por el coeficiente R del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

En la tabla siguiente se concretan los niveles de iluminación de las series MEW de clases de alumbrado a aplicar en aquellas zonas geográficas en las que la intensidad y persistencia de la lluvia provoque que, durante una parte significativa de las horas nocturnas a lo largo del año, la superficie de la calzada permanezca mojada, aproximadamente 120 horas de lluvia anuales. En ella se incluye un requisito adicional de uniformidad global con calzada húmeda, para evitar la degradación de las prestaciones durante los periodos húmedos.

SERIES MEW DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES HUMEDOS TIPOS A Y B

CLASE DE ALUMBRADO	LUMINANCIA DE LA SUPERFICIE DE LA CALZADA EN CONDICIONES SECAS Y HUMEDAS				DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR	ILUMINACIÓN DE ALREDEDORES
	CALZADA SECA			CALZADA HUMEDA		
	L _m	U ₀	U _l	U ₀	TI (%)	SR
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

Nota: Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de TI, que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos valores de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento fm elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral TI.

La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías e tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia multiplicando los primeros por el coeficiente R del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Según los criterios establecidos nuestra vía corresponden a una clasificación B, con una situación de proyecto B1, se adopta una clase de alumbrado ME2 para viales secos y MEW2 para viales húmedos.

El R.D. 1980/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, establece que en las zonas o en las carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 referente a zonas especiales de viales.

Dicho apartado dispone que, si la zona especial es parte de una vía tipo D o cuando no sea posible aplicar el criterio de luminancia, debido a que la distancia de visión resulte inferior a 60 m (valor mínimo utilizado en el cálculo de la luminancia) y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador, dada la sinuosidad y complejidad de la zona especial de vial, se aplicará el criterio de iluminancia, con unos niveles de iluminación correspondientes a la serie CE de clases de alumbrado en la siguiente tabla. Entre las clases de alumbrado CE1 y CE0, podrá adoptarse un nivel de iluminancia medio.

SERIES CE DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES TIPO D Y E

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media Em (lux) [mínima mantenida ¹]	Uniformidad Media Um [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40
(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo		
(2) También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas		

Para la iluminación de la acera, la vía se clasifica como vía peatonal, con una situación de proyecto E1, espacio peatonal de conexión, calle peatonal, y acera a lo largo de la calzada, con un flujo de tráfico de peatones normal, obteniendo una clase de alumbrado del tipo S3.

A continuación se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

SERIES S DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES TIPOS C, D Y E

CLASE DE ALUMBRADO	ILUMINANCIA HORIZONTAL EN EL ÁREA DE LA CALZADA	
	Iluminancia Media (Em lux)	Iluminancia mínima Emin (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Nota: Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos valores de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento fm elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas no pueden superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en la ITC-EA-02.

3.5.1.1. Niveles de iluminación en zonas específicas

Se consideran alumbrados específicos los que corresponden a pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, gloriets, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores.

CLASES G DE INTENSIDAD LUMINOSA DE LAS LUMINARIAS

Clase de intensidad	Intensidad Máxima (cd/klm) ⁽¹⁾			Otros requisitos
	$70^\circ \leq \gamma < 80^\circ$	$80^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	$\gamma \geq 90^\circ$	
G1	--	200	50	Ninguno
G2	--	150	30	Ninguno
G3	--	100	20	Ninguno
G4	500	100	10	Intensidades por encima de 95° deben ser cero
G5	350	100	10	
G6	350	100	0	Ninguno

Todas las intensidades son proporcionales al flujo de la lámpara para 1.000 lm.
 Nota: Las clases de intensidad G1, G2 y G3 corresponden a distribuciones fotométricas "semi cut-off" y "cut-off", de uso tradicional. Las clases de intensidad G4, G5 y G6 se asignan a luminarias con distribución "cut-off" total, como las luminarias de cierre de vidrio plano en la posición horizontal.

En la tabla siguiente se indican en las mismas columnas las diferentes clases de alumbrado que se consideran equivalentes por tener un nivel de iluminación similar:

CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACIÓN

	ME1 MEW1	ME2 MEW2	ME3 MEW3	ME4 MEW4	ME5 MEW5	ME6
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	
			S1	S2	S3	S4

Los parámetros exigibles para los viales son los siguientes:

ILUMINANCIA	Tipo ME4 y MEW4
- Iluminancia media horizontal E_m :	$\geq 11,25$ lux
- Coeficiente de uniformidad media U_m :	$\geq 0,40$

LUMINANCIA	Tipo ME4
Luminancia media de una superficie L_m :	$\geq 0,75$ cd/m ²
Uniformidad global de luminancia U_0 :	$\geq 0,40$
Uniformidad longitudinal de luminancia U_l :	$\geq 0,60$
Deslumbramiento perturbador TI:	$\leq 15\%$

LUMINANCIA	Tipo MEW4
- Calzada seca:	
Luminancia media de una superficie L_m :	$\geq 0,75$ cd/m ²
Uniformidad global de luminancia U_0 :	$\geq 0,40$
Uniformidad longitudinal de luminancia U_l :	Sin requisitos
- Calzada húmeda:	
Uniformidad global U_0 :	$\geq 0,15$
Deslumbramiento perturbador TI:	$\leq 15\%$

Los parámetros exigibles para la acera son los siguientes:

ILUMINANCIA	Tipo CE5
- Iluminancia media horizontal E_m :	$\geq 7,5$ lux
- Coeficiente de uniformidad media U_m :	$\geq 0,40$

Los resultados y las distribuciones obtenidas tras aplicar los criterios de calidad luminotécnica expuestos anteriormente, se detallan en el **Apéndice Nº 13.1: Cálculos Luminotécnicos**.

3.6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Las líneas estarán formadas por conductores de diferentes secciones, las cuales quedan reflejadas en los planos **Nº 9: Iluminación**.

Los cálculos se han realizado de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para baja tensión (R.D.842/2002) y la Norma Técnica ITC-BT-09 "Instalaciones de alumbrado exterior".

En el **Apéndice nº 13.2: Cálculos Eléctricos** se presentan los cálculos realizados para el Centro de Mando proyectado, en función de los puntos de luz que haya que alimentar, teniendo en cuenta que la caída de tensión entre cualquier punto de la instalación y el origen no supere el 3% reglamentado. Se ha considerado una potencia aparente mínima de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga, y en cada punto de luz se ha tomado un factor de potencia de 0,95.

Hay que destacar que actualmente la instalación existente ya es de LED. En su día las lámparas eran de vapor de sodio, pero se adaptaron las luminarias existentes para poder instalarse lámparas led. Por este motivo se considera sobredimensionada la instalación eléctrica existente.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS

4.1. INTRODUCCIÓN.OBJETO

En las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras a Cielo Abierto se establece que los proyectos de instalaciones que se redacten deben incluir un análisis económico de las alternativas planteadas, para facilitar la elección de la solución más adecuada.

El objeto de este apartado es exponer dicho análisis económico.

4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN

Como se puede ver en el resto de apartados del presente anejo, se han planteado dos soluciones posibles. La alternativa 1 utiliza como fuente de luz lámparas de vapor de sodio alta presión (VSAP) y la alternativa 2, LEDS.

En la alternativa 1, instalación proyectada con lámparas de VSAP, la potencia de éstas es de 250 W, las columnas tienen una altura de 9 m y su interdistancia media es de 35 metros aproximadamente. Con esta solución está previsto instalar 9 puntos de luz.

En la alternativa 2, instalación proyectada con LEDS, la potencia de éstos es de 80W. Los báculos tienen una altura de 9,00 m y su interdistancia media es de 35 metros. Con esta solución está previsto instalar 9 puntos de luz, que están equipados para poder explotarlos mediante telegestión.

En el resto de aspectos ambas alternativas tienen las mismas características, que son las siguientes:

- La instalación dispone de 1 punto de acometida desde los cuales se realiza la distribución en baja tensión a los puntos de luz.
- La distribución desde los cuadros hasta los puntos de luz se realiza mediante canalización subterránea con una sección de 50 cm de ancho y 100 cm de alto.
- En cada punto de luz se ha dispuesto una arqueta para la conexión del punto de luz a la línea de distribución, la cual está conectada con los tubos insertados en la cimentación del báculo o columna para facilitar la conexión de la luminaria.

4.3. CÁLCULO DE LA INVERSIÓN

La inversión a realizar es el coste de las obras que componen la actuación. El resumen del presupuesto de las mismas para cada alternativa es el siguiente:

ILUMINACION - VSAP				
Unidad	Descripción	Medición	Coste unitario	Coste total
UD	MONT. O DESM. LUMINARIA.	2	32,08	64,16
UD	S. Y M. DE LUMINARIA CON LAMPARA DE SODIO 250 W	9	239,64	2.156,76
UD	S.Y M.COLUMNA AM-10 8 M.	9	270,17	2.431,53
UD	DESMONT. COL.O BACULO TRONC. ACERO AM-10 TODA ALT.	2	89,86	179,72
M.	S.Y M.CABLE DN;C5;1X6	315	1,13	355,95
M.	S.Y M.CABLE DN;C5;1X10	1.260,00	1,56	1965,6
M.	S.Y M.TUB.PVC FLEX. 90 MM	640	2,08	1331,2
M.	ZANJA BAJO ACERA N.CONC.	315	21,24	6.690,6
UD	ARQUETA REGIST. 0,4X0,4X1	9	242,26	2.180,34
UD	PICA DE PUESTA A TIERRA	9	21,03	189,27
M	SUMINISTRO Y MONTAJE CABLE COBRE DESNUDO DE 35 MM2	315	2,07	652,05
TOTAL:				18.197,18

El presupuesto de la alternativa 2. LED se extrae del documento Presupuesto del presente proyecto.

ILUMINACION - LED				
Unidad	Descripción	Medición	Coste unitario	Coste total
UD	MONT. O DESM. LUMINARIA.	2	32,08	64,16
UD	S. Y M. DE LUMINARIA CON LAMPARA BGP621 ECO88/NW PSDD OFR3 AL GR CLO-DDF2 27	9	665	5.985
UD	S.Y M.COLUMNNA AM-10 8 M.	9	270,17	2.431,53
UD	DESMONT. COL.O BACULO TRONC. ACERO AM-10 TODA ALT.	2	89,86	179,72
M.	S.Y M.CABLE DN;C5;1X6	315	1,13	355,95
M.	S.Y M.CABLE DN;C5;1X10	1.260,00	1,56	1.965,6
M.	S.Y M.TUB.PVC FLEX. 90 MM	640	2,08	1.331,2
M.	ZANJA BAJO ACERA N.CON.S.	315	21,24	6.690,6
UD	ARQUETA REGIST. 0,4X0,4X1	9	242,26	2.180,34
UD	PICA DE PUESTA A TIERRA	9	21,03	189,27
M	SUMINISTRO Y MONTAJE CABLE COBRE DESNUDO DE 35 MM2	315	2,07	652,05
TOTAL:				22.025,42

4.4. DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo de energía total anual de la instalación de alumbrado se obtiene:

- Potencia instalada (kW): es la suma de las potencias de todas las lámparas de la instalación más las de los equipos auxiliares.

- Número anual de horas de funcionamiento: varía en función de las horas de luz diurna, siendo mayor el periodo de encendido en invierno y menor en verano. Para la presente instalación, los periodos de funcionamiento aproximados serán:

- Enero-Febrero: 18:30 a 8:00 horas.
- Marzo-Abril: 20:30 a 7:30 horas.
- Mayor-Agosto: 21:30 a 6:30 horas.
- Septiembre-Octubre: 20:30 a 7:30 horas.
- Noviembre-Diciembre: 18:30 a 8:00 horas.

Lo que significa un total de 4.069 horas de funcionamiento al año.

- Plan de explotación: dadas las diferentes características de regulación y de iluminación existentes entre el VSAP y el LED se definen dos planes de explotación distintos para cada alternativa. En el plan de explotación se definen los niveles luminoso que se van a aplicar en cada franja en función de la IMD y la luz solar existente en cada una de ellas. El plan de explotación para las características de tráfico de la carretera, se estima que debe ser el siguiente:

- Alternativa 1 VSAP.
 - Entre las 24 h y las 6 h: nivel luminoso reducido al 70%.
 - Resto del tiempo: nivel luminoso al 100%.
- Alternativa 2 LED.
 - Entre las 24 h y las 2 h y entre las 4 h y las 6 h: nivel luminoso reducido al 70%.
 - Entre las 2h y las 4h: nivel luminoso reducido al 25%.
 - Resto del tiempo: nivel luminoso al 100%.

- Consumo teórico (kWh): es el producto de la potencia en funcionamiento por el número anual de horas correspondiente, al que se le aplica un factor de corrección para tener en cuenta las pérdidas de la instalación.

- Coste fijo anual de la instalación: se obtiene multiplicando la potencia total contratada, teniendo en cuenta las pérdidas (kW), por el coste del kW/mes por los 12 meses del año.

- Coste variable: es el producto del consumo teórico (kWh) por el coste del kWh.

- Coste total: es la suma de los costes fijos más los costes variables.

Para la **alternativa 1 VSAP**, se obtiene lo siguiente:

- Potencia instalada: 9 ud. X 250 W/ud X 1,10 = 2,25 kW (el consumo de los equipos auxiliares suele ser un 10% del consumo de la lámpara).

- Número de horas de funcionamiento = 4.069 h, obtenido a partir del plan de explotación.

- Consumo teórico (potencia instalada x nº de horas en cada régimen de funcionamiento) = 2,25 kW x 1,07 x [123 días/año (mayo-agosto) x (6h x 70 % + 3 h x 100%) + 61 días/año (marzo-abril) x (6h x 70% + 5h x 100%) + 120 días/año (noviembre-febrero) x (6h x 70% + 7,5h x 100%) + 61 días/año (septiembre-octubre) x (6h x 70% + 5h x 100%)] = 8.199,09 kWh/año (se ha multiplicado por 1,07 para considerar las pérdidas de a instalación).

- Coste fijo: 2,25 kW x 1,07 x 2.51 €/mes y kW x 12 meses/año = 72,5 €/año

- Coste variable: 8.199,09 kWh/año x 0,12 €/kWh = 983,89 €/año

Para la **alternativa 2 LED**, se obtiene lo siguiente:

- Potencia instalada: [(9 ud. x 80 W/ud) x 1,10 = 0,79 kW (el consumo de los equipos auxiliares suele ser un 10% del consumo de la lámpara).

- Número de horas de funcionamiento = 4.069 h, obtenido a partir del plan de explotación.

- Consumo teórico (potencia instalada x nº de horas en cada régimen de funcionamiento) = 0,79 kW x 1,07 x [123 días/año (mayo-agosto) x (2h x 25% + 4 h x 70% + 3h x 100%) + 61 días/año (marzo-abril) x (2h x 25% + 4 h x 70% + 5h x 100%) + 120 días/año (noviembre-febrero) x (2h x 25% + 4 h x 70% + 7,5h x 100%) + 61 días/año (septiembre-octubre) x (2h x 25% + 4 h x 70% + 5h x 100%)] = 2.607,09 kWh/año (se ha multiplicado por 1,07 para considerar las pérdidas de a instalación).

- Coste fijo: 0,79 kW x 1,07 x 2.51 €/mes y kW x 12 meses/año = 25,46 €/año

- Coste variable: 2.607,09 kWh/año x 0,12 €/kWh = 312,85 €/año

Los costes de explotación anuales finales de cada alternativa son los siguientes:

- Alternativa 1 VSAP: 72,5 €/año + 983,89 €/año = 1.056,39 €/año

- Alternativa 2 LED: 25,46 €/año + 312,85 €/año = 338,31 €/año

4.5. DETERMINACIÓN DE LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO

Los gastos de mantenimiento responden a las operaciones de mantenimiento programado (preventivo) y las operaciones de mantenimiento correctivo. Las principales operaciones de mantenimiento programado son las revisiones y mediciones de la instalación, la limpieza de las luminarias y la sustitución de las lámparas y equipos auxiliares al final de su vida útil.

Las principales operaciones de mantenimiento correctivo son las de sustitución de lámparas y equipos averiados antes del fin de su vida útil y reparación de otros elementos de la instalación que sufran averías.

4.5.1. Operaciones de mantenimiento preventivo

4.5.1.1. Revisiones y mediciones

El seguimiento del Plan de mantenimiento preventivo en la instalación, que consta de tareas de revisión y medición diarias, mensuales, bimestrales, semestrales, anuales y quinquenales, se traduce en:

- 1 operario x 1 hora x 365 días/año con una furgoneta.
- 2 operarios 50 días/año con un camión cesta.

Se supone un coste anual de 4,730.40 €, tanto en la alternativa 1 como en la alternativa 2.

4.5.1.2. Limpieza de luminarias

Suponiendo que la limpieza se realiza con un camión cesta, una furgoneta y 3 operarios con un rendimiento de 50 luminarias al día, resulta un coste unitario de 12 €/ud.

- Alternativa 1. Se considera necesaria una limpieza anual de cada una de las luminarias de VSAP: $9 \text{ ud/año} \times 12 \text{ €/ud.} = 108 \text{ €/año.}$
- Alternativa 2. Las luminarias LED requieren menor mantenimiento, por lo que se considera necesaria su limpieza cada 2 años. En el caso de estudio: $0,5 \times 9 \text{ ud/año} \times 12 \text{ €/ud.} = 54 \text{ €/año.}$

4.5.1.3. Reposición de lámparas y equipos al final de su vida útil

- Alternativa 1. La vida útil de las lámparas VSAP es de 5 años aproximadamente (20.000 horas). Teniendo en cuenta que el periodo de estudio es de 20 años, será necesario sustituirlas 3 veces a lo largo del mismo. Para los equipos auxiliares se estima una vida de 40.000 horas, es decir, habrá que sustituirlos cada 10 años, una vez en el periodo. Tomando como coste de sustitución de lámparas VSAP 31 €, el coste total de sustitución de las lámparas será: $9 \text{ ud} \times 31 \text{ €/ud} \times 3 = 837 \text{ €}$, que se acometerá en 3 desembolsos de 837 € en los años 5, 10 y 15. El coste de sustitución de elementos auxiliares será de $9 \text{ ud} \times 35 \text{ €/ud} = 315 \text{ €}$. Estos costes están calculados para el año 1, por lo que es necesario aplicarles la inflación, estimada en un 3 % anual.

- Alternativa 2. Debido a que el periodo de estudio, que es de 20 años, coincide aproximadamente con la vida útil de las lámparas LED (60.000 horas funcionamiento al 100%, hay que tener en cuenta que de las 4.069 horas de funcionamiento anuales sólo el 46 % del tiempo lo hace al 100%), no será necesario reponerlas durante el periodo de estudio. En cuanto a los equipos auxiliares son válidas las estimaciones hechas en la alternativa 1: $9 \text{ ud} \times 35 \text{ €/ud} = 315 \text{ €}$. Estos costes están calculados para el año 1, por lo que es necesario aplicarles la inflación, estimada en un 3 % anual.

4.5.2. Operaciones de mantenimiento correctivo

4.5.2.1. Reposición de lámparas averiadas

Aunque los fabricantes garantizan la vida útil de las lámparas en el caso de VSAP y de los LED, lógicamente siempre será necesaria alguna sustitución.

- Alternativa 1. A efecto de este estudio se considera que al año se tendrán que sustituir el 1% de las lámparas VSAP instaladas. Estimando unos costes de sustitución de lámparas VSAP 31 €, los costes resultantes son: $0,01 \times 9 \text{ ud/año} \times 31 \text{ €/ud} = 2,79 \text{ €/año.}$
- Alternativa 2. Se considera que al año se estropearán el 0,20% de las luminarias LED instaladas. En este caso es necesario sustituir la luminaria completa en la mayoría de los casos. Estimando unos costes de sustitución de la luminaria de LED, como media, de 1.107,87 €, los costes resultante son: $0,002 \times 9 \text{ ud/año} \times 1.107,87 \text{ €/ud} = 19,94 \text{ €/año.}$

4.5.2.2. Reposición de equipos auxiliares

Se pueden suponer una faltas del 0,50% de los equipos auxiliares para las dos alternativas: El coste de reparación de elementos auxiliares será de:

- Alternativa 1. $0,005 \times 9 \text{ ud/año} \times 35 \text{ €/ud} = 1,57 \text{ €/año}$.
- Alternativa 2. $0,005 \times 9 \text{ ud/año} \times 35 \text{ €/ud} = 1,57 \text{ €/año}$.

4.5.3. Gastos de mantenimiento

Por tanto, los costes totales anuales de mantenimiento para cada una de las alternativas son los siguientes:

- Alternativa 1. VSAP: $4,730.40 \text{ €/año} + 108 \text{ €/año} + 2,79 \text{ €/año} + 1,57 \text{ €/año} = 4.842,36 \text{ €/año}$. Además se acometerán 3 desembolsos de 837 € en los años 5, 10 y 15 y otro de 315 € en el año 10, correspondiente a la reposición de lámparas u equipos auxiliares al final de su vida útil. Estos costes están calculados para el año 1, por lo que es necesario aplicarles la inflación, estimada en un 3% anual.
- Alternativa 2. LED: $4,730.40 \text{ €/año} + 54 \text{ €/año} + 19,94 \text{ €/año} + 1,57 \text{ €/año} = 4.805,51 \text{ €/año}$. Además se acometerá un desembolso de 315 € en el año 10, correspondiente a la reposición de equipos auxiliares al final de su vida útil. Estos costes están calculados para el año 1, por lo que es necesario aplicarles la inflación, estimada en un 3% anual.

4.6. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El análisis económico se realiza en base a los flujos de gastos de cada una de las alternativas a lo largo del periodo de estudio, actualizándolos al año de puesta en servicio, lo que nos da el valor actual neto (VAN) de dichos flujos para cada alternativa.

En principio, resultará más favorable desde el punto de vista económico la alternativa cuyo VAN sea menor, ya que significará que es la que al final de su vida útil ha necesitado menos desembolsos actualizados al año de puesta en servicio; ahora bien, éste no es el único criterio que debe tenerse en cuenta, también conviene analizar qué porcentaje representa la inversión inicial con respecto al total de los desembolsos y si éstos tienen una distribución a lo largo de los años que pueda ocasionar algún problema.

- Plazo: el periodo de estudio considerado es de 20 años.
- Tasa de actualización: se ha previsto una tasa anual única como media para todo el periodo del 5%, que es la rentabilidad que se estima que tendrá como media la deuda del estado en los 20 años.
- Inflación: se ha considerado una inflación anual media del 3% para todos los años.

4.6.1. Inversión inicial

Como inversión inicial se ha considerado los presupuestos de las obras de las 2 alternativas:

- Alternativa 1: 18.197 €.
- Alternativa 2: 20.025,42 €.

Se considera que toda la inversión se realiza durante el año anterior al de puesta en servicio (año 0), por lo que la valoración de las alternativas se ha realizado en euros de dicho años.

4.6.2. Gastos de explotación. Consumo de energía

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los gastos de explotación para ambas alternativas en el año de puesta en servicio son:

- Alternativa 1 VSAP: 1.056,39 €/año
- Alternativa 2 LED: 338,31 €/año

Para el resto de los años, se considera que los gastos de explotación se incrementan con la inflación en un 3%.

4.6.3. Gastos de mantenimiento

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los gastos de mantenimiento para cada una de las alternativas son:

- Alternativa 1. VSAP: 4.842,36 €/año. Además se acometerán 3 desembolsos de 315 € en los años 5, 10 y 15 y otro de 1,365 € en el año 10, correspondiente a la reposición de lámparas u equipos auxiliares al final de su vida útil.
- Alternativa 2. LED: 4.805,51 €/año. Además se acometerá un desembolso de 315 € en el año 10, correspondiente a la reposición de equipos auxiliares al final de su vida útil.

4.6.4. Conclusión

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se han elaborado los cuadros de flujos que se adjuntan y de los que se extraen las siguientes conclusiones:

- VAN Alternativa 1 VSAP: 129.502,25 €.
- VAN Alternativa 2 LED: 102.345,16 €.

Mejora de la carretera BI-633, del P.K. 52+200 al P.K. 54+000, en Markin - Berriatuaa

ALTERNATIVA 1 VSAP

FLUJOS ECONOMICOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	

INVERSIÓN

Coste de las obras	18.197,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.197,00
TOTAL INVERSIÓN:	18.197,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.197,00

GASTOS DE EXPLOTACIÓN

Consumos eléctricos	0,00	1.056,39	1.088,08	1.120,72	1.154,35	1.188,98	1.224,65	1.261,38	1.299,23	1.338,20	1.378,35	1.419,70	1.462,29	1.506,16	1.551,34	1.597,88	1.645,82	1.695,20	1.746,05	1.798,43	1.852,39	28.385,59
TOTAL GASTOS DE EXPLOTACIÓN:	0,00	1.056,39	1.088,08	1.120,72	1.154,35	1.188,98	1.224,65	1.261,38	1.299,23	1.338,20	1.378,35	1.419,70	1.462,29	1.506,16	1.551,34	1.597,88	1.645,82	1.695,20	1.746,05	1.798,43	1.852,39	28.385,59

GASTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Revisiones y mediciones	0,00	4.730,40	4.872,31	5.018,48	5.169,04	5.324,11	5.483,83	5.648,34	5.817,80	5.992,33	6.172,10	6.357,26	6.547,98	6.744,42	6.946,75	7.155,15	7.369,81	7.590,90	7.818,63	8.053,19	8.294,79	127.107,62
Limpieza de luminarias	0,00	108,00	111,24	114,58	118,01	121,55	125,20	128,96	132,83	136,81	140,92	145,14	149,50	153,98	158,60	163,36	168,26	173,31	178,51	183,86	189,38	2.902,00
Reposición de lámparas al final de su vida útil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	837,00	0,00	0,00	0,00	0,00	962,55	0,00	0,00	0,00	0,00	1.106,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.906,48
Reposición de equipos al final de su vida útil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,00

Mantenimiento correctivo

Reposición de lámparas averiadas	0,00	2,79	2,87	2,96	3,05	3,14	3,23	3,33	3,43	3,53	3,64	3,75	3,86	3,98	4,10	4,22	4,35	4,48	4,61	4,75	4,89	74,97
Reposición de equipos auxiliares	0,00	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	23,40

TOTAL GASTOS DE MANTENIMIENTO:	0,00	4.842,36	4.987,60	5.137,19	5.291,27	5.485,27	5.613,44	5.781,80	5.955,22	6.133,84	6.317,37	6.507,32	6.702,51	6.903,55	7.110,62	7.323,84	7.543,59	7.769,86	8.002,92	8.242,97	8.490,23	133.329,47
---------------------------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------------

TOTAL GASTOS:	33.361,51	5.898,75	6.075,68	6.257,91	6.445,61	7.475,95	6.838,08	7.043,19	7.254,45	7.472,05	8.973,72	7.927,02	8.164,80	8.409,71	8.661,97	10.028,72	9.189,41	9.465,05	9.748,97	10.041,41	10.342,61	195.076,58
TOTAL VAN:	33.361,51	5.617,86	5.510,82	5.405,82	5.302,82	5.857,60	5.102,68	5.005,46	4.910,10	4.816,55	5.509,09	4.634,77	4.546,47	4.459,85	4.374,88	4.823,99	4.209,77	4.129,57	4.050,90	3.973,73	3.898,02	129.502,25

Mejora de la carretera BI-633, del P.K. 52+200 al P.K. 54+000, en Markina - Beriatua

ALTERNATIVA 2 LED

FLUJOS ECONOMICOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	

INVERSIÓN

Coste de las obras	20.025,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20.025,42
TOTAL INVERSIÓN:	20.025,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20.025,42

GASTOS DE EXPLOTACIÓN

Consumos eléctricos	0,00	338,31	348,46	358,91	369,68	380,77	392,19	403,96	416,08	428,56	441,42	454,66	468,30	482,35	496,82	511,72	527,08	542,89	559,17	575,95	593,23	9.090,52
TOTAL GASTOS DE EXPLOTACIÓN:	0,00	338,31	348,46	358,91	369,68	380,77	392,19	403,96	416,08	428,56	441,42	454,66	468,30	482,35	496,82	511,72	527,08	542,89	559,17	575,95	593,23	9.090,52

GASTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Revisiones y mediciones	0,00	4.730,40	4.872,31	5.018,48	5.169,04	5.324,11	5.483,83	5.648,34	5.817,80	5.992,33	6.172,10	6.357,26	6.547,98	6.744,42	6.946,75	7.155,15	7.369,81	7.590,90	7.818,63	8.053,19	8.294,79	127.107,62
Limpieza de luminarias	0,00	54,00	55,62	57,29	59,01	60,78	62,60	64,48	66,41	68,41	70,46	72,57	74,75	76,99	79,30	81,68	84,13	86,65	89,25	91,93	94,69	1.451,00
Reposición de lámparas al final de su vida útil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reposición de equipos al final de su vida útil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,00

Mantenimiento correctivo

Reposición de lámparas averiadas	0,00	19,94	20,54	21,15	21,79	22,44	23,12	23,81	24,52	25,26	26,02	26,80	27,60	28,43	29,28	30,16	31,07	32,00	32,96	33,95	34,96	535,80
Reposición de equipos auxiliares	0,00	1,57	1,62	1,67	1,72	1,77	1,82	1,87	1,93	1,99	2,05	2,11	2,17	2,24	2,31	2,37	2,45	2,52	2,59	2,67	2,75	42,19

TOTAL GASTOS DE MANTENIMIENTO:	0,00	4.805,91	4.950,09	5.098,59	5.251,55	5.409,09	5.571,37	5.738,51	5.910,66	6.087,98	6.269,10	6.458,74	6.652,50	6.852,08	7.057,64	7.269,37	7.487,45	7.712,07	7.943,44	8.181,74	8.427,19	129.451,60
---------------------------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------

TOTAL GASTOS:	20.025,42	5.144,22	5.298,55	5.457,50	5.621,23	5.789,86	5.963,56	6.142,47	6.326,74	6.516,54	6.707,04	6.913,40	7.120,80	7.334,43	7.554,46	7.781,09	8.014,53	8.254,96	8.502,61	8.757,69	9.020,42	158.567,54
TOTAL VAN:	20.025,42	4.899,26	4.805,94	4.714,40	4.624,60	4.536,51	4.450,10	4.365,34	4.282,19	4.200,62	4.113,99	4.024,12	3.935,13	3.849,60	3.768,52	3.691,84	3.619,55	3.551,61	3.487,01	3.425,72	3.367,70	102.345,16

5. CONCLUSIONES

Una vez analizadas los resultados mostrados en el apartado anterior, se deduce que la Alternativa 2 – LED es la más rentable a largo plazo. El desembolso en el año de construcción es mayor que el de la Alternativa 1 – VSAP, sin embargo, al final de su vida útil se necesitará más desembolsos actualizados al año de puesto en servicio respecto a la Alternativa 2 – LED. Por lo tanto, debido al criterio económico y energético, por la mayor eficiencia energética de la instalación de LED, se empleará en el presente proyecto la Alternativa 2 – LED.

Se proyectará una red de alumbrado que asegure en todo momento los niveles lumínicos adecuados, mediante la colocación de 9 luminarias herméticas de LED de 80 W, sobre columnas de nueve metros, que se conectarán al centro de mando existente cercano.

Para el cálculo luminotécnico se clasifica la zona de proyecto como tipo B, menor de 60 km/h y una IMD mayor a 7.000. Con estos condicionantes se escoge la clase de alumbrado tipo ME2, donde la luminancia e iluminancia obtenida en el cálculo cumple con los requisitos mínimos recogidos en el R.D. 1980/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. El R.D establece que en las carreteras dotadas de alumbrado público y la distancia de visión inferior a 60 metros, el nivel de iluminancia de las gloriets será un CE1.

El valor de la iluminancia media se obtiene en todos los casos un valor igual o superior a 30 lux.

Por otro lado se proyectará en la intersección con la BI-2405, las canalizaciones bajo calzada para permitir en un futuro la instalación de una red de alumbrado. Para ello se ejecutará la zanja con dos tubos de PE corrugado de 110 mm, tanto en la BI-633 como en la BI-2405.

APÉNDICE 13.1:
CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Acera Berriatua DFB

Estudio Lumínico sección tipo Acera Berriatura para la Diputación Foral de Bizkaia
- Carretera con 2 carriles de 3,5 metros y acera de 2 m
- Altura de las luminarias 9 metros colocadas cada 35 metros

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 05.10.2016
Proyecto elaborado por: Aitor Epelde

Acera Berriatua DFB



05.10.2016

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierri 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Índice

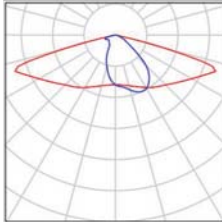
Acera Berriatua DFB	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 1xECO88/740 OFR4	
Hoja de datos de luminarias	4
Calle 1	
Datos de planificación	5
Lista de luminarias	6
Resultados luminotécnicos	7
Rendering (procesado) en 3D	9
Rendering (procesado) de colores falsos	10
Recuadros de evaluación	
Calzada 2 Carriles	
Sumario de los resultados	11
Tabla (E)	12
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	14
Observador 2	
Isolíneas (L)	15
Acera	
Sumario de los resultados	16

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Acera Berriatua DFB / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS BGP621 1xE088/740 OFR4
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 8008 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8800 lm
Potencia de las luminarias: 78.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 39 73 97 100 91
Lámpara: 1 x E088/740/- (Factor de corrección 1.000).



Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

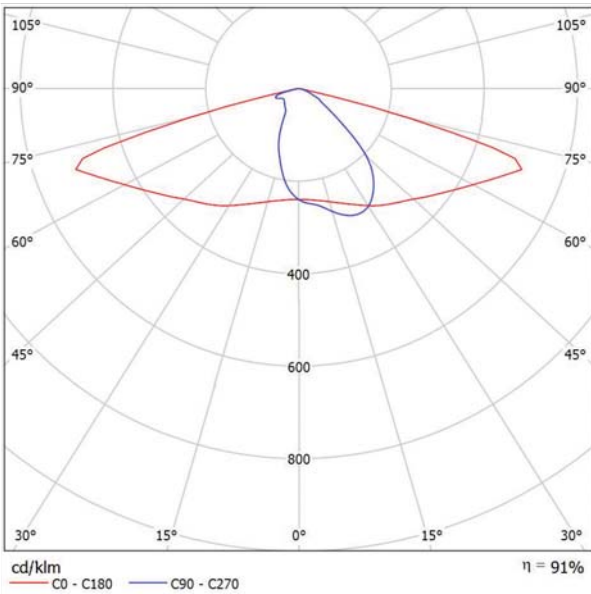
PHILIPS BGP621 1xE088/740 OFR4 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 39 73 97 100 91

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial REVOLED™ con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Esto elimina el exceso de iluminación al principio, con lo que se pueden lograr ahorros extra de energía. El diseño realmente plano de Luma evita la luz ascendente y la óptica de lente OPTIFLUX™ cumple los estándares de iluminación actuales. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los reflejos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

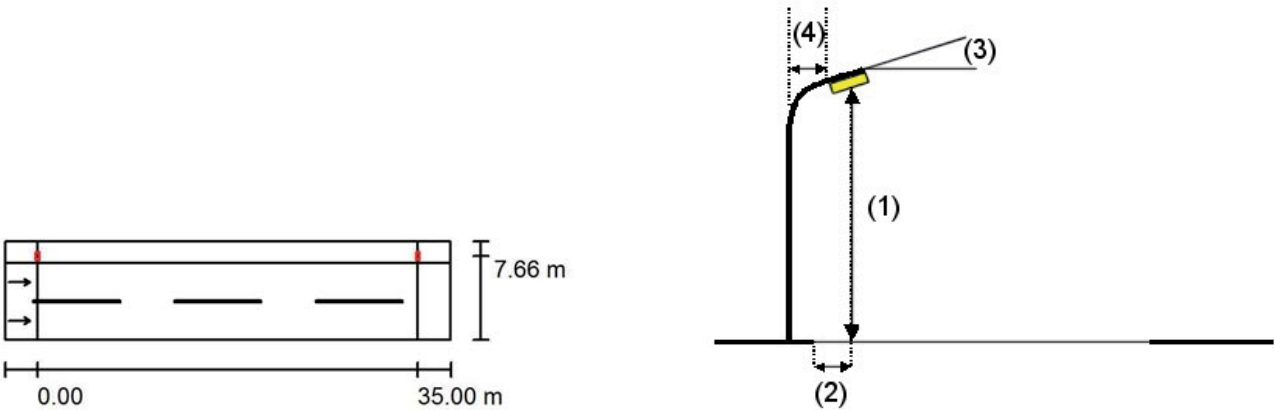
Calle 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Acera (Anchura: 2.000 m)
Calzada 2 Carriles (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.85

Disposiciones de las luminarias



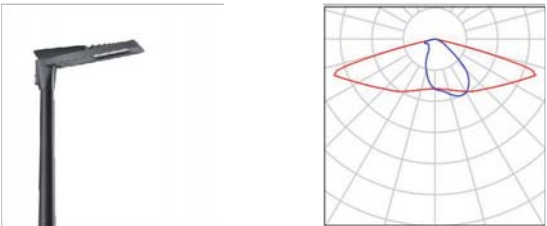
Luminaria:	PHILIPS BGP621 1xECO88/740 OFR4	
Flujo luminoso (Luminaria):	8008 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	8800 lm	con 70°: 527 cd/klm
Potencia de las luminarias:	78.0 W	con 80°: 125 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	con 90°: 1.59 cd/klm
Distancia entre mástiles:	35.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	9.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura del punto de luz:	8.880 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.
Saliente sobre la calzada (2):	-0.650 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.000 m	

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Lista de luminarias

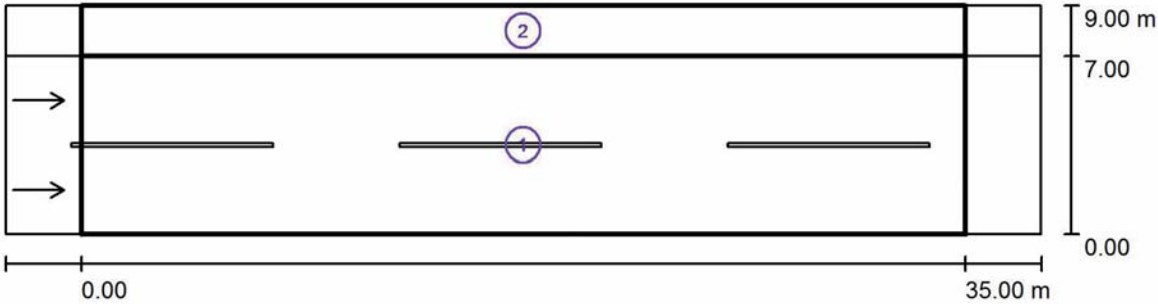
PHILIPS BGP621 1xECO88/740 OFR4
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 8008 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8800 lm
Potencia de las luminarias: 78.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 39 73 97 100 91
Lámpara: 1 x ECO88/740/- (Factor de corrección 1.000).



Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.85

Escala 1:294

Lista del recuadro de evaluación

1	Calzada 2 Carriles Longitud: 35.000 m, Anchura: 7.000 m Trama: 12 x 6 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2 Carriles. Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070 Clase de iluminación seleccionada: ME4a	(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)				
		L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
	Valores reales según cálculo:	0.80	0.48	0.71	13	0.77
	Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

2	Acera Longitud: 35.000 m, Anchura: 2.000 m Trama: 12 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Acera. Clase de iluminación seleccionada: CE5	(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)	
		E_m [lx]	U0
	Valores reales según cálculo:	13.55	0.55
	Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

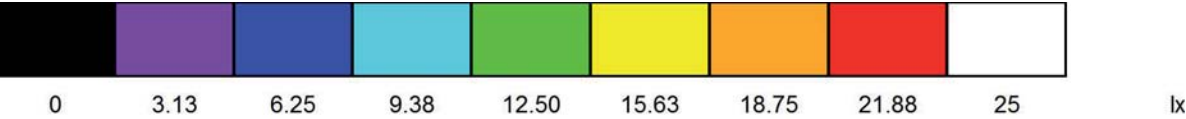
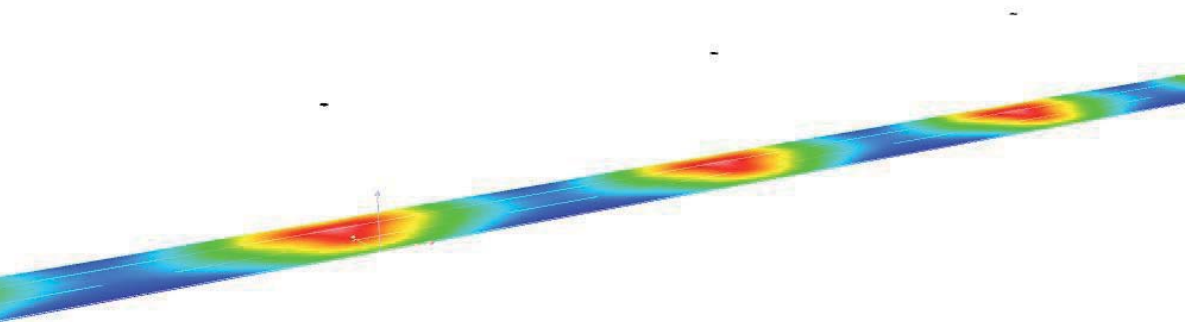
Calle 1 / Rendering (procesado) en 3D



Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

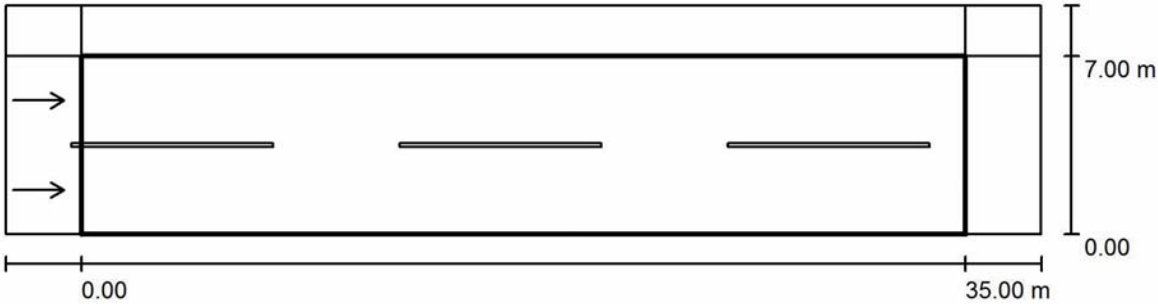
Calle 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Calzada 2 Carriles / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.85

Escala 1:294

Trama: 12 x 6 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2 Carriles.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.80	0.48	0.71	13	0.77
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.88	0.48	0.84	8
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.80	0.50	0.71	13

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Calzada 2 Carriles / Tabla (E)

sección actual otras secciones										
6.417	23	19	15	11	9.06	7.98	7.98	9.06	11	15
5.250	22	18	14	11	9.02	8.01	8.01	9.02	11	14
4.083	21	16	13	10	8.75	7.90	7.90	8.75	10	13
2.917	19	15	12	9.54	8.27	7.60	7.60	8.27	9.54	12
1.750	17	14	11	8.61	7.58	7.13	7.13	7.58	8.61	11
0.583	14	12	9.42	7.60	6.77	6.49	6.49	6.77	7.60	9.42
m 1.458 4.375 7.292 10.208 13.125 16.042 18.958 21.875 24.792 27.708										

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 12 x 6 Puntos

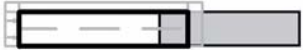
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
12	6.49	23	0.534	0.286

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Calzada 2 Carriles / Tabla (E)

sección actual
otras secciones



6.417	19	23
5.250	18	22
4.083	16	21
2.917	15	19
1.750	14	17
0.583	12	14

m 30.625 33.542

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

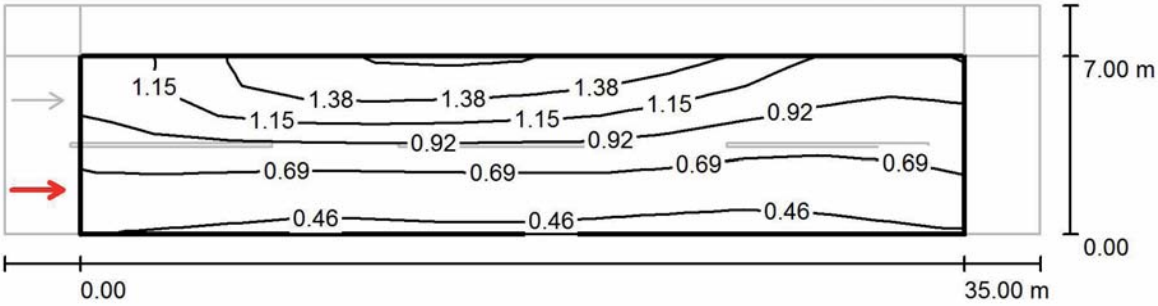
Trama: 12 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
12	6.49	23	0.534	0.286

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Calzada 2 Carriles / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 294

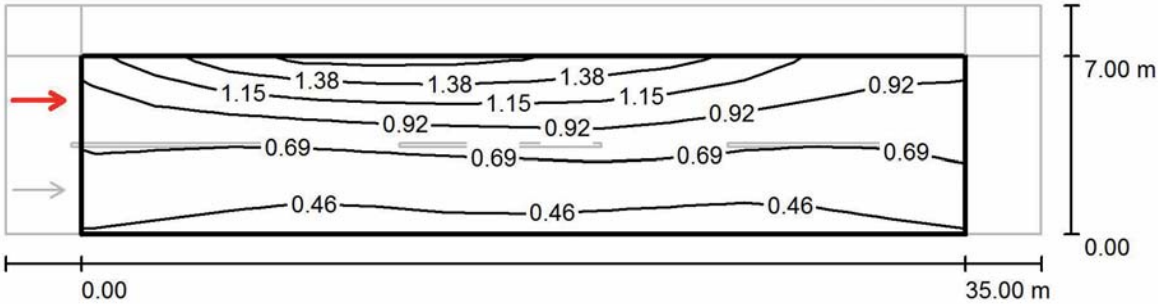
Trama: 12 x 6 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	0.88	0.48	0.84	8
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Calzada 2 Carriles / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 294

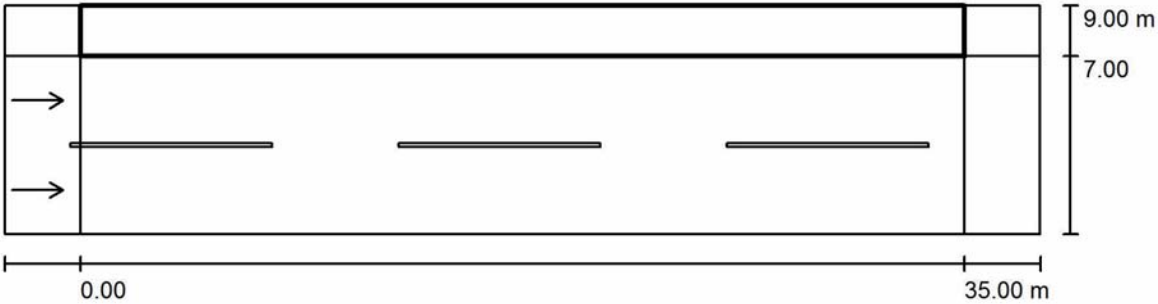
Trama: 12 x 6 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	0.80	0.50	0.71	13
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

Emartin S.A
montajes eléctricos
Avda Txorierra 46
48150 Sondika (Bizkaia)

Proyecto elaborado por Aitor Epelde
Teléfono 944 711 117
Fax 944 711 179
e-Mail a.epelde@emartin.es

Calle 1 / Acera / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.85

Escala 1:294

Trama: 12 x 3 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Acera.
Clase de iluminación seleccionada: CE5

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	13.55	0.55
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

APÉNDICE 13.2:
CÁLCULOS ELÉCTRICOS

CÁLCULOS ELÉCTRICOS
CENTRO DE MANDO CM1

Tensión 400 volt
Conductividad 56
Factor potencia 0,95

Tramo	Potencia		Long (m)	Inten (A)	Sección (mm2)	Caída de tensión		
	Parcial (W)	Total (W)				Parcial (V)	Total (V)	Percent %
CIRCUITO 1								
CM-A9	78	780	588,000	2,13	6	6,14	6,14	1,54
A9-A8	78	702	35,000	1,92	6	0,33	6,47	1,62
A8-A7	78	624	35,000	1,71	6	0,29	6,76	1,69
A7-A6	78	546	35,000	1,49	6	0,26	7,02	1,76
A6-A5	78	468	35,000	1,28	6	0,22	7,24	1,81
A5-A4	78	390	35,000	1,07	6	0,18	7,42	1,86
A4-A3	78	312	35,000	0,85	6	0,15	7,57	1,89
A3-A2	78	234	35,000	0,64	6	0,11	7,68	1,92
A2-A1	78	156	35,000	0,43	6	0,07	7,75	1,94
A1-A0	78	78	35,000	0,21	6	0,04	7,79	1,95

APÉNDICE 13.3:
ILUMINACIÓN INTERSECCIÓN BI-2405

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. CRITERIOS PARA ILUMINAR UN TRAMO DE CARRETERA.....	1
3. ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN	2
4. CONCLUSIONES	1

1. OBJETO

El objeto del presente apéndice es justificar la necesidad de dotar o no de iluminación al tramo en estudio de la BI-633 definido en el Proyecto de Mejora de la BI-633 del PK 52+200 al PK 54+000, en Markina-Berriatua.

Para ello se tendrá en cuenta la *Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles*, por ser éste un documento de referencia en las actuaciones de iluminación de carreteras tanto de nueva ejecución como existentes, donde en el Anexo 1 se recogen las recomendaciones para la iluminación de carreteras a cielo abierto,

Es de señalar, y para aplicación de la citada Orden, que en el ámbito de actuación, el tramo comprendido entre el P.K. 52+800 y el 53+200, está clasificado como tramo de concentración de accidentes (TCA) entre los años 2010-2014, según datos facilitados por DFB, y su identificación como TCA corresponde al nudo situado en el P.K. 53+000, punto donde se sitúa la intersección a nivel de la BI-633 con la BI-2405, así como los 200 m contiguos en cada sentido de circulación por ser considerados como tramo de aproximación al nudo identificado, según se establece en la *Orden Circular 30/2012 por la que se aprueban las directrices de los procedimientos para la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del estado*, atendiendo al apartado en el que se establecen las *directrices del procedimiento para la gestión de tramos de concentración de accidentes y la clasificación de la seguridad de la Red de Carreteras del Estado*.



ACTUACIÓN DE MEJORA DE LA BI-633 Y DELIMITACIÓN TCA (P.K. 52+800 a P.K. 53+200)

2. CRITERIOS PARA ILUMINAR UN TRAMO DE CARRETERA

Según la *Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles*, en el Capítulo 2 del Anexo 1, se dan las recomendaciones y establecen los criterios que deben tenerse en cuenta en la justificación de la decisión de iluminar o no un tramo de carretera.

Tal y como recogen las Recomendaciones Internacionales redactadas por los expertos en iluminación a nivel mundial (CIE, Comisión Internacional de Alumbrado) y que han servido de base a las Normas Europeas (EN), los criterios de decisión sobre qué carreteras iluminar o no le corresponden a los Estados Soberanos de la Unión Europea, sirviendo las Normas (EN) sola y exclusivamente para que una vez tomada la decisión de iluminar una carretera, se establezcan los parámetros de la instalación de iluminación basándose en los niveles y criterios cualitativos establecidos en ellas con la finalidad de conseguir uniformidad entre los diferentes países de la Unión Europea.

Para la Red de Carreteras del Estado de España, los criterios que deben tenerse en cuenta a la hora de tomar la decisión de iluminar un tramo de carretera son, según la citada OC:

- a) AUTOVÍAS Y AUTOPISTAS: Estará justificado iluminarlas cuando discurran por suelo urbano (ambas márgenes) y concurra alguna de las siguientes circunstancias:
 - La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día. ($IMD \geq 80.000$ vehículos/día).
 - La intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ($IMD \geq 60.000$ vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.
- b) CARRETERAS CONVENCIONALES: No se iluminarán en general, aunque podrá justificarse su iluminación en caso de que el tramo sea un TCA (Tramo de Concentración de Accidentes) y en los dos últimos años más del 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno.
- c) PUNTOS SINGULARES: Estará justificada la iluminación de los puntos singulares en los siguientes casos:
 - Glorietas situadas en carreteras convencionales, en las que por tener una importante intensidad de tráfico o por su peligrosidad no sea suficiente con una correcta señalización y balizamiento de la misma.
 - Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 80.000 vehículos por día ($IMD \geq 80.000$ vehículos/día).

- Enlaces situados en zonas interurbanas en los que la intensidad media de vehículos sea igual o superior a 60.000 vehículos por día ($IMD \geq 60.000$ vehículos/día) y se produzcan más de 120 días de lluvia al año.
- Cruces con glorieta e intersecciones a nivel, siempre que el tráfico de la carretera secundaria sea mayor que 10.000 vehículos por día, o bien sea un TCA con un porcentaje de accidentes nocturnos superior al 50% del total de accidentes durante los dos últimos años.

A estos efectos, la IMD que se debe tener en cuenta es la del año de puesta en servicio.

Tal y como se detalla en el ANEJO N°8. TRÁFICO, los valores de IMD que se obtienen para el año de puesta en servicio 2.018 son los siguientes:

CARRETERA	IMD (veh/día)	Pesados (%)	IMD p
BI-633 (148A) Urberuaga-Plazakola	7.767	10	777
BI-633 (148C) Plazakola-Berriatua	6.371	8,5	542

Y según se especifica en la citada OC, la iluminación de un tramo carretera o de un punto singular de la Red que no cumpla los criterios anteriores, requerirá la autorización expresa del Director General de Carreteras, previo informe justificativo del Jefe de la Demarcación correspondiente.

3. ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN

Según lo descrito en el punto anterior y teniendo en cuenta las características de la actuación proyectada, se podría justificar la necesidad de la instalación de iluminación atendiendo a los dos casos siguientes:

- b) CARRETERAS CONVENCIONALES: No se iluminarán en general, aunque podrá justificarse su iluminación en caso de que el tramo sea un TCA (Tramo de Concentración de Accidentes) y en los dos últimos años más del 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno.
- c) PUNTOS SINGULARES: Cruces con glorieta e intersecciones a nivel, siempre que el tráfico de la carretera secundaria sea mayor que 10.000 vehículos por día, o bien sea un TCA con un porcentaje de accidentes nocturnos superior al 50% del total de accidentes durante los dos últimos años.

En el primer caso, por tratarse de una carretera convencional y que en el ámbito de actuación hay identificado un tramo de concentración de accidentes entre el P.K. 52+800 y el P.K. 53+200 en el periodo de 2010-2014, se analiza, según los datos de accidentes facilitados por la DFB, si en los dos últimos años más del 50% de los accidentes ocurridos en dicho tramo, se han producido en periodo nocturno.

El TCA identificado se define, como se ha mencionado anteriormente, para el periodo del 2010-2014, por lo que se analizan los accidentes ocurridos en los dos últimos años de dicho periodo, 2013 y 2014 y que se recogen en la siguiente tabla:

CTRA.	PK	SENT.	AÑO	DÍA	MES	FECHA	HR	MIN
BI-633	53+200	1	2013	25	11	lunes, 25 de noviembre de 2013	20	40
BI-633	53+300	1	2013	28	7	domingo, 28 de julio de 2013	11	28
BI-633	53+400	1	2013	10	2	domingo, 10 de febrero de 2013	18	41
BI-633	53+500	1	2013	14	2	jueves, 14 de febrero de 2013	11	22
BI-633	53+500	2	2013	21	10	lunes, 21 de octubre de 2013	12	25
BI-633	53+500	2	2013	17	3	domingo, 17 de marzo de 2013	10	45
BI-633	53+500	2	2014	1	3	sábado, 1 de marzo de 2014	22	8
BI-633	53+700		2014	9	12	martes, 9 de diciembre de 2014	15	22
BI-633	54+000	1	2014	26	4	sábado, 26 de abril de 2014	5	43
BI-633	54+000	1	2014	7	7	lunes, 7 de julio de 2014	8	30

Como puede observarse, sólo se ha producido un accidente dentro del TCA y dicho accidente ha sido en horario nocturno. Esto supone un 100% de los accidentes, por lo que, con lo establecido en la Orden Circular 36/2015 para el caso de una carretera convencional, si se podría justificar la iluminación de todo el tramo de concentración de accidentes en el tramo de carretera objeto de estudio.

Si se analiza el segundo caso, el valor de la IMD tanto de la carretera principal, como de la carretera secundaria, correspondiente al año de puesta en servicio, es menor de 10.000 vehículos/día, pero se confirma que hay un punto singular dentro del TCA definido, al situarse en el P.K. 53+000 la intersección de la BI-633 con la BI-2405 y que trata ésta de una intersección a nivel.

Sin embargo tal y como se recoge a continuación en los datos de la tabla de accidentes ocurridos en 2013 y 2014, en la intersección (PK 53+000) no se ha producido ningún accidente, ni en periodo nocturno ni diurno, por lo que atendiendo a este caso, en este punto no se justifica la necesidad de iluminación.

CTRA.	PK	SENT.	AÑO	DIA	MES	FECHA	HR	MIN
BI-633	53+200	1	2013	25	11	lunes, 25 de noviembre de 2013	20	40
BI-633	53+300	1	2013	28	7	domingo, 28 de julio de 2013	11	28
BI-633	53+400	1	2013	10	2	domingo, 10 de febrero de 2013	18	41
BI-633	53+500	1	2013	14	2	jueves, 14 de febrero de 2013	11	22
BI-633	53+500	2	2013	21	10	lunes, 21 de octubre de 2013	12	25
BI-633	53+500	2	2013	17	3	domingo, 17 de marzo de 2013	10	45
BI-633	53+500	2	2014	1	3	sábado, 1 de marzo de 2014	22	8
BI-633	53+700		2014	9	12	martes, 9 de diciembre de 2014	15	22
BI-633	54+000	1	2014	26	4	sábado, 26 de abril de 2014	5	43
BI-633	54+000	1	2014	7	7	lunes, 7 de julio de 2014	8	30

A la vista de los dos casos analizados y por aplicación estricta de la citada Orden, se podría justificar que no es necesario iluminar la intersección analizada como un punto singular, pero si se podría justificar la iluminación de todo el TCA (52+800 – 53+200) ya que se supera el 50% de los accidentes en horario nocturno en los dos últimos años, 2013 y 2014.

No obstante, se considera conveniente analizar más en detalle estos resultados junto con el análisis de la evolución de los datos de accidentabilidad en dicho TCA.

- El análisis como nudo no justifica la necesidad de iluminar, pero precisamente el carácter de nudo es el que identifica al tramo como TCA, de hecho es el P.K 53+000, el P.K. del nudo, en el punto. en todo el TCA. que con diferencia ha registrado mayor número de accidentes en el periodo de años analizado.

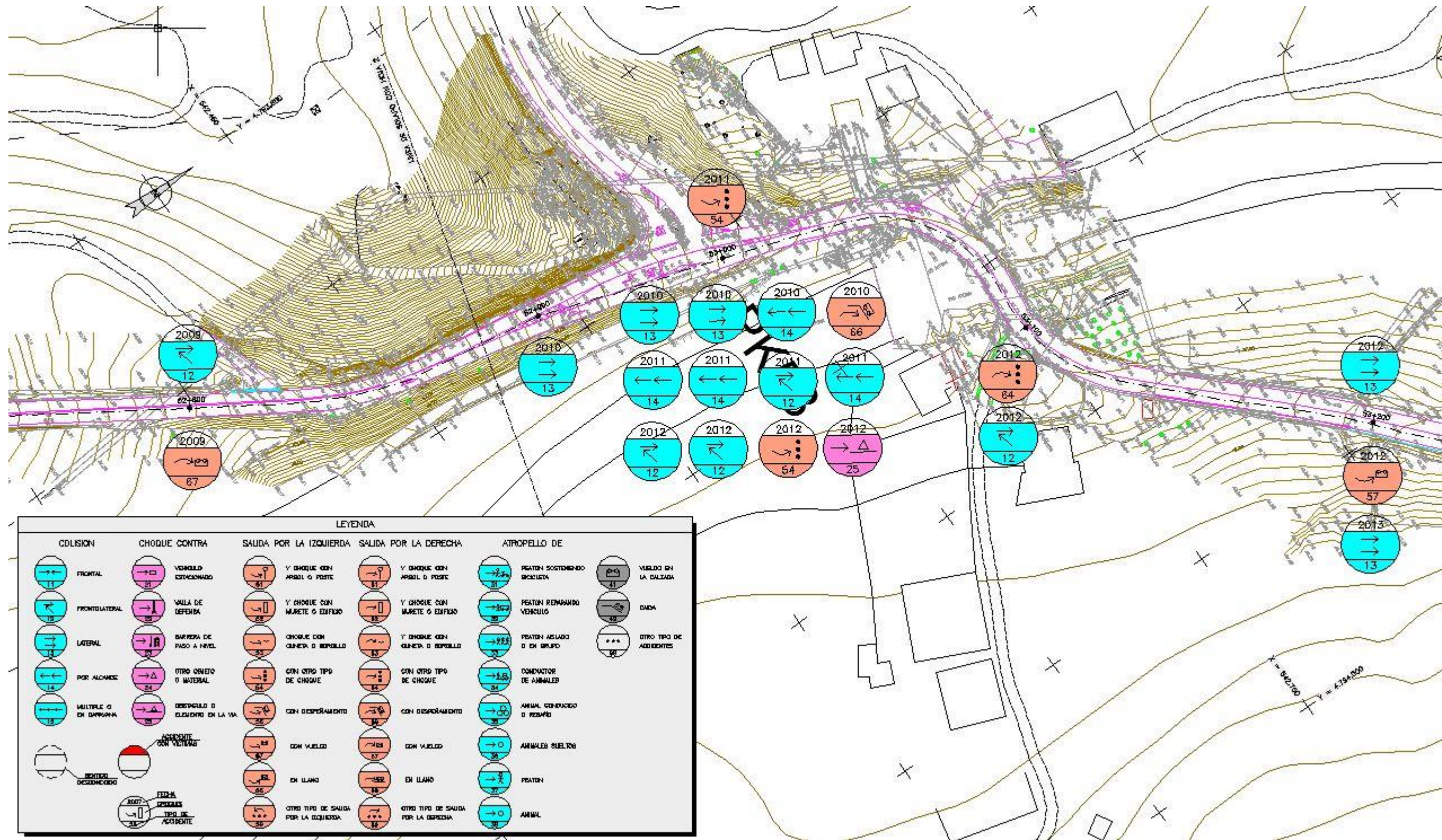
- La Orden Circular establece realizar el análisis en los dos últimos años. En este caso, únicamente se ha producido un accidente y ese accidente ha sido en horario nocturno, lo cual implica el 100% de los accidentes ocurridos, pero un único accidente no parece que puede ser representativo para iluminar 400 m de carretera que son los que identifican el TCA en estudio.
- Para que un tramo de carretera se considere como un TCA, se deben analizar los accidentes en los últimos 4 años. A continuación se adjuntan los datos de los accidentes registrados del 2010 al 2014 en el tramo correspondiente a dicho TCA, del P.K. 52+800 al P.K. 53+200

CTRA.	PK	SENT.	AÑO	DIA	MES	FECHA	HR	MIN
BI-633	52+400	1	2009	6	11	viernes, 6 de noviembre de 2009	15	0
BI-633	52+500	2	2009	25	9	viernes, 25 de septiembre de 2009	8	53
BI-633	52+800	1	2009	1	10	jueves, 1 de octubre de 2009	15	15
BI-633	52+800	2	2009	14	7	martes, 14 de julio de 2009	15	0
BI-633	52+900	1	2010	22	1	viernes, 22 de enero de 2010	16	25
BI-633	53+000	1	2010	15	4	jueves, 15 de abril de 2010	10	48
BI-633	53+000	1	2010	13	3	sábado, 13 de marzo de 2010	16	46
BI-633	53+000	1	2010	2	8	lunes, 2 de agosto de 2010	12	5
BI-633	53+000	1	2010	4	6	viernes, 4 de junio de 2010	9	43
BI-633	53+000	1	2011	5	9	lunes, 5 de septiembre de 2011	10	17
BI-633	53+000	1	2011	5	2	sábado, 5 de febrero de 2011	10	27
BI-633	53+000	1	2011	20	12	martes, 20 de diciembre de 2011	9	9
BI-633	53+000	1	2011	6	5	jueves, 5 de mayo de 2011	16	0
BI-633	53+000	2	2011	15	2	martes, 15 de febrero de 2011	17	13
BI-633	53+000	1	2012	1	10	lunes, 1 de octubre de 2012	13	3
BI-633	53+000	1	2012	6	12	jueves, 6 de diciembre de 2012	22	15
BI-633	53+000	1	2012	17	8	viernes, 17 de agosto de 2012	8	30
BI-633	53+000	1	2012	11	6	lunes, 11 de junio de 2012	20	30
BI-633	53+100	1	2012	30	11	viernes, 30 de noviembre de 2012	13	0
BI-633	53+100	1	2012	11	12	martes, 11 de diciembre de 2012	10	26
BI-633	53+200	1	2012	4	1	domingo, 1 de enero de 2012	16	10
BI-633	53+200		2012	21	5	lunes, 21 de mayo de 2012	19	19
BI-633	53+200	1	2013	25	11	lunes, 25 de noviembre de 2013	20	40
BI-633	53+300	1	2013	28	7	domingo, 28 de julio de 2013	11	28
BI-633	53+400	1	2013	10	2	domingo, 10 de febrero de 2013	18	41
BI-633	53+500	1	2013	14	2	jueves, 14 de febrero de 2013	11	22
BI-633	53+500	2	2013	21	10	lunes, 21 de octubre de 2013	12	25
BI-633	53+500	2	2013	17	3	domingo, 17 de marzo de 2013	10	45
BI-633	53+500	2	2014	1	3	sábado, 1 de marzo de 2014	22	8
BI-633	53+700		2014	9	12	martes, 9 de diciembre de 2014	15	22
BI-633	54+000	1	2014	26	4	sábado, 26 de abril de 2014	5	43
BI-633	54+000	1	2014	7	7	lunes, 7 de julio de 2014	8	30

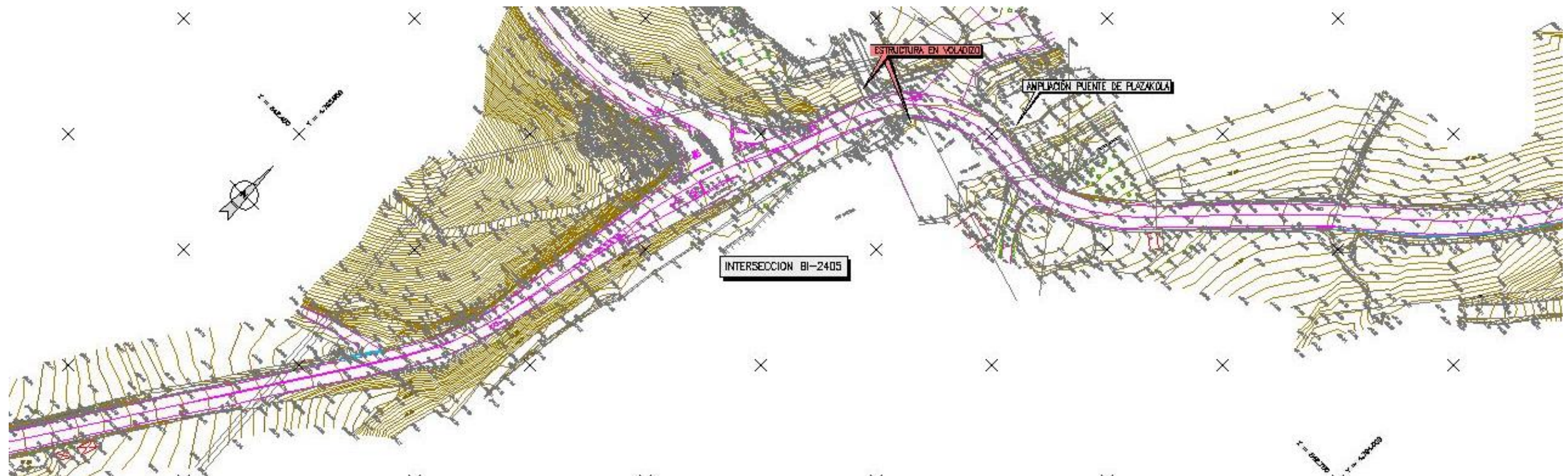
A continuación, a modo gráfico, se adjunta una imagen con la identificación de los accidentes ocurridos en el TCA objeto del estudio, obtenido a partir de los planos que se recogen en el ANEJO Nº16. SEGURIDAD VIAL, donde se puede ver claramente el resumen de los datos de la tabla anterior y de los que se extrae que:

- Se han registrado 19 accidentes en el TCA en estudio. Todos ellos han ocurrido entre los años 2010 y 2013, en el año 2014 no ha habido ningún accidente y en el 2013 únicamente se ha producido un accidente, es decir, 1 de 19, lo que representa un 5,3% del total de los accidentes ocurridos en los cuatro años correspondientes al periodo de tiempo correspondiente al TCA.
- De los 19 accidentes registrados, 3 accidentes han ocurrido en horario nocturno, dos de ellos en el PK de la intersección y el tercero en el P.K. final del tramo de aproximación al nudo en sentido Ondarroa-Markina, punto que se sitúa a 200 del nudo y que supone un 15,8% del total de accidentes ocurridos en los tres últimos años, valor muy inferior al 50% que señala la citada Orden, en la que sólo se consideran los 2 últimos años para la justificación de la necesidad de dotar de iluminación un tramo de carretera.
- El punto donde se ha concentrado el mayor número de accidentes es en la intersección, con un 68% de los accidentes ocurridos entre el 2010 y 2014, y como se ha indicado anteriormente coincide con el punto que identifica el TCA.
- En ese punto el número de accidentes ha ido disminuyendo notablemente, de tal forma que en los dos últimos años no se ha producido ninguno.
- Del total de accidentes producidos en este P.K. entre los años 2010-2014, sólo han ocurrido dos en periodo nocturno, lo que supone un 15,4%.

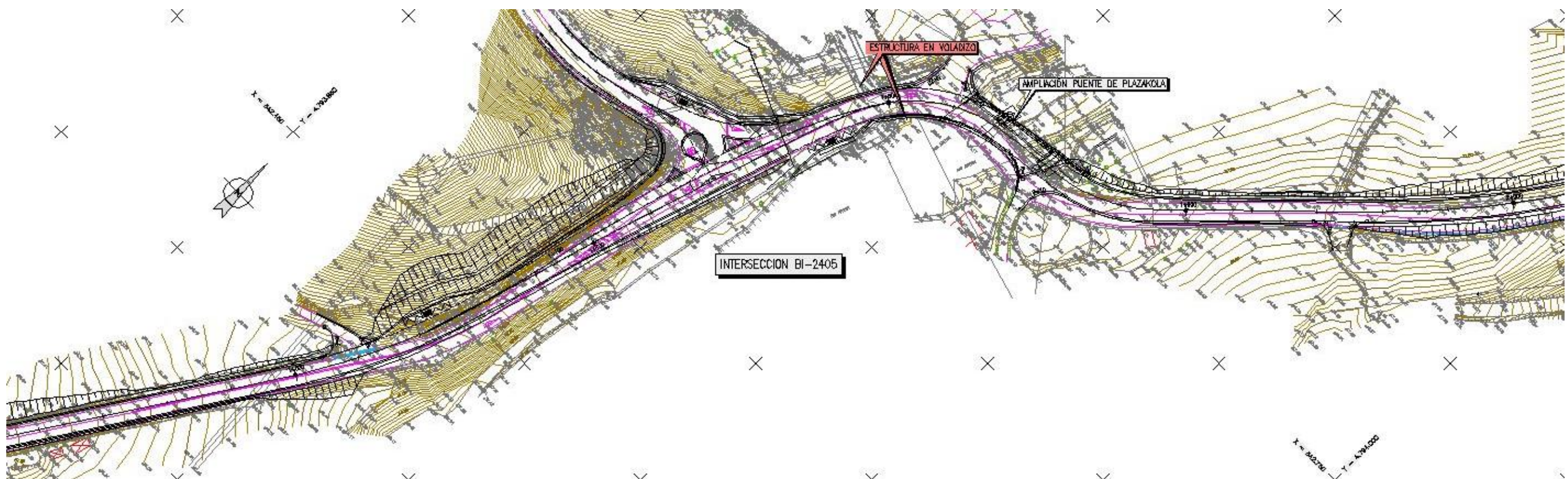
Y también se adjuntan dos imágenes comparando el estado actual de la carretera en la zona del TCA en estudio y la mejora de trazado que se pretende llevar a cabo.



IDENTIFICACIÓN DE ACCIDENTES EN EL TCA (P.K. 52+800 a P.K. 53+200)



PLANTA DE ESTADO ACTUAL



PLANTA DE MEJORA DEL TRAZADO

4. CONCLUSIONES

A la vista del análisis realizado y teniendo en cuenta que:

- el P.K. más representativo desde el punto de vista de la accidentabilidad, es el P.K. 53+000, la intersección de la BI-633 con la BI-2405, con un 68% de los accidentes y es el nudo que en definitiva identifica el TCA en estudio, pero que en ese punto en los dos últimos años, no se ha producido ningún accidente, por lo que aplicando estrictamente la Orden Circular 36/2015, no sería necesaria su iluminación y si se tomase un mayor número de años para el análisis, tampoco se alcanzaría en dicho punto el 50% que establece la citada OC como umbral para iluminar.
- sí que se podría justificar la iluminación de los 400 m que definen el tramo de concentración de accidentes, según estricta aplicación de la OC, porque en los últimos 2 años más del 50 %, concretamente el 100% de los accidentes, que se han producido en dicho TCA, han sido en periodo nocturno, pero señalando que este porcentaje tan alto se obtiene en base a un único accidente ocurrido en el P.K. 53+200.
- que se está proyectando una actuación de mejora del trazado en dicha carretera y concretamente en ese tramo se prevé adoptar una serie de medidas, todas ellas con el objetivo de mejorar la seguridad vial y disminuir así el grado de accidentabilidad de la vía en general y de dicho TCA en particular, como son, aumento de anchura de la sección transversal de la carretera, rectificación de curvas con la correspondiente mejora de la visibilidad y aumento de distancia de parada en la intersección en particular, así como el empleo adecuado de los elementos de equipamiento vial.

Se concluye que en el TCA objeto de estudio, para decidir si es necesario iluminarlo como medida de mejora de seguridad vial, no sólo se puede basar la justificación en la aplicación de los criterios establecidos en la Orden Circular 36/2015, donde se establecen unas recomendaciones y por lo tanto no es una norma de obligado cumplimiento, porque además como ocurre en este caso, analizando sólo los dos últimos años, se obtiene un 100 % de accidentes en periodo nocturno, pero en realidad, en esas condiciones y en ese periodo de tiempo, sólo se ha producido un único accidente y analizando en detalle los accidentes ocurridos durante los 5 años que identifican el TCA, los porcentajes cambian notablemente y se aprecia que el mayor número de accidentes en dicho tramo se han producido en horario diurno, por lo que **no se ve la necesidad de iluminar dicho TCA como medida de mejora de la seguridad vial** y más cuando se pretende llevar a cabo con el presente proyecto una actuación de mejora del trazado con el objetivo principal de mejorar la seguridad vial y disminuir con ello el grado de accidentabilidad de la vía en general y de dicho TCA en particular, tal y como se ha mencionado anteriormente.