CENTRO DE ACUSTICA APLICADA S.L.

informe técnico

AAC 080209

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION LUMINICA Y DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL ALUMBRADO PUBLICO EXTERIOR DEL MUNICIPIO DE ERRENTERIA.
(Acción A3.2.2. de la Agenda Local 21)

AAC CENTRO DE ACÚSTICA APLICADA S.L.
Parque Tecnológico de Álava
E - 01510 Miñano (VITORIA-GASTEIZ)
aac@aacacustica.com
www.aacacustica.com

Delegaciones:

C/ Álvarez Mendizábal 89 – 1º Izda.
08008 MADRID

C/ Blasco Ibañez 56
35007 LAS PALMAS de GRAN CANARIA

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita de AAC Centro de Acústica Aplicada SL.

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION LUMINICA Y DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DEL ALUMBRADO PUBLICO EXTERIOR DEL MUNICIPIO DE ERRENTERIA. ***(Acción A3.2.2. de la Agenda Local 21)***

doc.: AAC 080209	SMG/ ABI	08.02.08

Dirigida a: **ERRENTERIAKO UDALA -** Mendi eta Ingurumena
AYUNTAMIENTO DE ERRENTERIA - Medio Ambiente y Montes

Vitoria- Gasteiz, fecha del encabezamiento

Vº Bº

Alberto Bañuelos Irusta **Susana Malón Giménez**

ÍNDICE	PÁG.

1. OBJETO **4**

2. INTRODUCCIÓN **4**

3. ALCANCE **9**

4. LEGISLACIÓN **14**

5. OBJETIVOS DE CALIDAD: ZONIFICACIÓN LUMÍNICA **16**

6. METODOLOGÍA **19**

6.1. Descripción puntos de luz: Emisión y FHS_{inst} **19**

6.2. Cálculo de los niveles de iluminación **20**

7. DATOS DE PARTIDA: INVENTARIO **24**

8. RESULTADOS: INDICADORES ALUMBRADO Y SOSTENIBILIDAD **26**

8.1. Análisis Global de Errenteria **26**

8.2. Estudios de detalle (Galtzaraborda y Alde Zaharra) **44**

9. RECOMENDACIONES: PLAN DE ACCIÓN **56**

10. CONCLUSIONES **70**

ANEXOS

ANEXO 1: ZONIFICACIÓN LUMÍNICA

ANEXO 2: INVENTARIO

ANEXO 3: CAMPAÑA DE MEDIDAS

ANEXO 4: HERRAMIENTA DE GESTIÓN: S.I.G.

ANEXO 5: PROPUESTA DE ORDENANZA MUNICIPAL DE ALUMBRADO

ANEXO 6: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEXO 7: CATÁLOGO DEL PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE ERRENTERIA RECOGIDOS COMO PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y PATRIMONIO NATURAL

ANEXO 8: TABLA RESUMEN DEL PLAN ACCIÓN

ANEXO 9: DOCUMENTO DE SINTESIS

Equipo de trabajo:

Alberto Bañuelos Irusta
Susana Malón Giménez
Unai Baroja Andueza
Beatriz Lagartos Calvo

1. OBJETO

En este documento se presentan los resultados obtenidos del análisis realizado sobre las instalaciones de alumbrado exterior público en el término municipal de Errenteria, para la caracterización de su ambiente lumínico en base a criterios de Eficiencia Energética y Contaminación Lumínica. El estudio se ha desarrollado entre septiembre de 2.007 y febrero de 2.008.

2. INTRODUCCIÓN.

El alumbrado exterior es un servicio urbano necesario para garantizar la seguridad de los usuarios tanto en vías de tráfico rodado, como en zonas peatonales, carriles bici, y cualquier calle en general susceptible de ser iluminada.

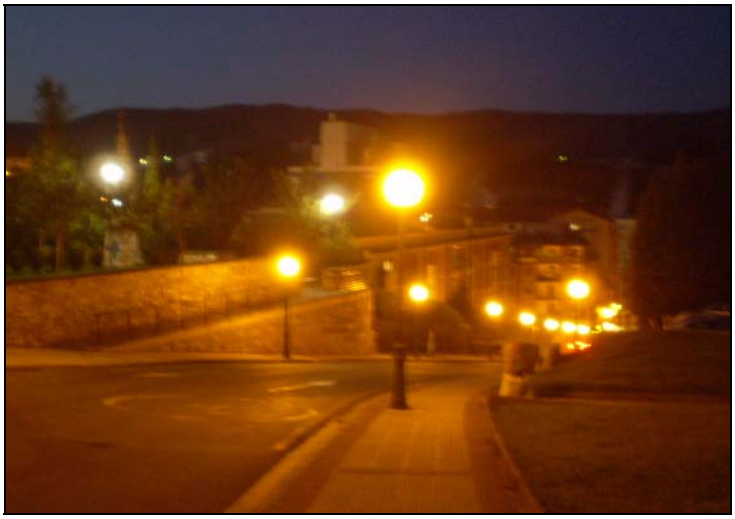
Favorece el desarrollo de las actividades cotidianas, tanto en los aspectos referidos al progreso económico como al social y cultural, permitiendo la realización en periodo nocturno de actividades de ocio, la contemplación de nuestro patrimonio monumental, etc.

Este afán de desarrollo ha implicado el constante crecimiento tanto en el número de instalaciones de alumbrado como en los niveles de iluminación que éstos generan, sin tener en cuenta aspectos esenciales en la gestión del alumbrado, como la calidad de servicio, las eficiencias energéticas y distribución luminosa de las fuentes de luz, entre otros.

Todo ello ha convertido al alumbrado público en una fuente generadora de contaminación ambiental, como puede serlo el tráfico, los residuos, etc. además de un foco de derroche energético y económico.

Sin embargo, debe quedar claro que no es la luz la causa de estos efectos nocivos, sino que son los deficientes diseños de las instalaciones de alumbrado los que no logran dar una respuesta integral a los aspectos de necesidad de iluminar para garantizar la seguridad y el disfrute de los usuarios, y generación de impacto ambiental negativo.

De las interacciones negativas del alumbrado con el medio ambiente, las de mayor importancia son la contaminación lumínica (resplandor luminoso nocturno, luz Intrusa, deslumbramientos, efectos sobre la biodiversidad, dificultad en la observación astronómica, etc.), la generación de residuos peligrosos, emisiones de Gases de Efecto Invernadero, la escasa eficiencia energética y sobretodo el sobreconsumo energético que todo lo anterior lleva implícito.



Luminarias contaminantes: tipo globo (emisión de luz hacia el cielo)

Resplandor luminoso nocturno de Errenteria

Resplandor luminoso nocturno: no se observa ninguna estrella en el cielo

Luz intrusa

Por ello, y dado que el alumbrado público es una de las principales causas del consumo energético en la administración local, debe ser uno de los objetivos principales en sus planes de eficiencia energética, ajustando el diseño del alumbrado a cumplir las necesidades de iluminación establecidas en las recomendaciones internacionales.

Además, la necesidad de reducir las emisiones de CO_2 afecta directamente a una gestión sostenible del alumbrado, ya que es una de las principales actuaciones de responsabilidad directa de la administración local para contribuir a esta reducción. Por ello es una de las determinaciones contempladas dentro de la Estrategia Ambiental Vasca y también uno de los compromisos de la Red de Ciudades por el Clima, para cumplir el Protocolo de Kyoto, lo que va a potenciar el aumento de la legislación en esta materia.

En general no existe conciencia ciudadana sobre este problema, como puede existir sobre el ruido que es un contaminarte "claramente molesto", aunque las legislaciones se están empezando a desarrollar al respecto y ya se han aprobado varias leyes a nivel de comunidades autónomas (Canarias, Cataluña, Islas Baleares, Cantabria, Navarra) y ordenanzas municipales (Burgos, Tárrega, Córdoba, Santander, entre otras) y está prevista la elaboración y aprobación de un reglamento a nivel estatal, para el que ya existe un borrador muy avanzado.

Es muy extendida la falsa creencia de que cuanta más luz mejor. Y nada más lejos de la realidad puesto que una iluminación excesiva y deficientemente dirigida puede cegar y deslumbrar al usuario, minimizando, por ejemplo, su capacidad de reacción ante un obstáculo. Como decía el genial Gaudí: *"La luz ha de ser justa, ni demasiada ni poca, ya que tanto una como otra ciegan".*

Por todo ello, ahorrar y optimizar el uso de la energía es un objetivo prioritario en todos los planteamientos futuros, tanto desde la óptica de la mejora del medio ambiente como de la reducción del gasto municipal (conviene resaltar en este punto que el alumbrado supone aproximadamente un 50% del consumo energético de un ayuntamiento).

Sin embargo debe hacerse especial mención, a que tanto el ahorro energético y económico como la minimización de la contaminación lumínica, no significa disminuir los puntos de luz, sino iluminar lo justo y mejor, hacia donde es necesario, sin menoscabo de la seguridad ciudadana.

En este sentido, el objetivo principal de este estudio es sentar la base para la optimización de las instalaciones de Alumbrado Exterior Público de Errenteria en función de los factores ***calidad-eficiencia energética***, definiendo criterios lumínicos y energéticos a considerar en la planificación municipal para reducir consumos y mejorar servicio, desde un punto de vista de sostenibilidad, respeto al medio ambiente y eficiencia energética en la mayor medida posible y aplicable.

Además supone el conocimiento de la realidad energética y lumínica del municipio, y a través de los indicadores de gestión del alumbrado y de sostenibilidad definidos y calculados permiten hacer un seguimiento continuado y llevar a cabo una gestión más eficiente del Alumbrado Exterior Público municipal de una forma dinámica y eficaz que se ajuste a la realidad y necesidades de Errenteria, dentro de los planes de **Agenda Local 21**.

Por tanto, este estudio se enmarca y permite dar respuesta a las políticas de Sostenibilidad local del Ayuntamiento de Errenteria:

- Que en sesión plenaria de fecha de 29 de octubre de 2004, aprobó su adhesión a la *Carta de Aalborg*, declaración institucional firmada originalmente en la ciudad danesa del mismo nombre, mediante la cual el Ayuntamiento se compromete a impulsar un desarrollo sostenible, asumiendo la adopción de criterios de Sostenibilidad en la gestión del municipio.

Así, este estudio contribuye directamente a cuatro áreas temáticas de la Carta de Aalborg:

CARTA DE AALBORG	
I.3	Estrategias locales hacia la Sostenibilidad
I.6	La economía urbana hacia la Sostenibilidad
I.10	Responsabilidad del cambio climático mundial
I.14	Instrumentos de la gestión urbana hacia la Sostenibilidad

- Y que el 31 de marzo de 2006, el Pleno del Ayuntamiento procedió a aprobar unánimemente el texto del *Plan de Acción Local para la Sostenibilidad de Errenteria*. Así, se daba fin a esta fase de implantación del proceso de Agenda Local 21, tal y como se comprometió esta institución al firmar la Carta de Aalborg. En esta misma fecha, el Ayuntamiento también adoptó para sí el documento institucional denominado "*Compromiso por la Sosteniblidad del País Vasco".*

3. ALCANCE.

La magnitud del consumo energético del alumbrado público justifica enfoques orientados a planteamientos completos del estudio del alumbrado, para poder optimizar los objetivos de calidad que se deben establecer para el municipio y los planes de acción para tratar de conseguirlos. En este sentido:

1. Todas y cada una de las instalaciones son consideradas como integrantes de un conjunto global: el Alumbrado Exterior de Errenteria. Este conjunto no es una simple suma de instalaciones individuales, sino un sistema con una estructura propia y con componentes fuertemente interrelacionados.

2. El Alumbrado Exterior Público no es concebido como una instalación, sino como un servicio al ciudadano. Lo esencial no son sus elementos sino su funcionamiento y las prestaciones que es capaz de proporcionar.

3. El planteamiento del alumbrado no se fundamenta únicamente en su puesta en servicio. Su concepción debe basarse en consideraciones que abarquen todo su ciclo de vida, desde el período inicial, hasta su retirada y eliminación.

Este planteamiento requiere en primer lugar modificar los hábitos en materia de control y diseño del alumbrado urbano. La necesidad de incluir variables hasta ahora escasamente considerados o, al menos, supeditadas a otras variables, como la protección de determinadas zonas, identificar que es iluminación necesaria y que es sobreconsumo, etc., requieren un enfoque ambiental del alumbrado.

Este cambio necesita un proceso de evaluación adicional del alumbrado y un periodo de discusión y colaboración entre los departamentos que pueden estar implicados en diseñar y desarrollar una nueva gestión del alumbrado.

Para ello se definió un plan de trabajo que ha dado lugar a la consecución de un **sistema de gestión del alumbrado exterior público**, en el que se han definido las herramientas a utilizar, las actividades a desarrollar y las responsabilidades y tareas de las diferentes áreas implicadas. Así, los aspectos desarrollados se han basado en los siguientes planteamientos:

1. **El sistema se soporta en herramientas de evaluación que aportan información suficiente para poder tomar decisiones y que permitan mantener la información actualizada.**

Es necesario el empleo de modelos que permitan caracterizar las emisiones lumínicas y la propagación de la luz, para poder obtener los diferentes parámetros que permitan evaluar una situación existente, estudiar posibles mejoras y evaluar nuevas instalaciones previamente a su instalación. Este aspecto se ha desarrollado de forma detallada en los barrios de Galtzraborda y de Alde Zaharra y de forma simplificada en el resto del municipio.

De forma adicional se han realizado mediciones puntuales en varias calles del municipio del nivel de iluminación que han permitido corroborar los datos obtenidos de la modelización, ya que es preciso poner de manifiesto la validez de la metodología aplicada. Sin embargo, basar la evaluación periódica de un municipio en mediciones no es viable, ya que el coste de mantenimiento de la información es muy elevado y además no aporta un análisis de las causas que originan una determinada situación, sino sólo sus efectos.

Las **herramientas del sistema** van a permitir:

- Conocer el cumplimiento de los diferentes objetivos de calidad (ambiental y de iluminación) que se han establecido a través de la zonificación lumínica realizada del municipio.
- Permitir efectuar un análisis de las causas de los incumplimientos.
- Valorar diferentes alternativas de mejora, para poder seleccionar la más apropiada en cada caso.
- Obtener los indicadores de gestión del alumbrado y de sostenibilidad que permitan efectuar un seguimiento de la evolución y fijar objetivos de mejora.
- Facilitar el acceso a la información a todas las áreas relacionadas con la gestión del alumbrado.
- Proporcionar una información fácilmente entendible por técnicos relacionados con el alumbrado, pero sin ser especialistas en esta materia.
- Facilitar la divulgación pública de los resultados y de los planes de acción.

Para lograr estos objetivos, además de utilizar un modelo específico para la evaluación de los parámetros lumínicos, se ha utilizado un **Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)**, donde se han recopilado todos los datos necesarios tanto de partida como los resultados obtenidos, y que van a permitir la accesibilidad a la información y de relacionarla con otras variables ambientales y de gestión municipal.

2. Promover un enfoque multidisciplinar, integrando la gestión del alumbrado en la gestión municipal.

Tradicionalmente los aspectos relacionados con el alumbrado son competencia exclusiva del departamento de alumbrado, aunque en ocasiones, en nuevas urbanizaciones son competencia exclusiva de urbanismo, incluso sin la participación del área de alumbrado.

Este enfoque es el que debe cambiar completamente si se quiere hablar de una gestión sostenible del alumbrado. Este tipo de cambios son siempre delicados, por lo que requieren de una atención especial dentro del desarrollo de un nuevo sistema de gestión.

Para potenciar este objetivo se ha creado un **grupo de seguimiento** del estudio, con participación de las áreas relacionadas con el alumbrado, bien porque han aportado información, bien porque hagan uso de los resultados, porque participen en la gestión de la información o porque sus actuaciones estén relacionadas con las del alumbrado o con la modificación de los objetivos de calidad lumínica para una zona.

Además han aportado los diferentes puntos de vista de las áreas que se pueden ver afectadas por el desarrollo del sistema visión y han aprobado los aspectos técnicos y resultados del estudio, los indicadores que se han utilizado tanto para la gestión específica del alumbrado como para su evaluación dentro de la Agenda 21 Local, etc.

En este sentido el grupo ha sido liderado por el encargado del Departamento de Medio Ambiente y Montes del Ayuntamiento y además ha contado con la participación del encargado y técnicos del Departamento de Mantenimiento Urbano del Servicio Eléctrico municipal y del arquitecto técnico de la Oficina Técnica Municipal.

3. Basar el estudio en un análisis novedoso y más completo, tanto en su ámbito como en su grado de detalle.

En relación con la evaluación y el desarrollo de la herramienta de gestión, se ha aplicado la metodología desarrollada en los últimos años por AAC y que presenta un enfoque novedoso, incluyendo una evaluación sobre modelos tridimensionales de zonas del municipio, que permitan, además de conocer los niveles sobre la calzada, poder evaluar también los niveles en fachada y en el cielo.

En el proyecto este análisis se ha limitado a dos zonas concretas del municipio como ya se ha comentado (barrios de Galtzraborda y de Alde Zaharra) y que ha permitido mostrar las posibilidades de análisis y el significado de los diferentes parámetros de calidad lumínica, que ya no serán sólo cumplir con las exigencias mínimas de iluminación, sino que respetando estos criterios, se han fijado también niveles que no se deben superar, zonas que no se deben iluminar e incluso plantearse si los objetivos de diseño que se vienen aplicando se deben modificar.

Para poder afrontar estas decisiones, es preciso disponer de evaluaciones que puedan tener en cuenta todas las variables a considerar.

4. Los estudios de renovación de una red o de nuevas urbanizaciones se deben analizar de forma completa.

El coste que supone una renovación del alumbrado en una zona del municipio o el proyecto de una nueva instalación, justifica el que se realicen estudios completos, que permitan optimizar la instalación y servir de ejemplo para ir cambiando los criterios de diseño.

El sistema de gestión proporciona las directrices para asegurar las tareas preventivas, de forma que los nuevos proyectos cumplan los objetivos que se persiguen como finalidad del plan de gestión.

5. La gestión del alumbrado se debe integrar dentro de los planes de sostenibilidad: definición de indicadores.

El alumbrado no es independiente de otras áreas del desarrollo urbano, sino que tiene una estrecha relación con otros departamentos y además se ve influenciado por decisiones que parecen ajenas. Por ejemplo una modificación del tráfico, puede hacer cambiar los objetivos de calidad para una determinada calle.

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, requieren una reducción de los consumos energéticos y, por lo tanto, optimizar el uso del alumbrado, ya que se trata de una de las principales causas de consumo energético en los municipios.

En este sentido la mejora de la eficiencia energética debe considerar además de un planteamiento específicamente lumínico, también el diseño eléctrico del sistema, por lo que en el estudio se han incluido en el inventario los cuadros (con los circuitos y salidas, sistemas de regulación, etc.).

Aspectos como la movilidad, que son también un objetivo para la reducción de contaminantes y del ruido, deben implicar unos cambios en el municipio que también van a afectar a las exigencias del alumbrado.

La consideración de efectos sobre la fauna y la flora por la exposición al alumbrado, van a condicionar los criterios de iluminación.

En general, será necesario conjugar diferentes puntos de vista en el diseño del alumbrado, integrándolo en el desarrollo del municipio, en la misma forma que otras variables ambientales, de accesibilidad, movilidad, etc.

En definitiva es necesario integrar el alumbrado exterior público en los planes de sostenibilidad de Errenteria. Para ello, es conveniente disponer de indicadores que valoren la situación actual y la evolución en el futuro de la gestión del alumbrado en clave sostenible. El sistema proporciona indicadores que cumplen estos objetivos, los de gestión del alumbrado y de sostenibilidad, aparte de aquellos de carácter exclusivamente técnicos para la gestión específica de la red de alumbrado de un municipio.

4. LEGISLACIÓN

En este apartado se deben distinguir dos caminos diferenciados aunque a la vez paralelos. Por un lado, los requerimientos técnicos y lumínicos recomendados para una instalación de Alumbrado Exterior Público cuyo objetivo es lograr la máxima seguridad y comodidad en la circulación vial. Y por otro, la legislación existente a nivel de Contaminación Lumínica.

Respecto a los primeros, éstos se corresponden a los niveles de iluminación de acuerdo a lo establecido en la norma europea EN 13201, teniendo en cuenta estudios, informes técnicos, recomendaciones, publicaciones, etc. elaborados por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), así como las Recomendaciones Relativas al Alumbrado de las Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE) y Recomendaciones para la iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento de 1999.

La norma europea EN 13201 se ha basado fundamentalmente en las diferentes recomendaciones de la CIE (por ejemplo, *CIE 115:1995: Recomendaciones para el Alumbrado de Carreteras con Tráfico Motorizado y Peatonal* y *CIE 136:2000: Guía para la Iluminación de Áreas Urbanas*) participando en su elaboración los siguientes países: Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza y Reino Unido.

Dentro de la legislación existente en materia de Contaminación Lumínica, en la década de los 80 hubo un gran desarrollo de legislación para la protección específica de los observatorios astronómicos (fueron los astrónomos profesionales y aficionados los primeros que dieron la voz de alarma ante este tipo de contaminación). Este tipo de legislación en el entorno de los observatorios continúa actualmente incrementándose y mejorando la existente.

A finales de la década de 1990 comienza a dictarse legislación de protección para el control de la contaminación lumínica, no sólo para las instalaciones telescópicas sino con un fin medio ambiental (ahorro energético, hábitat naturales, confort de los usuarios).

El 13 de octubre de 1999 fue aprobada una Proposición no de Ley en el Congreso de los Diputados, en donde se instaba al Gobierno a llevar a cabo una serie de actuaciones a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía IDAE. Entre ellas se consideró oportuno la redacción, en colaboración con el CEI, del *Modelo de Ordenanza Municipal de Alumbrado Exterior* cuya finalidad, en primer término, es mejorar la protección del medio ambiente mediante un uso eficiente y racional de la energía que consume y, en segundo lugar o como consecuencia de lo anterior, reducir la Contaminación Lumínica, sin menoscabo de la seguridad vial, de los peatones y propiedades que deben proporcionar las instalaciones de alumbrado exterior.

Además, se elaboró la "*Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación: Alumbrado Público*", publicada por el I.D.A.E. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y en colaboración con el C.E.I. (Comité Español de Iluminación), que sirve de base para la realización de este estudio.

En la actualidad existen varias leyes de carácter autonómico y municipal relativas a la Contaminación Lumínica, que se citan a continuación:

- ✓ *Ley 31/1988 sobre la Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del IAC (Instituto Astrofísico de Canarias), y posteriormente el RD 243/1992 que regula el funcionamiento de esta Ley.*
- ✓ *The Torrance Barrens Conservation and Dark Sky Reserve. Canadá-1.999.*
- ✓ *Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno (Cataluña) y posteriormente el RD 82/2005.*
- ✓ *Ley 3/2005, de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears.*
- ✓ *Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio nocturno en Navarra.*
- ✓ *Ley de Cantabria 6/2006, de 9 de junio, de Prevención de la Contaminación Lumínica.*
- ✓ *Ordenanzas Municipales de: Tárrega, Burgos, Córdoba, Santander y Castro Urdiales.*

Por último, este auge en el estudio de los impactos de la luz artificial nocturna en el medio ambiente ha generado la elaboración por parte del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de una legislación a nivel estatal, que se encuentra actualmente en fase de borrador pero muy avanzado, y que integra en un mismo documento estos aspectos juntos con los requerimientos lumínicos y técnicos de las instalaciones comentados al inicio de este apartado.

Es el *"Proyecto del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior"*, que tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior con la finalidad de mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de los gases de efecto invernadero, y limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

5. OBJETIVOS DE CALIDAD: ZONIFICACIÓN LUMÍNICA

En base a la legislación y a las recomendaciones citadas anteriormente, se ha llevado a cabo una *zonificación lumínica* de Errenteria, en función tanto de la clase de Alumbrado o Niveles de Iluminación aplicables a cada calle del municipio, como de la protección a la contaminación lumínica o grado de brillo del área, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas del municipio *(véase anexo 1: Zonificación Lumínica de Errenteria)*.

Respecto a los requisitos lumínicos de las instalaciones de alumbrado, el área de estudio que incluye a este municipio, puede describirse fundamentalmente como residencial con predominio de vías de tráfico motorizado de moderada y baja velocidad de circulación y de intensidad de tráfico, así como zonas peatonales y calzadas de prestigio urbano como es el caso de la zona centro, entre otras.

De este modo, a partir de las características propias de dicha zona y siguiendo las recomendaciones anteriores se establece la zonificación siguiente según las clases de alumbrado:

Velocidad (Km/h)	Tipos de vías	Características		Clase de alumbrado	Zonificación
V > 60 (alta velocidad)	Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici	IMD ≥ 7.000		ME1	Z1
				ME2	Z2
	Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio	IMD < 7.000		ME3	Z3
				ME4	Z4
30 < V ≤ 60 (moderada velocidad)	➢ Vías urbanas de tráfico importante y de distribución urbana a distritos.	IMD ≥ 7.000		ME2	Z2
				ME3	Z3
	➢ Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.	IMD < 7.000		ME4	Z4
				ME5	Z5
5 < V ≤ 30 (baja velocidad)	➢ Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada.	Flujo de peatones	ALTO	CE2	Z2
				S1	Z3
	➢ Zonas de velocidad muy limitada			S2	Z4
			NORMAL	S3	Z5
V ≤ 5 (Vías peatonales)	➢ Espacios peatones de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada.	Flujo de peatones	ALTO	S1	Z3
			NORMAL	S2	Z4
	➢ Áreas comerciales peatonales.			S3	Z5
Alumbrados específicos	➢ Parques y jardines.	Flujo de peatones	ALTO	S1	Z3
			NORMAL	S2	Z4
	➢ Aparcamientos en general.	Flujo de peatones	ALTO	CE2	Z2
			NORMAL	CE3	Z3
	➢ Glorietas	En zonas urbanas, como mínimo un grado superior al de tramo que confluye con mayor nivel de iluminación			

Los niveles de iluminación asignados a cada clase de alumbrado son los que se detallan en la tabla que sigue:

Clase alumbrado	Zonificación	Luminancia media L_m (cd/m^2)	Unif. global U_o	Unif. longitudinal U_l	Iluminancia media E_m (lux)	Unif. media U_m
ME2 / CE2	Z2	1,5	0,40	0,70	20	0,40
ME3 / S1/ CE3	Z3	1,0	0,40	0,70	15	0,40
ME4 / S2	Z4	0,75	0,40	0,60	10	0,40
ME5 / S3	Z5	0,50	0,35	0,40	7,5	0,40

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 depreciación no mayor a 0.8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

En las clases de alumbrado tipo ME, se aplican criterios de luminancia de la superficie de la calzada. Para el resto de las clases de alumbrado CE y S, en la mayoría de las situaciones no es posible aplicar el criterio de luminancia, puesto que la distancia de visión resulta inferior a 60m (valor mínimo utilizado para el cálculo de la luminancia) y no es posible situar adecuadamente el observador, dada la sinuosidad y complejidad de la zona. Por ello en Errenteria, se ha aplicado el criterio de iluminancia.

Finalmente, dentro del punto de vista ambientalista y de sostenibilidad del estudio, se propone fijar un nivel máximo que no debe superar el 20% de los niveles medios de referencia establecidos en la tabla anterior.

Respecto a los criterios de contaminación lumínica, en cada una de estas zonas del municipio se han establecido una serie de limitaciones a las emisiones luminosas a través del FHS_{inst}%, *Flujo Hemisférico Superior Instalado, del tipo de lámpara, niveles en fachada, etc.,* según la zonificación del territorio en función del siguiente criterio de clasificación:

Zona	Descripción
E1	zonas de máxima protección a la contaminación luminosa (espacios naturales protegidos, observatorios astronómicos), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	Zonas peri urbanas o extrarradios de ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna

Los requerimientos establecidos en cada una de estas zonas E son:

Zona	FHS_{inst}%	Tipo lámpara	Luz en ventanas: Iluminancia vertical E_V (lux)	
			Antes reducción nivel luminoso	Después reducción nivel luminoso
E1	**≤ 1**	**VSBP ó VSAP**	2	1
E2	**≤ 5**	**VSAP**	5	1
E3	**≤ 15**	**VSAP**	10	2
E4	**≤ 25**	**VSAP**	25	5

FHS_{inst}%: Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior Instalado

VSBP: Lámpara de Vapor de Sodio de Baja Presión

VSAP: Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión

En Errenteria, según la descripción del municio en base a estas tipologías de zonas, se proponen dos áreas: **E3** en la zona del centro del municipio donde se desee destacar las fachadas de edificios emblemáticos (zona ayuntamiento, iglesia, etc.) que requieran un alumbrado específico ornamental y **E2** en el resto.

Por tanto, en la zona E3, no deberían implantarse luminarias con FHS_{inst}% que sea mayor del 15%, mientras que en el resto del municipio este parámetro no superará el 5%. Sin embargo, el objetivo a seguir es minimizar lo máximo posible este parámetro, ya que todo lo que exceda de 0% se considera flujo luminoso y energía perdida y desaprovechada para el uso al que está destinado.

6. METODOLOGÍA

A continuación se detalla la metodología seguida para la obtención de los objetivos fijados para este estudio:

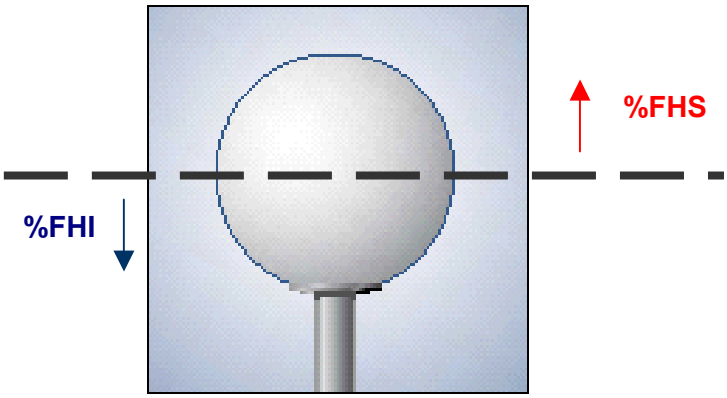
6.1. Descripción puntos de luz: Emisión y FHS_{inst}

A partir de la información recopilada de los datos de los modelos y tipos de luminarias y lámparas se solicitó al fabricante la información fotométrica y técnica de las mismas.

A partir de las curvas fotométricas de distribución de intensidad de los puntos de luz considerados (conjunto lámpara-luminaria), se calcularon los parámetros que caracterizan estos focos luminosos:

- **Emisión Lumínica: Flujo Total Instalado (FTI),** en lúmenes. También se representa como *densidad lumínica (Klm/m^2)* utilizado en estudios similares en otros términos municipales.

- **Flujo Hemisférico Superior (%FHS),** que indica el porcentaje del flujo útil generado por la instalación que se emite en dirección a la bóveda celeste y que por tanto es contaminante, puesto que además de ser uno de los componentes del Resplandor Luminoso Nocturno, es un flujo desaprovechado lo cual genera un derroche energético innecesario. (Este parámetro está limitado según las recomendaciones establecidas).



6.2. Cálculo de los niveles de iluminación

Una vez caracterizada la emisión lumínica de los puntos de luz a través de su FTI y de su fotometría, se realiza el cálculo de los niveles de inmisión, es decir, los niveles de iluminación en las superficies objeto de estudio: calzada, en el cielo y en las fachadas de los edificios.

El análisis se ha desarrollado en detalle en las zonas del *Casco Antiguo* y la calle *Galtzaraborda.* El área de ambos estudios se centra no sólo en las calles principales definidas, sino también en las calles adyacentes, ya que desde un punto de vista ambiental y según los objetivos de este proyecto, es necesaria la realización de un diagnóstico en todo un área en vez de en calles concretas.

En el resto del municipio se ha llevado a cabo un análisis simplificado de estos niveles de iluminación, en base al cálculo por calles tipo representativas del municipio, que se han definido junto con el Ayuntamiento (en ellas además se han realizado las mediciones nocturnas del niveles de iluminación promedio, en lux) y se ha estimado el porcentaje de calles del municipio que representan cada calle tipo, con el objetivo de extrapolar estos resultados y obtener de los indicares de sostenibilidad al resto de Errenteria, son las siguientes:

Tipo	Calle	Tipología de alumbrado	Características	% calles correspondientes en el municipio
1	Paseo Fanderia	Luminaria peatonal	Forma de L	12 %
2	Calle Darío Regoyos	Luminaria peatonal	Forma de L	10 %
3	Avenida Galtzaraborda	Luminaria peatonal	Forma de U	20 %
4	Calle Urdaburu	Luminaria peatonal	Forma de L	12 %
5	Calle Viteri	Luminaria vial	Forma de U	17 %
6	Calle Santa María	Luminaria peatonal	Forma de U	4 %
7	Polígono Masti-Loidi	Luminaria vial	Forma de L	9 %

Para la caracterización lumínica de dichas zonas, se calculan los niveles de iluminación en las calzadas de las calles seleccionadas (análisis eficiencia energética, exceso de iluminación, etc. a partir de los criterios de calidad definidos en la propuesta de zonificación lumínica del municipio), en las fachadas de los edificios adyacentes a las mismas (análisis de luz intrusa) y en el “cielo”, superficies de las calles ubicadas sobre la mayor cota de alero de los edificios de la calle (análisis Resplandor Luminoso Nocturno).

Los parámetros luminotécnicos establecidos se calculan a través de una modelización del área de estudio en el programa de cálculo LX Studio, teniendo en cuenta la cartografía del área, geometría y características de las calles, luminarias ubicadas, altura edificios, color de las superficies (calzada, fachadas) para contemplar la reflexión, etc.

Aplicando los criterios de valoración establecidos en la zonificación del municipio, se identifican aquellas situaciones:

- ✓ Problemáticas respecto a los niveles de iluminación y parámetros de calidad recomendados en las calzadas y los niveles de iluminación en las fachadas (luz intrusa)
- ✓ No eficientes que el Alumbrado Exterior Público genera en la zona concreta.

A partir de los niveles de iluminancia (E_m (lux) calculados sobre cada superficie se calcula el flujo luminoso que recibe cada una de ellas cuantificando el flujo luminoso sobre la calzada, la luz intrusa y Resplandor Luminoso Nocturno o Emisión Flujo Superior (los dos últimos como componentes de la contaminación lumínica y derroche energético).

Los resultados se resumen en los *indicadores de sostenibilidad del alumbrado público en* Errenteria:

Indicador CL1: Consumo energético	
Importe anual por habitante pagado por el alumbrado público del municipio.	
Unidad	Euros / Habitante
Cálculo	Facturas anuales del consumo eléctrico pagadas por el ayuntamiento para las instalaciones de alumbrado público, más los gastos de mantenimiento.

Indicador CL2: Puntos de luz contaminantes	
Porcentaje de puntos de luz del alumbrado público que sobrepasan los límites admisibles para el FHS o que contienen residuos peligrosos, como el mercurio.	
Unidad	% de los puntos de luz
Cálculo	Se contabilizan todos los puntos de luz que disponga de: a) Luminarias que impliquen un FHS superior al admisible para la zona en la que se ubica, de acuerdo con la zonificación por brillo admisible, b) o lámparas con residuos especialmente peligrosos (mercurio, etc.), con emisión fuera del visible, no apropiadas según la zonificación en zonas E. El indicador se obtiene como el porcentaje que representan estos puntos de luz con respecto al total que constituye el alumbrado público del municipio.

Indicador CL3: Eficiencia Energética	
Eficiencia energética total de la instalación de alumbrado público del municipio.	
Unidad	W / m^2 / 10 lux
Cálculo	Evaluación por zonas de la iluminancia media en servicio por la superficie objeto de ser iluminada. Suma para toda la superficie objeto de ser iluminada del municipio de los valores parciales obtenidos, que se dividirá por la potencia activa total instalada en el municipio. Las instalaciones serán energéticamente eficaces si tienen un valor de: **W / m^2 / 10 lux < Objetivo a Conseguir (IDEA/CEI)** Se obtiene el % del municipio con instalaciones energéticamente eficaces.

Indicador CL4: Nivel de iluminación	
Porcentaje de la superficie a iluminar del municipio que cumple los objetivos de nivel de iluminación internacionales (CEI), sin excederlos en más del 20 %.	
Unidad	% de superficie objeto de ser iluminada del municipio
Cálculo	Se realizan evaluaciones parciales que se comparan con el nivel promedio de iluminación que le corresponde (lux), calificando como resultado positivo si: **Nivel CEI < Nivel de Iluminación (lux) < 1,2 * Nivel CEI** Se obtiene el % de la superficie total de las zonas para las que se ha obtenido un resultado positivo con respecto a la superficie total del municipio que requiere ser iluminada.

Indicador CL5: Luz intrusa	
Porcentaje de población que está expuesta en la fachada de su vivienda a niveles de iluminación superiores a 2 (lx) en el periodo de reducción del nivel luminoso.	
Unidad	% de población del municipio.
Cálculo	Evaluar los niveles promedio de iluminación en fachada de cada edificio residencial y asociarlo a la población del edificio. Sumar la población de los edificios con niveles en fachada superiores a 2 lx y obtener el porcentaje con respecto a la población total del municipio.

Indicador CL6: Resplandor luminoso	
Porcentaje del flujo instalado que se dirige hacia el cielo.	
Unidad	% de Flujo Total Instalado
Cálculo	Evaluar por zonas el flujo luminoso que se dirige hacia el cielo, teniendo en cuenta la contribución de las reflexiones. Sumar el flujo total hacia el cielo para el municipio. Calcular el porcentaje con respecto al flujo total instalado en el municipio

Indicador CL7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (GEI)	
Nº de toneladas anuales de CO_2, que generan las instalaciones de alumbrado público en el municipio.	
Unidad	Tn CO_2
Cálculo	Evaluar a partir del consumo anual del alumbrado público en kWh, el número de toneladas de CO_2 que se emiten a la atmósfera.

7. DATOS DE PARTIDA: INVENTARIO

La tarea documental llevada a cabo es la recopilación de los datos necesarios para caracterizar las instalaciones de Alumbrado Exterior Público de Errenteria, a partir de la cual se ha elaborado un inventario que incluye tanto los puntos de luz existentes en el municipio como los cuadros de luz, donde se especifica la ubicación, número de circuitos y su sección en mm^2.

La información ha sido facilitada por el Ayuntamiento de Errenteria y se ha completado y mejorado mediante el trabajo de campo y técnico por parte del equipo de AAC basado en la descripción sobre el plano de los puntos de luz, una colección fotográfica y recopilación de los datos técnicos de los mismos.

En el inventario *(véase anexo 2 Inventario puntos de luz)* se han caracterizado los puntos de luz de alumbrado público (conjunto lámpara-luminaria) del municipio desde un punto de vista:

Técnico	Geográfico
- Modelo y características de luminaria - Tipo y potencia de lámpara. - etc.	- Ubicación en el plano - Disposición (unilateral, bilateral, tresbolillo...) - Sobre báculo o palomilla adosada a fachada - Altura de montaje

Se han inventariado un total de 4.824 puntos de luz agrupados en 36 tipos diferentes, los cuales se describen y representan en citado anexo 2.

Y los cuadros eléctricos del municipio desde un punto de vista:

Técnico	Geográfico
- Número de circuitos o salidas del cuadro eléctrico. - Secciones del cableado. - Existencia de regulador de flujo.	- Ubicación en el plano

Se han inventariado un total de 54 cuadros eléctricos en Errenteria y en función del número de salidas o circuitos de alumbrado de cada cuadro eléctrico, se han establecido 8 tipos de cuadros. Además de esta clasificación, cada cuadro puede disponer de un número de circuitos determinado pero con distintas secciones de cableado que se describe en el inventario.

Respecto a sistemas de control energético, el 92,85% de los cuadros dispone de reguladores de flujo (modelo Limiter (Ingequr)).

Por último, también se recopiló la información de la facturación anual del Ayuntamiento en consumo de Alumbrado Exterior Público, en valores de Energía Facturada (kWh) y Total Facturado (€).

8. RESULTADOS: INDICADORES ALUMBRADO Y SOSTENIBILIDAD

Tras el análisis realizado, a continuación se exponen los resultados obtenidos a nivel global en todo el municipio, según el análisis de calles tipo, y en detalle en las zonas de Galtzaraborda y Alde Zaharra.

Los resultados se presentan a través de los indicadores de sostenibilidad definidos en el apartado anterior y de gestión del alumbrado.

8.1. Análisis Global de Errenteria

Indicador CL1: Consumo energético

La facturación facilitada por el Ayuntamiento incluye el consumo anual en Kwh por cuadro, el consumo € tanto en energía eléctrica y en las partidas de mantenimiento de las instalación e inversiones. Así el resultado es el que sigue:

Parámetros	ERRENTERIA
Nº puntos de luz	4.824
Tipos de puntos de luz	36
Consumo Kwh/año (1)	3.000.000
Consumo eléctrico €/año (1)	280.000
Gastos mantenimiento €/año (2)	85.000
Gastos nuevas inversiones €/año (2)	240.000
Coste €/Kwh	0,0933
Kw instalado	757
horas funcionamiento/año	3.963
habitantes	38.750
CL1: Consumo energético	15,6 €/ hab anual

(1) Los datos de consumo eléctrico anuales son referentes al año 2.004 y han sido facilitados por la empresa Euskabea.

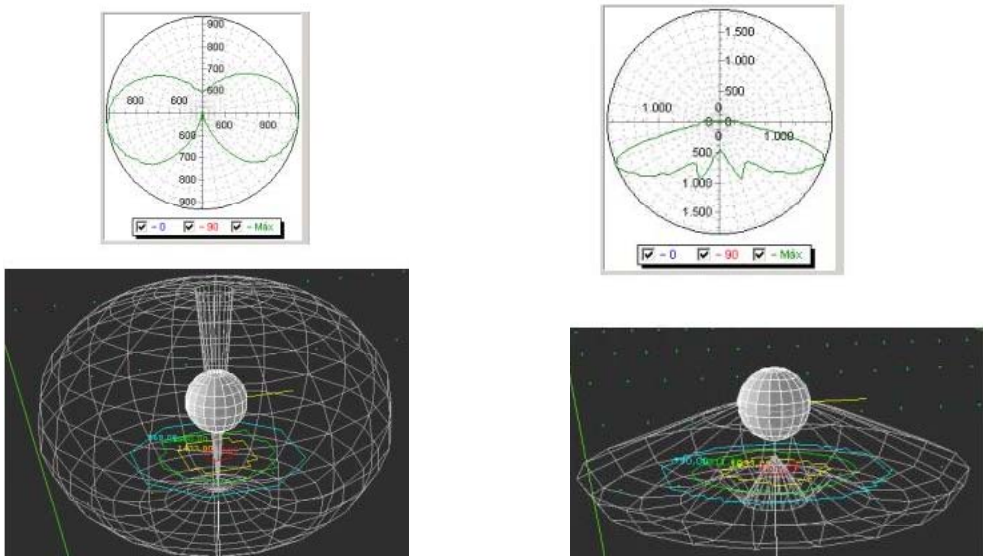
(2) Los datos de mantenimiento y nuevas inversiones son presupuestos previstos para el año 2.008 y han sido facilitados por el Departamento de Mantenimiento Urbano del Servicio Eléctrico municipal.

Indicador CL2: Puntos de luz contaminantes

La caracterización de los focos luminosos (lámparas y luminarias) es imprescindible para realizar el diagnóstico lumínico inicial dentro de este estudio. Dicha caracterización permite describir y valorar los focos de Alumbrado Exterior Público desde un punto de vista luminotécnico (emisión lumínica, rendimiento, distribución fotométrica, etc.) y sostenible (eficiencia energética y consumo, residuos generados, emisión fuera del espectro visible, etc.). Esta caracterización se ha realizado a partir del:

Flujo Hemisférico Superior: FHS_{inst}

A través de las fotometrías de los puntos de luz se obtiene el porcentaje del flujo útil que se emite en dirección a la bóveda celeste y que por tanto es contaminante, puesto que además de ser uno de los componentes del Resplandor Luminoso Nocturno, es un flujo desaprovechado lo cual genera un derroche energético innecesario. En las imágenes siguientes se muestran las curvas fotométricas de dos luminarias, una sin protección hacia el hemisferio superior y otra con protección:



Fotometría luminaria tipo globo sin (izda.) y con carcasa protectora (dcha.)

Según el indicador CL2, se considera luminaria contaminante aquella con FHS > 15% y 5% en zona E3 y E2 respectivamente. Del análisis de este parámetro se comprueba que no hay puntos con FHS entre 5 y 15%, por lo que el resultado es el mismo sea cual sea este límite.

Tipos de lámparas.

Respecto al análisis sostenible y ambiental del estudio, según el indicador CL2, se considerarán lámparas contaminantes aquellas que respondan a cualquiera de los criterios siguientes:

- Generan residuos sólidos tóxicos y peligrosos (las de Vapor de Mercurio y Halogenuros Metálicos). El problema de los residuos que el alumbrado público genera, es un tema importante y debe ser tenido en cuenta si estamos enfocando el problema bajo el marco de la sostenibilidad. Las lámparas de metales pesados como mercurio, plomo o cadmio producen un impacto ambiental en el medio importante, mientras que las de sodio no producen residuos peligroso.

- Espectro de emisión se extienda fuera del rango visible del espectro electromagnético (ultravioleta, infra-rojo, etc.), es decir, que emita luz en rangos que no son necesarios para el desarrollo de las actividades humanas y que producen impacto negativo sobre la biodiversidad y sobre la observación astronómica.

- Uso no esté recomendado según la zonificación establecida en zonas E.

No debe olvidarse que además, las *lámparas* utilizadas en Alumbrado Público deben caracterizarse por ciertas cualidades que vienen impuestas por las propias exigencias específicas de funcionamiento. Las dos características esenciales que deben reunir son las siguientes:

Eficacia Luminosa: relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente de luz y la potencia consumida. Se expresa en lúmenes/vatio *(lm/W).* Una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).

Duración de la vida económica: definida como la duración de vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo del lumen–hora). Esta duración depende de un cierto número de factores técnicos tales como: la duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización de la instalación y el flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo.

Además de estas dos cualidades deben considerarse, sin embargo otros parámetros de menor importancia para las instalaciones de alumbrado público:

- Temperatura de color: color de la luz emitida por la lámpara (cálido: aspecto blanco-amarillento, $T_c \leq 3300º$ K; intermedio: apariencia blanco-neutro, 3300º K < $T_c \leq 5300º$ K; frío: tonalidad blanco-azulado, $T_c > 5300º$ K)

- Rendimiento de color: esta característica que es esencial en alumbrado interior, no resulta fundamental en alumbrado público en la mayoría de los casos. Sin embargo, en el alumbrado ornamental si debe tenerse en cuenta.

Con todo lo anterior, las de *Vapor de Sodio de Baja Presión, VSBP,* son las más eficaces del mercado en cuanto a *Lm/w* generado, sin embargo no se recomiendan para zonas urbanas, sino para alumbrados de seguridad, túneles, etc.).

Las siguientes en orden de eficiencia son las de Vapor de Sodio de Alta Presión, *VSAP*, que son utilizadas para todo tipo de alumbrado exterior, preferentemente en carreteras y alumbrado urbano debido a su rendimiento de color.

Además las de *VSAP* tienen el espectro de emisión fundamentalmente en el rango visible, con pequeñas emisiones en el Ultravioleta e Infrarrojo, por lo que las hace más *compatibles* para la observación astronómica y menos perjudiciales a los insectos, aves, etc. Las menos contaminantes en cuanto a su espectro de emisión son las de *VSBP* que sólo emiten en el amarillo.

Las lámparas de *Halogenuros Metálicos, HM*, son menos eficaces que las de Sodio, si bien su gran reproducción cromática permite que el ojo humano "vea" todos los colores. De esta forma es posible contemplar monumentos, zonas de interés turístico, etc. en sus colores naturales, zonas para las que están recomendadas.

Sin embargo, debido a su espectro de emisión fuertemente sesgado hacia el ultravioleta, lo cual favorece la dispersión hacia el cielo de la radiación y, además, multiplica los efectos nocivos sobre las especies nocturnas, muchas de ellas extremadamente sensibles a la luz ultravioleta (luz que, por cierto, es invisible para el ojo humano). También tienen componentes tóxicos.

Por último, las lámparas de *Vapor de Mercurio*, *VM*, son las menos eficientes del mercado y las más contaminantes, respecto a espectro de emisión y a generación de residuos tóxicos y peligrosos, sin embargo no existe ninguna en Errenteria.

En la imagen que sigue se muestran los tipos de lámparas más comunes definidos anteriormente, en la que se presentan sus características y espectros de emisión:

Tipos de lámparas (Fuente: Instituto de Astrofísica de Canarias)

A partir de estos criterios, en la siguiente tabla se muestran los tipos de puntos de luz inventariados en Errenteria, en la que se muestran en rojo aquellos con FHS > 5% y con lámparas contaminantes:

Luminaria	Tipo	Soporte	Lámpara	Potencia (w)	Rend %	FTI (lm)	FHS (%)	Nº luminarias	% luminarias
82281S	Proyector	Palomilla	SAP	70	91,9	5514	0,0	28	0,6
Albany-2	Decorativa	Baculo	SAP	100	82,3	8230	0,4	34	0,7
Albany-2	Decorativa	Baculo	SAP	150	82,3	13168	0,4	574	11,9
Albany-2	Decorativa	Palomilla	SAP	150	82,3	13168	0,4	84	1,7
Alura	Decorativa	Baculo	SAP	150	57,7	9232	17,6	620	12,9
Alura	Decorativa	Palomilla	SAP	150	57,7	9232	17,6	22	0,5
AP3	Vial	Baculo	SAP	100	95,6	9560	0,0	16	0,3
AP3	Vial	Baculo	SAP	150	95,6	15296	0,0	23	0,5
AP3	Vial	Palomilla	SAP	150	95,6	15296	0,0	84	1,7
BR-7	Globo con carcasa	Baculo	SAP	150	59,1	9456	5,0	28	0,6
BR-7	Globo con carcasa	Palomilla	SAP	150	59,1	9456	5,0	4	0,1
Fernando VII	Farol	Baculo	SAP	250	59,4	16632	32,0	5	0,1
FO-3	Decorativa	Baculo	SAP	100	83,6	8360	28,5	9	0,2
FO-3	Decorativa	Baculo	SAP	150	83,6	13376	28,5	212	4,4
FO-8	Decorativa	Baculo	HM	200	60	10800	0,0	20	0,4
Francesca	Decorativa	Baculo	HM	150	81,8	10634	0,0	7	0,1
Image	Vial	Baculo	SAP	150	95,6	15296	0,0	638	13,2
Image	Vial	Palomilla	SAP	150	95,6	15296	0,0	111	2,3
K-Lux	Decorativa	Baculo	SAP	150	83,6	13376	28,5	82	1,7
Mirage	Globo blanco	Baculo	SAP	150	80,1	12816	49,1	1238	25,7
Mirage	Globo blanco	Palomilla	SAP	150	80,1	12816	49,1	118	2,4
Mirage	Globo blanco	Baculo	SAP	250	80,1	22428	49,1	151	3,1
Mirage	Globo transparente	Baculo	SAP	150	80,1	12816	49,1	28	0,6
Neo-Prisma Hormigon	Decorativa	Baculo	SAP	126	60	7200	0,0	6	0,1
Neos-3	Proyector	Baculo	SAP	150	91,9	14704	0,0	3	0,1
PR-31	Proyector	Baculo	HM	250	77,3	14687	0,0	69	1,4
Puntila	Decorativa	Baculo	SAP	150	62,8	8164	0,0	9	0,2
Radial-3	Proyector	Baculo	SAP	250	86,4	24192	0,0	36	0,7
Radial-3	Proyector	Baculo	SAP	400	86,4	26784	0,0	8	0,2
SRL	Proyector	Baculo	SAP	250	86,4	24192	0,0	21	0,4
Terra	Proyector	Suelo	HM	150	0	0	100,0	4	0,1
Ventos	Vial	Baculo	SAP	150	81,8	13088	0,0	338	7,0
Villa	Farol	Baculo	SAP	150	59,4	9504	32,0	68	1,4
Villa	Farol	Palomilla	SAP	150	59,4	9504	32,0	126	2,6

VSAP: Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión.
HM: Lámpara de Halogenuros Metálicos
FTI (Klm): Flujo Total Instalado en lúmenes por punto de luz.
% Rendimiento de la luminaria: Ratio entre el flujo emitido por la luminaria y el flujo generado por la lámpara
% FHS: Porcentaje del FTI que se emite en forma de Flujo Hemisférico Superior, es decir, se propaga por encima de la línea imaginaria horizontal del centro de la luminaria.
% Pto. de luz: Porcentaje que supone dicho punto de luz sobre el total inventariado en el municipio.

A partir de este análisis se detecta que el **55,6%** de **las luminarias** que constituyen las instalaciones de Alumbrado Exterior Público de Errenteria (2.683 unidades) presentan en promedio un FHS_{inst} > 5%, es decir, emiten flujo luminoso por encima de la horizontal de las luminarias que no se utiliza para iluminar la calzada.

Además, el **2,1%** de las **lámparas** que actualmente iluminan las calles (100 unidades) de son contaminantes (*Halogenuros Metálicos*), puesto que generan residuos peligrosos y tóxicos, su espectro de emisión está fuertemente sesgado hacia el ultravioleta y además son menos eficientes (hasta un 28% menos) que las de SAP.

Por tanto, el valor del indicador CL2 es el siguiente:

Parámetros	ERRENTERIA
Nº puntos de luz	4.824
Tipos de puntos de luz	36
Nº luminarias con FHS > 5%	2.683
Nº lámparas contaminantes	100
CL2: Puntos de luz contaminantes	57,7

A continuación se muestras las fotografías de las luminarias contaminantes:

Luminarias contaminantes	Alura (642 unidades)		Mirage (1.535 unidades)	
	FO-3 (221 unidades)		K-Lux (82 unidades)	
	Villa (194 unidades)		Fernando VII (5 unidades)	
	Terra (4 unidades)			
Lámparas contaminantes	PR-31 (69 unidades)		FO-8 (20 unidades)	
	Francesca (7 unidades)		Terra (4 unidades)	

Caracterización *Densidad de emisión lumínica*

El análisis en base al *Flujo Total Instalado (FTI)* de todos los puntos de luz de Errenteria, fija una *emisión lumínica total* aproximada 63.769 Klm.

Teniendo en cuenta la superficie del municipio susceptible de ser iluminada (m^2 de todas las calles iluminadas), se obtiene que la *Densidad de Emisión Lumínica* en Errenteria es 65,2 *(lm/m^2).* En la herramienta de gestión, se indican los resultados de densidad lumínica en cada una de las calles del municipio.

Cálculo de los niveles de iluminación y parámetros de calidad

Se han obtenido los niveles de iluminación (nivel de iluminancia promedio: E_m (lux)) y parámetros de calidad (Uniformidad media de iluminancias: U_m) en las superficies estudias: calzadas, fachadas y "cielo", mediante la modelización de las calles tipo que se han definido en Errenteria. Los resultados se muestran a continuación, en donde además se muestran los resultados obtenidos de las medidas nocturnas realizadas:

Dario Regoyos	Calzada	fachada	Cielo	Globos SAP 150w	Medida
E_m (lux)	11,2	10,0	7,1		9,75
U_m	0,3	-	-		0,37

Fanderia	Calzada	fachada	Cielo	Albany SAP 150w	Medida
E_m (lux)	45,5	2,5	5,1		51,03
U_m	0,12	-	-		0,23

Galtzaraborda	Calzada	Fachada 1	Fachada 2	Cielo	Globos SAP 150w	Medida
E_m (lux)	16,38	14,14	4,46	4,51		17,85
U_m	0,33					0,22

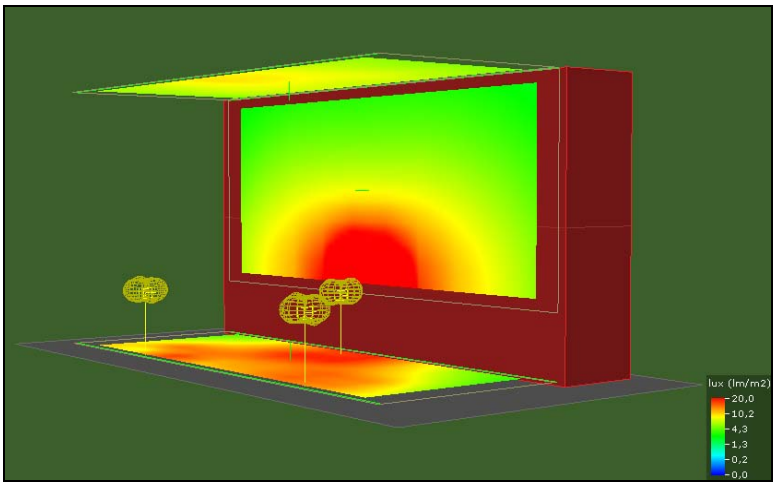
Viteri	Calzada	Fachada 1	Fachada 2	Cielo	Image SAP 150w	Medida
E_m (lux)	33,1	3,42	5.39	2,42		45,9
U_m	0,24	-		-		0,5

Masti-Loidi	Calzada	fachada	Cielo	Ventos SAP 150w	Medida
E_m (lux)	16,8	8,8	1,2		17,4
U_m	0,26	-	-		0,39

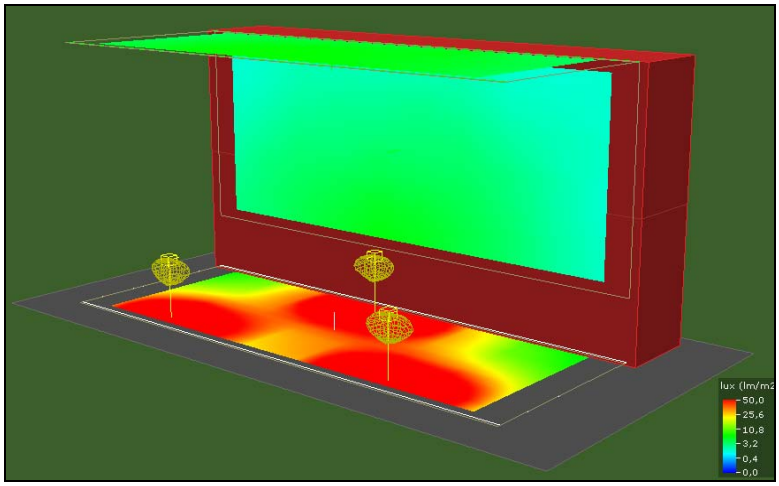
Urdaburu	Calzada	Fachada 1	Fachada 2	Cielo	Alura SAP 150w	Medida
E_m (lux)	18,28	6,77	8,83	3,59		20,44
U_m	0,35					0,68

Santa Maria	Calzada	Fachada 1	Fachada 2	Cielo	Villa Philips SAP 150w	Medida
E_m (lux)	25,9	8,9	19,1	3,0		20,4
U_m	0,35					0,68

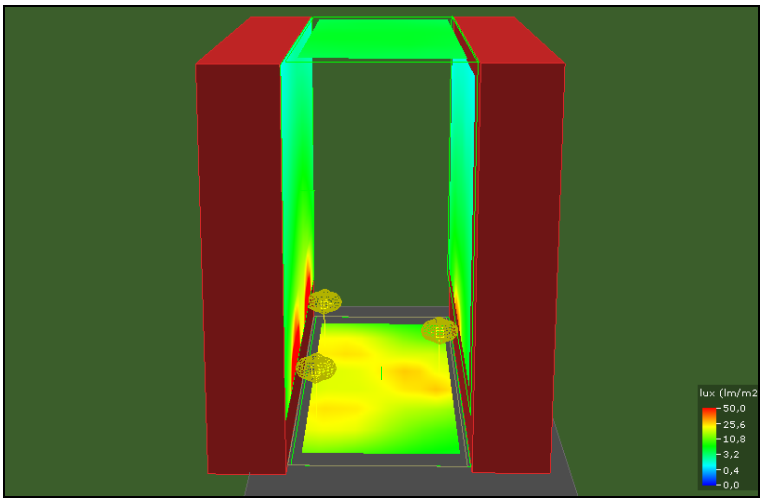
En las imágenes que siguen se muestran las modelizaciones de cada calle tipo:



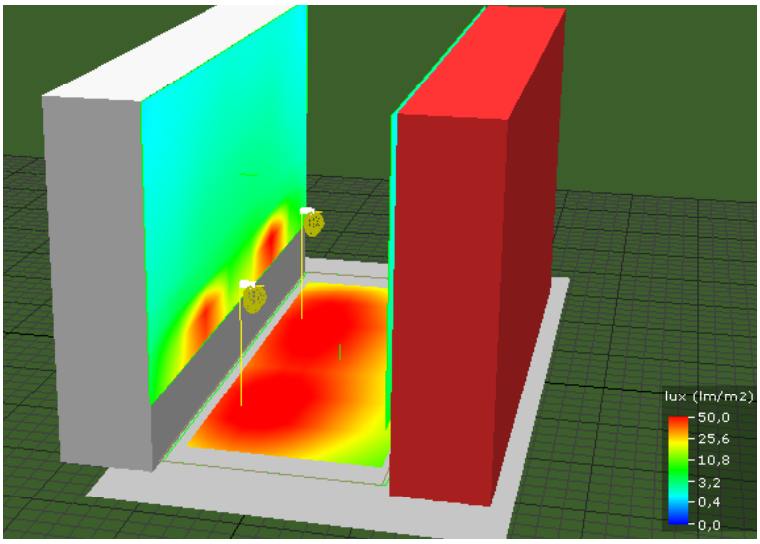
Calle tipo: Dario Regoyos



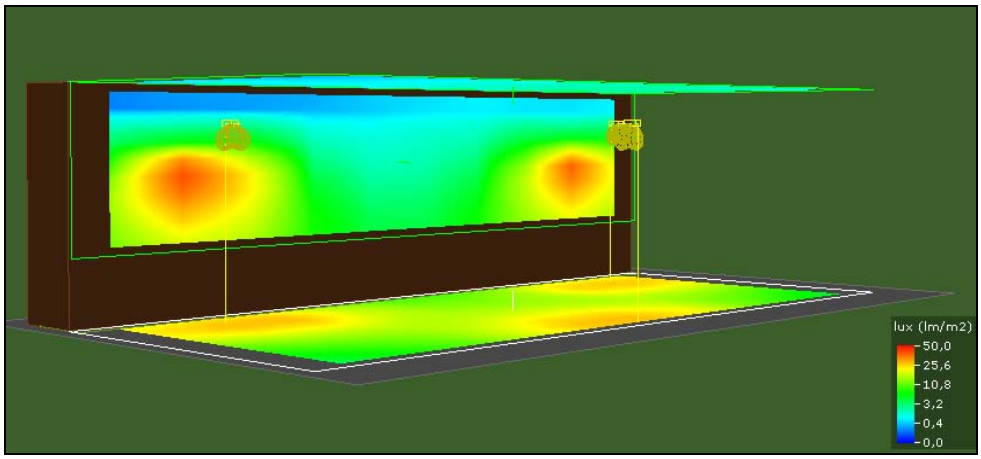
Calle tipo: Fanderia



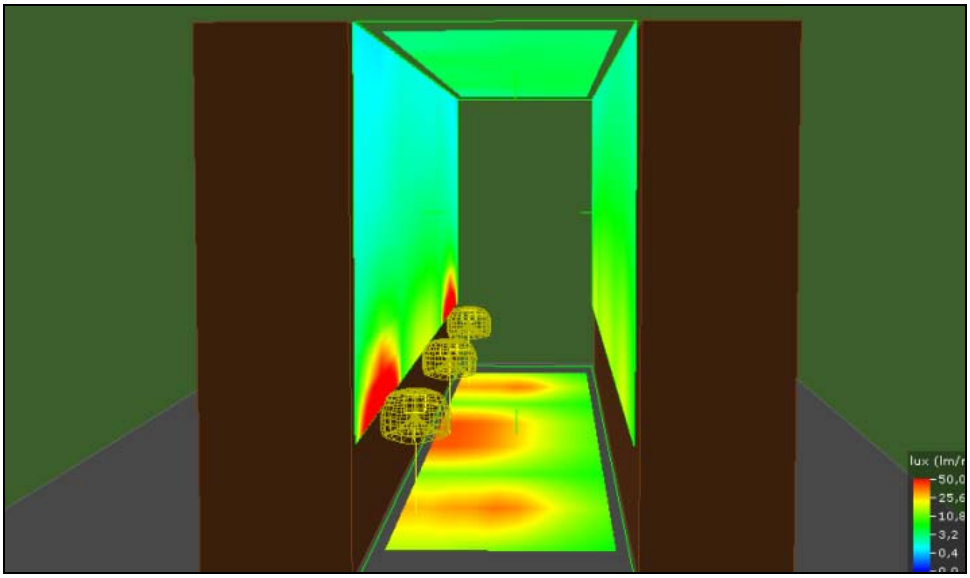
Calle tipo: Galtzaraborda



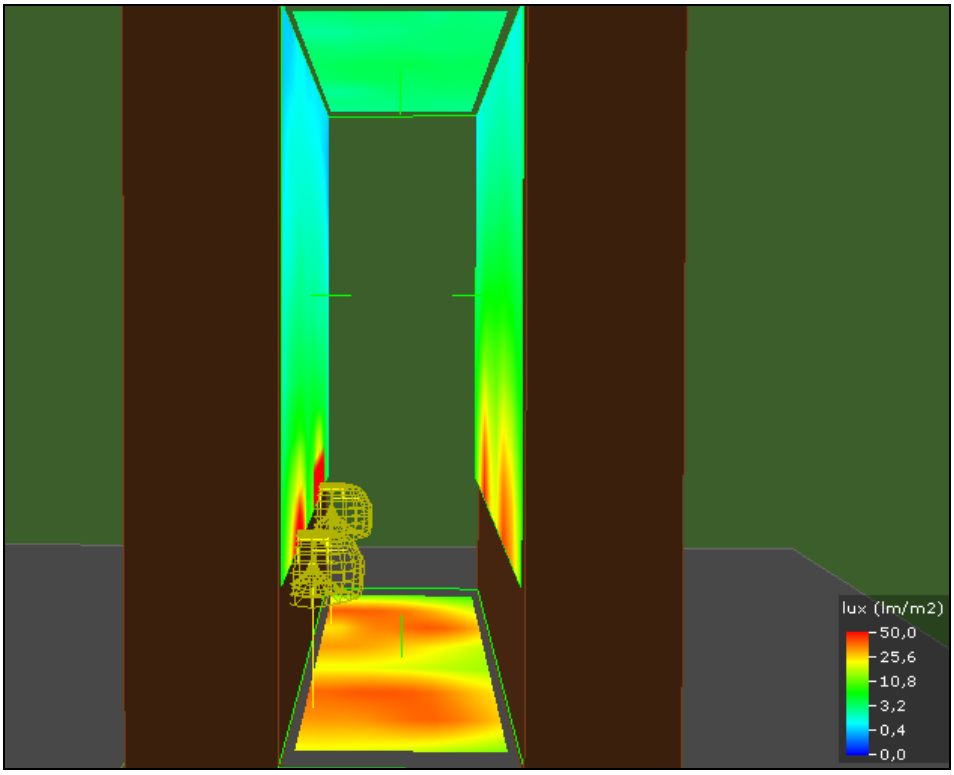
Calle tipo: Viteri



Calle tipo: Masti-Loidi



Calle tipo: Urdaburu



Calle tipo: Santa María

Indicador CL 3: Eficiencia energética de las instalaciones

El análisis de la eficiencia energética de las instalaciones se ha realizado en base al cálculo del ratio definido como:

Densidad de potencia eléctrica por nivel de iluminación: w/m^2/10lux

es decir: " ***W*** = vatios reales instalados en la superficie de ***m^2*** metros cuadrados útiles y ***lux*** = nivel medio en lux en dicha superficie.

La eficiencia de una instalación será mayor cuanto menor potencia instalada por superficie iluminada y por lux. Según los Cuadernos de Eficiencia Energética en Iluminación del IDAE - CIE 1996, tomo 2 "Aplicaciones Eficientes de Luminarias", se establecen los objetivos mínimos a conseguir, por debajo de los cuales la instalación puede considerarse energéticamente eficaz (dependen de tipo de lámpara, luminaria, características de las vías, etc.).

En el caso de Errenteria los objetivos a conseguir para zonas residenciales/peatonales y motorizadas serán: **OCI = 0,54 w/m^2/10lux.**

En este sentido, los resultados obtenido en cada calle tipo y extrapolados al resto del municipio se presentan en la tabla siguiente, donde se muestran en rojo los valores de eficiencia energética que no son admisibles:

Calle tipo		Luminarias	w/m^2/10lux
1	FANDERIA	ALBANY	0,34
2	DARIO REGOYOS	GLOBO	1,43
3	GALTZRABORDA	GLOBO	0,98
4	URDABURU	ALURA	0,34
5	VITERI	IMAGE	0,32
6	SANTA MARIA	VILLA	1,18
7	MASTI-LOIDI	VENTOS	0,53

Si se extrapolan los resultados de nivel de iluminancia por calle tipo a todas las calles del municipio, teniendo en cuenta su potencia total instalada (potencia nominal de las lámparas más las pérdidas del equipo auxiliar, que se ha considerado un 15%) y la superficie a iluminar se obtiene el valor del indicador CL3:

Parámetros	ERRENTERIA
Potencia total instalada (w)	870510,9
Superficie total iluminada (m^2)	978375,5
Nivel de iluminanica promedio (lux)	19,4
$w/m^2/10lux$	1,6
CL3: Eficiencia energética de las instalaciones	6,2

Como se observa, sólo el **6,2% de las calles de Errenteria son eficientes energéticamente**, que se identifican principalmente con calles donde no hay luminarias tipo globo y tipo farol.

Indicador CL 4: Nivel de iluminación

Para valorar este indicador, los niveles de iluminación media en calzada calculados por calle tipo, se extrapolan al resto de las calles del municipio y se comparan con los objetivos de nivel de iluminación internacionales (Nivel CEI). Si los niveles están entre éste y no lo superan en más del 20 %, se considera que la calle cumple con las recomendaciones respecto a los niveles de iluminación.

En la zonificación realiza en el municipio, se ha asignado un valor del Nivel CEI a cada una de las calles, como ya se ha mencionado. En la tabla que sigue se muestra los resultados y en rojo los que no cumplen con este criterio:

Calle tipo		E_m (lux)		
		Nivel existente	Nivel CEI	Nivel CEI máx.
1	FANDERIA	45,5	10	12
2	DARIO REGOYOS	11	10	12
3	GALTZRABORDA	16	15	18
4	URDABURU	18	10	12
5	VITERI	33,1	15	18
6	SANTA MARIA	26	20	24
7	MASTI-LOIDI	17	8	9

Como se observa las calles con menores niveles de iluminación, que están dentro de los objetivos marcados, son las que tienen luminarias tipo globo. Sin embargo, energéticamente no son eficaces, puesto que casi la mitad de su flujo luminoso emitido se pierde por encima de la horizontal de la luminaria iluminando el cielo y las fachadas de los edificios, es decir, lo que no se debe iluminar.

Así, el resultado del indicador CL4 a nivel global de Errenteria:

Indicador	ERRENTERIA
CL4: Nivel de iluminación	6,5

Indicador CL 5: Luz intrusa

Este indicador se calcula a partir de los niveles de iluminación calculados en las fachadas de los edificios, a partir de 3 m de altura desde el suelo, donde está la primera ventana. El cálculo se he realizado para cada calle tipo:

Calle tipo		E_m (lux) en fachada		
		Nivel existente	Antes reducción nivel luminoso	Después reducción nivel luminoso
1	FANDERIA	2,5	10	2
2	DARIO REGOYOS	10		
3	GALTZRABORDA	14,1 / 4,5		
4	URDABURU	6,8 / 8,9		
5	VITERI	3,4 / 5,4		
6	SANTA MARIA	8,9 / 19,1		
7	MASTI-LOIDI	8,8		

Extrapolando al resto del municipio estos niveles, y asociando a cada fachada la población que reside en ella, a partir de los datos del censo más actualizado facilitados por el Ayuntamiento en las diferentes calles del municipio, se obtiene el valor del indicador CL5, considerando los dos niveles aplicables, antes y después del periodo de reducción del nivel luminoso:

Indicador CL5: Luz intrusa	ERRENTERIA
% población afectada (E_m fachada>2 lux)	78,6
% población afectada (E_m fachada>10 lux)	18,1

Indicador CL 6: Resplandor Luminoso Nocturno

Este indicador, definen el porcentaje del flujo instalado que se dirige hacia el cielo. Se ha estimado a partir de la propia fotometría de cada uno de los puntos de luz, considerando su % FHS_{inst}, el número de ellos y el flujo total instalado en el municipio. El resultado del indicador CL6 es:

Indicador CL6: Resplandor Luminoso Nocturno	ERRENTERIA
% flujo total instalado que se pierde por encima de la horizontal de las luminarias hacia el cielo	22

Es decir, que a nivel global se puede concluir que en promedio el 22*% del FTI (flujo emitido) se pierde por encima de la horizontal de las luminarias*, sin tener en cuenta las reflexiones en las superficies, lo que supone que aproximadamente 14.029 Klm, se "pierden" hacia la bóveda celeste contribuyendo en gran medida a otro de los parámetros de la contaminación lumínica: Resplandor Luminoso Nocturno.

En términos de consumo eléctrico anual en €, se pierden aproximadamente **61.600 €** anuales en proyectar luz por encima de la horizontal de las luminarias, y que por tanto es dinero y energía desaprovechada.

Indicador CL 7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Se obtiene a partir del consumo energético de las instalaciones de alumbrado en un año, en Kwh, a partir de los datos de facturación. Se expresa en el número de toneladas anuales de CO_2, que generan las instalaciones de alumbrado público en el municipio.

Los datos de conversión se han tomado de la CNE y del CIEMAT para 2004 y teniendo en cuenta la producción en GW y las emisiones de CO_2 de cada central en ese año, las medias de las siguientes emisiones son:

- central térmica de carbón: 917 g/kWh
- central térmica fuel-gas: 778 g/kWh
- central térmica gas natural: 530 g/kWh
- central térmica ciclo combinado: 402 g/kWh

La demanda eléctrica: 249.815.000.000 kWh/año y las emisiones de CO2 100.004.000 Tn/año, por lo que la conversión es 0,425Kg CO_2/Kwh.

Así, el resultado del indicador CL7 es:

Indicador CL7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (GEI)	ERRENTERIA
Consumo Kwh/año	3.000.000
Tn CO_2	1.275

Además de estos indicadores, se han llevado a cabo otros análisis adicionales para mejorar la definición del escenario actual de Errenteria respecto a su ambiente lumínico, por lo que se han definido otros indicadores de gestión del alumbrado:

Distribución del flujo luminoso emitido por los puntos de luz

Se ha calculado el flujo luminoso que recibe cada una de las superficies: calzada (que se considera potencialmente útil), en las fachadas (contaminante por luz intrusa y derroche energético) y hacia el cielo (contaminante por resplandor luminoso nocturno y derroche energético).

El cálculo se establece a partir de los niveles de iluminación en cada una de las superficies dentro de cada calle tipo, extrapolándolo al resto del municipio y considerando las superficies de calzada, de las fachadas y del "cielo" de cada calle de Errenteria:

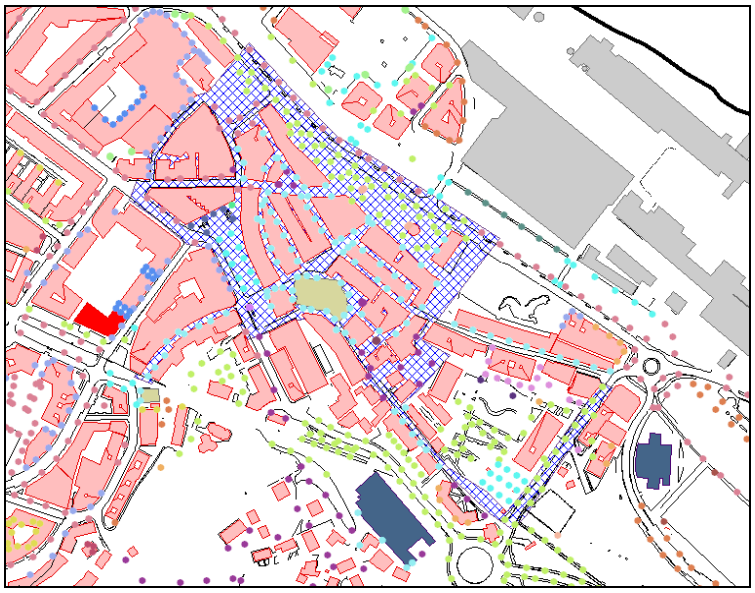
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
Flujo Potencialmente Útil	% $F_{calzada}$/FTI	29,5
Flujo contaminante fachada: luz intrusa	% $F_{fachada}$/FTI	14,5
Flujo contaminante cielo: resplandor luminoso nocturno	% F_{cielo} / FTI	22,0

Así, el porcentaje del flujo total emitido por las luminarias que se considera como flujo potencialmente útil, es el que llega a las calzadas y en Errenteria es el 29,5%.

El flujo contaminante es aquel que no se utiliza en iluminar la calzada, es decir, el que se emite por encima de la horizontal de las luminarias y genera luz intrusa en las fachadas y resplandor luminoso en el cielo. En Errenteria, el **36,5 % del flujo emitido** por los puntos de luz, **se pierde** y por tanto supone un derroche energético. En términos económicos, **se pierden anualmente 102.200 € en no iluminar la calzada** (61.600 € emitidos por encima de la horizontal de las luminarias y 40.600 € en forma de luz intrusa a partir de la primera ventana de las fachadas).

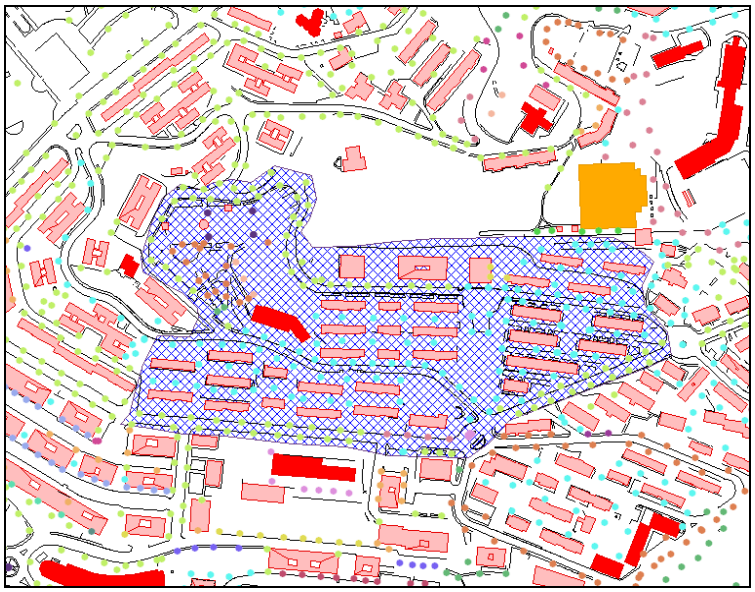
8.2. Estudios de detalle (Galtzaraborda y Alde Zaharra)

En dos zonas concretas del municipio se ha llevado a cabo un análisis de detalle, a partir de una modelización detallada, que permite valorar de forma más realista que en base al cálculo por calle tipo, el valor de estos indicadores, tanto los de sostenibilidad como los de gestión del alumbrado. En las imágenes siguientes se muestran las zonas a analizar en detalle, en las que se llevará a cabo la modelización en tres dimensiones:



Zona de cálculo

Zona de Alde Zaharra



Zona de cálculo

Zona de Galtzaraborda

La situación de partida es:

Parámetros	Alde Zaharra	Galtzaraborda
Nº puntos de luz	280	253
Tipos de puntos de luz	8	6
Potencia instalada (Kw)	42,9	39,15
FTI (Klm)	3.373,5	3023,1
Consumo Kwh/año	170.012,7	155.151,45
Consumo energía eléctrica €/año	15.867,8	14.480,8
Consumo mantenimiento €/año (1)	4.933,6	4457,9
Consumo inversión €/año (2)	13.930	12.586,7
E_m (lux) calzada (3)	26,6	13,4
E_m (lux) fachada (4)	12	7,9
E_m (lux) cielo (5)	2,5	3,3
habitantes	4.496	3.828

(1) Según datos del ayuntamiento: 17,62 €/punto de luz al año
(2) Según datos del ayuntamiento: 49,75 €/punto de luz al año
(3),(4),(5) Niveles de iluminación promedio de todas las calzadas, fachadas y cielo, respectivamente

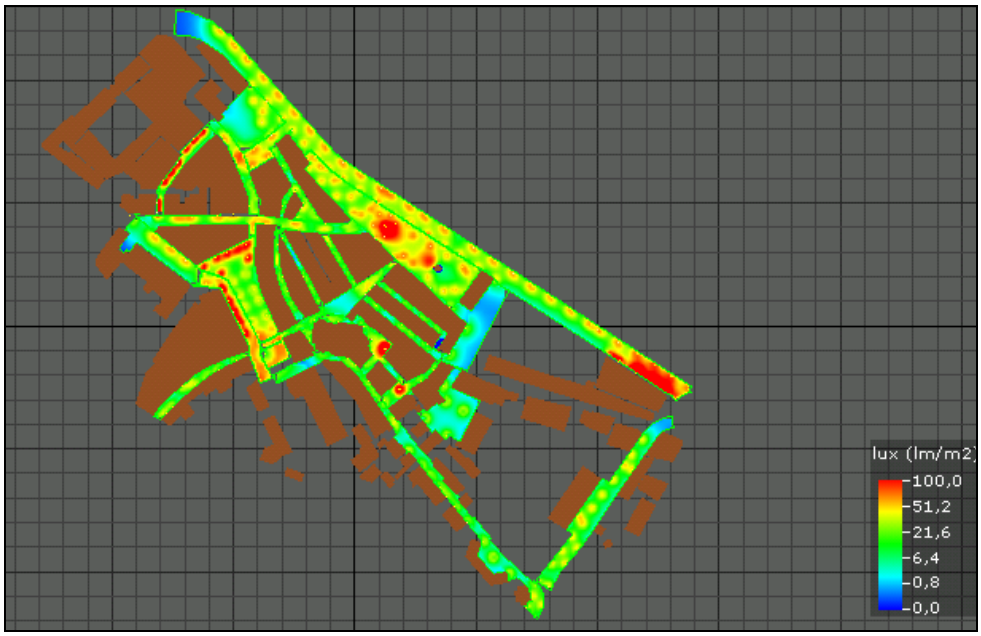
El modelo y número de luminarias que se localizan en cada una de estas zonas del municipio son las siguientes:

Alde Zaharra							
Alura (14 unidades)		Mirage (72 unidades)		Fernando VII (5 unidades)		Puntila (9unidades)	
Image (61 unidades)		Villa (108 unidades)		Francesca (7 unidades)		Radial (4 unidades)	

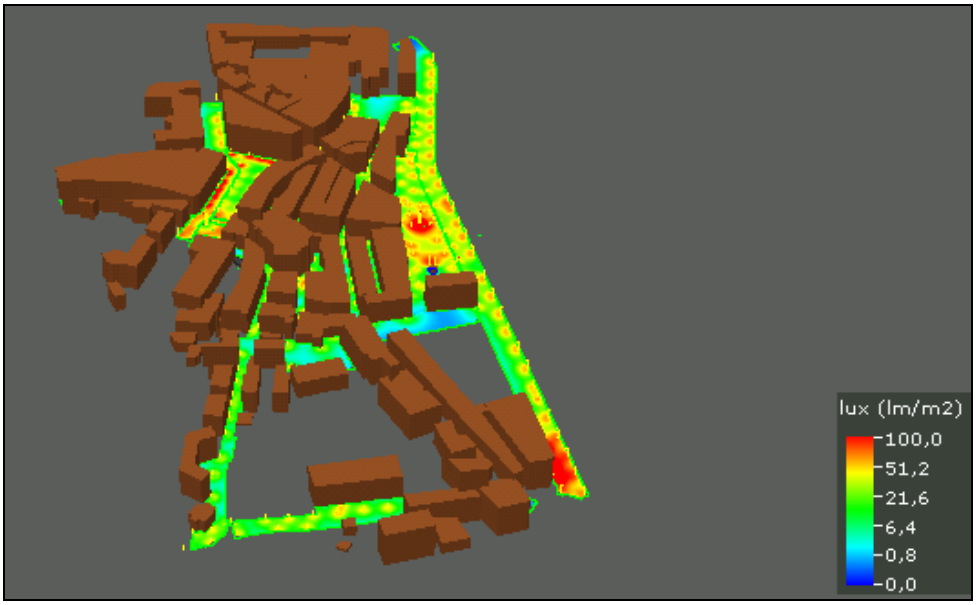
Galtzaraborda					
Alura (106 unidades)		Mirage (109 unidades)		Image (4 unidades)	
AP-3 (3 unidades)		Albany (19 unidades)		Radial (12 unidades)	

En las imágenes que siguen se muestran los resultados de los niveles de iluminación obtenidos en las calles de cada una de las zonas (los resultados numéricos se encuentran dentro de la herramienta de gestión (G.I.S):

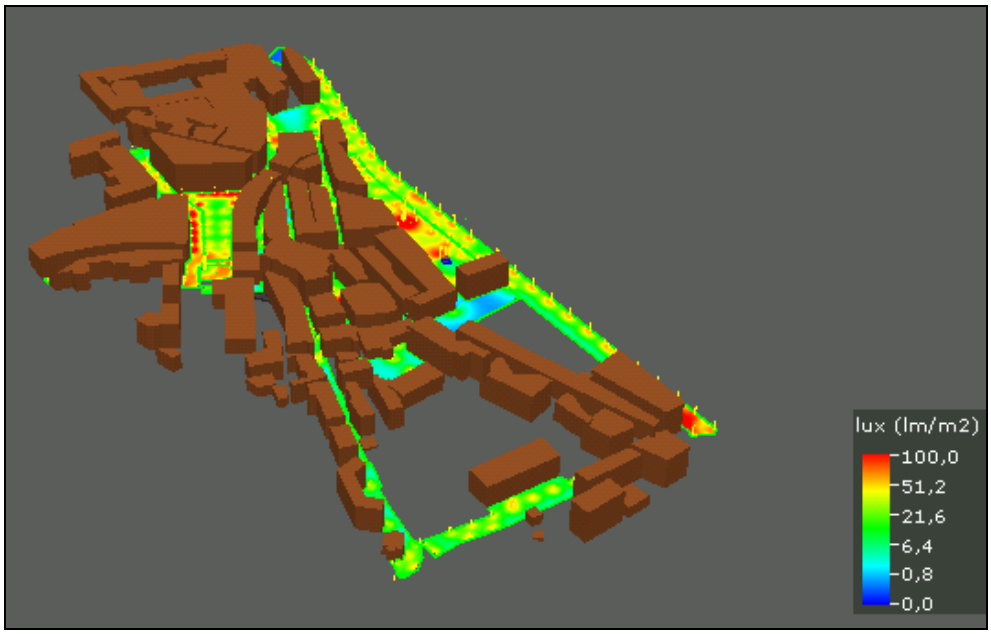
Estudio detalle Alde Zaharra:



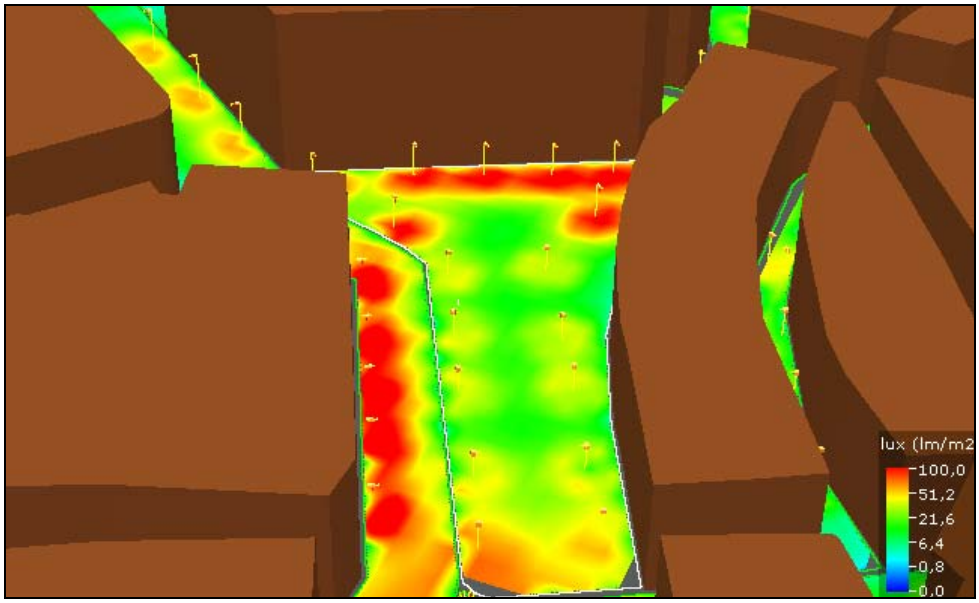
Plano general en planta: calzadas



Plano general tridimensional: calzadas

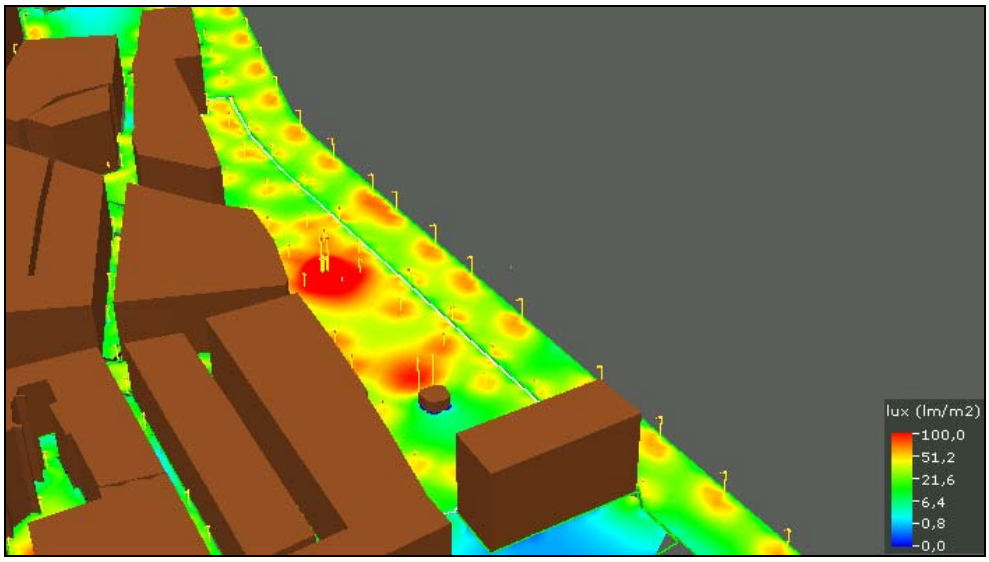


Plano general tridimensional: calzadas

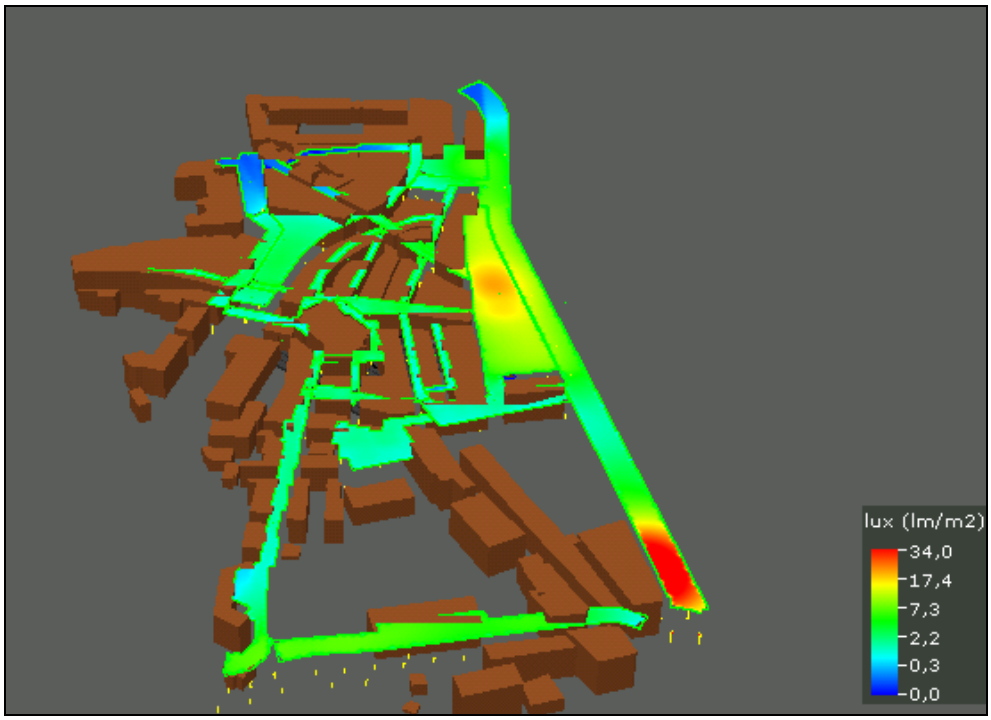


Vista Foru Plaza tridimensional: calzadas

Se observa como se distribuye el flujo luminoso que se convierte en nivel de iluminación en la calzada. En rojo los niveles de iluminación más elevados, que corresponden con luminarias que emiten hacia el suelo (Image fundamentalmente).

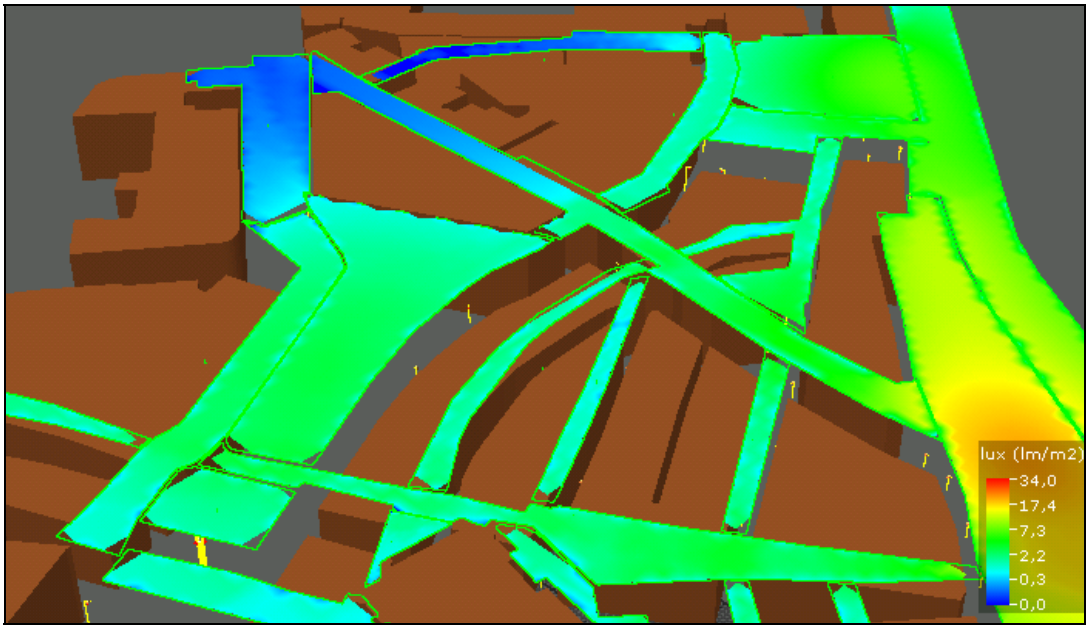


Alameda Juan Ignacio Gamon y Avenida Navarra tridimensional: calzadas

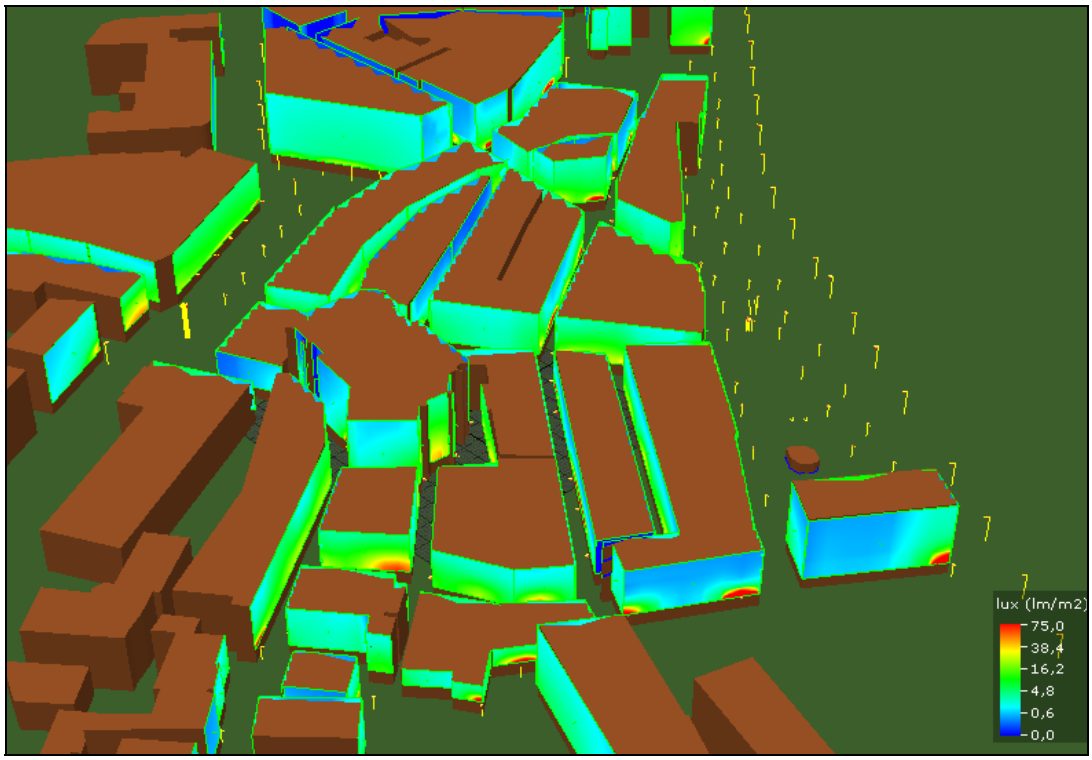


Plano general tridimensional: cielo

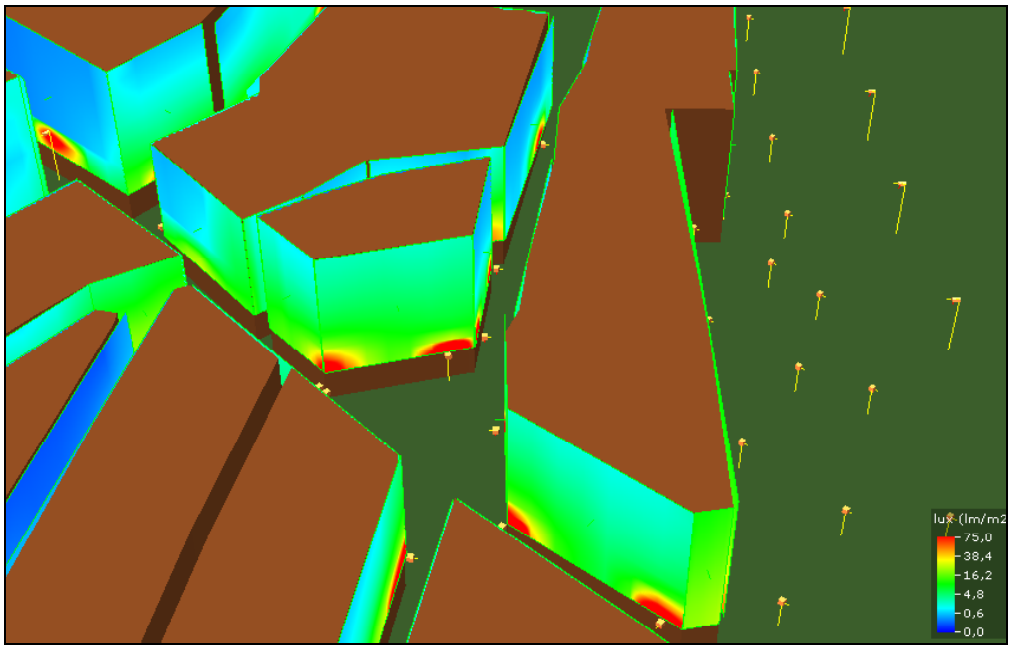
Puede observarse un elevado nivel de iluminación en el cielo en la parte sur de la Avda. Navarra, debido a las luminarias tipo globo (Mirage) existentes en esa zona. En Foru plaza los niveles son prácticamente nulos, dado la tipología de luminarias (Image)



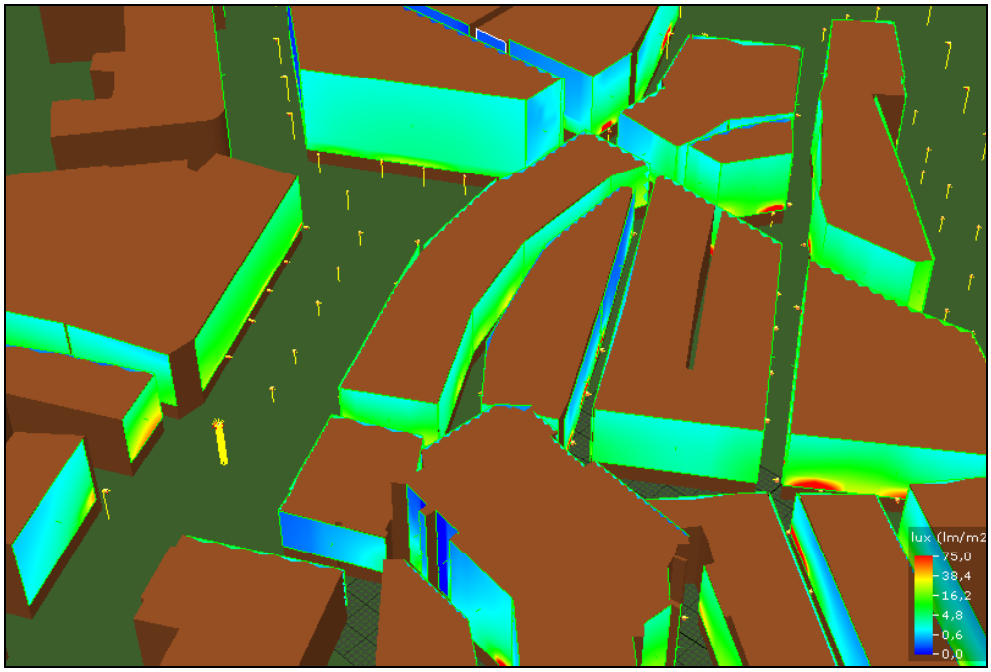
Plano tridimensional: cielo



Plano general tridimensional: fachadas



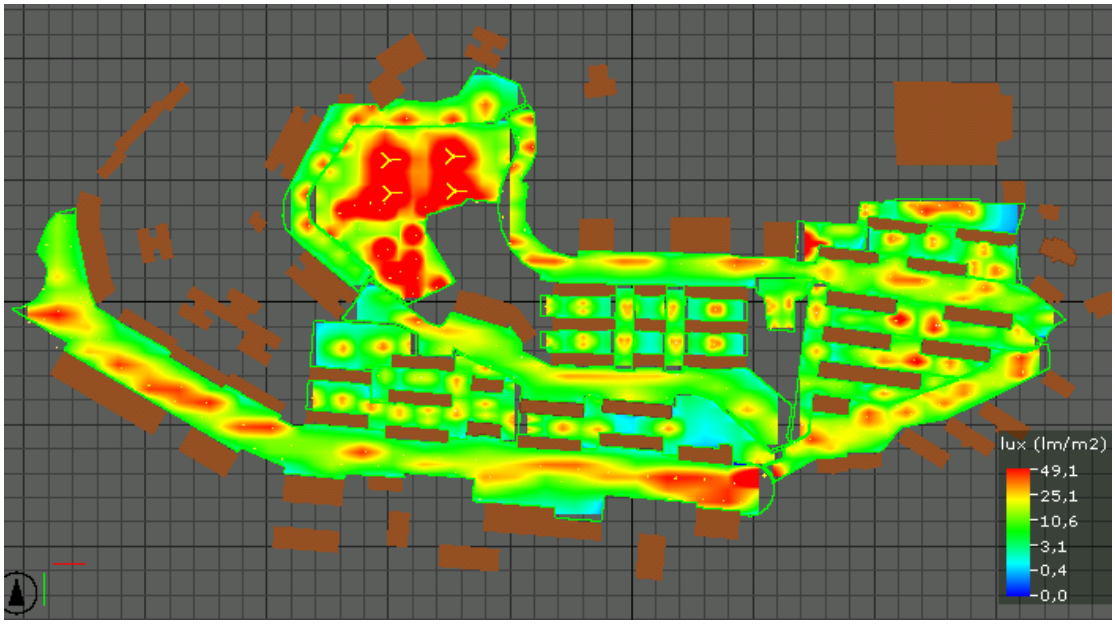
Alameda Juan Ignacio Gamon y Kapitanea tridimensional: fachadas



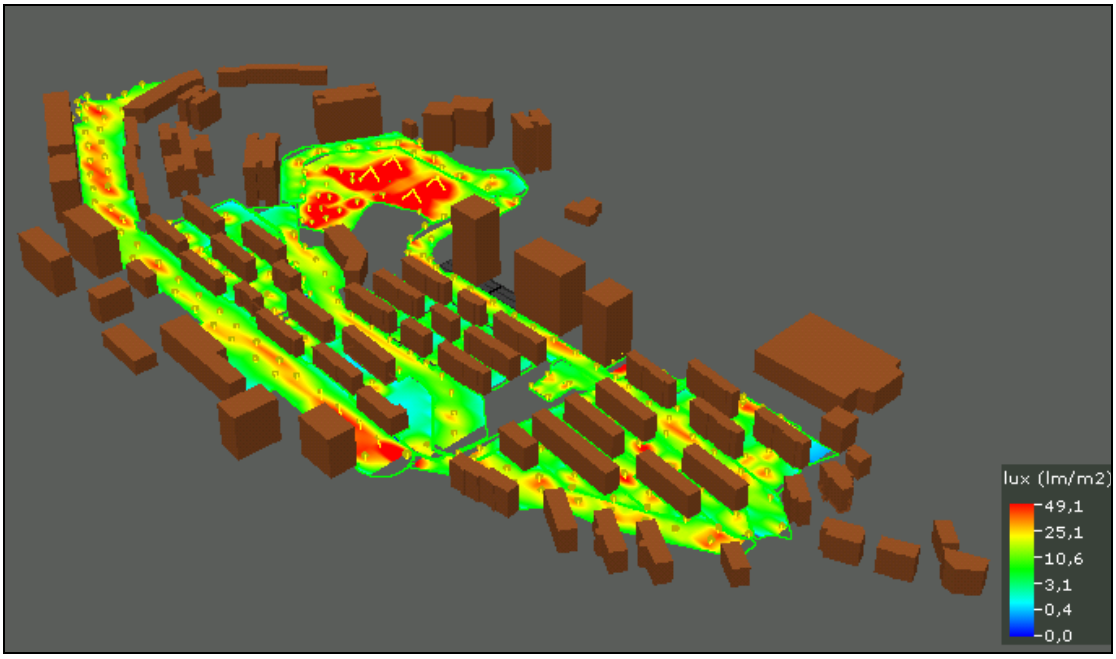
Foru Plaza tridimensional: fachadas

En esta zona de nuevo, la tipología de las luminarias (Image) hace que la generación de luz intrusa sea despreciable.

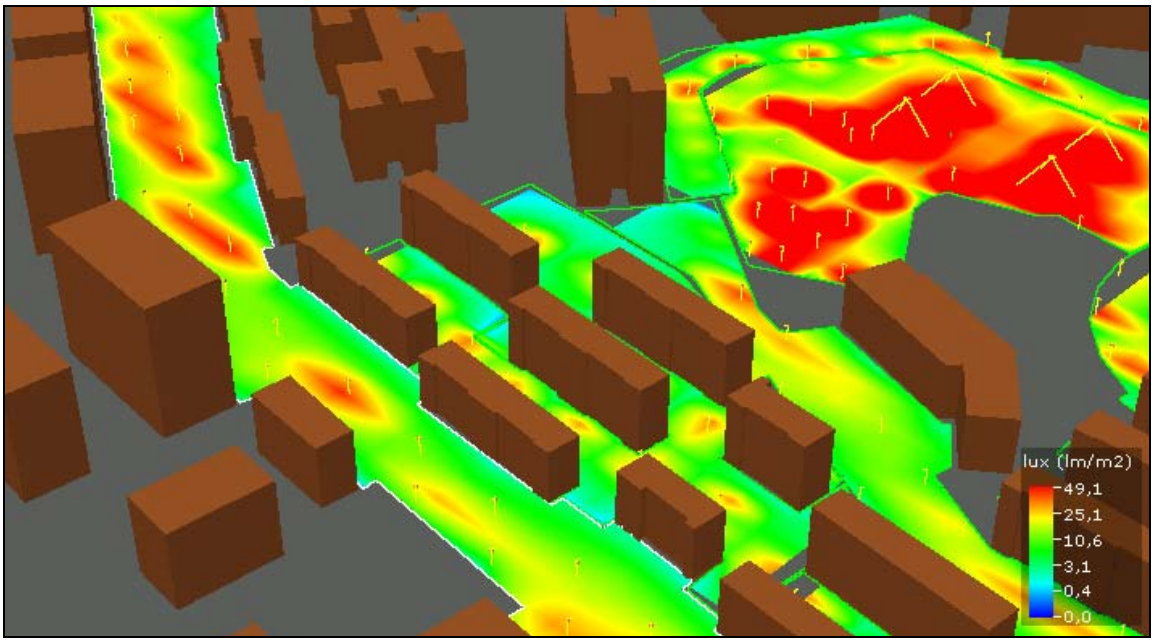
Estudio detalle Galtzaraborda



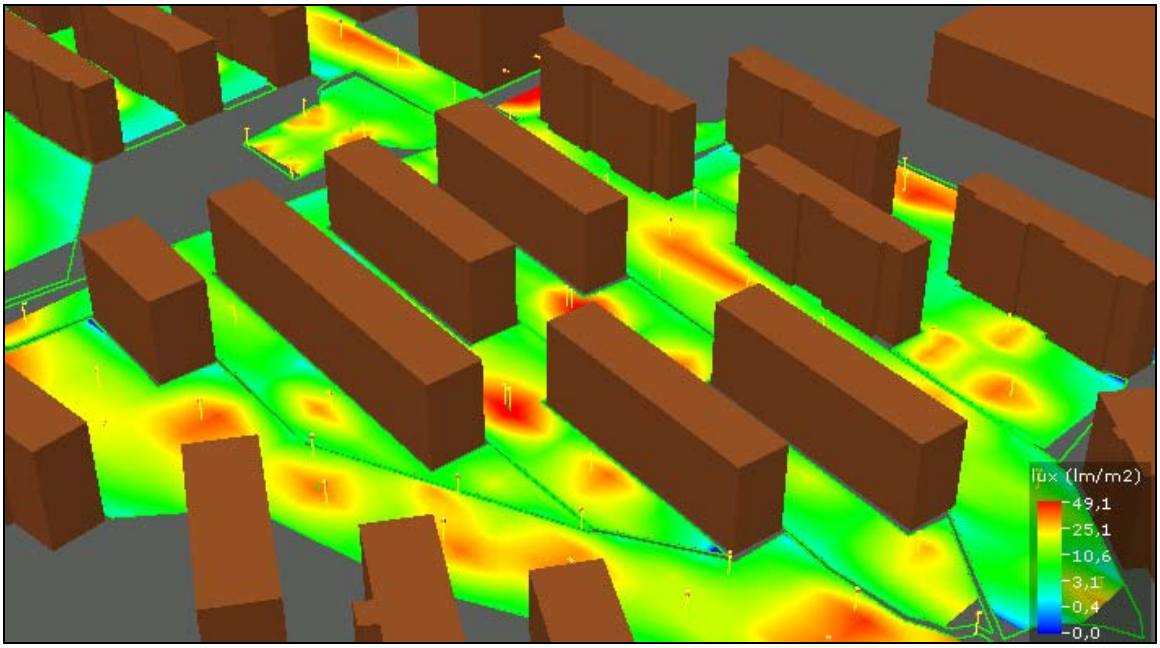
Plano general en planta: calzadas



Plano general tridimensional: calzadas

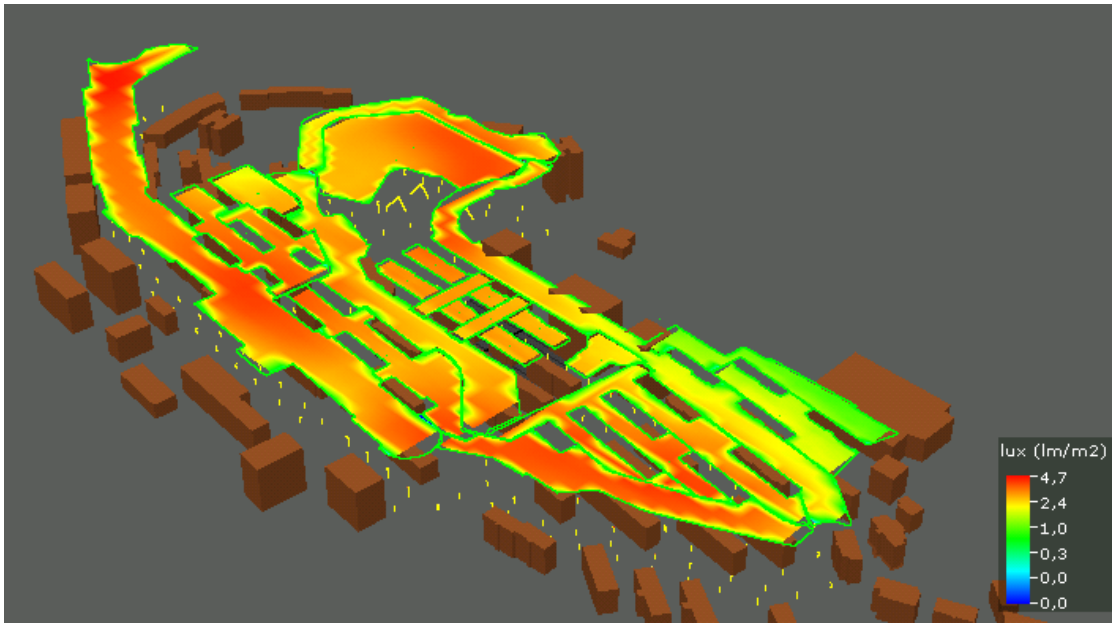


Calle Galtzaraborda y Parke tridimensional: calzadas

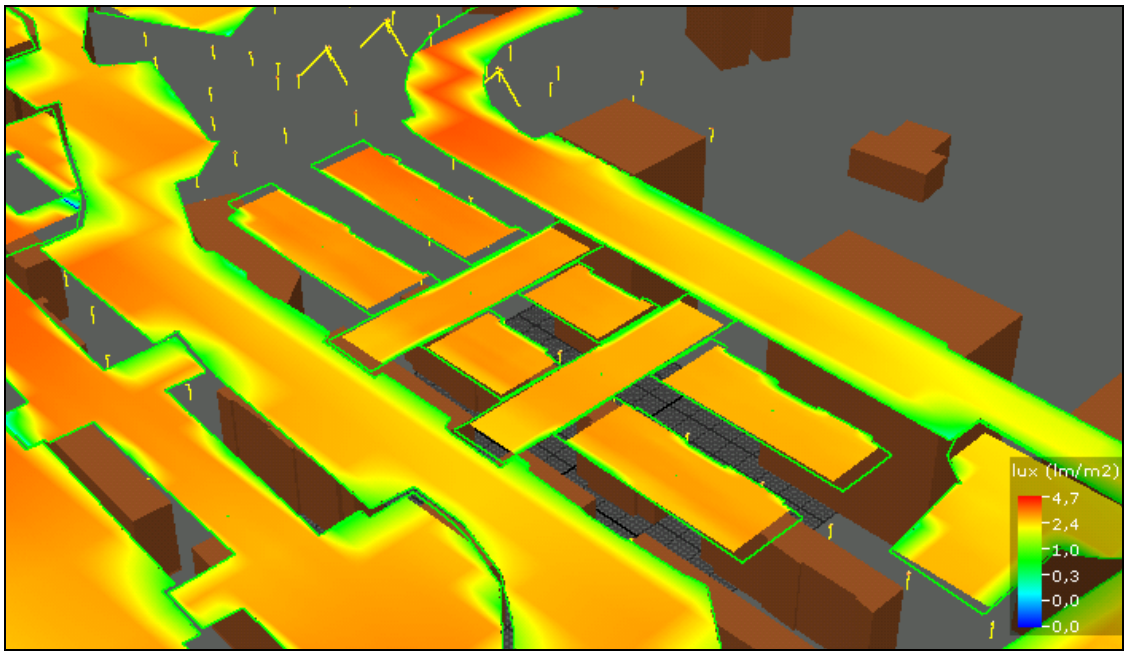


Urdaburu tridimensional: calzadas

Se observa como se distribuye el flujo luminoso que se convierte en nivel de iluminación en la calzada. En rojo los niveles de iluminación más elevados, que corresponden con luminarias que emiten hacia el suelo (Alura fundamentalmente).

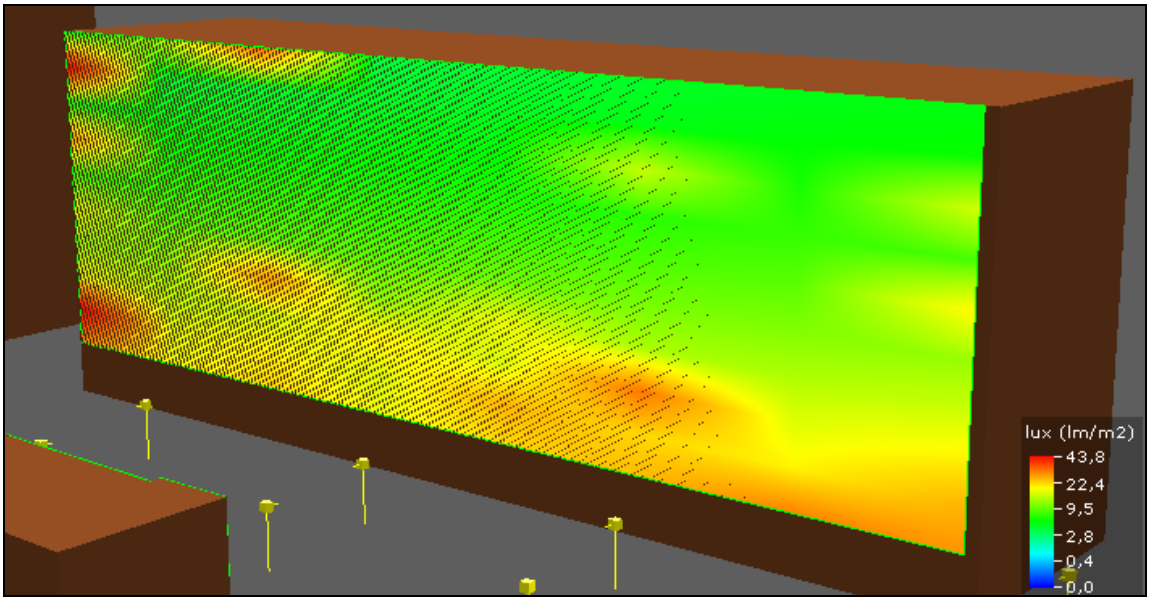


Plano general tridimensional: cielo

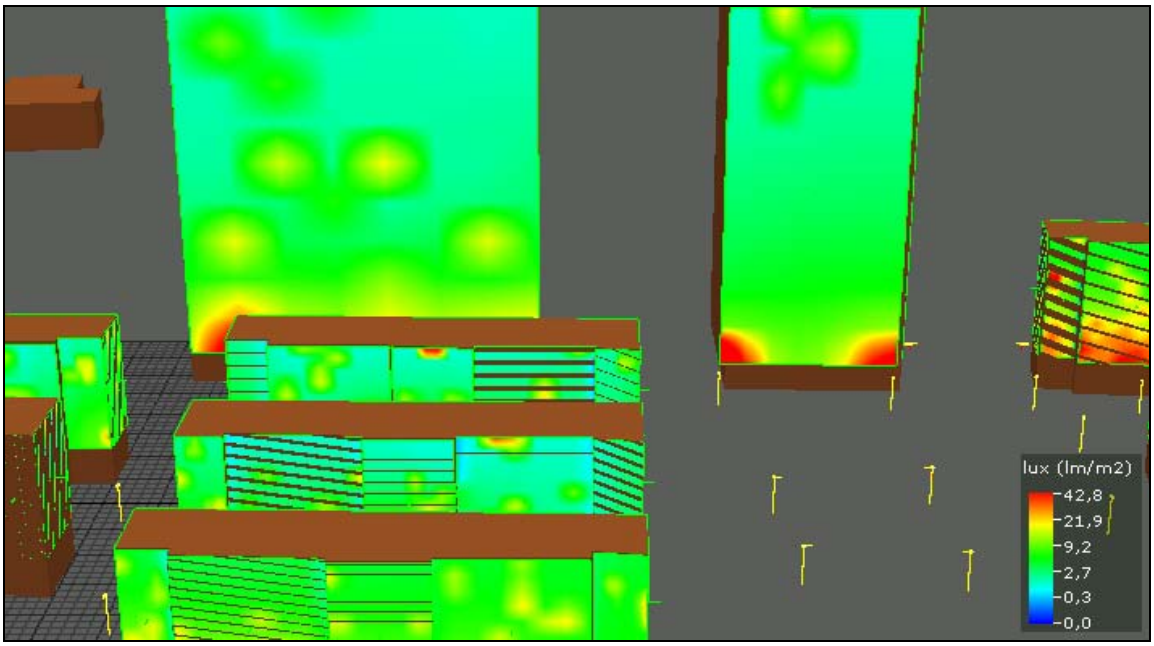


Urdaburu tridimensional: cielo

Puede observarse una diferencia en el nivel de iluminación en el cielo en la calle Galtzaraborda y la zona de Urdaburu, debido a las luminarias tipo globo (Mirage) predominantes en la primera mientras que en la segunda son prácticamente todas Alura.



Calle Galtzaraborda tridimensional: fachadas



Urdaburu y Parke tridimensional: fachadas

Los resultados de los indicadores obtenidos a través del análisis de los resultados de la modelización, de la geometría de las calles, etc., se plasman en la tabla siguiente:

Indicador	Denominación	Descripción	Alde Zaharra	Galtzaraborda
CL1	**Consumo Energético**	€/habitante	**7,7**	**8,2**
CL2	**Puntos Luz Contaminantes**	FHS>5% y lámparas contaminantes	**76,8**	**85,0**
CL3	**Eficiencia Energética**	W / m^2 / 10 lux	**0,51**	**0,63**
		% área eficiente energéticamente	**26,9**	**33,3**
CL4	**Nivel de Iluminación**	% área bien iluminada	**15,4**	**42,9**
CL5	**Luz Intrusa**	% población afectada (E_m fachada>2 lux (después reducción nivel luminoso)	**95,8**	**100**
		% población afectada (E_m fachada>10 lux) (antes reducción nivel luminoso)	**63,1**	**40,6**
CL6	**Resplandor Luminoso Nocturno**	% del flujo emitido que se pierde hacia el cielo	**24,6**	**28,5**
CL7	**Emisión Gases GEI**	Tn CO_2	**72,3**	**65,9**
Densidad Lumínica		lm/m^2	92,6	56,6
Flujo Potencialmente Útil		% $F_{calzada}$/FTI	32,7	37,1
Flujo contaminante fachada: luz intrusa		% $F_{fachada}$/FTI	21,5	12,9
Flujo que no se utiliza en iluminar la calzada. Es contaminante ya que se pierde hacia el cielo y las fachadas			**46,1**	**41,4**
€ que se pierden al año en no iluminar la calzada			**7.322,5**	**5.991,2**

En la zona de Galtzaraborda, las calles que no cumplen con los niveles de iluminación, E_m (lux), están sobreiluminadas. En Alde Zaharra, están sobreiluminadas y con déficit de iluminación en una proporción similar.

Esto implica que la eficiencia energética de cada una de las zonas, considerando el total de las calles calculadas, es inferior al 30% y 35% en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente.

Las luminarias contaminantes son las de tipo globo (Mirage) y Alura con un 49,1% y un 17% de FHS respectivamente, si bien a la vista de este parámetro las Mirage son las más contaminantes. Esto implica que algo más del 40% del flujo total instalado en cada una de las zonas, se proyecte por encima de las luminarias hacia el cielo y hacia las fachadas.

Además, prácticamente la totalidad de la población que vive en dichas zonas está afectada por luz intrusa, considerando el periodo de reducción de flujo luminoso. Si no se considera el periodo de reducción, la población afectada es aproximadamente la mitad.

Es decir, se produce un derroche anual de 7.322,5 € y 5.991,2 € en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente, en consumo de energía eléctrica que no se emplea en iluminar la calzada.

9. RECOMENDACIONES

El plan de actuaciones o medidas correctoras está enfocado fundamentalmente a mejorar aquellas instalaciones de Alumbrado Exterior Público que tienen un porcentaje de Flujo Hemisférico Superior instalado superior al límite establecido como admisible en este estudio, que son ineficientes energéticamente y cuyo diseño y dimensionamiento genere una iluminación no adecuada desde el punto de vista tanto de cantidad como de calidad de luz.

Es importante partir del hecho de que las medidas de reducción de la contaminación lumínica no significan menos puntos de luz ni menor nivel de iluminación, sino iluminar mejor y aprovecharla más eficientemente, es decir dirigirla hacia donde es necesario, el suelo. Por tanto hay que tener en cuenta que exceso de luz y buena visibilidad no son la misma cosa. Es decir, que el plan de acción dentro del sistema de gestión debe contemplar la necesidad de una educación ambiental para cambiar el criterio asumido de que más luz se corresponde con más calidad de vida.

Está muy arraigado este criterio. La cantidad de luz en una zona del municipio se asimila a seguridad, buen trato por parte de la administración, zona destacada del municipio, etc.

Por tanto, es preciso que el sistema de gestión incluya actividades orientadas a una educación ambiental que cambie esta opinión hacia una más realista, en la que se prime un diseño adecuado, con un consumo justo y que proporcione una calidad adecuada del alumbrado para garantizar la seguridad y las demás variables que pueden ser de interés.

Además, las recomendaciones y actuaciones que se incluyen dentro del sistema de gestión y que se exponen a continuación, se deben sustentar sobre planteamientos prácticos y útiles.

La integración del alumbrado en un planteamiento multidisciplinar para el desarrollo del municipio en clave sostenible, requiere que para todas las partes que participen se vea esta finalidad de forma práctica, sustentada en herramientas eficaces y que aporten información de utilidad, por lo que es muy importante centrar el análisis en fundamentos técnicos, definiendo objetivos de calidad fácilmente compresibles y relacionados directamente con los objetivos de mejora.

Así, la integración de la contaminación lumínica, o mejor de la gestión sostenible del alumbrado, con otras variables ambientales de carácter típicamente urbano como la contaminación acústica, atmosférica, etc. para configurar un ambiente urbano de calidad, es necesaria por la interrelación que presentan, que se manifiesta especialmente en la definición de objetivos de calidad (necesidad de diferentes zonificaciones) como en los planes de actuación, que frecuentemente se orientan a planes similares, pero que deben contemplar aspectos específicos en cada caso y hacerlos compatibles, en la medida de lo posible.

En base a todo lo anterior, a continuación se proponen las líneas de actuación a llevar cabo como resultado del estudio realizado con el objetivo de mejorar la situación existente en la actualidad.

1. **Reconversión o sustitución** de las **luminarias contaminantes** desde el punto de vista de distribución fotométrica hacia el hemisferio superior: *tipo globo y farol tipo Villa* (que suponen más del 50% de los puntos de luz del municipio), por otras que deberán incorporar un sistema de cierre que minimice la emisión hacia el hemisferio superior *(FHS_{inst} < 5%)* y cuya fotometría permita a su vez una mejor distribución del flujo luminoso, aumentando la proyección hacia el suelo y lejos de la horizontal.

2. **Sustitución de las lámparas de Halogenuros Metálicos** por otras de Sodio Alta Presión, que son 28% más eficaces que las anteriores, apenas tienen componentes que generan residuos tóxicos y peligrosos y no contaminan el rango espectral fuera del visible, por lo que no perjudican a la continuidad del ciclo de vida de la flora y de la fauna.

En la tabla que sigue se muestran en rojo las luminarias que son prioritarias de sustituir o modificar:

Alura (642 unidades)		**Mirage (1.535 unidades)**	
FO-3 (221 unidades)		**K-Lux (82 unidades)**	
Villa (194 unidades)		**Fernando VII (5 unidades)**	
Terra (4 unidades)			
PR-31 (69 unidades)		**FO-8 (20 unidades)**	
Francesca (7 unidades)		**Terra (4 unidades)**	
TOTAL FHS> 5%: 2.863 unidades		**TOTAL (R.E.P.): 100 unidades**	
TOTAL: 2.963 (57,6%)			

Además esta corrección lleva implícita la minimización del Resplandor Luminoso Nocturno y Luz Intrusa y la mejora en la cantidad de luz emitida hacia el suelo, con lo cual se puede incluso disminuir la potencia instalada siempre y cuando se mantengan los niveles de iluminación adecuados para su uso. Esta reducción de la potencia supone en consecuencia un ahorro energético.

3. También es fundamental, dentro del desarrollo sostenible y calidad de vida de Errenteria, la ***sensibilización* y *educación ambiental*** del ciudadano/a, frente a este tipo de contaminación. El problema surge por la falta de percepción por parte de los ciudadanos y de los diversos profesionales, de la problemática ambiental que supone la contaminación lumínica y el desconocimiento general de los beneficios económicos, de calidad de vida y de seguridad que comportaría un uso más racional del alumbrado.

Dentro del sistema de gestión, se ha analizado la posibilidad y la repercusión que suponen algunas acciones correctoras mencionadas anteriormente en las calles más contaminadas lumínicamente: Darío Regoyos, Parque o Galtzaraborda, por ejemplo, con luminarias contaminantes modelo Mirage y en Alde Zaharra, Santa María por ejemplo, con luminarias tipo Villa.

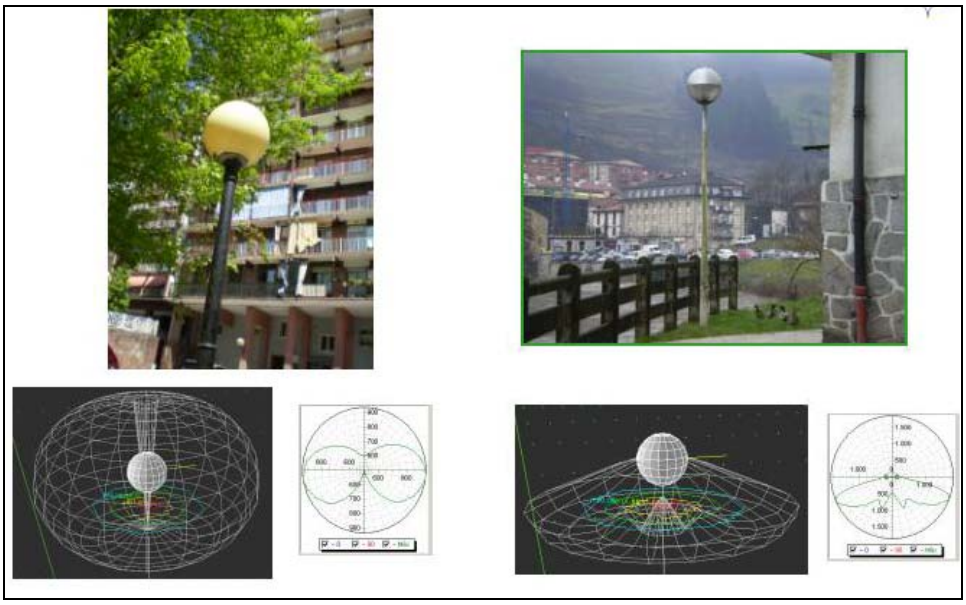
También se ha analizado la posibilidad de reducir los niveles de iluminación en las calles con luminaria tipo Image, como en Morrongilleta o Viteri, por ejemplo, que si bien las luminarias no son contaminantes, existe un exceso de iluminación importante que es aproximadamente tres veces más de los recomendado.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Sustitución luminaria Mirage por otra con protección hacia el hemisferio superior (por ejemplo en Derío Regoyos, Parque, Galtzaraborda):

Actual		Mejora 1	Sustitución	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
Mirage (11 u)		DQR500 (11 u)		Reducción Potencia (100w)	Reducción Luminarias (9 u)	Sustitución y Reducción Potencia	Combinada

Luminaria contaminante (izda.) y no contaminante con reflector superior (dcha.)

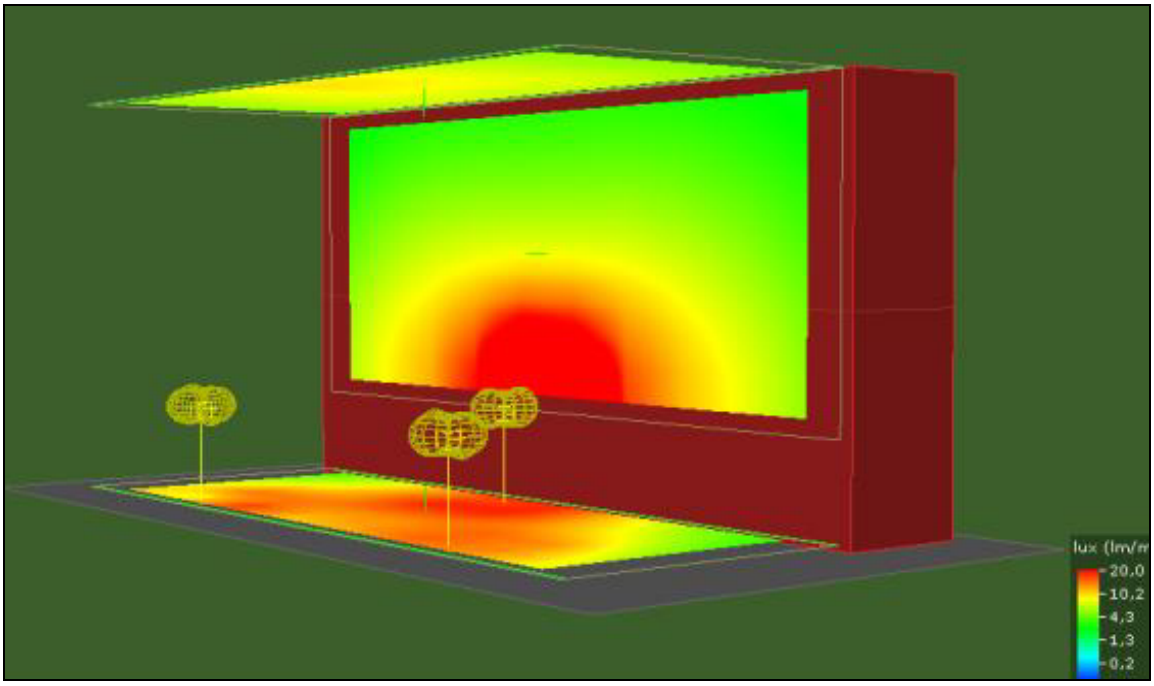


Luminaria contaminante (izda.) y no contaminante con reflector superior (dcha.)

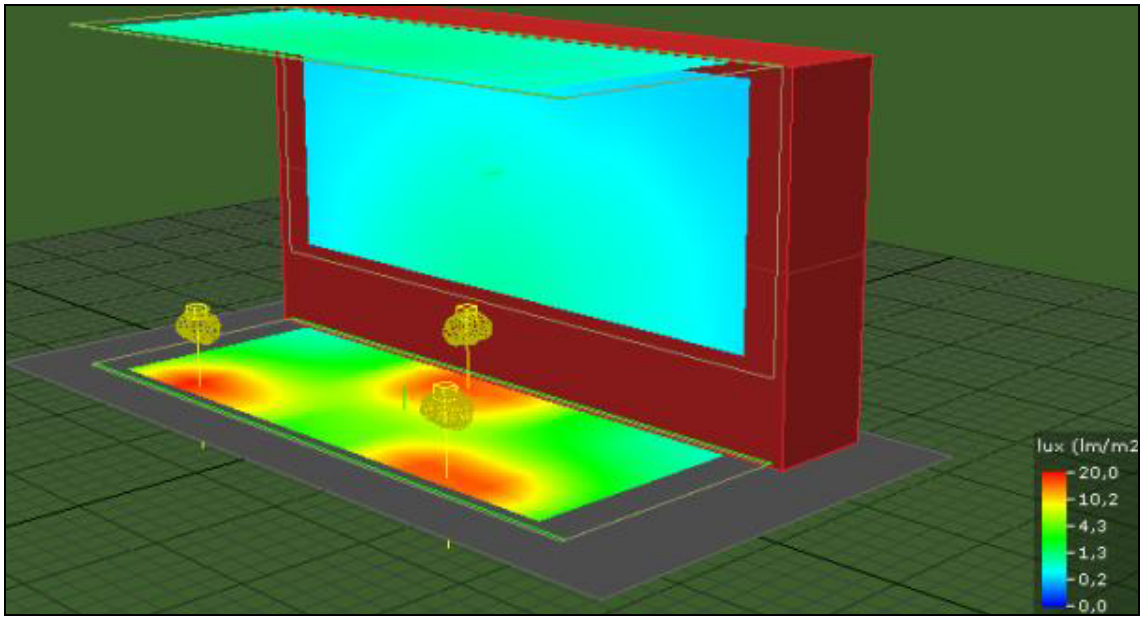
Sustitución luminaria Mirage por otra con protección hacia el hemisferio superior (por ejemplo en Derío Regoyos, Parque, Galtzaraborda):

Indicador	Denominación	Actual	Mejora 1	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
CL1	Reducción consumo anual (% coste € anual)	-	0,0	33,3	18,2	33,3	45,5
CL2	% Ptos. luz contaminantes	100	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0
CL3	Eficiencia Energética	1,7	1,0	1,8	1,6	1,1	1,0
E_m calzada (10-12 lux)		11,8	20,1	7,4	10,3	12,0	10,7
U_m		0,14	0,10	0,50	0,11	0,11	0,10
E_m fachada		20,7	16,9	12,9	16,3	10,5	8,4
E_m cielo		9,9	5,4	6,2	8,3	3,3	3,0
CL5	Luz Intrusa E_m fachada > 2lux	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Luz Intrusa E_m fachada > 10lux	SI	SI	SI	SI	SI	NO
CL6	Resplandor Luminoso Nocturno	49,1	5,2	49,1	49,1	5,2	5,2
CL7	Emisión Gases GEI	2,78	2,78	1,85	2,27	1,85	1,52
% Flujo Potencialmente Útil		9	18	9	10	17	19
% Flujo que no se utiliza en iluminar la calzada. Es contaminante ya que se pierde hacia el cielo y las fachadas		67	22	67	67	22	22

En las imágenes siguientes se muestra el efecto del cambio de luminaria en la distribución de luz en el plano de estudio:



Situación actual



Situación con sustitución de luminarias

Se observa la reducción del flujo luminoso que se emite hacia las fachadas y en el cielo, minimizando tanto la luz intrusa como el resplandor luminoso nocturno. Esto supone directamente que el flujo luminoso que se proyecta sobre la calzada es aproximadamente el doble que en la situación con luminarias tipo globo, y manteniendo los niveles de iluminación dentro de las recomendaciones.

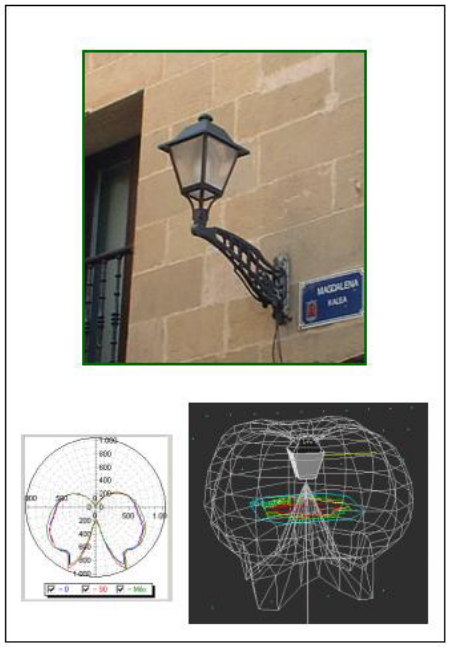
La eficiencia energética mejora considerablemente con las mejoras 2, 4 y 5, es decir, con la sustitución, reducción del número de luminarias y de la potencia instalada.

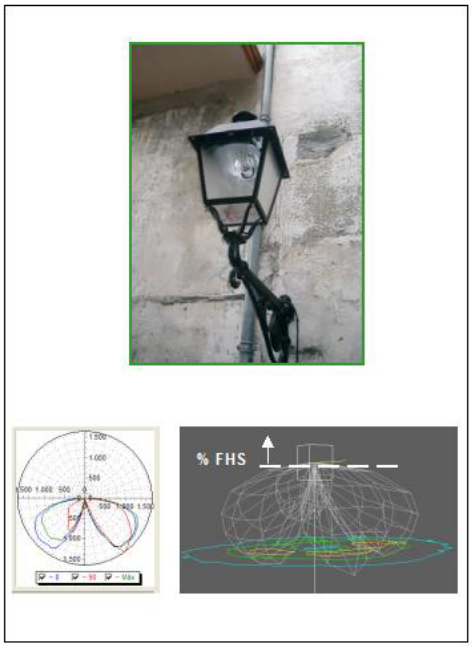
Finalmente, se reduce la pérdida de flujo luminosos que no es útil, es decir que se utiliza en iluminar lo que no se debe iluminar, lo que en términos económicos supone una reducción del coste anual entre aproximadamente un 18,8% con la reducción del número de luminarias (mejora 3) y un 45,5% con la reducción de luminarias, de potencia y cambio de luminarias (mejora 5).

Sustitución luminaria Tipo Villa por otra con protección hacia el hemisferio superior (por ejemplo en Alde Zaharra):

Actual		Mejora 1	Sustitución	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
Villa (7 u)		S250Q (7 u)		Reducción Potencia (100w)	Reducción Luminarias (5 u)	Combinada Potencia (100w)	Combinada Potencia (70w)

Luminaria contaminante (izda.) y no contaminante con reflector superior (dcha.)

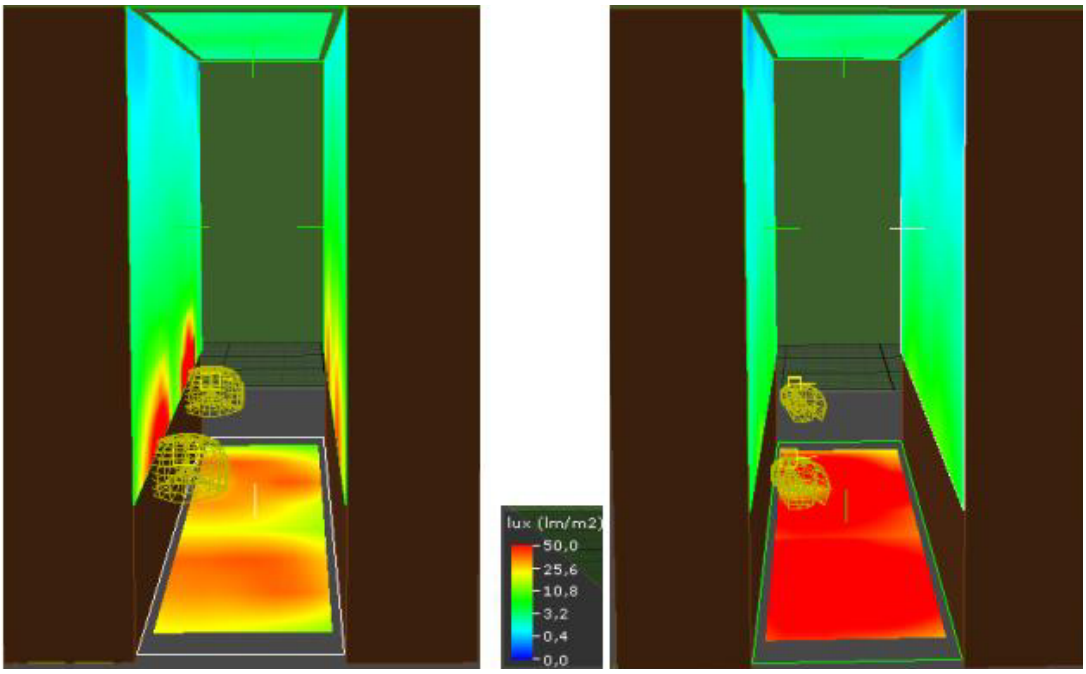




Luminaria contaminante (izda.) y no contaminante con reflector superior (dcha.)

Indicador	Denominación	Actual	Mejora 1	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
CL1	Reducción consumo anual (% coste € anual)	-	0,0	33,3	28,6	61,9	66,7
CL2	% Ptos. luz contaminantes	100	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0
CL3	Eficiencia Energética	1,1	0,4	1,1	1,3	0,4	0,5
E_m calzada (10-12 lux)		28,2	79,1	18,4	17,5	27,8	20,0
U_m		0,29	0,52	0,55	0,40	0,13	0,18
E_m fachada		6,0	4,0	3,8	7,7	1,5	1,3
E_m cielo		5,8	6,8	3,6	3,9	2,3	1,8
CL5	Luz Intrusa E_m fachada > 2lux	SI	SI	SI	SI	NO	NO
	Luz Intrusa E_m fachada > 10lux	NO	NO	NO	NO	SI	NO
CL6	Resplandor Luminoso Nocturno	32,2	0,0	32,2	32,2	0,0	0,0
CL7	Emisión Gases GEI	1,77	1,77	1,18	1,26	0,67	0,59
% Flujo Potencialmente Útil		16	50	17	14	49	47
% Flujo que no se utiliza en iluminar la calzada. Es contaminante ya que se pierde hacia el cielo y las fachadas		49	12	49	62	13	13

En las imágenes siguientes se muestra el efecto del cambio de luminaria en la distribución de luz en el plano de estudio:



Situación actual (izda.) y con sustitución de luminarias (dcha.)

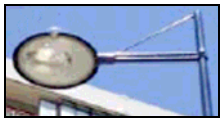
Al igual que en la actuación en Dario Regoyos, se observa la reducción del flujo luminoso que se emite hacia las fachadas y en el cielo, minimizando tanto la luz intrusa como el resplandor luminoso nocturno. Esto supone directamente que el flujo luminoso que se proyecta sobre la calzada es aproximadamente el triple que en la situación con luminarias tipo farol sin adaptar, e intentando mantener los niveles de iluminación dentro de las recomendaciones. Sin embargo, conseguir unos niveles de iluminación entre 10-12 lux, implicaría un análisis más detallado de diseño, con un incremento en la interdistancia entre puntos de luz.

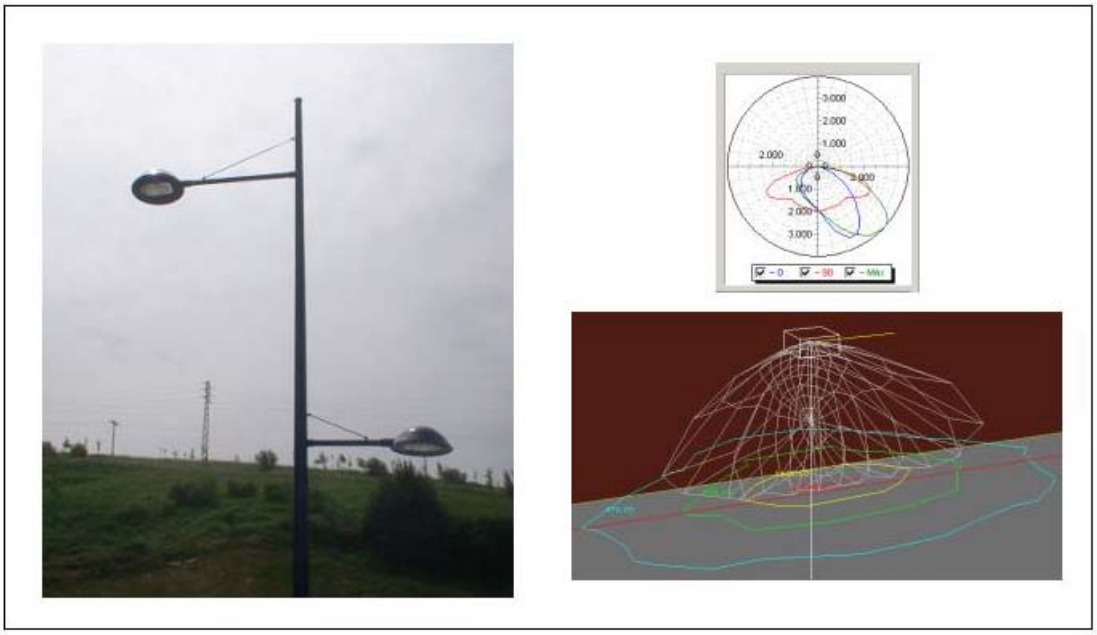
Por otro lado, la eficiencia energética de la instalación mejora considerablemente con las mejoras 1, 4 y 5, es decir, con la sustitución, reducción del número de luminarias y de la potencia instalada.

Finalmente, se reduce la pérdida de flujo luminosos que no es útil, es decir que se utiliza en iluminar lo que no se debe iluminar, lo que en términos económicos supone una reducción del coste anual entre aproximadamente un 29% con la reducción del número de luminarias (mejora 3) y un 68% con la reducción de luminarias, de potencia y cambio de luminarias (mejora 5).

Reducción del número de puntos de luz y/o de la potencia instalada

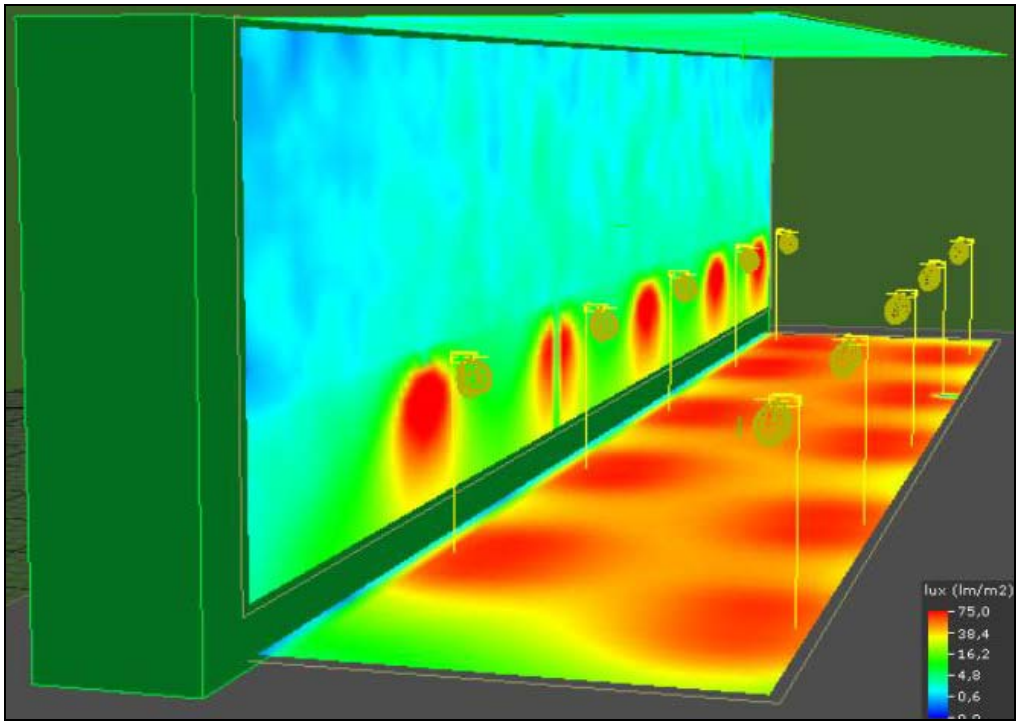
(por ejemplo, Morrongilleta, Viteri, etc.):

Actual		Mejora 1	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
Image (6 u)		Reducción luminarias (4 u)	Reducción potencia (100w)	Reducción potencia (70w)	Combinada (100w) y (4 u)	Combinada (100w) y (5 u)

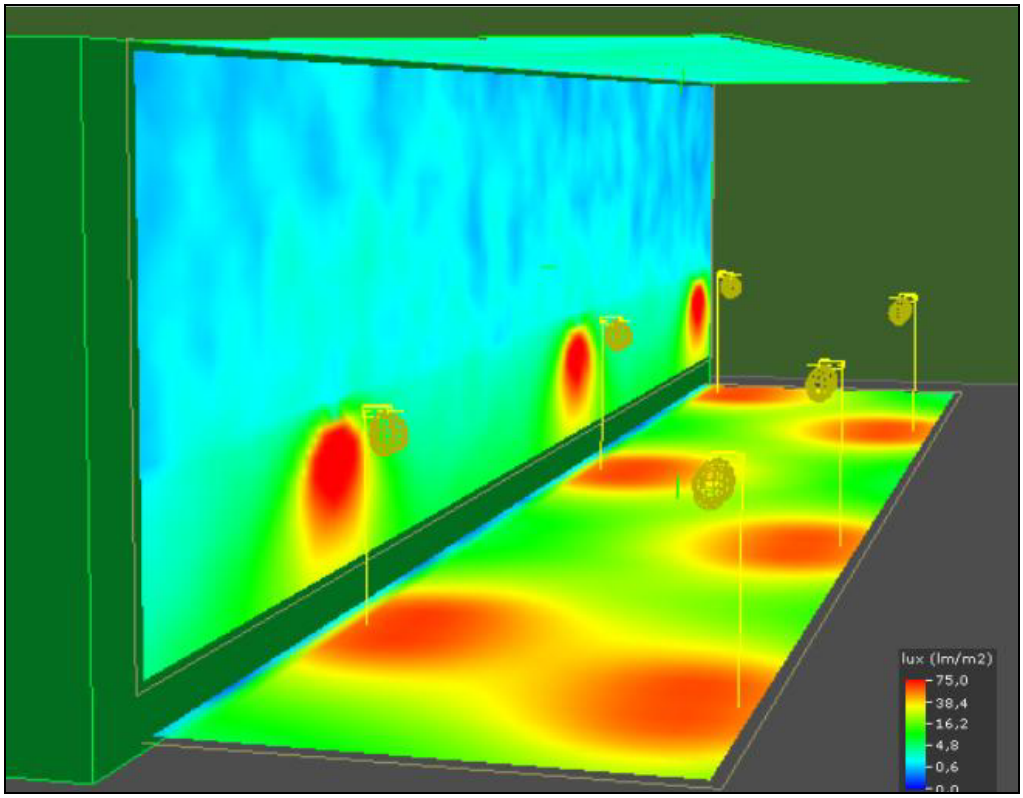


Luminaria Image

En las imágenes siguientes se muestra el efecto del cambio de luminaria en la distribución de luz en el plano de estudio:



Situación actual



Situación con reducción número de luminarias y potencia instalada

Indicador	Denominación	Actual	Mejora 1	Mejora 2	Mejora 3	Mejora 4	Mejora 5
CL1	Reducción consumo anual (% coste € anual)	-	0,0	0,0	30,0	33,3	16,7
CL2	% Ptos. luz contaminantes	0	0	0	0	0	0
CL3	Eficiencia Energética	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
E_m calzada (10-12 lux)		49,5	23,1	22,5	13,5	14,4	17,7
U_m		0,20	0,11	0,12	0,12	0,11	0,10
E_m fachada		7,4	2,7	4,6	2,7	1,7	3,5
E_m cielo		2,8	1,4	1,4	0,8	0,9	1,1
CL5	Luz Intrusa E_m fachada > 2lux	SI	SI	SI	SI	NO	SI
	Luz Intrusa E_m fachada > 10lux	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CL6	Resplandor Luminoso Nocturno	0	0	0	0	0	0
CL7	Emisión Gases GEI	1,5	1,0	1,0	0,7	0,7	0,8

En este caso, el objetivo es reducir los niveles de iluminación en calzada existentes en la situación actual, que están cuatro veces por encima de las recomendaciones, consiguiendo la mejor eficiencia energética posible en la instalación.

Para ello, las actuaciones propuestas consisten en la reducción de la potencia instalada, y del número de luminarias, sin menoscabo de la seguridad del usuario, lo que implicaría también un incremento en la interdistancia entre puntos de luz.

Así, los niveles de iluminación que se conseguirían se aproximan a las recomendaciones existentes y la eficiencia energética es muy buena (por debajo de 0,5 en todos los casos). En términos económicos supone una reducción del coste anual entre aproximadamente un 30% con la reducción de la potencia instalada (mejora 3) y un 33% con la reducción de luminarias y de potencia (mejora 4).

10. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado sobre las instalaciones de alumbrado exterior público en el término municipal de Errenteria, para la caracterización de su ambiente lumínico en base a criterios de Eficiencia Energética y Contaminación Lumínica, se observan los siguientes resultados para los indicadores definidos:

10.1 A nivel Global de Errenteria:

Indicador		Valor
CL1: Consumo energético anual (€/ hab)		15,6
CL2: % puntos de luz contaminantes		57,7
CL3: % municipio con instalaciones eficientes energéticamente		6,2
CL4: % municipio que cumple el nivel de iluminación recomendado		6,5
CL5: % población afectada por Luz Intrusa	Para E_m fachada > 2 lux	78,6
	Para E_m fachada > 10 lux	18,1
CL6: Resplandor Luminoso Nocturno (% del flujo instalado emitido hacia el cielo)		22,0
CL7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (Tn CO_2)		1.275

- Estos resultados indican que el 55,6% de las luminarias que constituyen las instalaciones de Alumbrado Exterior Público de Errenteria (2.683 unidades) presentan en promedio un FHS_{inst} > 5%, es decir, emiten flujo luminoso por encima de la horizontal de las luminarias que no se utiliza para iluminar la calzada.

- Además, el 2,1% de las lámparas que actualmente iluminan las calles (100 unidades) de son contaminantes (*Halogenuros Metálicos*), puesto que generan residuos peligrosos y tóxicos, su espectro de emisión está fuertemente sesgado hacia el ultravioleta y además son menos eficientes (hasta un 28% menos) que las de Sodio de Alta Presión, predominantes en el municipio.

- Respecto a la eficiencia energética, el objetivo a conseguir para zonas residenciales, peatonales y motorizadas es 0,54 w/m^2/10lux, como máximo valor. El resultado obtenido para todo el municipio es de 1,6 w/m^2/10lux, superior al objetivo, lo que implica una eficiencia energética muy baja. En concreto, el 6,2% del municipio posee instalaciones de alumbrado eficientes energéticamente, que se identifican principalmente con calles donde no hay luminarias tipo globo y tipo farol.

- Los niveles de iluminación media en calzada calculados están fundamentalmente fuera del rango de niveles admisibles según las recomendaciones del Comité Español de Iluminación (por debajo de éstos y/ó más del 20 % por encima).

  En concreto apenas el 6,5% del municipio está dentro de las recomendaciones, mientras que el aproximadamente el 74% está sobreiluminado (nivel superior en un 20% al mínimo recomendado) y el 19% tiene niveles por debajo del mínimo recomendado.

- Respecto a la población afectada por luz intrusa, dependiendo de cual sea el objetivo de calidad, el resultado varía. Así, se considera como objetivo, niveles de iluminación vertical en fachada de 2 lux, aproximadamente el 79% de la población (30.976 habitantes) presenta molestias por luz intrusa. Si por el contrario el objetivo es 10 lux, la población se reduce considerablemente hasta el 18%. Evidentemente, el conflicto se genera en calles con luminarias adosadas a la fachada y en aquellas con luminarias tipo globo o villa.

- Para el Resplandor Luminoso Nocturno, el 22% del FTI (flujo total instalado) se pierde por encima de la horizontal de las luminarias, sin tener en cuenta las reflexiones en las superficies, lo que supone que aproximadamente 14.029 Klm, se “pierden” hacia la bóveda celeste contribuyendo en gran medida a otro de los parámetros de la contaminación lumínica: Resplandor Luminoso Nocturno.

- La contribución del alumbrado exterior público de Errenteria a las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) totales del municipio supone 1.275 Tn de CO_2. Este parámetro se puede comparar con el resto del inventario de focos causantes del efecto invernadero (tráfico por ejemplo) y establecer el porcentaje que suponen las emisiones GEI debidas al alumbrado exterior público sobre las totales del municipio.

- Como última conclusión del análisis global, se tiene que el porcentaje del flujo total emitido por las luminarias que se considera como flujo potencialmente útil (el que llega a las calzadas) es el 29,5%. El flujo contaminante es aquel que no se utiliza en iluminar la calzada, es decir, el que se emite por encima de la horizontal de las luminarias y genera luz intrusa en las fachadas y resplandor luminoso en el cielo.

- En términos de consumo eléctrico anual en €, se pierden aproximadamente 102.200 € anuales en no iluminar las calzadas del municipio (61.600 € emitidos por encima de la horizontal de las luminarias y 40.600 € en forma de luz intrusa a partir de la primera ventana de las fachadas) y por lo tanto es dinero y energía desaprovechada.

10.2 Zona de Galtzaraborda

Indicador		Valor
CL1: Consumo energético anual (€/ hab)		8,2
CL2: % puntos de luz contaminantes		85,0
CL3: % zona con instalaciones eficientes energéticamente		33,3
CL4: % municipio que cumple el nivel de iluminación recomendado		42,9
CL5: % población afectada por Luz Intrusa	Para E_m fachada > 2 lux	100
	Para E_m fachada > 10 lux	46,6
CL6: Resplandor Luminoso Nocturno (% del flujo instalado emitido hacia el cielo)		28,5
CL7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (Tn CO_2)		65,9

10.3 Zona de Alde Zaharra

Indicador		Valor
CL1: Consumo energético anual (€/ hab)		7,7
CL2: % puntos de luz contaminantes		76,8
CL3: % municipio con instalaciones eficientes energéticamente		26,9
CL4: % municipio que cumple el nivel de iluminación recomendado		15,4
CL5: % población afectada por Luz Intrusa	Para E_m fachada > 2 lux	95,8
	Para E_m fachada > 10 lux	63,1
CL6: Resplandor Luminoso Nocturno (% del flujo instalado emitido hacia el cielo)		24,6
CL7: Emisión Gases de Efecto Invernadero (Tn CO_2)		72,3

- En la zona de Galtzaraborda, todas las calles que no cumplen con los niveles de iluminación están sobreiluminadas (el 57,1%), mientras que no existen calles con déficit en las necesidades de iluminación.

- En Alde Zaharra, el 50% de las calles están sobreiluminadas y el 34,6 % presentan déficit de iluminación, es decir, sus niveles no cumplen las recomendaciones establecidas para conseguir las condiciones mínimas de seguridad, confort visual, guiado visual, etc.

- Esto implica que la eficiencia energética de cada una de las zonas, considerando el total de las calles calculadas, es inferior al 30% y 35% en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente, sin embargo es superior a la media del municipio. Los resultados de eficiencia energética son 0,51 y 0,63 $w/m^2/10lux$ en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente, ambos ligeramente superiores al objetivo.

- Prácticamente la totalidad de la población que vive en dichas zonas está afectada por luz intrusa, considerando el periodo de reducción de flujo luminoso. Si no se considera el periodo de reducción, la población afectada es aproximadamente la mitad.

- Las luminarias contaminantes son las de tipo globo (Mirage) y Alura con un 49,1% y un 17% de FHS respectivamente, si bien a la vista de este parámetro las Mirage son las más contaminantes. Esto implica que el 46,1% y 41,4% del flujo total instalado en cada una de las zonas, se proyecte por encima de las luminarias hacia el cielo y hacia las fachadas.

- En concreto, el 21,5 y 12,9% del flujo se convierte en luz intrusa, y el 24,6 % y 28,5% en Resplandor Luminoso nocturno en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente. Apenas el 32,7% y 37,1% se proyecta sobre las calzadas, es decir, es potencialmente útil, ya que como se ha vista también genera sobreiluminación en estas zonas.

- Por último y en términos económicos, se produce un derroche anual de 7.322,5 € y 5.991,2 € en Alde Zaharra y Galtzaraborda respectivamente, en consumo de energía eléctrica que no se emplea en iluminar la calzada.

11. PLAN DE ACCIÓN

Es importante partir del hecho de que las medidas de reducción de la contaminación lumínica no significan necesariamente menos puntos de luz ni menor nivel de iluminación, sino iluminar mejor y con el nivel suficiente, para evitar sobreiluminaciones que impliquen un derroche energético y aprovechando más eficientemente la energía, evitando la iluminación de zonas o fachadas que no son necesario iluminar o que incluso pueden generar molestia al iluminarlas, es decir dirigiendo la luz hacia donde es necesario, el suelo.

Aparte del punto de vista de la eficiencia energética y el consumo sostenible de la energía, hay que tener en cuenta que exceso de luz y buena visibilidad no son la misma cosa. Es decir, que el plan de acción dentro del sistema de gestión debe contemplar la necesidad de una educación ambiental para cambiar el criterio asumido de que más luz se corresponde con más calidad de vida.

Por ello, es preciso que el sistema de gestión incluya actividades orientadas a una educación ambiental que cambie esta opinión hacia una más realista, en la que se prime un diseño adecuado, con un consumo justo y que proporcione una calidad adecuada del alumbrado para garantizar la seguridad y las demás variables que pueden ser de interés, pero evitando destinar a la sobreiluminación presupuestos que pueden ser más necesarios para otros fines, aparte de contribuir al cumplimiento de los objetivos en materia de eficiencia energética y objetivo de Kioto y programas de sostenibilidad.

Para lograr estos objetivos es preciso dotar a la gestión del alumbrado de un planteamiento multidisciplinar integrado en los programas de sostenibilidad de desarrollo del municipio. Para ello es necesario que todas las partes que participen en este objetivo vean esta finalidad de forma práctica, sustentada en herramientas eficaces y que aporten información de utilidad, por lo que es muy importante centrar el análisis en fundamentos técnicos, definiendo objetivos de calidad fácilmente compresibles y relacionados directamente con los objetivos de mejora.

Así, la integración de la contaminación lumínica, o mejor de la gestión sostenible del alumbrado, con otras variables ambientales de carácter típicamente urbano como la contaminación acústica, atmosférica, etc. es necesaria para configurar un ambiente urbano de calidad, ya que todas ellas presentan estrechas relaciones que se manifiestan, por ejemplo, en la definición de objetivos de calidad (conveniencia de hacer coincidir en los posible los intereses de las diferentes zonificaciones), como en los planes de actuación, que frecuentemente inciden sobre aspectos comunes del municipio.

Por ello es preciso disponer de planteamientos globales para lograr resultados eficaces, evitando actuaciones que desde enfoques parciales, arreglan una variable en contra de otra, sin efectuar un análisis previo multidisciplinar, que ofrezca soluciones apropiadas es decir que se deben contemplar aspectos específicos de cada punto de vista para hacer compatibles los distintos intereses, en la medida de lo posible.

A partir de este análisis llevado a cabo en el municipio y de las premisas anteriores, se definen las líneas que debe seguir el plan de acción dentro del sistema de gestión del alumbrado en Errenteria, y que son las siguientes:

1. **Reconversión o sustitución** de las **luminarias contaminantes** desde el punto de vista de distribución fotométrica hacia el hemisferio superior: *tipo globo y farol tipo Villa* (que suponen más del 50% de los puntos de luz del municipio), por otras que deberán incorporar un sistema de cierre que minimice la emisión hacia el hemisferio superior *(FHS_{inst} < 5%)* y cuya fotometría permita a su vez una mejor distribución del flujo luminoso, aumentando la proyección hacia el suelo y lejos de la horizontal.

   Además esta corrección lleva implícita la minimización del Resplandor Luminoso Nocturno y Luz Intrusa y la mejora en la cantidad de luz emitida hacia el suelo, con lo cual se puede incluso disminuir la potencia instalada siempre y cuando se mantengan los niveles de iluminación adecuados para su uso. Esta reducción de la potencia supone en consecuencia un ahorro energético.

2. **Evitar las lámparas de Halogenuros Metálicos en las reposiciones o nuevas implantaciones,** utilizando lámparas de Sodio Alta Presión, que son 28% más eficaces que las anteriores, apenas tienen componentes que generan residuos tóxicos y peligrosos y no contaminan el rango espectral fuera del visible.

   Sin embargo, pueden considerarse excepciones en casos especiales, como aquellas zonas que se desee resaltar por su interés turístico, monumental, cultural o por ser patrimonio arqueológico, como el Casco Histórico, y donde la luz blanca consiga dicho objetivo. En todo caso esta iluminación debería apagarse a una hora determinada cuando no sea necesaria su función (por ejemplo las 23h).

   Estudiar posibilidad de utilización de lámparas de Sodio Baja Presión en el alumbrado urbano del municipio: son las más eficaces del mercado, tienen una elevada vida útil, no generan residuos tóxicos ni peligrosos, son monocromáticas y la radiación es toda visible, no emiten en el ultravioleta por lo que no afectan a la flora y fauna, permite una gran comodidad y agudeza visual y buena percepción de contrastes. Por el contrario, tienen una baja reproducción cromática y rendimiento de color.

3. También es fundamental, dentro del desarrollo sostenible y calidad de vida de Errenteria, la ***sensibilización* y *educación ambiental*** del ciudadano/a, frente a este tipo de contaminación. El problema surge por la falta de percepción por parte de los ciudadanos y de los diversos profesionales, de la problemática ambiental que supone la contaminación lumínica y el desconocimiento general de los beneficios económicos, de calidad de vida y de seguridad que comportaría un uso más racional del alumbrado.

   En este sentido se llevará a cabo la publicación de los resultados de este informe que el ayuntamiento estime oportunos, en la página web municipal del Departamento de Medio Ambiente y Montes. Se harán publicaciones sobre este tema y notas de prensa.

   Se estudiará la forma de promover la concienciación ciudadana en esta materia y utilizar los cambios que se realicen en el municipio para este fin.

4. ***Creación de áreas de baja emisión luminosa*** donde se requiera una ***especial protección frente a la contaminación lumínica*** y donde se deberá regular y limitar a través de la Ordenanza Municipal aspectos como:

   - Declaración de zonas donde no cabe la iluminación.

   - Declaración de zonas con uso restringido de iluminación o limitación del alumbrado a valores mínimos: modelo de luminarias (0% FHS), lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión, horario de encendido restringido (hasta las 23h), niveles de iluminación mínimos, implantación de reguladores de flujo, etc.

   Estas zonas serán:

- Los ámbitos de los parques y áreas forestales con especial interés para la biodiversidad urbana del municipio de Errenteria:

  a) El área forestal de Alaberga

  b) El bosque de ribera del río Oiartzun en Gabierrota, Fanderia y Lartzabal

  c) El casco de Arramendi

  d) El área forestal de Igantzi-Pontika

- Ámbitos del suelo no urbanizable con un especial interés ecológico, paisajístico y faunístico:

  a) El Parque Natural y Lugar de Importancia Comunitaria de Aiako Harria, integrado en la Red Natura 2000, en al ámbito de Añarbe. Este parque natural alberga 16 tipos de hábitats (24% de la superficie) y 38 especies de interés comunitario (2 mamíferos, 28 aves, 2 peces, 4 invertebrados y 2 plantas).

  b) El Parque de Lau Haizeta, en el ámbito de Errenteria.

  c) Los elementos del Catálogo del Plan General de Ordenación Urbana de Errenteria recogidos como Patrimonio Arqueológico y Patrimonio Natural (Anexo 7):

     - Monumentos Megalíticos de las Estaciones Megalíticas de Igoin-Akola y Txoritokieta
     - Zonas Arqueológicas
     - Areas Forestales de Protección Estricta
     - Áreas Forestales Protegidas
     - Áreas de Alto Interés Paisajístico
     - Formaciones Geológicas: Dolinas
     - Árboles Protegidos

- Áreas de interés para la fauna del municipio de Errenteria, es decir aquellos ámbitos que constituyan hábitats de alimentación o reproducción para especies amenazadas, catalogadas o de interés (lepidópteros, murciélagos, aves o mamíferos de costumbres nocturnas, especialmente sensibles a las radiaciones azules y blancas del espectro electromagnético), incluyendo las que se hallen protegidas en las Directivas de Aves y de Hábitats, el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas, etc.

- Áreas que se correspondan con las cartografiadas con carácter normativo en los *Planes de Gestión* vigentes para el visón europeo y el desmán del Pirineo, en el municipio de Errenteria.

  En estas zonas de especial interés natural, la restricción debe seguir las líneas de necesidad o no de implantación de iluminación en las zonas de acceso a las mismas, utilización exclusiva de lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión por su despreciable impacto lumínico sobre el hábitat, etc.

- El suelo no urbanizable del municipio de Errenteria.

5. Se ***definirán*** por ordenanza municipal u otra vía reglamentaria, los ***criterios de iluminación y objetivos de calidad de las instalaciones****,* que limiten aspectos como los niveles de iluminación en calzada, de luminancia en los casos que aplique, uniformidades, niveles de iluminación en fachada. También requisitos fotométricos de las luminarias, rendimientos de las mismas, tipos de lámparas, etc. También la definición y restricciones en las zonas de baja emisión lumínica definidas en el apartado 4.

6. Se llevará a cabo una actualización anual del cálculo de los parámetros definidos en este estudio, con el fin de crear un ***seguimiento anual de los indicadores*** para evaluar su evolución y valorar las actuaciones correctoras que se lleven a cabo desde el Ayuntamiento. Cabe desatacar en este apartado, que dentro de la política del Servicio Eléctrico del Ayuntamiento, ya se están implantando actuaciones en esta línea, sustituyendo luminarias contaminantes (tipo globo) por otras no contaminantes, por ejemplo en las calles Darío Regoyos, Parque y Galtzaraborda.

7. Se aprobará una ***Ordenanza Municipal del Alumbrado Exterior*** para la protección del Medio Ambiente mediante la mejora de la Eficiencia Energética. Su objeto será establecer las condiciones que deben cumplir las instalaciones de alumbrado exterior, tanto públicas como privadas, situadas en el término municipal de Errenteria, con el fin de mejorar la protección del medio ambiente mediante un uso eficiente y racional de la energía que consumen y la reducción del resplandor luminoso nocturno, sin menoscabo de la seguridad vial, de los peatones y propiedades, que deben proporcionar dichas instalaciones. En ésta se deberá asegurar la implantación de reductores de flujo y fijar objetivos de iluminación en dos periodos : alta (hasta las 23h por ejemplo) y baja resto de la noche.

8. Se ***incorporarán los 7 indicadores*** de sostenibilidad definidos y propuestos en este estudio, dentro del Plan de ***Agenda Local 21****, en el sistema de indicadores de seguimiento.*

9. Deberá definirse e implantarse un mecanismo de ***coordinación permanente entre los distintos departamentos*** que han participado en el estudio, con el objetivo de dar continuidad al sistema de gestión definido, mitigar en la medida de lo posible las situaciones existentes no eficientes y contaminantes y prevenir nuevas situaciones que puedan generar conflictos respecto a este vector contaminante.

10. Dedicar ***partidas anuales del presupuesto municipal*** al ***desarrollo del Plan de Acción*** y mantenimiento e implementación del sistema de gestión definido en este proyecto en materia de Eficiencia Energética y Contaminación Lumínica, extendiendo la evaluación detallada a otras zonas del municipio e incorporando el mantenimiento de la información relevante para la evaluación continua de la reducción de la contaminación lumínica y el aumento de la eficiencia energética.

11. Se deberá aportar un ***informe técnico sectorial de los nuevos proyectos de urbanización*** que incluyan los aspectos técnicos relativos a las instalaciones de ***Alumbrado Exterior*** que deberán cumplir los objetivos y criterios lumínicos, medioambientales y energéticos que se han fijado el estudio y deberán ser compatibles con el Plan de Acción llevado a cabo por el Ayuntamiento.

12. Se deberá definir la ***gestión específica de los residuos generados por los equipos de alumbrado exterior*** (báculos, equipos auxiliares, etc.) y en especial los ***residuos tóxicos y peligrosos*** generados por las lámparas.

13. Se deberán ***establecer los criterios y requerimientos lumínicos y energéticos que deban cumplir las instalaciones de alumbrados singulares como el navideño, el publicitario, deportivo, escolar***, etc.

«Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: LA VOLUNTAD».

Albert Einstein

ANEXOS

ANEXO 1: ZONIFICACIÓN LUMÍNICA

ANEXO 2: INVENTARIO

ANEXO 3: CAMPAÑA DE MEDIDAS

ANEXO 4: HERRAMIENTA DE GESTIÓN: S.I.G.

ANEXO 5: PROPUESTA DE ORDENANZA MUNICIPAL DE ALUMBRADO

ANEXO 6: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEXO 7: CATÁLOGO DEL PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE ERRENTERIA RECOGIDOS COMO PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y PATRIMONIO NATURAL

ANEXO 8: TABLA RESUMEN DEL PLAN ACCIÓN

ANEXO 9: DOCUMENTO DE SINTESIS