

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR.



TRABAJO FIN DE GRADO.

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA.

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIO DE OFICINAS.

Autor: DAVID SANZ BRONCANO.

Tutora: DRA. MORENO LÓPEZ DE SAÁ, MARÍA ÁNGELES.





AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutora María Ángeles la oportunidad de ejecutar este TFG. Mención especial a sus indicaciones, instrucciones y correcciones que ha compartido conmigo para poder llegar a esta presentación la cual me ha servido para desarrollar los conocimientos aprendidos en la universidad así como saber plasmarlos en dicha memoria.

Gracias a mis padres Juan y Juana por el apoyo recibido en estos años de dedicación a mis estudios y trabajo, en los que en ciertos momentos tenía tantas cosas en la cabeza que no paraba ni un segundo quieto. Gracias a ambos por inculcarnos a todos tus hijos los valores fundamentales de la vida y apoyarme desde el primer momento que decidí emprender esta aventura que con esfuerzo y sacrificio todo se consigue.

Gracias a mis abuelos José y Martina y a mi tío Raúl por ayudarme en todo momento.

Mención especial para mis hermanos Verónica y Óscar por sus consejos y ayudas en los momentos en los que he necesitado, sin su empuje y sus ánimos esto no hubiese sido posible, les doy las gracias por tantos momentos en los que he necesitado un simple “venga gruñón”. Ambos se han volcado en que terminase esta aventura. Cabe destacar también a mis cuñados Moni y Alber, los cuales considero como hermanos y de los que he aprendido también muchas cosas.

Gracias a Frutos, Dani, Juan y Alex por estar en los momentos buenos y malos y apoyarme en todo momento, han sido un apoyo incondicional en estos últimos años.

Hace ocho años decidí emprender mis estudios académicos en la rama de electricidad en la cual conocí en la formación profesional a dos grandes e importantes personas en mi vida Diego e Iván. Agradezco a los dos “satélites” los momentos vividos y los que quedan por vivir juntos, ambos sois dos grandes personas y os considero mi familia.

Agradecimientos a todas los compañeros que he conocido en la Universidad, Joseto, Charly... de los cuales de cada uno me llevo algo importante para mi vida.



A mi gran amigo Joaquín Torres, por ser el director que me marcó en el colegio, ha pasado a ser una persona muy importante en mi vida. Gracias por tu apoyo y tu dedicación a las personas, por cómo te desvives cuando se necesita cualquier cosa.

Por último me gustaría mencionar a las dos personas más importantes de vida en este momento, Álvaro y Guillermo. Me han tocado los dos mejores sobrinos de todo el mundo, sus sonrisas me han hecho sacar fuerzas en cada momento para conseguir estos objetivos. Este TFG va dedicado a ambos.



ÍNDICE.

Capítulo 1. Introducción.....	8
1.1. Objeto y alcance.....	9
1.2. Normativa aplicada y guías de referencia.....	9
1.3. Actividades a desarrollar.....	9
1.4. Estructura de la memoria.....	10
Capítulo 2. Fundamentos teóricos.....	11
2.1. Color de los cuerpos.....	14
2.3. Diagrama cromático.....	14
2.4. Índice de reproducción cromática (Ra).....	15
2.5. Temperatura del color.....	15
Capítulo 3. Alumbrado interior.....	16
3.1. Clasificación de luminarias por el grado de protección eléctrica.....	17
3.1.1. Grado de aislamiento eléctrico:.....	17
3.1.2. Clasificación por condiciones operativas.....	17
3.2. Clasificación de luminarias por condiciones de servicio para iluminación interior.....	20
3.3. Tipos de equipos eléctricos.....	21
3.3.1. Lámpara Incandescentes.....	21
3.3.1.1. Lámpara incandescente convencional.....	21
3.3.1.2. Lámpara incandescente halógena de wolframio.....	22
3.3.2. Lámpara descarga.....	24
3.3.2.1. Lámpara de vapor de mercurio alta presión.....	24
3.3.2.2. Lámparas con halogenuros metálicos.....	25
3.3.2.3. Lámpara de vapor de mercurio baja presión.....	26
3.3.2.4. Lámpara de sodio de alta presión.....	27
3.3.2.5. Lámpara de sodio de baja presión.....	28
3.3.2.6. Lámparas de luz de mezcla.....	30
3.3.3. Leds.....	31
Capítulo 4. Auditoría de la instalación de alumbrado interior del edificio.....	35
4.1. Planta baja.....	35
4.2. Primera planta.....	36
4.3. Segunda planta.....	36
Capítulo 5. Sustitución del alumbrado convencional por tecnología led.....	38



5.1.	Software utilizado.	38
5.1.1.	Actividades desarrolladas en el programa.	38
5.1.2.	Luminarias seleccionadas.	41
5.2.	Ahorro en potencia de equipos de iluminación.	43
5.2.1.	Planta baja.	47
5.2.2.	Primera planta.	51
5.2.3.	Segunda planta.	56
Capítulo 6.	Evaluación del ahorro económico en facturación eléctrica.	62
Capítulo 7.	Valoración económica de la propuesta.	67
7.1	Costes de mantenimiento instalación actual.	67
7.2	Coste de implantación tecnología LED.	68
Capítulo 8.	Conclusiones.	72
Bibliografía.	74
Anexos.	76
Anexo I.	Planos de la instalación.	77
Anexo II.	Resumen DIALux Evo.	83



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.5.1 Clasificación luminaria según radiación del flujo luminoso [2]	15
Tabla 3.1.2.1 Protección contra cuerpos sólidos [11].	18
Tabla 3.1.2.2 Protección contra líquidos [11].	19
Tabla 3.1.2.3 Protección contra impactos externos. [11].	19
Tabla 3.2.1 Clasificación luminarias de acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso.	21
Figura 3.2.1 Clasificación luminarias según radiación del flujo luminoso [2].	21
Tabla 3.3 Comparativa del tipo de equipo eléctrico.	34
Tabla 4.1 Potencia total instalada de iluminación.	37
Tabla 5.2.1 Lista de requisitos de iluminación para oficinas [4].	44
Tabla 5.2.2 Lista de requisitos de iluminación zonas de tráfico dentro de edificio [4].	44
Tabla 5.2.3 Lista de requisitos de iluminación áreas generales dentro de edificio [4].	45
Tabla 5.2.4 Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea [4].	45
Tabla 5.2.1.1 Resumen Hall/ Oficina Comercial, norma EN 12464 DIALux.	50
Tabla 5.2.2.1 Resumen puestos de trabajo, norma EN 12464 DIALux.	56
Tabla 5.2.3.1 Resumen comunicación y formación, norma EN 12464 DIALux.	60
Tabla 5.2.1 Resumen de la reducción de potencia eléctrica con la sustitución de las luminarias actuales por luminarias de tecnología LED.	61
Tabla 6.3 Facturación anual del consumo con tecnología LED.	66
Tabla 7.1 Coste mantenimiento material existente.	68
Tabla 7.2 Coste implantación material Etap.	69
Tabla 7.3 Coste implantación material Enarlux.	70

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 2.3.1 Diagrama de cromaticidad del espacio del color.	14
Figura 3.3.1.1 Lámpara incandescente convencional [2].	22
Figura 3.3.1.2 Lámpara incandescente halógena.	23
Figura 3.3.2.1 Lámpara vapor de mercurio alta presión [2].	24
Figura 3.3.2.2 Lámpara de halogenuro metálico [2].	25
Figura 3.3.2.3 Lámpara de vapor de mercurio baja presión (Fluorescente) [2].	26
Figura 3.3.2.4 Lámpara de sodio alta presión [2].	27
Figura 3.3.2.5 Lámpara de sodio baja presión [2].	29
Figura 3.3.2.6 Lámpara de luz de mezcla [2].	30
Figura 3.3.3.1 Semiconductor LED.	31
Figura 3.3.3.2 Intensidad – Flujo Luminoso.	32
Figura 3.3.3.3 Diodo LED.	32
Figura 5.1.1.1 Planos importados DIALux.	38
Figura 5.1.1.2 Creación del edificio.	39
Figura 5.1.1.3 Creación de plantas.	39
Figura 5.1.1.4 Creación de locales.	39
Figura 5.1.1.5 Algoritmo para el diseño de instalaciones de iluminación utilizando DIALux.	41
Figura 5.1.2.1 Luminarias seleccionadas Anexo III.	42
Figura 5.2.1.1 Hall y oficina comercial 2D, DIALux.	48
Figura 5.2.1.2 Hall y oficina comercial 3D, vista 1, DIALux.	48
Figura 5.2.1.3 Hall y oficina comercial 3D, vista 2, DIALux.	49
Figura 5.2.2.1 Puestos de trabajo 2D, DIALux.	52
Figura 5.2.2.2 Puestos de trabajo 3D, vista 1, DIALux.	52
Figura 5.2.2.3 Puestos de trabajo 3D, vista 2, DIALux.	53
Figura 5.2.2.4 Puestos de trabajo 3D, vista 3, DIALux.	53
Figura 5.2.3.1 Comunicación y fundación 2D, DIALux.	58
Figura 5.2.3.2 Comunicación y fundación 3D, DIALux.	58



Capítulo 1. Introducción.

¿Conseguimos una reducción importante del consumo energético con la tecnología LED?

Actualmente un 20% del consumo de energía eléctrica a nivel mundial está destinado a iluminación. Este porcentaje es mucho mayor si nos centramos en el consumo de un edificio común donde éste puede llegar incluso hasta el 40%.

Reducir este consumo no significa renuncia a cantidad de luz ni a su calidad ya que afectaría al bienestar y el confort de las personas, por ello deben de utilizarse equipos de iluminación más eficientes.

Dependerá de varios factores, el reflector de la luminaria debe ser diseñado de forma que maximice su rendimiento y aproveche la mayor proporción de flujo lumínico sin producir deslumbramiento molesto. Se debe centrar la elección de la luminaria en función de su eficiencia energética, vida útil, etc.

Por otro lado los equipos auxiliares deberán ser tales que limiten las pérdidas máximas. En este caso la tendencia existente es la eliminación de equipos electromagnéticos y su sustitución por equipos electrónicos.

Deberán de tenerse en cuenta si es posible la regulación y el control del sistema de iluminación consiguiendo con esto un aprovechamiento de la luz natural.

El Código Técnico de Edificación (CTE) fue aprobado por el Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo del 2006 con el objetivo de hacer una edificación más sostenible marcando las exigencias relativas a la seguridad y a la habitabilidad. Dicho documento está estructurado en documentos básicos que hacen referencia a temas de seguridad, climatización, iluminación, etc. En él se tratan criterios sobre el ahorro energético (DB HE) con el fin de conseguir un uso racional y eficiente de energía. El apartado HE3 trata sobre la iluminación, introduciendo los valores de eficiencia energética de una instalación, puesto que la norma UNE EN 12464-1 solo regula los valores mínimos para la cantidad y calidad de la iluminación en espacios interiores.



1.1. Objeto y alcance.

El presente proyecto tiene como objeto el estudio energético del alumbrado interior de un edificio de oficinas en el municipio de Las Rozas, Madrid.

EL propósito de dicho estudio es conseguir una mejor iluminación del edificio, reducción del consumo energético de éste y obtener un ahorro energético, que repercuta en los valores éticos de la empresa y, por lo tanto, en los gastos de mantenimiento y consumo.

El alcance del estudio de eficiencia energética se limita a los equipos de alumbrado interior del edificio.

1.2. Normativa aplicada y guías de referencia.

1. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
2. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
3. UNE-EN 12464-1: 2012. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.
4. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas. IDAE.
5. UNE-EN 60598-1, Luminarias. Requisitos generales y ensayos.

1.3. Actividades a desarrollar.

Para el estudio y realización del proyecto se han llevado a cabo las siguientes actividades:

1. Inventario de los equipos actuales de iluminación del edificio, consumos, horas de funcionamiento y tipo de iluminación.
2. Estudio de los tipos de iluminación que existen en el mercado para optimizarlos.
3. Asistencia a un curso sobre manejo y gestión de DIALux Evo, para el cálculo de iluminación real que necesitamos en cada sala del edificio.
4. Estudio de los diferentes sistemas de leds en el mercado.
5. Análisis de las facturas de luz del edificio y sus patrones de consumo.



1.4. Estructura de la memoria.

Después de una introducción general (capítulo 1), se explican brevemente los términos luminotécnicos más empleados en este proyecto (capítulo 2).

El capítulo tercero nos sirve para comparar los diferentes tipos de alumbrado interior, ventajas e inconvenientes.

Seguidamente, desarrollamos una auditoría de la instalación de alumbrado interior del edificio (capítulo 4), y presentamos la sustitución del alumbrado convencional por el de tipo LED, estudio realizado mediante el software DIALux EVO, recreando el edificio y su mobiliario actual en 3D (capítulo 5).

Los últimos capítulos se dedican a la evaluación del ahorro económico en facturación eléctrica (capítulo 6), valoración económica de la propuesta de sustitución (capítulo 7) y las conclusiones de este trabajo (capítulo 8).

Se añaden tres anexos: planos de la instalación, resumen DIALux EVO e informe generado DIALux EVO. Los dos primeros anexos forman parte de este documento, mientras que el informe generado por DIALux EVO, dada su extensión, será entregado en otro documento con aparte con el nombre de nombre *Anexo III*.

Capítulo 2. Fundamentos teóricos.

En este capítulo presentamos brevemente fundamentos teóricos de luminotecnia, en vistas a poder entender mejor los capítulos siguientes.

Las características luminotécnicas y parámetros descritos en este capítulo conforman la base de la luminotecnia y son fundamentales para el entendimiento de este trabajo, ya que se citarán más adelante como justificación de la solución adoptada

A continuación se definen las principales magnitudes luminosas:

- *Flujo luminoso (ϕ):* Es la medida de la capacidad que tiene el flujo radiante para producir sensación luminosa. Su medida es lumen (lm).
- *Eficiencia luminosa (ε):* Es la relación entre el flujo luminoso dado por una fuente luminosa en lm y la potencia empleada en W.

$$\varepsilon = \frac{\phi}{P} [lm/W] \quad [\text{Ec 2.1}]$$

- *Cantidad de luz:* Es la integral, en función del tiempo, del flujo luminoso durante una duración de tiempo. Su unidad es el $lm \cdot s$
- *Intensidad lumínica (I):* Viene definido por el flujo luminoso irradiado por unidad de ángulo sólido.

$$I = \frac{\phi}{\omega} [cd] \quad [\text{Ec 2.2}]$$

- *Iluminancia (E):* Medida para la densidad de flujo luminoso. Se define como la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie y el área de la misma.

$$\varepsilon = \frac{\phi}{S} [lx] \quad [\text{Ec 2.3}]$$

- *Excitación luminosa (H):* flujo luminoso por unidad de superficie que sale de una superficie iluminada.

- *Luminancia o brillo (L)*: Se denomina Luminancia o brillo al flujo luminoso que sale de una superficie iluminada en una determinada dirección y por unidad de superficie. Indica la impresión de brillo con que el ojo humano percibe una superficie iluminada desde una cierta dirección. Puede ser directa, producida por una fuente de luz, o indirecta que es la producida por una superficie iluminada.

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta} \text{ [cd/m}^2\text{]} \quad \text{[Ec 2.4]}$$

- *El coeficiente de iluminación o utilización (η)* es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por una fuente luminosa.

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_e} \cdot 100 \text{ [%]} \quad \text{[Ec 2.5]}$$

- *Factor de uniformidad media (U_m)*: Es la relación entre la iluminación mínima y la media de la una instalación. Es un parámetro adimensional.

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}} \quad \text{[Ec 2.6]}$$

- *Factor de uniformidad extrema (U_e)*: Es la relación entre la iluminación mínima y la máxima de una instalación.

$$U_e = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad \text{[Ec 2.7]}$$

- *Factor de uniformidad extrema (U_L)*: Relación entre la luminancia mínima y máxima longitudinal de una instalación.

$$U_L = \frac{L_{min \text{ longitudinal}}}{L_{max \text{ longitudinal}}} \quad \text{[Ec 2.8]}$$

- *Factor de uniformidad general (U_o)*: Relación entre la luminancia mínima y media de una instalación.

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{med}} \quad \text{[Ec 2.9]}$$

- *Deslumbramiento (UGR)*: Condición visual en la que demasiados contrastes o una distribución inadecuada de fuentes de luz que perturban al observador o limitan su capacidad de distinguir detalles y objetos.
 - Deslumbramiento directo, causado por las luminarias o el sol.
 - Deslumbramiento indirecto, producido por superficies que reflejan la luz.
 - Deslumbramiento fisiológico o perturbador, reduce la capacidad visual y la visibilidad.
 - Deslumbramiento psicológico, molesta a la vista.

Existe un método de valoración cuantitativa del deslumbramiento directo, Ratio Unificado de Deslumbramiento (UGR), que es una medida de la luz en un entorno determinado, recomendado por la Comisión Internacional de iluminación. Establece que la iluminancia en un punto de una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la luz incidente sobre el punto, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente. Cuando el punto se encuentra sobre una superficie normal a la luz incidente, la expresión que calcula el UGR es la siguiente:

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot w}{P^2} \right] \quad [\text{Ec 2.10}]$$

L_b = luminancia de fondo cd/m^2 .

L = luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador, cd/m^2 .

w = ángulo sólido trazado por las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

P = índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión.

2.1. Color de los cuerpos.

Los cuerpos poseen determinadas propiedades para reflejar, transmitir o absorber las diferentes frecuencias electromagnéticas que componen la luz que reciben.

Por lo tanto, cuando decimos que un objeto es de un color, es falso, ya que el color como tal no existe, es el resultado de la composición espectral de la luz con la que es iluminado y de las propiedades antes mencionadas. De esta forma, si un cuerpo tiene la propiedad de reflejar los colores comprendidos en el espectro visible y se ilumina con luz natural, dicho objeto se nos hará visible de color blanco. Pero si el mismo objeto es iluminado con una luz monocromática azul, ésta refleja dicho color y se verá azul.

2.3. Diagrama cromático.

La teoría tricromática establece que todo espectro puede reducirse a un conjunto de 3 valores sin perder información respecto a la percepción del color.

Los valores de cromaticidad (x,y) dependen sólo de la longitud de onda dominante y de la saturación, son independientes del total de energía luminosa.

Podríamos concluir que el ojo humano puede distinguir miles de colores diferentes. Cuando los colores difieren sólo en el tono, las longitudes de onda entre colores varían desde más de 10 nm en los extremos del espectro, a menos de 2 nm cerca de los 480 nm (azul) y 580 nm (amarillo). Se distinguen unos 128 tonos completamente saturados. Como se puede observar en la figura 2.3.1 [9]

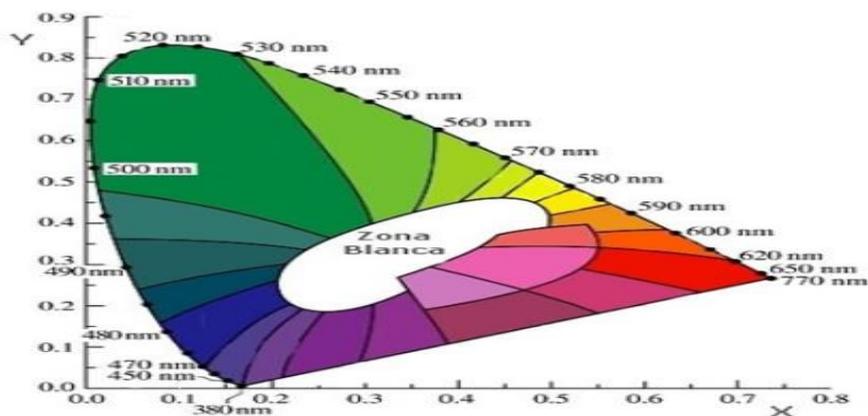


Figura 2.3.1 Diagrama de cromaticidad del espacio del color.

2.4. Índice de reproducción cromática (Ra).

Es la capacidad que tiene una fuente de luz para reproducir los colores como si estuvieran iluminados con luz natural.

- Para valores de Ra inferiores a 61, los colores no se aprecian con claridad.
- Valores de Ra comprendidos entre 61 y 80 obtenemos que ciertos colores pueden parecer a simple vista distorsionados.
- Por último, para valores comprendidos entre 81 y 100 obtenemos colores reproducidos de forma muy eficiente.

2.5. Temperatura del color.

Se denomina temperatura del color T_c a la temperatura del cuerpo negro cuando este presenta el mismo color que el cuerpo emisor. Por tanto la temperatura del color caracteriza el color de la luz que emite y se emplea normalmente para caracterizar el tono de las fuentes de luz blanca, según se indica en la tabla 2.5.1.

Color de luz	Temperatura de Color
Incandescente- Fluorescente	2600 – 2700 K
Blanco cálido	2900 – 3000 K
Blanco neutral	3500 – 4100 K
Blanco frío	4000 – 4500 K
Blanco luz día	6000 – 6500 K

Tabla 2.5.1 Clasificación luminaria según radiación del flujo luminoso [2].

Capítulo 3. Alumbrado interior.

En este capítulo se analizará los diferentes componentes que constituyen las luminarias y se desarrollará una comparativa de cada equipo eléctrico.

Se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Las luminarias tienen unos elementos genéricos característicos [2]:

- Armadura o carcasa es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos. Por este concepto pueden distinguirse varios tipos:
 - Para ambientes normales o de riesgo.
 - Para interiores o exteriores.
 - De pared, para brazo o sobre columna
 - De superficie o empotradas.
 - Suspendidas o de carril.
 - Abierta, cerrada o estanca.
- Nos referimos a equipo eléctrico a los diferentes tipos de fuentes de luz artificial.
 - Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
 - Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
 - Fluorescentes. Con reactancias o balastos, condensadores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
 - De descarga. Con reactancias o balastos, condensadores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- Reflectores: Superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara.
 - Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
 - Frío (con reflector dicróico) o normal.
 - Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo).

- Concentrador (haz estrecho menor de 20º) o difusor (haz ancho entre 20º y 40º; haz muy ancho mayor de 40º).
- Difusores: Elemento de cierre de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa.
 - Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).
 - Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslúcido).
 - Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
- Filtros: Intensifican o reducen determinadas características de la radiación luminosa.

3.1. Clasificación de luminarias por el grado de protección eléctrica.

Uno de los ámbitos más importantes es la protección de los usuarios contra los contactos eléctricos. Existen diferentes tipos de clasificación en las que podrían encontrarse.

3.1.1. Grado de aislamiento eléctrico:

- *Clase 0:* Luminaria con aislamiento funcional, pero sin aislamiento doble ni reforzado en su totalidad y sin conexión a tierra.
- *Clase I:* Luminaria con al menos aislamiento funcional en su totalidad y con el terminal o contacto de conexión a tierra.
- *Clase II:* Luminaria con aislamiento doble y/o aislamiento reforzado en su totalidad y sin provisión para descarga a tierra.
- *Clase III:* Luminaria diseñada para ser conectada a circuitos de voltaje extra-bajo, y que no tiene circuitos, ni internos ni externos, que operen a un voltaje que no sea el extra-bajo de seguridad.

3.1.2. Clasificación por condiciones operativas.

Para este tipo de clasificación diferenciamos entre dos tipos de sistemas.

3.1.2.1. Grado de protección de las envolventes, código IP.

Sistema IP fijado por la norma UNE-EN 60598 [8], por el cual clasifica los tipos de luminarias por el grado de protección contra ingreso de cuerpos extraños, polvo y humedad.

El primero de estos números es una indicación de la protección contra el ingreso de cuerpos extraños y polvo, el segundo número indica el grado de sellado para evitar el ingreso de agua, véase tabla 3.1.1 y tabla 3.1.2 en las cuales se desarrolla una descripción con los diferentes símbolos.

Índice	Descripción	Test	Símbolo
0	Sin protección		No
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm.		No
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm.		No
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm		No
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm		No
5	Protegido contra el polvo sin sedimentos perjudiciales.		
6	Totalmente protegido contra el polvo.		

Tabla 3.1.2.1 Protección contra cuerpos sólidos [11].

Índice.	Descripción.	Test	Símbolo.
0	Sin protección.	-	No.
1	Contra las caídas verticales de gotas (condensación).		
2	Contra las caídas hasta 15º de la vertical.		No.
3	Contra agua de lluvia hasta 60º.		
4	Contra las proyecciones de agua en todas direcciones.		
5	Contra el lanzamiento de aguas en todas direcciones.		
6	Contra lanzamiento de agua similar a golpes del mar.		No.
7	Protegido contra inmersiones.		
8	Contra efectos prolongados de inmersión bajo.		

Tabla 3.1.2.2 Protección contra líquidos [11].

3.1.2.2. Grado de protección de las envolventes, código IK.

Sistema IK fijado por la norma UNE-EN 50102 [12] sobre el grado de protección de la envolvente contra impactos mecánicos externos. Normalmente el grado de envolvente se aplica en su totalidad

Impactos mecánicos externos	Energía (J)	Masa y altura de la pieza de golpeo
IK 00	-	-
IK 01	0,15	0,20 kg y 70 mm
IK 02	0,2	0,20 kg y 100 mm
IK 03	0,35	0,20 kg y 175 mm
IK 04	0,5	0,20 kg y 250 mm
IK 05	0,7	0,20 kg y 350 mm
IK 06	1	0,50 kg y 200 mm
IK 07	2	0,50 kg y 400 mm
IK 08	5	1,70 kg y 295 mm
IK 09	10	5,00 kg y 200 mm
IK 10	20	5,00 kg y 400 mm

Tabla 3.1.2.3 Protección contra impactos externos. [11].

3.2. Clasificación de luminarias por condiciones de servicio para iluminación interior.

Nos referimos al tipo de luminarias destinadas a la iluminación de interior (locales, centros comerciales, oficinas...), clasificándolas de acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso distribuido por encima y por debajo del plano horizontal.

- *Directa*: Este tipo de luminaria el flujo luminoso se dirige por debajo del plano de trabajo de forma directa entre un 90% y 100%. Solo una pequeña parte de esta (10%), es reflejado por las paredes y el techo. Aunque es el sistema de mayor rendimiento luminoso, el gran problema es el hecho de crear sombras al igual que el peligro de deslumbramiento.
- *Semi – directa*: Las luminarias de este tipo producen el flujo luminoso que se dirige de forma directa hacia la superficie oscilando entre un 60% y 90%. Con este tipo de luminarias se reduce el peligro de deslumbramiento.
- *Directa – indirecta*: Entre un 40% y 60% del flujo luminoso se distribuye hacia abajo mientras que el resto se distribuye hacia el techo. Se eliminan por completo las sombras y se reduce el deslumbramiento.
- *Semi – indirecta*: Entre un 10% y un 40% del flujo luminoso es dirigido hacia la superficie a iluminar. Se consigue una iluminación agradable pero con un bajo rendimiento luminoso.
- *Indirecta*: Por último, este tipo de iluminación el 90% y 100% del flujo luminoso es distribuido por encima de la horizontal hacia las paredes y el techo. Es el sistema con menor rendimiento luminoso pero su efecto conseguido es el más parecido a la luz natural.

A continuación, se puede observar un resumen de los diferentes tipos de luminarias en la tabla 3.2.1 y la figura 3.2.1 a continuación descritas.

Tipo de luminaria	%Distribución hacia abajo	% Distribución hacia arriba
Directa	90 – 100	0 – 10
Semi – directa	60 – 90	10 – 40
Directa – indirecta	40 – 60	40 – 60
Semi- indirecta	10 – 40	60 – 90
Indirecta	0 – 10	90 – 100

Tabla 3.2.1 Clasificación luminarias de acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso.

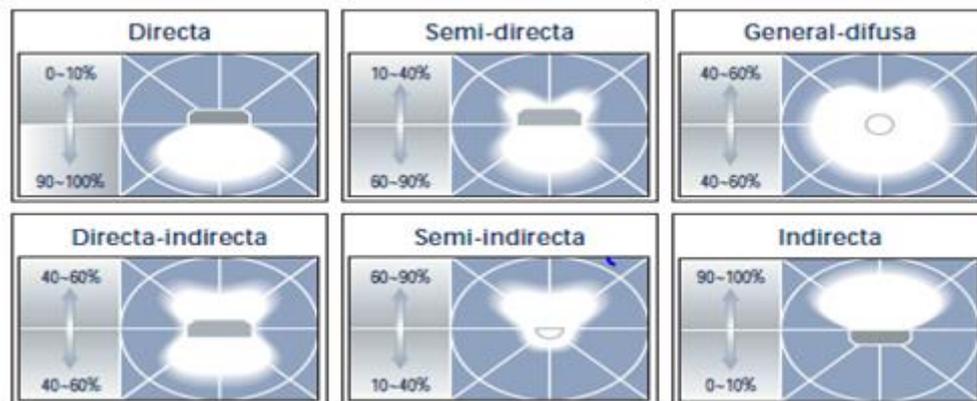


Figura 3.2.1 Clasificación luminarias según radiación del flujo luminoso [2].

3.3. Tipos de equipos eléctricos.

Como ya vimos en la introducción del capítulo 3, existen diferentes tipos de equipos eléctricos. A continuación, se va a realizar un pequeño esquema de cada equipo. En este apartado vamos a incluir la tecnología led, puesto que el proyecto consiste en eficiencia energética.

3.3.1. Lámpara Incandescentes.

3.3.1.1. Lámpara incandescente convencional.

Este tipo de luminaria cuenta con unos filamentos metálicos que, mediante el paso de corriente eléctrica y a través del calentamiento por efecto Joule, produce luz.

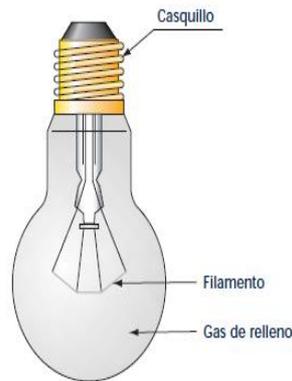


Figura 3.3.1.1 Lámpara incandescente convencional [2].

Ventajas:

- Las lámparas incandescentes se encienden inmediatamente emitiendo su flujo total.
- Emiten un color cálido de luz.
- Luz muy cercana a la luz natural del sol.
- Bajo coste.
- Admiten ser reguladas.
- No necesitan sistemas electrónicos adicionales para su funcionamiento, son conectadas directamente a la red.
- Instalación muy simple.
- Posibilidad de reencendido inmediato.
- Ra 40 – 100.

Inconvenientes:

- Este tipo de luminaria presenta el peor rendimiento luminoso de 12 a 18 lm/W .
- Menor vida útil (1000h).
- Actualmente son poco eficientes, puesto que de la electricidad consumida solo el 15% es transformada en luz.

3.3.1.2. Lámpara incandescente halógena de wolframio.

El halógeno es una variante de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (yodo o bromo).



Figura 3.3.1.2 Lámpara incandescente halógena.

Ventajas:

- Reduce su tamaño en comparación con las incandescentes normales.
- Entrega una luz más blanca que la lámpara incandescente empleando menos potencia en watt.
- Color de luz dentro del margen del blanco cálido.
- Excelente fuente de luz puntual.
- Eficacia luminosa y duración de vida superiores a las de las lámparas incandescentes.
- Son regulables.
- No necesitan sistemas electrónicos adicionales, excepto las lámparas halógenas de bajo voltaje que requieren unos transformadores para su funcionamiento.
- Vida útil de 2000- 5000 h.
- Este tipo de luminaria presenta mejor rendimiento luminoso de 20 a 25 lm/W .
- Mayor temperatura de color.
- Reproducción cromática (Ra) 90 – 100.
- Temperatura de color 2800 K.

Inconvenientes:

- Consumen más energía disipando calor al medio que emitiendo luz, aunque su rendimiento es más económico.
- Se produce un calentamiento muy excesivo debido a la cercanía del filamento y la envoltura.

- No pueden ser tocadas directamente, puesto que se puede alterar la composición química del cristal de cuarzo, deteriorándose las cápsulas o el tubo de protección, con la consiguiente fundición del filamento.

3.3.2. Lámpara descarga.

3.3.2.1. Lámpara de vapor de mercurio alta presión.

En estas lámparas, la descarga se produce en un tubo de descarga de cuarzo con una pequeña cantidad de mercurio relleno de gas inerte. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro de luz, pero otra parte se emite también en ultravioleta. Ésta cubre con un polvo fluorescente la superficie interna de la ampolla exterior, en la cual se encuentra el tubo de descarga, y convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible. La lámpara ofrecerá mayor iluminación.

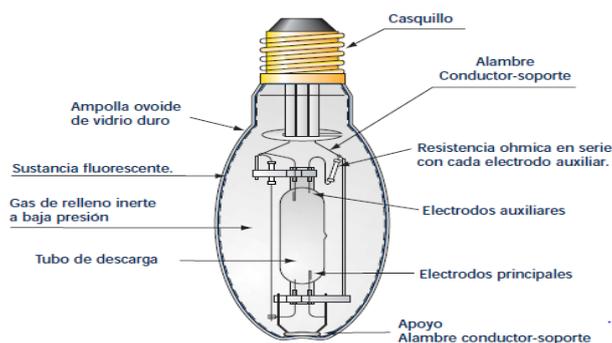


Figura 3.3.2.1 Lámpara vapor de mercurio alta presión [2].

Ventajas:

- Por su mayor potencia emite mayor flujo luminoso que la fluorescente aunque su eficacia es menor.
- Eficacia que oscila entre 40 y 60 lm/W .
- Vida útil en torno a unos 16000- 24000 h.
- Su tensión de encendido oscila entre 150 y 180 V lo que permite conectarlas a la red de 230 V sin necesidad de elementos auxiliares.
- Temperatura de color entre 3500 – 4200 K.
- Ra 50.

Inconvenientes:

- Menor eficiencia que los fluorescentes.
- Precisan un equipo auxiliar, que normalmente es un balasto con resistencia inductiva o transformador de campo de dispersión, además de un condensador de compensación.
- El encendido no es instantáneo.
- Necesita enfriamiento antes de encenderse de nuevo.
- Uso casi exclusivo en exterior (farolas, autopistas...).

3.3.2.2. Lámparas con halogenuros metálicos.

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión con halogenuro de Dysprosio, Holmio, Tulio. Estos haluros son una parte vaporizada cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa. El vapor de haluros se disocia después, dentro de la zona central caliente del arco, en halógeno y en metal, consiguiendo así aumentar considerablemente la eficacia luminosa y aproximar el color al de la luz diurna solar. Se utilizan diversas combinaciones de halogenuros (sodio, yodo).

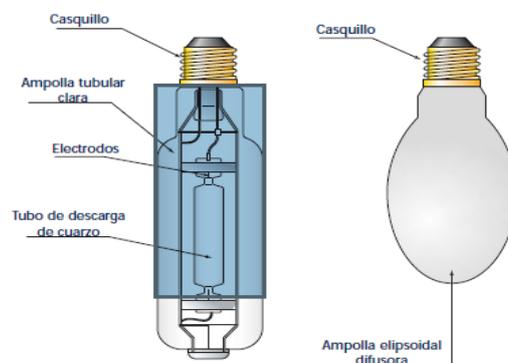


Figura 3.3.2.2 Lámpara de halogenuro metálico [2].

Ventajas:

- La eficiencia ronda los $70 - 100 \text{ lm/W}$.
- Tiene unas dimensiones reducidas.
- Vida media de unos 10000 h.

- Tienen un reencendido inmediato con las lámparas en caliente si no es necesario que se enfríen.
- Reproducción cromática (Ra) entre 60 y 90.
- Temperatura de color entre 2600 y 4200 K.

Inconvenientes:

- Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos.
- Necesitan un balasto limitador de la corriente y un condensador de compensación para ser conectadas.
- Tensión de encendido muy elevada con necesidad de un cebador o aparato de encendido.

3.3.2.3. Lámpara de vapor de mercurio baja presión.

Este tipo de lámparas es conocido también como fluorescentes, los podemos encontrar con forma compacta o forma tubular.

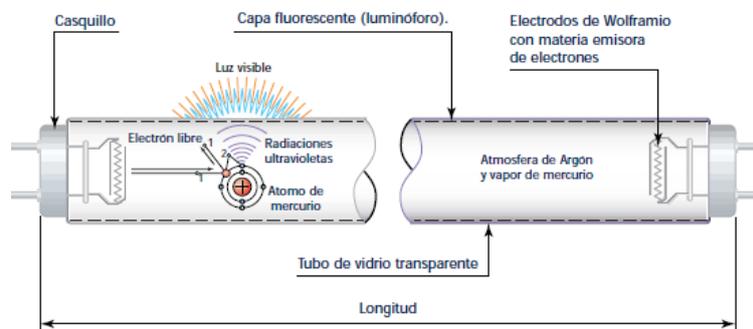


Figura 3.3.2.3 Lámpara de vapor de mercurio baja presión (Fluorescente) [2].

Ventajas:

- Mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes normales.
- Las lámparas fluorescentes pueden encenderse de forma inmediata si se emplean cebadores de arranque rápido. De no ser así, el encendido se efectúa con retraso después de uno o varios intentos.
- Bajo consumo energético.
- Vida útil de aproximadamente 5000-7500 h.
- Poca pérdida de energía en pérdida de calor.

- Eficacia luminosa elevada entre 70 y 100 lm/W .
- Los materiales fluorescentes que están dentro del depósito de descarga convierten los rayos ultravioletas, por fluorescencia, en luz visible.
- Producen más luminosidad con menos consumo.
- Reproducción cromática (Ra) 85.
- Temperatura de color comprendida entre 2700 – 6500 K.
 - Luz blanca día, mayores de 5000 K.
 - Blanco neutro, entre 3000 y 5000 K.
 - Blanco cálido, menores de 3000 K.

Inconvenientes:

- Materiales contaminantes.
- Precisan un equipo auxiliar formado por balasto y cebador, además de un condensador para compensación el factor de potencia.
- La mayoría no puede usarse con reguladores de intensidad.
- No válidas para máxima luz de forma inmediata o por poco tiempo.

3.3.2.4. Lámpara de sodio de alta presión.

Este tipo de lámpara de sodio es bastante diferente a la anterior, el tubo de descarga contiene un exceso de sodio para dar condiciones de vapor saturado cuando la lámpara está en funcionamiento.

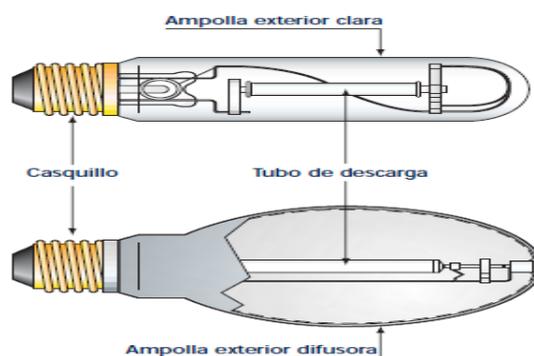


Figura 3.3.2.4 Lámpara de sodio alta presión [2].

Ventajas:

- Eficacia luminosa entre 70 y 135 lm/W .
- Vida útil hasta 15000 h.
- No tienen prácticamente ultravioleta.
- Los tipos que poseen aparato de encendido separado reencienden en caliente dentro de un minuto y alcanzan el flujo total prácticamente sin demora.
- Ofrecen una reproducción de color bastante aceptable.
- Reproducción cromática (Ra) 20.
- Temperatura de color 2500 K.

Inconvenientes:

- El sodio a alta presión y temperatura es altamente agresivo.
- Requiere tensiones de encendido elevadas en caliente.
- Se requiere una amplia separación de los electrodos para tener una tensión adecuada.
- Los que no poseen aparato de encendido separado necesitan un tiempo de enfriamiento de algunos minutos para poder reencender en caliente, y otro tiempo para alcanzar el flujo luminoso total.
- El hecho de tener una luz monocromática hace que sus aplicaciones se vean reducidas.

3.3.2.5. Lámpara de sodio de baja presión.

Aunque existe similitud entre el trabajo de la lámpara de vapor de sodio y de mercurio, la diferencia es que en este tipo de luminarias, la radiación visible se produce por la descarga directa del sol.

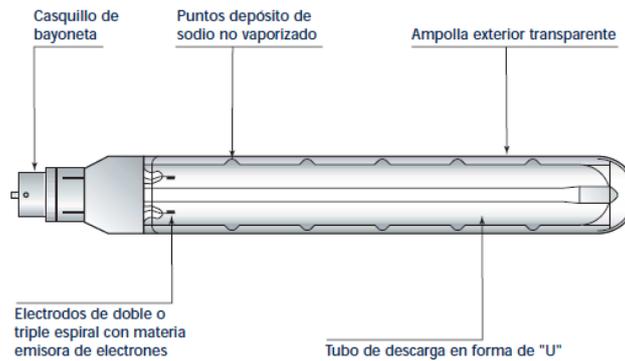


Figura 3.3.2.5 Lámpara de sodio baja presión [2].

Ventajas:

- Eficacia luminosa elevada entre 135 y 175 lm/W .
- Vida útil de 14000 h.
- La luz monocromática acentúa los contrastes y las formas se perciben mejor, (importante para viales con nieblas).
- Flujo luminoso muy estable.
- Es la lámpara de mayor eficiencia luminosa y larga vida.
- Temperatura de color 1800 K.
- Ra nulo.

Inconvenientes:

- Necesita un balasto y uno o varios condensadores para el arranque.
- La temperatura en el tubo de descarga es muy elevada.
- Requieren una tensión de cebado bastante elevada. (400- 600V).
- Tarda en alcanzar el régimen térmico después del arranque unos 15 minutos.
- La lámpara producirá una luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo.
- La reproducción de color será la menos valorada de todos los tipos de luminaria.
- Necesitan un tiempo de enfriamiento de algunos minutos para poder reencender en caliente, y otro tiempo para alcanzar el flujo luminoso total.

3.3.2.6. Lámparas de luz de mezcla.

Este tipo de lámparas es una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente, y habitualmente con un recubrimiento fluorescente. Consiste con un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento de wolframio dentro de la ampolla.

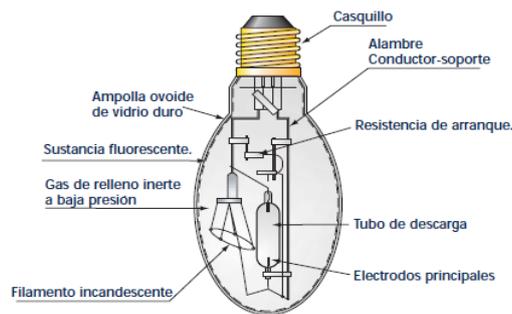


Figura 3.3.2.6 Lámpara de luz de mezcla [2].

Ventajas:

- Su eficacia se sitúa entre 15 y 35 lm/W .
- Ofrece una buena reproducción del color.
- Duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento. En general se sitúa en torno a 8000 h.
- No necesita balasto, el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente y puede conectarse directamente a la red.
- Temperatura de color 3500 – 4200 K.
- Ra 50.

Inconvenientes:

- Como con las lámparas de vapor de mercurio, es preciso dejar pasar un tiempo determinado para volver a encenderlas.

3.3.3. Leds.

Un led es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz poli cromática, es decir, con diferentes longitudes de onda, cuando se polariza de forma directa y circula corriente eléctrica.

Como todo diodo semiconductor, necesita de la aplicación de cierto voltaje o “tensión umbral” para convertirse en elemento conductor.

Una vez alcanzado dicha tensión umbral, cualquier pequeño incremento de tensión se traduce en un gran incremento de corriente, lo que hace prácticamente imposible controlar la intensidad de corriente, y por tanto, la cantidad de luz emitida mediante el control de la tensión aplicada.

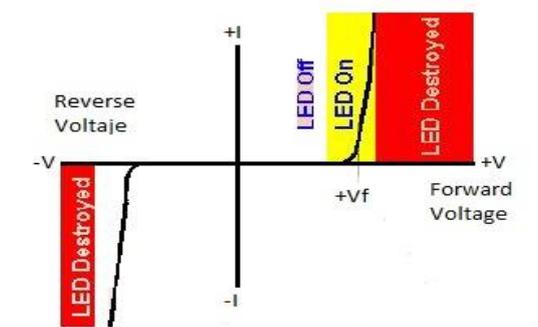


Figura 3.3.3.1 Semiconductor LED.

Cuando la corriente aplicada es suficiente para que entre en conducción, el diodo emitirá una cierta cantidad de luz que dependerá de la cantidad de corriente y la temperatura del led. La luminosidad aumentará según elevemos la intensidad, pero habrá que tener en cuenta la máxima intensidad que pueda soportar el led.

Lo normal es que el LED opere con corriente continua por lo que es necesaria la utilización de un driver. El flujo luminoso es acorde a la curva de funcionamiento específica para cada led. Como se puede observar: a mayor intensidad, mayor flujo luminoso.

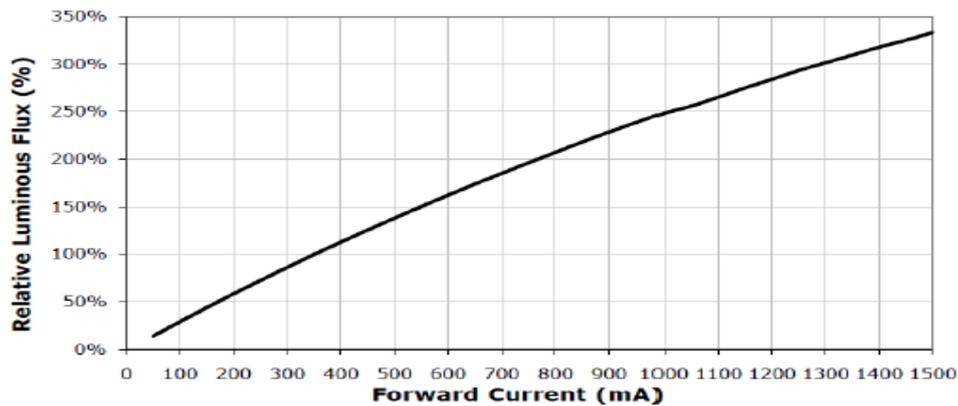


Figura 3.3.3.2 Intensidad – Flujo Luminoso.

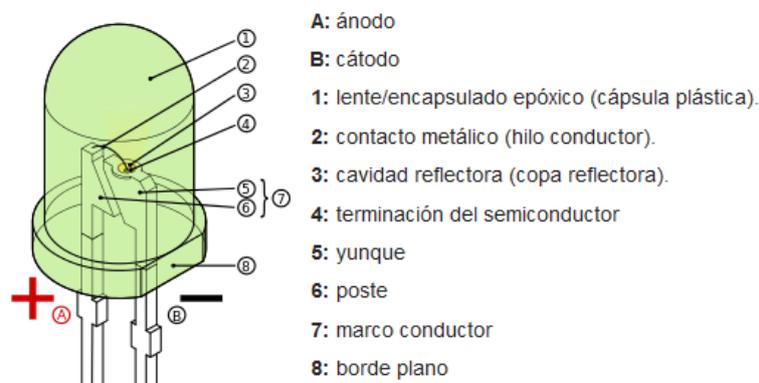


Figura 3.3.3.3 Diodo LED.

Los chips de led se pueden componer de varios materiales semiconductores.

El color base que emitirá el chip led dependerá del material semiconductor empleado en su composición, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, recibiendo estos últimos la denominación de IRED (Infra-Red Emitting Diode).

Posteriormente el chip es instalado en un encapsulado que permite la conexión eléctrica y la emisión de la luz en la dirección deseada.

Para conseguir el color blanco se les agrega una capa de fósforo. En algunos casos se le añade silicona para proteger el chip, y en otros, se completa con una lente para dirigir el haz de luz. La luminaria led necesita unos driver para poder funcionar.

Principales ventajas:

- Alto ahorro energético, produciendo mayor luz por W y suponiendo un ahorro de más de 50% respecto a la iluminación convencional.
- Eficacia luminosa de 80 a 120 lm/W .
- Larga vida útil, superior a 40000 horas.
- Reducción de costes de mantenimiento y reemplazo.
- Gran eficiencia lumínica, mínima pérdida de energía.
- Baja emisión de calor y bajo voltaje.
- Funcionamiento fiable a bajas temperaturas (-30º C).
- Encendido instantáneo menos de 1 ms.
- Alta resistencia a vibraciones e impactos.
- No afecta a su rendimiento una alta frecuencia de encendido/ apagado.
- No dejan de funcionar drásticamente, se va produciendo una pérdida de intensidad paulatinamente.
- Óptica muy precisa.
- Permite control y programación.
- Completamente graduable sin variación de color.
- Emisión directa de luces de colores (gama completa) sin necesidad de filtros.
- Colores intensos y saturados.
- Reducción de emisiones de CO_2 , al no contener mercurio ni otros gases tóxicos.
- No emite radiaciones UV ni IR.
- Reproducción cromática (Ra) 80.
- Temperatura de color 2700 - 3000 K.

Principales inconvenientes:

- Los leds de potencia suficiente para la iluminación de interiores son más caros en comparación con las tecnologías convencionales.
- Requieren disipador de calor más eficiente en comparación con las bombillas fluorescentes de potencia equiparable.

A modo de resumen comparativo, en la Tabla 3.3 se indican las principales características de los equipos eléctricos anteriormente citados.

Lámpara.	Eficiencia. <i>lm/W</i>	Vida útil. h	Ra	Color. (°K)	Periodo de encendido.	Equipo electrónico.
Incandescente convencional.	12–18	1000	40–100	3000	Inmediato	No
Incandescente halógena.	20–25	Entre 2000 y 5000	90–100	2800	Inmediato	No
Vapor mercurio alta presión.	40–60	15000	50	De 3500 a 4200	No es inmediato	Si
Halogenuro metálico.	70–100	10000	60–90	De 2600 a 4200.	No es inmediato	Si
Vapor de mercurio baja presión.	70–100	Entre 5000 y 7500	85	De 2700 a 6500.	Inmediato con cebadores de arranque rápido	Si
Sodio alta presión.	70–135	16000	20	2500	No es inmediato	
Sodio baja presión.	135–175	14000	Nulo	1800	No es inmediato	Si
Luz de mezcla	15–35	8000	50	3500 4200	No es inmediato	No
Led	80–120	>40000	80	2700 3000	Inmediato	Drivers

Tabla 3.3 Comparativa del tipo de equipo eléctrico.

Capítulo 4. Auditoría de la instalación de alumbrado interior del edificio.

El edificio de oficinas cuenta con tres plantas para equipos de trabajo. El alumbrado de toda la instalación son paneles y downlights con lámparas de descarga. En el capítulo 3, se realizó un estudio de las diferentes ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de lámparas existentes. Uno de los principales inconvenientes de la lámpara de vapor de mercurio de baja presión es su vida útil, la cual tiene una duración aproximada de 5000 a 7500 horas. Por el contrario la tecnología LED actual tiene una vida útil superior a 40000 horas.

Con el fin de mejorar la eficiencia energética del edificio de oficinas y poder sustituir el alumbrado actual con lámparas de vapor de mercurio de baja presión por tecnología LED, es necesario llevar a cabo una auditoría.

Para la realización de la auditoría del edificio fue necesario examinar la instalación y diferenciar las zonas existentes y el tipo de uso que la empresa realiza en ellas. Con ello se clasificaron las diferentes potencias de equipos eléctricos de iluminación y las marcas correspondientes de cada equipo.

Una vez realizado el estudio, se pudo observar que los equipos de iluminación como pantallas fluorescentes y downlights cuentan con reactancias magnéticas por lo que la potencia actual de cada equipo varía. Para el estudio de este proyecto, se realizó una estimación de 10 W más para todo el equipo de iluminación. Aunque existen valores más elevados de potencia total del equipo de iluminación se realizó esta estimación puesto que en este caso el estudio se va a realizar para el caso más desfavorable. Con ello conseguimos que los cálculos que se realizarán no sea sobre dimensionados.

4.1. Planta baja.

La planta baja cuenta con:

- 1 hall de entrada con oficina comercial.
- 4 salas de reuniones.
- 4 baños incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 1 pequeña cocina.
- 1 sala de formación
- 3 zonas de tránsito de personas.

En dicha planta se dispone de los siguientes equipos de iluminación:

- 97 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P = [(4 \cdot 18) + 10] \cdot 97 = 7954 \text{ W}$$

- 44 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P = [(26 \cdot 2) + 10] \cdot 44 = 2728 \text{ W}$$

- 3 luminarias de pared embutida marca Ilumisa de 26 W.

$$P = 26 \cdot 3 = 78 \text{ W}$$

- 2 apliques de pared lineal de 40 W.

$$P = 40 \cdot 2 = 80 \text{ W}$$

La **potencia total** de equipos de iluminación para esta planta es de **10840 W**.

4.2. Primera planta.

La primera planta está dividida en los siguientes espacios:

- 4 despachos.
- 1 sala de puestos de trabajo.
- 4 baños, incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.

Los equipos de iluminación de esta planta son:

- 92 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 20 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 4 apliques de pared lineal de 40 W.

La **potencia total** de equipos de iluminación para la planta primera es de **8944 W**.

4.3. Segunda planta.

La segunda planta está distribuida de la siguiente manera:

- 4 despachos.
- 3 salas de reuniones.
- 2 salas de puestos de trabajo.

- 4 baños, incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.
- 1 almacén.

Los equipos de iluminación de esta planta son:

- 84 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 26 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 3 apliques de pared lineal de 40 W.

Por lo que la **potencia total** de equipos de iluminación para dicha planta es de **8620 W**.

La tabla 4.1 muestra la potencia instalada de iluminación por planta, así como la potencia total de iluminación del edificio.

Nombre	Potencia actual (W)
Planta baja	10840
Planta 1º	8944
Planta 2º	8620
Total	28404

Tabla 4.1 Potencia total instalada de iluminación.

Capítulo 5. Sustitución del alumbrado convencional por tecnología led.

5.1. Software utilizado.

Para la realización de dicho proyecto, se ha utilizado el software DIALux Evo, una aplicación líder a nivel mundial, para la planificación profesional de sistemas de iluminación. Cuenta con más de 400.000 usuarios en 180 países y el apoyo de 135 fabricantes de luminarias, lámparas y control lumínico. El programa cuenta con la normativa actual [4], [16], [17], [18].

5.1.1. Actividades desarrolladas en el programa.

Para comenzar con el programa, se realizó un curso sobre DIALux, en el cual se vieron conceptos básicos para el manejo de dicho programa.

Dicho programa está basado y da la posibilidad de trabajar en conjunto con el software de diseño gráfico Autocad lo cual facilita el proceso de diseño, pues al utilizar ésta opción es necesario cargar el diseño de la edificación y sobre este realizar el diseño de la instalación de iluminación.

Antes de realizar la simulación del edificio, hubo que actualizar los planos del edificio, mobiliario y luminarias existentes.

A continuación, dichos planos fueron importados al programa, ajustados y asignados a la cota correspondiente (3m, 6m, 9m). Véase figura 5.1.1.1

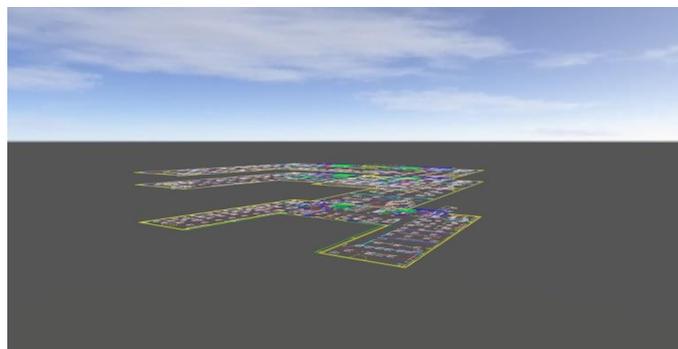


Figura 5.1.1.1 Planos importados DIALux.

Para realizar la simulación, se comenzó a crear el edificio en 3D. Para ello, fue necesario delimitar cada una de las salas al igual que la designación de éstas. Con ello, conseguimos saber los lúmenes mínimos que, por normativa, debíamos cumplir.

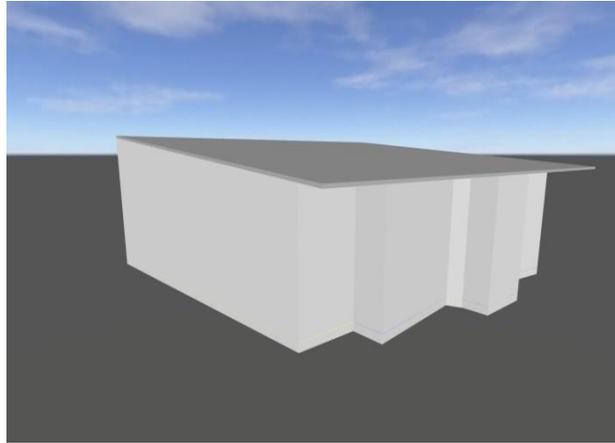


Figura 5.1.1.2 Creación del edificio.

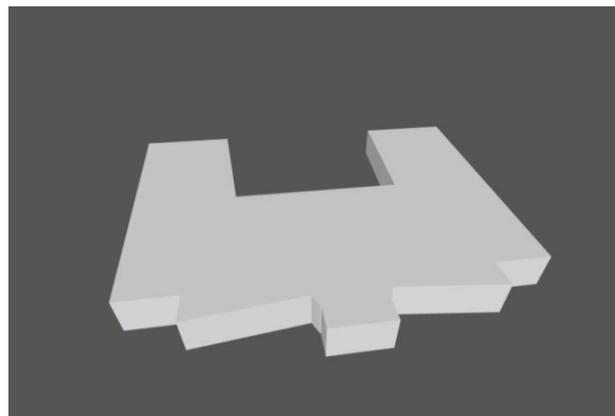


Figura 5.1.1.3 Creación de plantas.

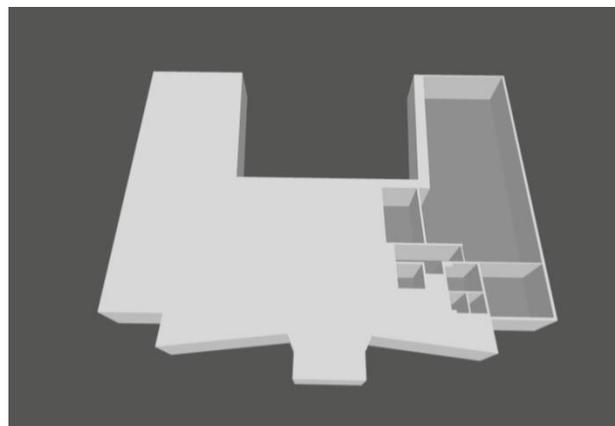


Figura 5.1.1.4 Creación de locales.

Una vez creados todos los locales, se procedió a la introducción de forma individual del mobiliario, ventanas, puertas, y todos los colores que más se ajustaran a la realidad del edificio y de cada sala. Se introdujo el alicatado de los baños, así como los falsos techos de cada planta.

Aunque en el *anexo III* podrá observarse el edificio entero, en este capítulo se ha realizado una pequeña visión del programa.

Una vez realizadas las actividades anteriores, se procedió a la colocación de cada luminaria en las salas correspondientes. Se intentó mantener la disposición de las luminarias, por lo que cada una de ellas fue introducida manualmente por zonas.

El software utilizado ofrece un pre cálculo de los lúmenes por cada sala. Sin embargo, al realizar la configuración manual de los colores de paredes, techos, suelos y colores de muebles, no se puede saber los lúmenes hasta realizar el informe.

El programa es rápido en generar una sala de forma individual, pero tarda en torno a 10 horas en generar un edificio de tal dimensión. Por esta razón, las luminarias se distribuyeron por zonas en cada sala, puesto que el programa da la posibilidad de seleccionarlas y sustituirlas por cualquier otra.

A continuación se puede observar un resumen de la metodología empleada para diseñar sistemas de iluminación a través del software:

- En primer lugar debemos conocer la actividad que se va a realizar en el recinto de estudio.
- Construir la edificación y mobiliario existente.
- Aplicar colores y texturas a las superficies del local.
- Seleccionar el tipo de luminaria a emplear.
- Distribuir luminarias del local.
- Insertar puntos de cálculo.
- Iniciar cálculo.
- Verificar cumplimiento de los objetivos del diseño.

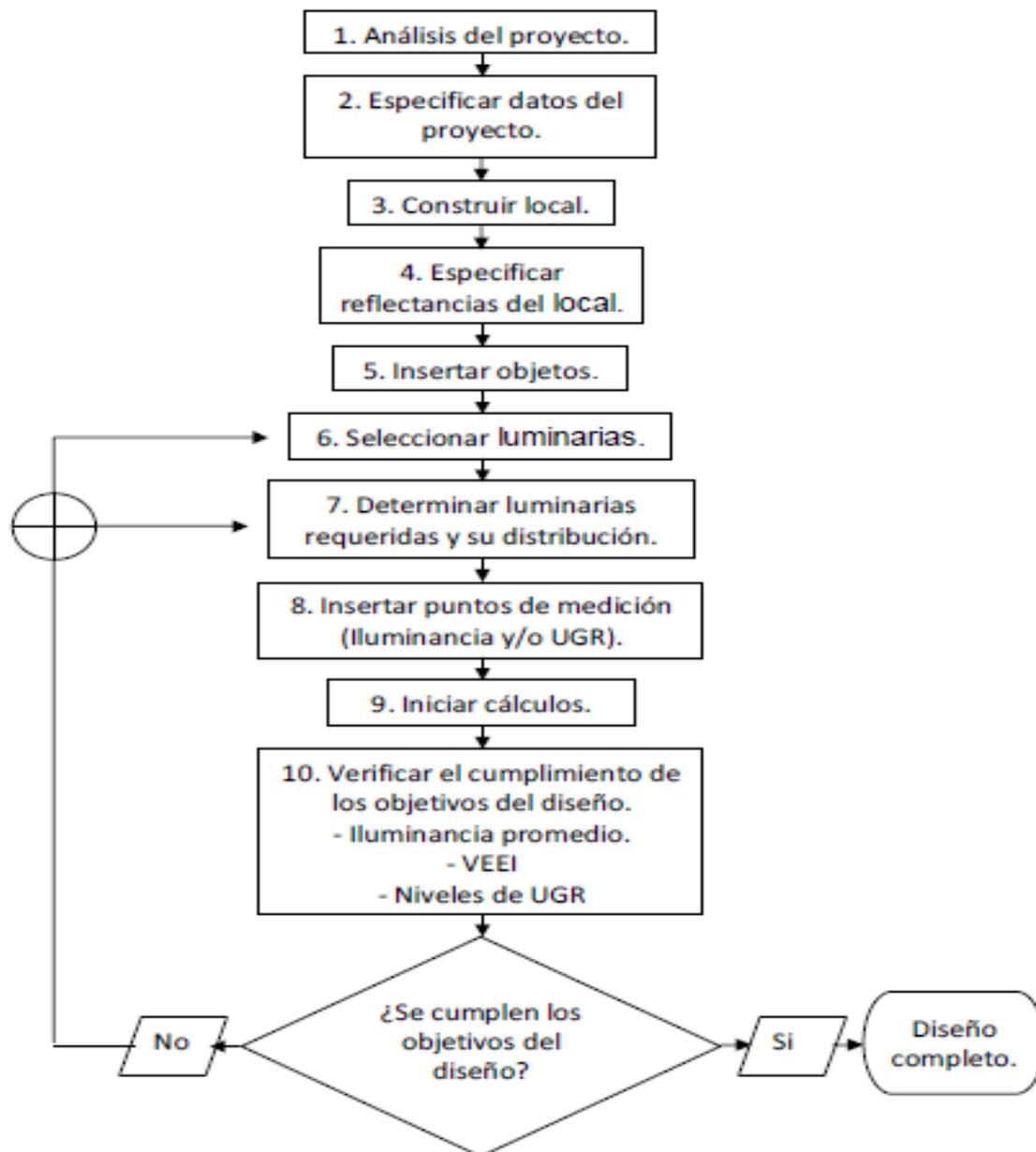


Figura 5.1.1.5 Algoritmo para el diseño de instalaciones de iluminación utilizando DIALux.

5.1.2. Luminarias seleccionadas.

DIALux modela sus luminarias y lámparas a través de catálogos interactivos otorgados por los fabricantes de las mismas; en estos catálogos basta con seleccionar el tipo de aplicación de la instalación. Aunque las luminarias estaban seleccionadas con anterioridad, dicha marca no está registrada en DIALux. En dicho programa se pueden importar archivos ULD si el proveedor lo facilita. En este caso, Enarlux nos lo facilitó. Todas las luminarias seleccionadas serán de tecnología LED.

No se encontró problema alguno con dichas luminarias, salvo que las imágenes generadas en el informe no quedaban de la forma adecuada, puesto que salía una caja sin más.

De esta manera, fueron sustituidas todas las luminarias por las equivalentes de Philips y Silvana. El problema que encontrábamos con ellas era que necesitábamos mayor potencia por sala para conseguir estar dentro de la normativa, puesto que dichas luminarias tenían un flujo luminoso menor que el que queríamos.

Tras probar con varios fabricantes más, se observó que las luminarias Etap eran las que más se acercaban al flujo luminoso deseado y la potencia no variaba, por lo que se realizó la simulación del edificio con las siguientes luminarias.

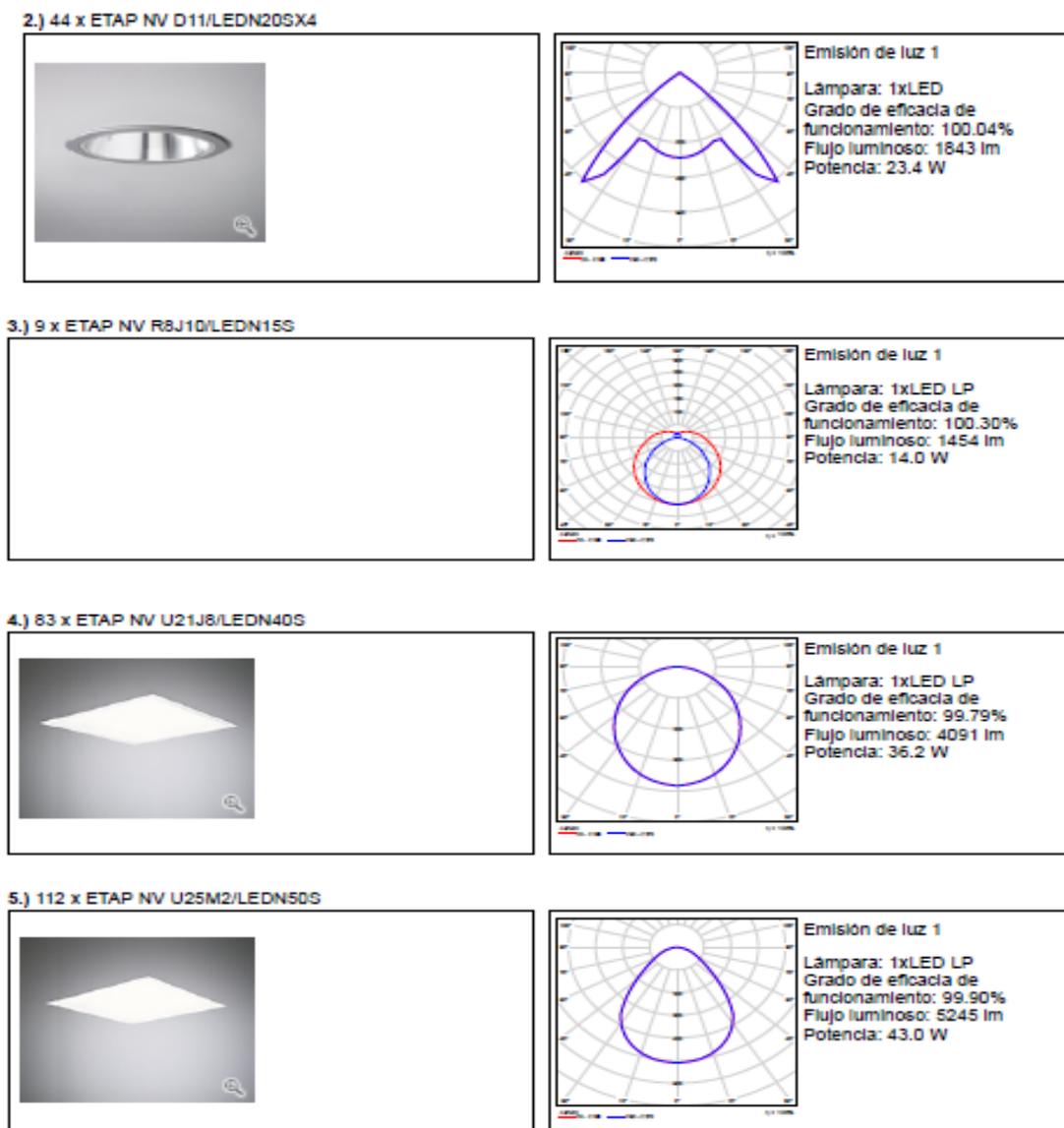


Figura 5.1.2.1 Luminarias seleccionadas Anexo III.

5.2. Ahorro en potencia de equipos de iluminación.

En este apartado se realiza un estudio del informe generado en DIALux. Ofrecemos un ejemplo individual de cada planta. El resto de salas podrán ser observadas de forma individual con cada reducción de consumo en el *anexo II*.

Para poder entender dicho capítulo a continuación se presentan diferentes definiciones importantes para su comprensión, puesto que más adelante se presentaran los requisitos mínimos para cada sala del edificio.

Área de actividad: área dentro de la cual se realiza una actividad específica.

Área de fondo: área adyacente al área circundante inmediata. Debería ser una franja de, al menos, 3 m de anchura contigua al área circundante inmediata dentro de los límites de espacio y deber iluminarse con una iluminancia mantenida de 1/3 del valor del área circundante inmediata [4]. Por lo que al encontrarnos en un edificio de oficinas los valores que debemos tener es de área de fondo >100 lux con una uniformidad de 0,1.

Área circundante inmediata: franja alrededor del área de tarea dentro del campo visual.

Tarea visual: elementos visuales de la actividad que se está llevando a cabo.

Área de tarea: área dentro de la cual se realiza la tarea visual.

Área de actividad: área total de la sala donde se realiza el estudio.

Lugares de trabajo: lugar destinado a alojar los puestos de trabajo sobre las premisas de acometida y/o establecimiento y cualquier otro lugar dentro del área de acometida y/o establecimiento a la cual el trabajador ha accedido en el transcurso de su trabajo. Por lo que en las diferentes tablas de resúmenes de las salas aparecerán índices de cada lugar de trabajo (mesas), como puede ser UGR 1, área de tarea visual 1...

La *iluminancia de áreas circundantes* inmediatas debe estar relacionada con la iluminancia del área de tarea y debería proporcionar una distribución de luminancias bien equilibrada en el campo de visión. El área circundante inmediata debería ser una franja con una anchura de, al menos, 0,5 m alrededor del área de la tarea dentro del campo visual [4].

El *valor de eficiencia energética* de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad [\text{Ec 2.11}]$$

Siendo

P la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar.

S la superficie iluminada en m^2 .

E_m la iluminancia media horizontal mantenida.

Por lo que en el código técnico de edificación [5] para salas de reuniones o de trabajo el VEEI debe ser inferior a 8 y para zonas comunes como baños, pasillos, inferior a 6.

A continuación, en las tablas 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4 se pueden observar los valores que nos exige la norma EN 12464-1 sobre iluminación interior.

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –
5.26.1	Archivo, copias, etc.	300	19	0,40	80
5.26.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	0,60	80
5.26.3	Dibujo técnico	750	16	0,70	80
5.26.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	0,60	80
5.26.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,60	80
5.26.6	Mostrador de recepción	300	22	0,60	80
5.26.7	Archivos	200	25	0,40	80

Tabla 5.2.1 Lista de requisitos de iluminación para oficinas [4].

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –
5.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	0,40	40
5.1.2	Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	100	25	0,40	40
5.1.3	Ascensores, montacargas	100	25	0,40	40
5.1.4	Rampas/tramos de carga	150	25	0,40	40

Tabla 5.2.2 Lista de requisitos de iluminación zonas de tráfico dentro de edificio [4].

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -
5.2.1	Cantinas, despensas	200	22	0,40	80
5.2.2	Salas de descanso	100	22	0,40	80
5.2.3	Salas para ejercicio físico	300	22	0,40	80
5.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0,40	80
5.2.5	Enfermería	500	19	0,60	80
5.2.6	Salas para atención médica	500	16	0,60	90

Tabla 5.2.3 Lista de requisitos de iluminación áreas generales dentro de edificio [4].

En la tablada 5.2.4 se muestra la dimensión mínima del área circundante inmediata en relación con el área de la tarea.

Iluminancia del área de tarea E_{tarea} lx	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{tarea}
100	E_{tarea}
≤ 50	E_{tarea}

Tabla 5.2.4 Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea [4]

El estudio desarrollado es para un edificio de oficinas. Dicho edificio cuenta con salas dedicadas a puestos de trabajo, salas de reuniones, aseos, una pequeña cocina, y zonas de tránsito peatonal.

La norma UNE 12464-1 sobre iluminación de interior, expresa los valores siguientes que utilizaremos para el resto de proyecto.

Para **salas de reuniones, puestos de trabajo:**

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 500 lux con uniformidad (u_0) 0,6.
- Para las áreas circundantes 300 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEI inferior a 8.

Para **cantinas, pequeñas cocinas:**

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 200 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 150 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEI inferior a 8.

Para **zonas de transito:**

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 100 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 100 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 28.
- VEEI inferior a 6.

Por último para los diferentes **aseos** que se encuentran en el edificio:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 200 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 150 lux y $u_0 = 0,4$.

- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 25.
- VEEI inferior a 6.

A continuación se realizará la auditoría de cada planta y un ejemplo de una de las salas de dichas plantas. En ellas se expondrán los diferentes resultados generados en DIALux que podrán ser observados de forma resumida en *anexo II* y de forma ejecutada por el programa en el *anexo III* que será entregado en un documento aparte.

5.2.1. Planta baja.

En el capítulo 4, se realizó un inventario por planta de los equipos de iluminación actuales en el edificio. En la planta baja tenemos una potencia total de equipos de iluminación de 10840 W. Una vez asignada la utilización de cada sala y tras la ejecución del programa pasaremos a una nueva configuración con tecnología LED de:

- 30 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 39 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 8 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 17 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.
- 9 apliques de pared marca Etap NV R8J10/LEDN 15S de 14 W.

$$P_T = 3338,4 W$$

5.2.1.1. Hall y oficina comercial.

Esta sala cuenta con un área de $157,95 m^2$ y un perímetro de $7,04 m^2$.

Inventario actual con el que cuenta esta sala:

- 37 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 25 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 3 luminarias de pared embutida marca Ilumisa de 26 W.

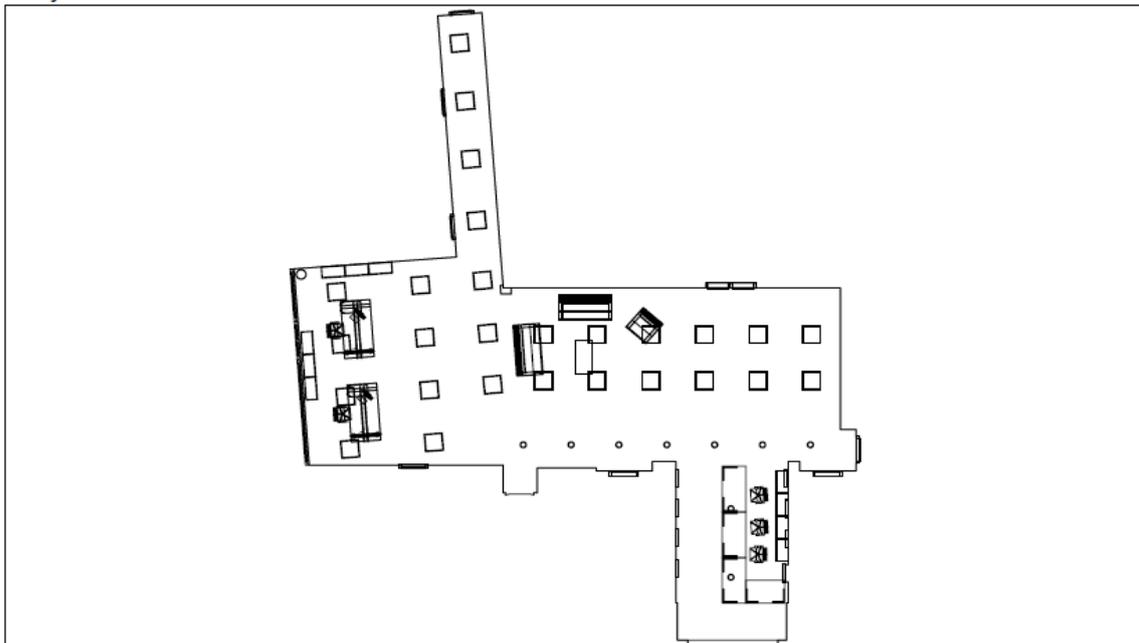
$$P_T = 4662W$$

Una vez realizado el estudio, en el software DIALux evo, el inventario para la nueva tecnología es el siguiente.

- 27 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 9 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.
- 9 apliques de pared marca Etap NV R8J10/LEDN 15S de 14 W.

$$P_{T_{nueva}} = 1314 W$$

Hall y oficina comercial



Escala: 1 : 203

Figura 5.2.1.1 Hall y oficina comercial 2D, DIALux.

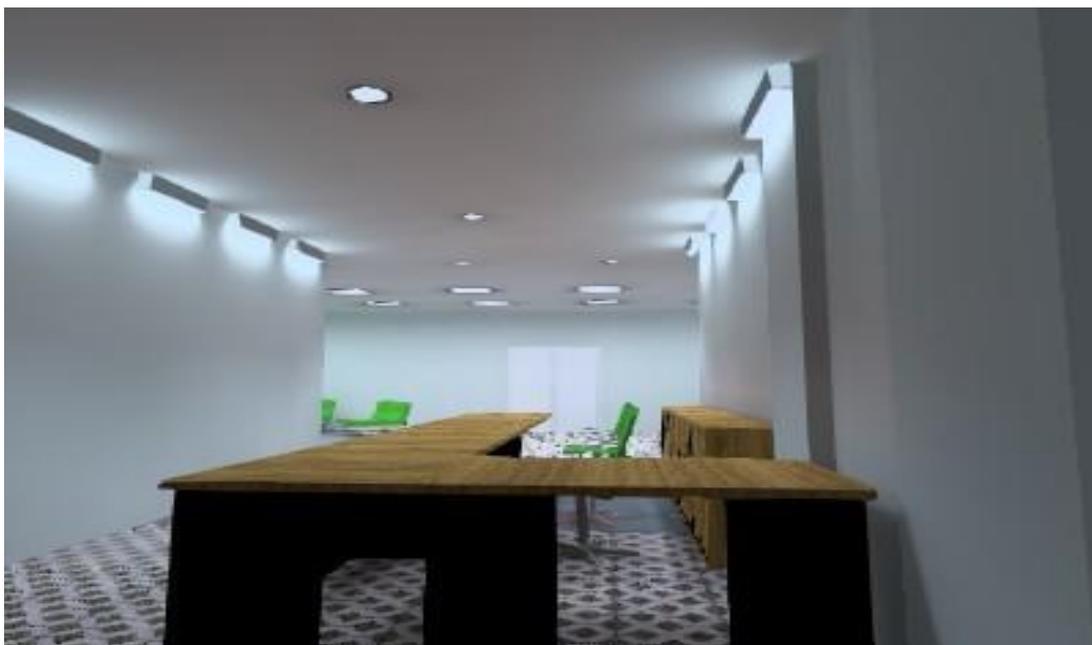


Figura 5.2.1.2 Hall y oficina comercial 3D, vista 1, DIALux.



Figura 5.2.1.3 Hall y oficina comercial 3D, vista 2, DIALux.

En esta sala contamos con dos zonas diferentes, hall y oficina comercial. El caso más desfavorable de estudio es tratar dicha sala como equipos de trabajo. Con ello conseguimos que toda la sala cumpla normativa. Para el caso de mostradores los lux mínimos necesarios son 300 lux mientras que para equipos de trabajo son 500 lux.

La normativa vigente sobre iluminación de interiores [4], nos indica que para salas con puestos de trabajo debemos cumplir los siguientes requisitos:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 500 lux con uniformidad (u_0) 0,6.
- Para las áreas circundantes 300 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 19.

A continuación, en la tabla 5.2.1.1 se puede observar un resumen de los datos generados en el programa. El programa genera el informe diferenciando varios puntos:

- Por un lado intensidad lumínica cilíndrica: en la cual evalúa el efecto de lo que observaría una persona dentro de un cilindro a una altura de 1,2 m. Con ella genera los diferentes UGR de los puestos de trabajo de las personas.
- Intensidad lumínica horizontal, el programa realiza un estudio de lo que un observador visualizaría sentado en su plano de trabajo.
- Por último la intensidad lumínica perpendicular, es igual que la intensidad lumínica horizontal pero realiza el estudio a una altura de 1,2 m.

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 12.	693	0,821
Área de la tarea visual 13.	699	0,856
Área de la tarea visual 15.	680	0,779
Área de fondo 10.	541	0,113
Área circundante 12.	677	0,820
Área circundante 13.	684	0,801
Área circundante 15.	282	0,514
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 7.	693	0,600
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 7.	325	0,243
UGR 67.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14
UGR 68.	< 10	14

Tabla 5.2.1.1 Resumen Hall/ Oficina Comercial, norma EN 12464 DIALux.

Como podemos observar en la tabla 5.2.1.1 los valores de lux para cada zona son los adecuados. Cabe destacar que los diferentes subíndices que aparecen son los diferentes puestos de trabajo existente. Podrá observarse en el *anexo I* la disposición de mobiliario existente en la instalación. El área de actividad es referida a toda la sala.

El código técnico de edificación [5] nos facilita el valor de eficiencia energética para salas de reuniones o de trabajo y debe ser inferior a 8.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} = 1,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 71,81 \%$$

Por lo que se puede concluir que dicha sala cuenta con los valores mínimos exigidos, un valor de eficiencia energética muy bueno y con un ahorro en potencia instalada de equipos de iluminación muy elevada.

5.2.2. Primera planta.

La configuración de la primera incluye:

- 4 despachos.
- 1 sala de puestos de trabajo.
- 4 baños, incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.

La potencia total de equipos de iluminación de la planta primera es de 8944 W.

Con la nueva configuración de las luminarias tipo LED pasaremos a un nuevo inventario de:

- 34 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 29 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 8 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 14 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 2952,2 W$$

5.2.2.1. Puestos de trabajo.

Para esta sala contamos con un *área* = 321,92 m² y un *perímetro* = 123,17 m.

La potencia total de equipos de iluminación para esta sala es la siguiente:

- 72 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 4 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

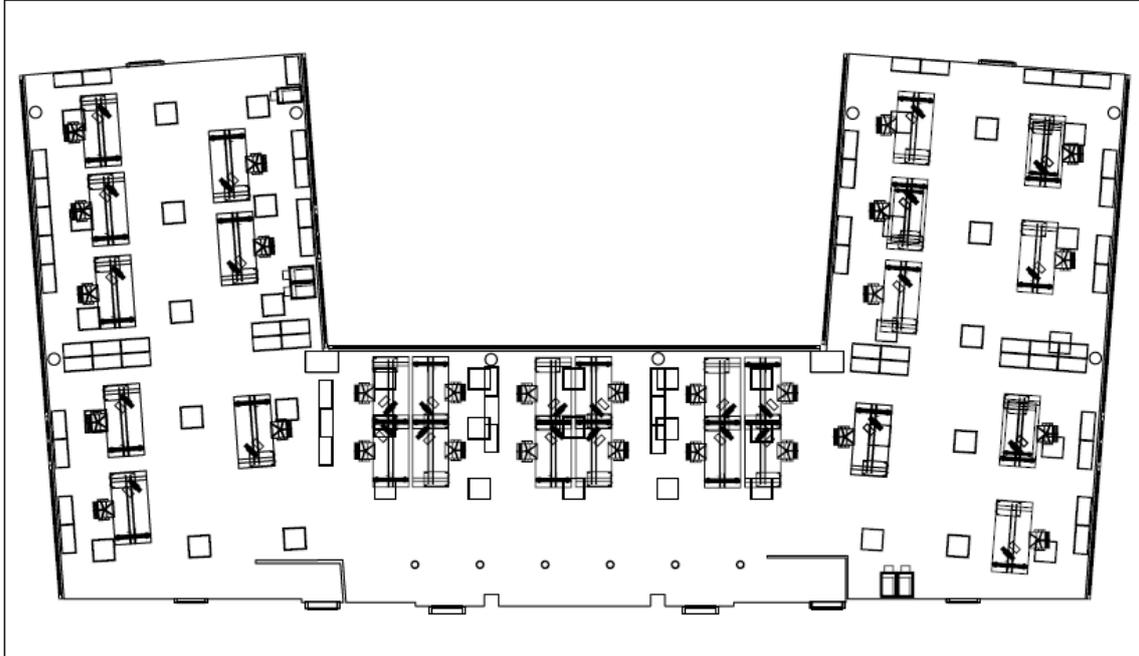
$$P_T = 6152 W$$

Y pasaremos a un inventario con la nueva configuración de:

- 20 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 25 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 6 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 1905,4 W$$

Puestos de Trabajo, Planta 1º



Escala: 1 : 166

Figura 5.2.2.1 Puestos de trabajo 2D, DIALux.

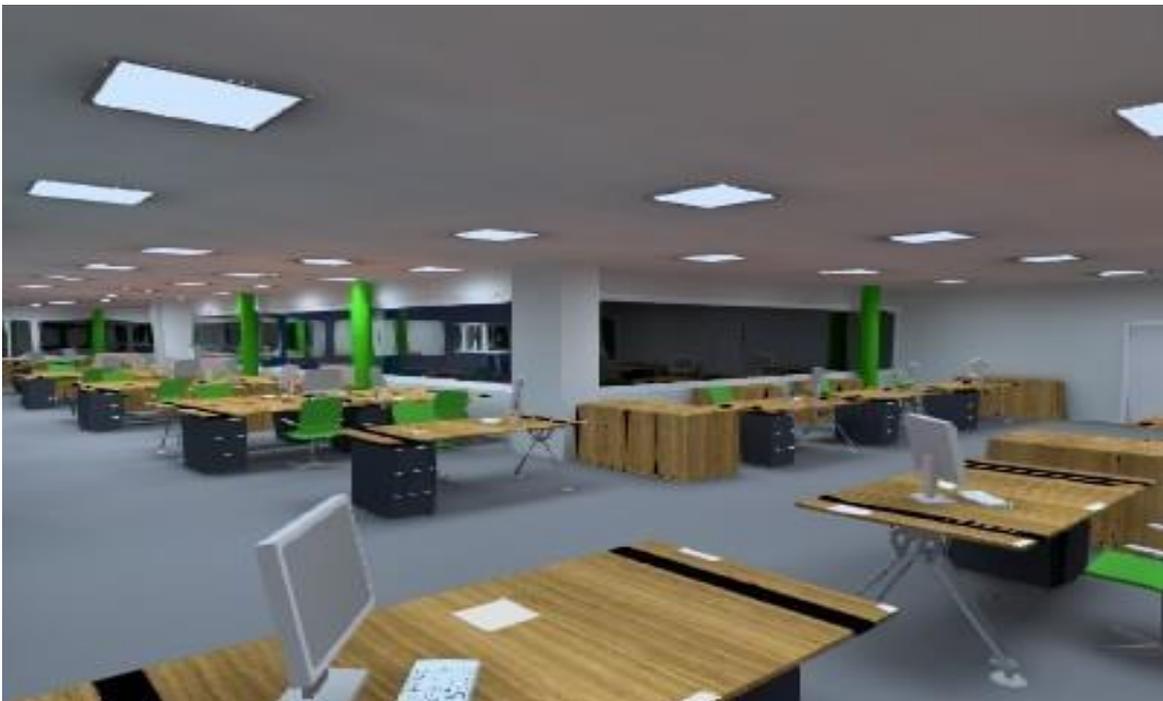


Figura 5.2.2.2 Puestos de trabajo 3D, vista 1, DIALux.



Figura 5.2.2.3 Puestos de trabajo 3D, vista 2, DIALux.



Figura 5.2.2.4 Puestos de trabajo 3D, vista 3, DIALux.

Valores mínimos exigidos:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 500 lux con uniformidad (u_0) 0,6.
- Para las áreas circundantes 300 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEL inferior a 8.

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 28.	523	0,619
Área de la tarea visual 29.	627	0,622
Área de la tarea visual 30.	640	0,588
Área de la tarea visual 31.	700	0,627
Área de la tarea visual 32.	680	0,625
Área de la tarea visual 33.	407	0,619
Área de la tarea visual 34.	525	0,596
Área de la tarea visual 35.	598	0,910
Área de la tarea visual 36.	790	0,608
Área de la tarea visual 38.	737	0,651
Área de la tarea visual 39.	795	0,620
Área de la tarea visual 40.	798	0,752
Área de la tarea visual 41.	732	0,598
Área de la tarea visual 42.	771	0,681
Área de la tarea visual 43.	632	0,620
Área de la tarea visual 44.	523	0,67
Área de la tarea visual 45.	628	0,619
Área de la tarea visual 46.	700	0,601
Área de la tarea visual 48.	555	0,769
Área de la tarea visual 49.	617	0,614
Área de la tarea visual 50.	683	0,599

Área de la tarea visual 51.	519	0,682
Área de fondo 15.	311	0,119
Área circundante 28.	370	0,503
Área circundante 29.	427	0,445
Área circundante 30.	531	0,493
Área circundante 31.	480	0,458
Área circundante 32.	390	0,462
Área circundante 33.	425	0,769
Área circundante 34.	286	0,472
Área circundante 35.	284	0,482
Área circundante 37.	744	0,608
Área circundante 38.	814	0,756
Área circundante 39.	814	0,676
Área circundante 40.	799	0,380
Área circundante 41.	814	0,787
Área circundante 42.	728	0,463
Área circundante 43.	422	0,779
Área circundante 44.	360	0,497
Área circundante 45.	362	0,608
Área circundante 46.	330	0,485
Área circundante 47.	299	0,411
Área circundante 49.	367	0,406
Área circundante 50.	339	0,413
Área circundante 51.	507	0,736
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 26.	520	0,485
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 26.	217	0,452
UGR 27.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	16
UGR 28.	< 10	17
UGR 29.	< 10	17
UGR 30.	< 10	16
UGR 31.	< 10	16

UGR 32.	18	19
UGR 33.	< 10	17
UGR 34.	< 10	17
UGR 35.	17	19
UGR 36.	18	19
UGR 37.	18	19
UGR 39.	19	19
UGR 40.	19	19
UGR 41.	15	18
UGR 42.	< 10	19
UGR 43.	< 10	13
UGR 44.	< 10	< 10
UGR 45.	< 10	< 10
UGR 46.	< 10	19
UGR 47.	< 10	19
UGR 48.	< 10	19

Tabla 5.2.2.1 Resumen puestos de trabajo, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} = 1,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 69,03\%$$

Se puede observar en la tabla 5.2.1.1 que todos los valores entran dentro de los parámetros asignados para este tipo de salas.

5.2.3. Segunda planta.

Por último, la segunda planta cuenta con una organización de la estancia de:

- 4 despachos.
- 3 salas de reuniones.
- 2 sala de puestos de trabajo.
- 4 baños incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.
- 1 pequeño almacén.

La potencia total de equipos de iluminación para esta planta es de 8620 W.



Con la nueva configuración de las luminarias tipo LED, pasaremos a un nuevo inventario de:

- 48 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 9 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 13 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 3038,1 W$$

5.2.3.1. Sala de comunicación y fundación.

Las dimensiones de esta sala son las siguientes $\text{área} = 103,63 m^2$ y $\text{perímetro} = 43,65 m$

Contamos con un inventario para esta sala de:

- 21 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

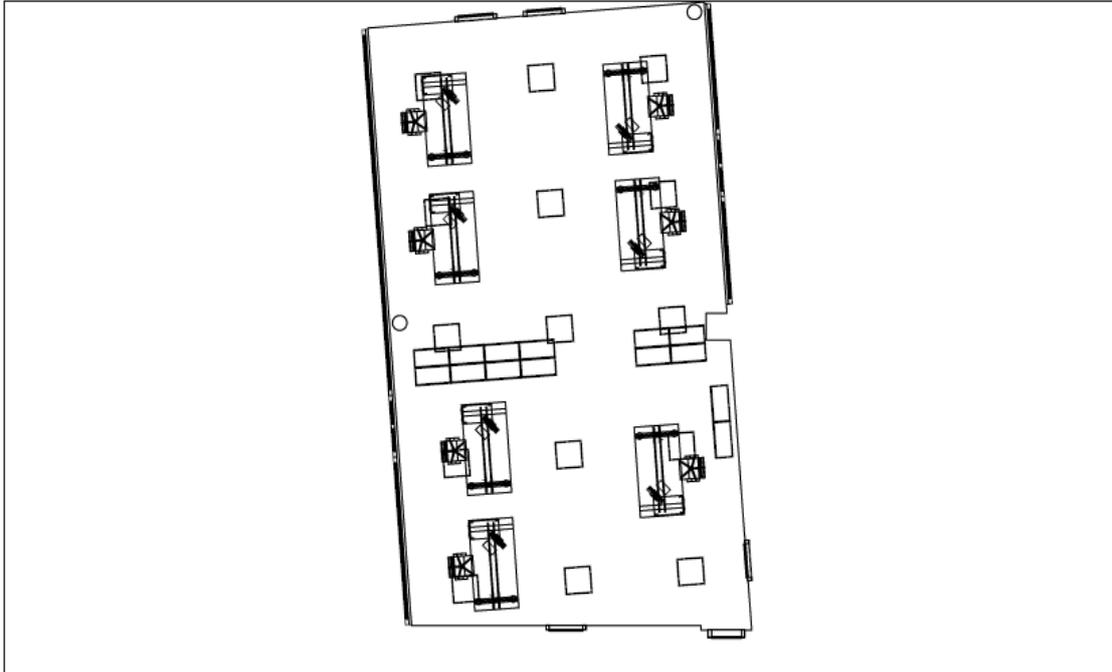
$$P_T = 1722 W$$

El nuevo inventario para esta sala es de:

- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 645 W$$

Comunicación y fundación, Planta 2º



Escala: 1 : 133

Figura 5.2.3.1 Comunicación y fundación 2D, DIALux.



Figura 5.2.3.2 Comunicación y fundación 3D, DIALux.

Valores mínimos exigidos:



- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 500 lux con uniformidad (u_0) 0,6.
- Para las áreas circundantes 300 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEI inferior a 8.

A continuación, se puede ver la tabla 5.2.3.1, en la que se realiza una simplificación de los cálculos obtenidos en DIALux.

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 54.	579	0,720
Área de la tarea visual 55.	601	0,712
Área de la tarea visual 56.	579	0,736
Área de la tarea visual 57.	620	0,661
Área de la tarea visual 58.	560	0,745
Área de la tarea visual 59.	599	0,718
Área de la tarea visual 60.	603	0,746
Área de fondo 20.	399	0,103
Área circundante 54.	592	0,890
Área circundante 55.	601	0,882
Área circundante 56.	406	0,399
Área circundante 57.	383	0,407
Área circundante 58.	312	0,413
Área circundante 59.	353	0,411
Área circundante 60.	397	0,416
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 56.	610	0,616
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 56.	229	0,245
UGR 5.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	12
UGR 9.	< 10	16
UGR 10.	< 10	18
UGR 11.	< 10	18

Tabla 5.2.3.1 Resumen comunicación y formación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} = 1,06 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 62,54 \%$$

Podemos observar en la tabla 5.2.3.1 que estamos dentro de los valores mínimos exigidos por la normativa.

En este capítulo se ha incluido, a modo de ejemplo, el ahorro que se consigue en una determinada sala de cada una de las plantas del edificio, pero la tabla 5.2.1 muestra un resumen de potencias actuales de la instalación y la reducción que se consigue en cada planta con la tecnología LED. Como se puede observar, se consigue un ahorro superior al 64% por planta y un ahorro total de un 67,16 % en el edificio.

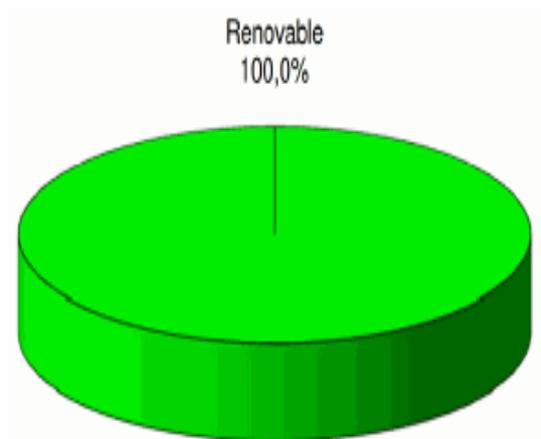
Nombre	Potencia actual (W)	Potencia con led (W)	Reducción (%)
Planta baja	10840	3338,4	69,20
Primera planta	8944	2952,2	67
Segunda planta	8620	3038,1	64,76
Total	28404	9329	67,16

Tabla 5.2.1 Resumen de la reducción de potencia eléctrica con la sustitución de las luminarias actuales por luminarias de tecnología LED.

Capítulo 6. Evaluación del ahorro económico en facturación eléctrica.

Para la realización de este capítulo se ha efectuado un estudio de las diferentes facturas del año 2014. El edificio de oficinas trabaja con la comercializadora Gesternova. La han elegido por política de empresa, puesto que solo ofrece a sus clientes energía limpia, de origen 100 %

renovables.



**Mezcla de
Producción
Sistema
Eléctrico
Español**

Origen	Gesternova S.A.	Mezcla de Producción Sistema Eléctrico Español
Renovable	100,0%	40,6%
Cogeneración de Alta Eficiencia	0,0%	1,8%
Cogeneración	0,0%	9,0%
CC Gas Natural	0,0%	10,1%
Carbón	0,0%	14,1%
Fuel/Gas	0,0%	3,5%
Nuclear	0,0%	19,7%
Otras	0,0%	1,2%

Figura 6.1 Origen de la electricidad Gesternova [1].

La tarifa de acceso a la red de distribución de energía eléctrica viene regulada por el RD 1164/2001 [21]. La tarifa que tienen contratada es la tarifa 3.1A aplicable a instalaciones con tensiones comprendidas entre 1 y 36 kV y con potencia contratada inferior a 450 kW.

Esta tarifa divide las horas del día en tres periodos: punta (P1), llano (P2) y valle (P3).

El mercado eléctrico nacional distingue 4 zonas a efectos de horas para cada periodo, por comunidades autónomas [21], estando la Comunidad de Madrid comprendida en la zona 1. En la figura 6.2, se pueden apreciar los diferentes períodos de tarificación en invierno, verano, fin de semana y festivo, para la zona 1.



Figura 6.2 Horario de los diferentes períodos de facturación.

Una vez asignados la zona en la que nos encontramos y los diferentes horarios de cada día, se realizan los cambios de horario de invierno a verano y viceversa, que coincidirán con la fecha del cambio oficial de hora.

Para este tipo de tarifa, las potencias contratadas en los diferentes periodos deber ser tales que la potencia contratada en un periodo tarifario se siempre mayor o igual que la potencia contratada en el periodo anterior. En este caso la potencia contratada en los tres periodos para esta instalación es de 120/120/120.

Así, la facturación se realiza de la siguiente manera [21]:

- Si la potencia máxima demandada en el período a facturar fuere inferior al 85 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al 85 por 100 de la citada potencia contratada.
- Si la potencia máxima demandada, registrada en el período de facturación, estuviere dentro del 85 al 105 por 100 respecto a la contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar.
- Si la potencia máxima demandada, registrada en el período de facturación, fuere superior al 105 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar en el período considerado será igual al valor registrado, más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105 por 100 de la potencia contratada.

La facturación de la compañía eléctrica se realiza a través de máxímetros, por lo que se podrán observar en cada factura los diferentes máximos de potencia (kW) al igual que el consumo final del término de energía (kWh). El máxímetro marcará el pico máximo de potencia en cada periodo.

El estudio se efectuó para 12 horas de funcionamiento, ya que el edificio de oficinas está abierto de 08:00 a 20:00 y ha sido necesario diferenciar los períodos según cada mes y cada hora.

Según el estudio realizado en el capítulo 4 sobre los equipos de iluminación, potencia de iluminación se eleva a 28404 W. Con el cambio a la tecnología LED pasaríamos a una potencia de 9329 W (véase tabla 5.2.1) lo que conlleva una reducción de potencia de 19075 W con la tecnología LED.

Las horas de funcionamiento de iluminación corresponden a los períodos 1 y 2 puesto que los fines de semana y festivos el edificio de oficinas se encuentra cerrado.

Con la nueva tecnología se realiza una reducción de la potencia contratada en cada periodo 1 y 2. Una vez reducido dichos periodos con las premisas marcadas anteriormente por el RD 1164/2001 en el que la contratación tiene que ser igual o superior a la potencia contratada en el periodo anterior [21] se realiza una disminución de la potencia contratada en el periodo 3 que anteriormente no podía ser realiza puesto que en los periodos 1 y 2 se necesitaba una potencia mayor.

De igual forma el consumo final de energía por período lo obtenemos diferenciando P1 y P2. Para conseguir el término de energía (kWh), desarrollamos una simulación para determinar qué parte de la facturación correspondía a iluminación, puesto que la factura incluye el consumo total de energía del edificio que incluye otras partidas distintas de la de iluminación (climatización, equipos informativos, elevadores, etc.).

Con todas estas premisas, obtenemos un ahorro en la facturación por dos grandes bloques:

- Reducción de potencia contratada por período.
- Reducción de consumo de energía.

La realización de la simulación fue desarrollada para diferentes configuraciones (70-70-90, 70-90-90...) con las diferentes premisas anteriormente explicadas sobre la manera de facturación. De esta forma, aunque la factura de algún período sufriera penalización, se conseguía un ahorro superior en el resto de la facturación.

Tras realizar el estudio, pasaremos de un contrato de facturación de 120-120-120 por período a una facturación de **70-90-120 kW**.



Una vez realizada dicha simulación mediante la implantación de tecnología LED, reducción de potencia contratada se produce una reducción de gastos de **11700 €** anuales en facturación eléctrica.

Véase figura 6.3 en la que se realiza una comparación mensual con las diferentes configuraciones y la tabla 6.3 en la que aparece una simulación de los gastos de facturación para cada mes con la nueva tecnología.

Periodo	Término de Potencia (kW)			Termino de energía (kWh)			Término de Potencia (€)			Término de Energía (€)			Impuesto (€)	Factura Actual (€)	Nueva factura (€)
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3			
Diciembre	64,925	92,925	102	4201,5	12083,5	10613	317,65	280,44	70,57	438,65	1102,52	693,12	211,76	4581,45	3768,79
Enero	59,5	84,925	117	4503,07	12345,5	10086	270,09	237,73	75,10	471,84	1130,60	660,79	208,43	4498,79	3696,06
Febrero	59,5	115,36	118	3415,5	10507,5	7901	270,09	322,93	75,75	357,88	962,28	517,64	190,46	4051,68	3263,40
Marzo	84,35	101,35	102	3673,65	8502,65	7272	451,27	334,37	77,17	384,93	778,67	476,43	190,86	4061,55	3259,37
Abril	59,5	76,5	102	4079,65	7185,65	5877	347,26	275,33	84,18	427,47	658,06	385,04	184,12	3894	2857,37
Mayo	59,5	76,5	102	3080,55	5288,55	4776	270,09	214,15	65,47	322,79	484,33	312,90	152,61	3110	2205,02
Junio	59,5	76,5	103	4140,45	6354,45	4729	260,44	206,50	63,76	433,84	581,94	309,83	159,79	3288,63	2439,47
Julio	67,925	79,925	102	6011,65	9678,65	5415	374,41	271,68	79,50	629,91	886,37	354,77	203,00	4363,55	3387,56
Septiembre	66,925	77,925	102	5672,5	8522,5	4879	314,64	225,92	67,81	594,38	780,49	319,65	182,98	3865,62	3007,92
Octubre	59,5	76,5	102	4623,82	4650,47	4536	299,03	237,09	72,49	484,49	425,89	297,18	163,34	3377,07	2395,21
Noviembre	59,5	76,5	102	2919,5	5147,5	4097	270,09	214,15	65,47	305,91	471,41	268,42	147,13	2973,84	2108,52
Diciembre	59,5	76,925	102	3543,05	9418,15	5098	318,32	253,79	77,17	371,25	862,51	334,00	176,25	3885,41	2895,88
Enero	64,925	99,35	102	3289,72	9238,18	5386	315,77	297,97	70,15	344,70	846,03	352,87	171,52	3762,04	2902,81

Tabla 6.3 Facturación anual del consumo con tecnología LED.

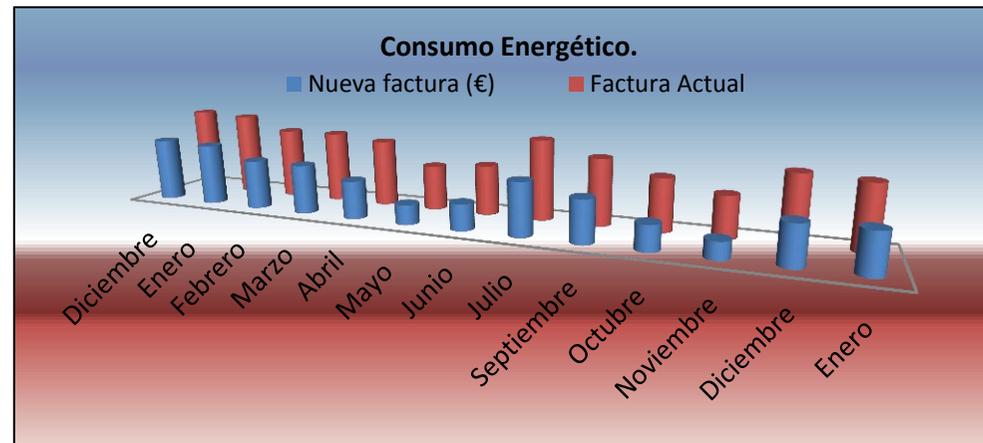


Figura 6.3 Comparativa de consumos mensuales.

Capítulo 7. Valoración económica de la propuesta.

Se pudo observar en el capítulo 5 el porcentaje de reducción de potencia con tecnología LED, 67,16 %. En este capítulo comenzaremos con los gastos actuales de mantenimiento de la instalación. A continuación, se realizará un presupuesto de las luminarias utilizadas en DIALux y por último se presupuestará luminarias Enarlux.

7.1 Costes de mantenimiento instalación actual.

La instalación cuenta con:

- 273 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 90 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 9 apliques de pared lineal de 40 W.
- 3 luminarias de pared embutida marca Ilumisa de 26 W.

Contamos con lámparas de vapor de mercurio baja presión (3.2.2.3), cuya vida útil es de 5000 a 7500 h.

Las luminarias están conectadas al año unas 3200 horas, por lo que se va a presupuestar el gasto de mantenimiento de dichas luminarias.

En la tabla 7.1 se definen los diferentes materiales existentes en la instalación actual. Para la realización del estudio, el caso más desfavorable es que las luminarias tuviesen que ser sustituidas cada 6400 horas, con lo que el gasto actual en luminarias sería de 7631,4 € cada dos años. Cabe destacar que lo normal una vez que se cambia el fluorescente, sea cambiado el cebador. En dicho presupuesto se incluirá 200 cebadores, y 100 reactancias por lo que el presupuesto orientativo de gastos actuales es de unos 9400 € cada dos años, o de 4700 € anuales.

PRESUPUESTO					
COMPONENTES EXISTENTES					
Pos	Cantidad	Producto	Descripción	Neto Unit.	Neto Total.
1	1092	Tubo fluorescente 18 W.	Suministro e instalación de tubo fluorescente TLD 18 W7840, 4000K Super 80 de Philips. Incluye tasa RAEE y desmontaje y reciclaje de tubo existente.	5,85 €	6388,20€
2	180	Lámpara downlight	Suministro e instalación de lámpara BIAx TM D 26W/840 G24d-3 de General Electric. Incluye tasa RAEE, desmontaje y reciclaje de actual existente.	6,74 €	1213,20 €
3	100	Reactancia.	Suministro e instalación de reactancia fluorescente 2/32B2-SC1 1x18W T8 230V. Incluye desmontaje y reciclaje de actual existente.	8,44 €	844€
4	200	Cebador	Suministro e instalación de cebador S-10 4-65W/220-240V de Philips. Incluye desmontaje y reciclaje de actual existente.	4,46 €	892 €
				Total	9337,4 €

Tabla 7.1 Coste mantenimiento material existente.

7.2 Coste de implantación tecnología LED.

Como ya se comentó en capítulo 5, el estudio realizado en DIALux Evo se realizó con las luminarias marca Etap aunque la realización del proyecto se realizará con luminarias Enarlux. Dicho fabricante nos ofrece una garantía de 5 años para dicho material lo que para la empresa es un punto muy favorable, ya que en 5 años el mantenimiento de las luminarias existentes y el coste en facturación ascendería a unos 77300 €.

A continuación, se pueden observar el coste tan elevado de dichas luminarias.

PRESUPUESTO.					
MATERIALES ETAP.					
Pos	Cantidad	Producto	Descripción	Neto Unit.	Neto Total.
1	112	Pantalla NV U25M2/LEDN 50S	Suministro e instalación de luminaria empotrada con difusor 600x600 mm, 4000K de 43W color RAL 9210-blanco. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	433,75 €	48580 €
2	83	Pantalla NV U21J8/LEDN 40S	Suministro e instalación de luminaria empotrada con difusor 600x600 mm, 4000K de 36,2W color RAL 9210-blanco. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	337,45 €	28008,35 €
3	25	Downlight D11/LEDN 10SX4	Suministro e instalación de luminaria empotrada downlight de diámetro de corte 220 mm de 14,1 W color RAL 9006- blanco aluminio. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	215,36 €	5384 €
4	44	Downlight D11/LEDN 20SX4	Suministro e instalación de luminaria empotrada downlight de diámetro de corte 220 mm de 23,4 W color RAL 9006- blanco aluminio. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	220,63 €	9707,72 €
5	9	Aplique NVR8J10/ LEDN 15S	Suministro e instalación de luminaria de superficie para Hall de entrada. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	320,75 €	2886,75 €
				Total	94566,82 €

Tabla 7.2 Coste implantación material Etap.

El coste total del material es de 94566,82 € un valor de inversión muy alto solo en material.

PRESUPUESTO.

MATERIALES EQUIVALENTE ETAP.

Pos	Cantidad	Producto	Descripción	Neto Unit.	Neto Total.
1	112	Pantalla Enarlux.	Suministro e instalación de luminaria empotrada con difusor 600x600 mm, 4000K de 43W, flujo luminoso 5140 lm, blanco neutro. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	170,18€	19060,16 €
2	83	Pantalla Enarlux.	Suministro e instalación de luminaria empotrada con difusor 600x600 mm, 4000K de 36,2W, flujo luminoso 3990 lm, blanco neutro. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	156,61 €	12998,63 €
3	25	Downlight Enarlux.	Suministro e instalación de luminaria empotrada downlight de diámetro de corte 220 mm de 15 W, flujo luminoso 1550 lm. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	119, 81 €	2995,25 €
4	44	Downlight Enarlux.	Suministro e instalación de luminaria empotrada downlight de diámetro de corte 220 mm de 23,4 W, flujo luminoso 2000 lm, blanco neutro. Incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	122,15 €	5374,60 €
5	9	Aplique Enarlux	Suministro e instalación de luminaria de superficie para Hall de entrada, 10 W, incluye desmontaje de luminaria existente actual y tasa RAEE.	206,64 €	1859,76 €
				Total	42288,4 €

Tabla 7.3 Coste implantación material Enarlux.



Se puede observar que los precios para los materiales equivalentes son más reducidos, por lo que la inversión necesaria es menor. Con un coste total de implantación de 42288,4 €.

El periodo de retorno simple de la inversión necesaria para implantar la medida de ahorro es el resultado de dividir el coste total de la implantación de la medida de ahorro, por el ahorro total anual calculado. El ahorro total aproximado de la instalación en facturación y mantenimiento es de 16000 €.

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Coste total implantación}}{\text{Ahorro total}} = 2,6 \text{ años.}$$

Capítulo 8. Conclusiones.

En la actualidad las instalaciones de alumbrado interior existentes se están sustituyendo por tecnología LED. Esto es debido a los importantes ahorros energéticos, vida útil de los equipos, calidad de luz y confort visual lo que da lugar a importantes ahorros en instalaciones de grandes dimensiones.

Como se ha demostrado en este estudio sobre un edificio de oficinas, la nueva tecnología LED consigue un ahorro aproximado de 16400 € en tarificación, y mantenimiento de los equipos de iluminación actualmente instalados por año.

La inversión necesaria para introducir dicha tecnología en el edificio es considerable, pero el ahorro a corto plazo es elevado. El fabricante seleccionado nos da una garantía de 5 años para todas las luminarias lo que hace todavía que la empresa esté interesada en realizar el cambio a dicha tecnología.

Aunque el consumo de energía por iluminación de un edificio no es el valor más elevado en la factura eléctrica con ello conseguimos un ahorro importante. Para que el edificio sea más eficiente debería incluirse estudio y posibles mejoras en equipos de climatización, equipos informáticos, elevadores...

Con todo ello se conseguiría un ahorro económico mayor, que repercutiría en el beneficio de la empresa, por lo que sería necesario estudiar e invertir en equipos eficientes en dicho edificio. Una de las claves importantes a la hora de realizar los estudios de eficiencia energética es la realización de un estudio de hábitos del personal que realiza las funciones en el edificio. Se debe de conocer las actividades diarias que realizan dichos trabajadores, con ello se conocen los puntos débiles de la empresa en costes. Con esto nos referimos a posibles deficiencias del personal como por ejemplo el agua utilizada en el lavabo, si las luces son apagadas cuando no son necesarias, ventanas bien cerradas para no perder climatización...

Podemos concluir que la tecnología LED en los últimos años evolucionó de forma muy favorable. Las prestaciones que han desarrollado dicha tecnología son muy buenas y en la actualidad sigue en desarrollo. En este momento podemos encontrar cualquier tipo de luminaria LED para instalar en diferentes puntos. Una gran ventaja del LED es el tamaño de cada uno por lo que pueden ser instalados en cualquier punto.



En la actualidad la tecnología LED está siendo implantada en viales, edificios, campos de fútbol... por lo que en estos momentos dicha tecnología avanza de forma importante.

Bibliografía.

- [1] www.gesternova.es, consultado en Mayo de 2015.
- [2] Indalux, Luminotecnia. Edición 2002.
- [3] CIE 1931. Comission Internationale de l'Éclairage
- [4] UNE-EN 12464-1. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- [5] Código técnico de edificación. <http://www.codigotecnico.org>, Consultado en Abril de 2015.
- [6] ITC-2794-2007. De 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.
- [7] Guía técnica de iluminación eficiente sector residencial y terciario de la comunidad de Madrid. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-gestion-energetica-en-el-alumbrado-publico-fenercom.pdf> , Consultado en Abril 2015.
- [8] UNE-EN 60598-1, Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
- [9] Luminotecnia. Dispositivos para alumbrado incandescente y fluorescente. <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171721.pdf>, Consultado en Abril 2015.
- [10] LED. La iluminación del futuro. <http://www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=48> , Consultado en Abril 2015.
- [11] Juan de la Cruz Muñoz Escobar – Migue Ángel Blanco Santurde. Teoría y problemas para conseguir el carnet de instalado electricista autorizado. ISBN: 978-84-96300-34-7.
- [12] UNE-EN 50102. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)



- [13] <https://ieprofesor.files.wordpress.com/2013/04/3c2ba-lamparas.pdf> Consultado Marzo 2015.
- [14] http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm Consultado Marzo 2015.
- [15] http://goodleds.co/desc/tecnicos/TIPOS_DE_LAMPARAS_ARTIFICIALES.pdf
Consultado Marzo 2015.
- [16] IEC 529. Norma relacionada con el nivel de tolerancia de humedad y a las especificaciones del daño de la misma.
- [17] DIN 400 50 bs 5490. Grado de protección de las carcasas de los materiales eléctricos (Alemana)
- [18] NF C20-010. Clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes (Francia).
- [19] Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga, Disponible <http://www.elt.es/documentos/dossier.pdf> , Consultado en Junio de 2014.
- [20] BOE-A-2013-8561. Orden IET/1491/2013, de 1 de agosto, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para su aplicación a partir de agosto de 2013 y por la que se revisan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial para el segundo trimestre de 2013
- [21] REAL DECRETO 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.



Anexos.



Anexo I. Planos de la instalación.



LEYENDA ALUMBRADO

-  PULSADOR DE ENCENDIDO CON TEMPORIZADOR DE BJC
-  LUMINARIA FLUORESCENTE EMPOTRABLE 60x60 4TL18W MARCA TRAMET
-  DOWNLIGHT SECON CROMO-MATE CON LAMPARA 2xTC-D 28W
-  APLIQUE DE PARED LINEAS MODELO CORNISA 5507 40W
-  LUMINARIA DE PARED EMBUTIDA MARCA ILUMISA REF.: 8033 TC-T28W.

PROYECTO:	ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS	PLANO:	1
Autor:	DAVID SANZ BRONCANO	MA:	100276648
		FECHA:	MAYO/15
		PLANO:	PLANTA BAJA, SITUACIÓN ACTUAL
		ESCALA:	1/200
		Tutora:	DRA. MORENO LÓPEZ DE SAÁ, MARÍA ÁNGELES





LEYENDA ALUMBRADO

- PULSADOR DE ENCENDIDO CON TEMPORIZADOR DE BJC
- LUMINARIA FLUORESCENTE EMPOTRABLE 60x80 4TL18W MARCA TRAMET
- ★ DOWNLIGHT SECON CROMO-MATE CON LAMPARA 2xTC-D 28W
- ▭ APLIQUE DE PARED LINEAS MODELO CORNISA 5507 40W
- ▬ LUMINARIA DE PARED EMBUTIDA MARCA ILLUMISA REF.: 6033 TC-120W.

PROYECTO:	ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS	PLANO:	2
Autor:	DAVID SANZ BRONCANO	MA:	100276648
		FECHA:	MAYO/15
		PLANO:	PLANTA PRIMERA, SITUACIÓN ACTUAL
		ESCALA:	1/200
		Tutora:	DRA. MORENO LÓPEZ DE SAÁ, MARÍA ANGELES





LEYENDA ALUMBRADO

-  PULSADOR DE ENCENDIDO CON TEMPORIZADOR DE BJC
-  LUMINARIA FLUORESCENTE EMPOTRABLE 60x80 4TL18W MARCA TRAMET
-  DOWNLIGHT SEDON CROMO-MATE CON LAMPARA 2xTC-D 28W
-  APLIQUE DE PARED LINEAS MODELO CORNISA 5507 40W
-  LUMINARIA DE PARED EMBUTIDA MARCA ILLUMISA REF.: 8033 TC-T28W.

PROYECTO:	ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS	PLANO:	3
Autor:	DAVID SANZ BRONCANO	NIA:	100276648
		FECHA:	MAYO/15
		PLANO:	PLANTA SEGUNDA, SITUACIÓN ACTUAL
		ESCALA:	1/200
		Tutora:	DRA. MORENO LÓPEZ DE SAÁ, MARÍA ÁNGELES

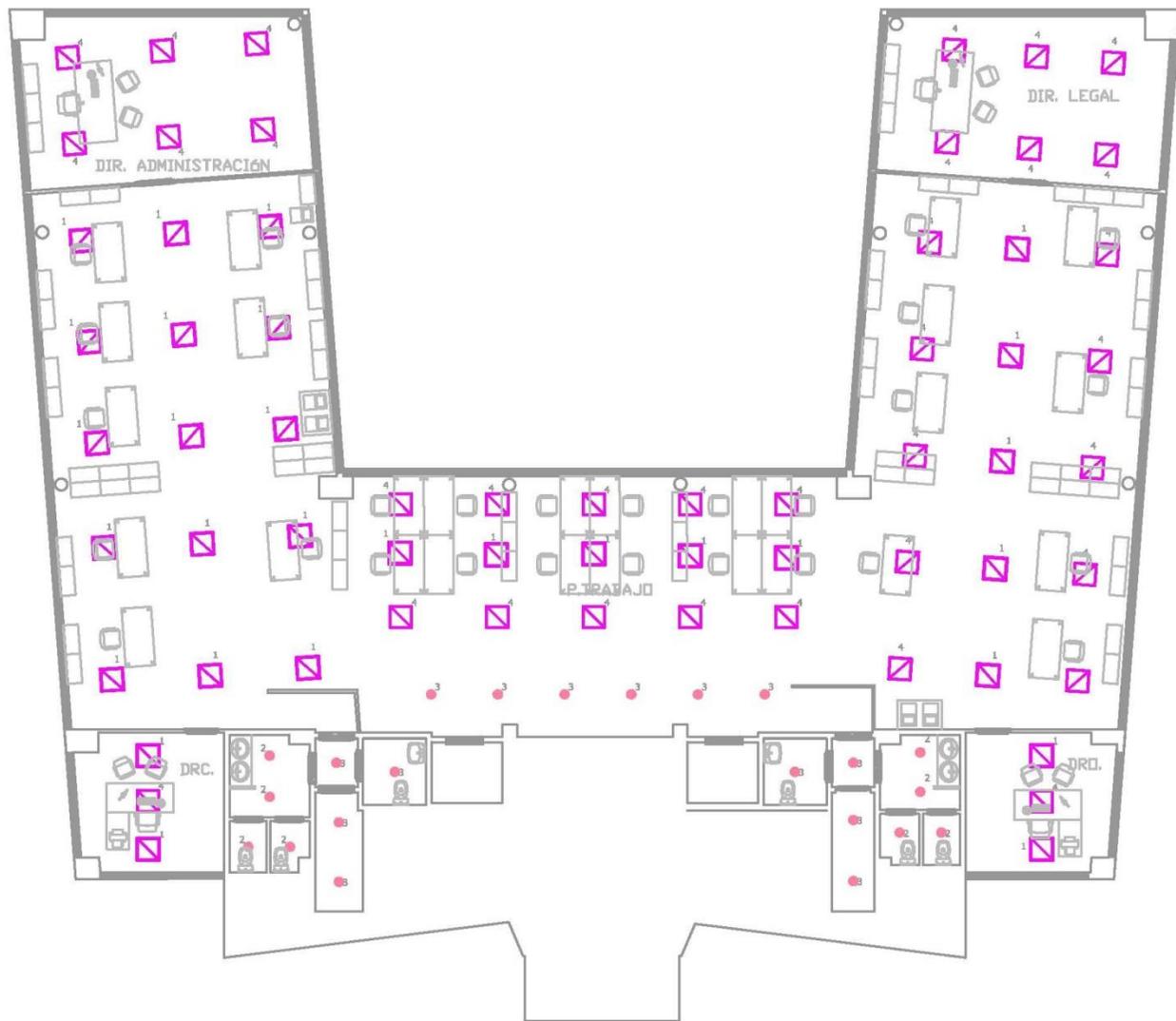




Leyenda de nuevas luminarias

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Cantidad
1	ETAP	Downlight, 23W	D11/LEDN20SX4	17
2	ETAP	Downlight, 14.1W	D11/LEDN10SX4	6
3	ETAP	Pantalla 60*60, 36.2W	U2138/LEDN40S	39
4	ETAP	Pantalla 60*60, 43W	U25M2/LEDN50S	30
5	ETAP	Aplicque de pared, 14W	RB11Q/LEDN15S	9

PROYECTO: ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS		PLANO: 4
Autor: DAVID SANZ BRONCANO	NIA: 100276648	FECHA:
	PLANO: PLANTA BAJA, ESTADO REFORMADO	ESCALA: 1/200
	Tutores: DRA. MORENO LÓPEZ DE SAÁ, MARÍA ÁNGELES	



Leyenda de nuevas luminarias

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Cantidad
1	ETAP	Downlight, 23W	D11/LEDN20SX4	17
2	ETAP	Downlight, 14.1W	D11/LEDN10SX4	8
3	ETAP	Pantalla 60*60, 36.2W	U2138/LEDH4G5	39
4	ETAP	Pantalla 60*60, 43W	U25M2/LEDN5G5	30
5	ETAP	Aplic de pared, 14W	RB110/LEDN1SS	9

PROYECTO: ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS		PLANO: 5
Autor: DAVID SANZ BRONCANO		FECHA:
NIA: 100276648		ESCALA: 1/200
		Tutora: DRA. MORENO LÓPEZ DE SAA, MARÍA ÁNGELES



Leyenda de nuevas luminarias

Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Cantidad
1	ETAP	Downlight, 23W	D11/LEDN205X4	17
2	ETAP	Downlight, 14.1W	D11/LEDN105X4	6
3	ETAP	Pantalla 60*60, 36.2W	U21J8/LEDH40S	39
4	ETAP	Pantalla 60*60, 43W	U25M2/LEDN50S	30
5	ETAP	Apilique de pared, 14W	RB310/LEDN15S	9

PROYECTO:	ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIO DESTINADO A OFICINAS	PLANO:	6
Autor:	DAVID SANZ BRONCANO	NIA:	100276648
		FECHA:	
		ESCALA:	1/200
		Tutora:	DRA. MORENO LÓPEZ DE SAA, MARÍA ANGELES





Anexo II. Resumen

DIALux Evo.

ÍNDICE ANEXO II.

Auditoria de la instalación.....	88
Planta Baja.....	92
Hall y oficina comercial.	93
Sala de Reuniones 5.	94
Sala de Reuniones 4.	94
Sala de Reuniones 3.	95
Sala de oficina.	96
Baño izquierda.....	97
Inodoro 1 izquierda.	97
Inodoro 2 izquierda.	98
Baño minusválidos izquierda.....	98
Baño derecha.	99
Inodoro 1 derecha.	100
Inodoro 2 derecha.	100
Baño minusválidos derecha.	101
Sala de reunión de formación.	101
Espacio de formación.	102
Cocina.....	104
Pasillo derecha.	104
Pasillo escalera derecha.	105
Pasillo escalera izquierda.	105
Primera planta.....	107
Director administración.	107
Director legal.	108
DRO.	109
DRC.	109
Puestos de trabajo.	110
Baño izquierda.....	112
Inodoro 1 izquierda.	113
Inodoro 2 izquierda.	113
Baño minusválidos izquierda.....	114
Baño derecha.	115



Inodoro 1 derecha.....	115
Inodoro 2 derecha.....	116
Baño minusválidos derecha.....	116
Rellano baño derecha.....	117
Rellano baño izquierda.....	118
Pasillo escalera izquierda.....	118
Pasillo escalera derecha.....	119
Segunda planta.....	120
Sala reunión.....	120
Director de comunicación.....	121
Despacho fundación.....	123
Baño izquierda.....	124
Inodoro 1 izquierda.....	125
Inodoro 2 izquierda.....	125
Baño minusválidos izquierda.....	126
Rellano baño izquierda.....	126
Pasillo escalera izquierda.....	127
Sala reuniones 2.....	128
Sala reuniones 3.....	128
RRHH.....	129
Director general.....	130
Director RRHH.....	131
Baño derecha.....	132
Inodoro derecha.....	133
Baño minusválidos derecha.....	133
Rellano baño derecha.....	134
Pasillo escalera derecha.....	134
Pasillo central.....	135
Almacén.....	136

ÍNDICE DE TABLAS ANEXO II.

Tabla 1. Resumen reducción de potencia de equipos de iluminación.....	88
Tabla 2.1 Lista de requisitos de iluminación zonas de tráfico dentro de edificio [4].....	91
Tabla 2.2 Lista de requisitos de iluminación áreas generales dentro de edificio [4].	91
Tabla 2.3 Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea [4].....	92
Tabla 6. Resumen Hall/ Oficina Comercial, norma EN 12464 DIALux.....	93
Tabla 7. Resumen sala de reuniones 5, norma EN 12464 DIALux.....	94
Tabla 8. Resumen sala de reuniones 4, norma EN 12464 DIALux.....	95
Tabla 9. Resumen sala de reuniones 3, norma EN 12464 DIALux.....	96
Tabla 10. Resumen sala de oficina, norma EN 12464 DIALux.	96
Tabla 11. Resumen Baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.....	97
Tabla 12. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	98
Tabla 13. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	98
Tabla 14. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.....	99
Tabla 15. Resumen baño derecha, EN 12464 DIALux.	99
Tabla 16. Resumen inodoro 1 derecha, norma EN 12464 DIALux.	100
Tabla 17. Resumen inodoro 2 derecha, norma EN 12464 DIALux.	101
Tabla 18. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.....	101
Tabla 19. Resumen sala reunión de formación, norma EN 12464 DIALux.....	102
Tabla 20. Resumen espacio de formación, norma EN 12464 DIALux.	103
Tabla 21. Resumen cocina, norma EN 12464 DIALux.....	104
Tabla 22. Resumen pasillo derecha, norma EN 12464 DIALux.....	105
Tabla 23. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.	105
Tabla 24. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.	106
Tabla 25. Resumen director administrativo, norma EN 12464 DIALux.....	108
Tabla 26. Resumen director legal, norma EN 12464 DIALux.....	108
Tabla 27. Resumen DRO, norma EN 12464 DIALux.....	109
Tabla 28. Resumen DRC, norma EN 12464 DIALux.	110
Tabla 29. Resumen puestos de trabajo, norma EN 12464 DIALux.....	112
Tabla 30. Resumen baños izquierda, norma EN 12464 DIALux.	113
Tabla 31. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	113
Tabla 32. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	114
Tabla 33. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.....	114
Tabla 34. Resumen baño derecha, norma EN 12464 DIALux.....	115
Tabla 35. Resumen inodoro 1 derecha, norma EN 12464 DIALux.	116
Tabla 36. Resumen inodoro 2 derecha, norma EN 12464 DIALux.	116
Tabla 37. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.....	117
Tabla 38. Resumen rellano baño derecha, norma EN 12464 DIALux.	117
Tabla 39. Resumen rellano baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.....	118
Tabla 40. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.	119
Tabla 41. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.	119



Tabla 42. Resumen sala reunión, norma EN 12464 DIALux.	121
Tabla 43. Resumen director de comunicación, norma EN 12464 DIALux.	121
Tabla 44. Resumen comunicación y formación, norma EN 12464 DIALux.	123
Tabla 45. Resumen despacho fundación, norma EN 12464 DIALux.	124
Tabla 46. Resumen baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.	124
Tabla 47. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	125
Tabla 48. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.	126
Tabla 49. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.	126
Tabla 50. Resumen rellano baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.	127
Tabla 51. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.	127
Tabla 52. Resumen sala de reuniones 2, norma EN 12464 DIALux.	128
Tabla 53. Resumen sala de reuniones 3, norma EN 12464 DIALux.	129
Tabla 54. Resumen RRHH, norma EN 12464 DIALux.	130
Tabla 55. Resumen director general, norma EN 12464 DIALux.	131
Tabla 56. Resumen director RRHH, norma EN 12464 DIALux.	132
Tabla 57. Resumen baño derecha, norma EN 12464 DIALux.	132
Tabla 58. Resumen inodoro derecha, norma EN 12464 DIALux.	133
Tabla 59. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.	134
Tabla 60. Resumen rellano baño derecha, norma EN 12464 DIALux.	134
Tabla 61. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.	135
Tabla 62. Resumen pasillo central, norma EN 12464 DIALux.	135
Tabla 63. Resumen almacén, norma EN 12464 DIALux.	136

Auditoria de la instalación.

A continuación, se puede observar la reducción de potencia de equipo de iluminación por planta con la tecnología LED.

La tabla 1 es un resumen de potencias de la instalación. El ahorro conseguido es de > 60% por planta y un total de un 67,16 % de ahorro en el edificio.

Nombre	Potencia actual (W)	Potencia con led (W)	Reducción (%)
Planta Baja	10840	3338,4	69,20
Primera planta	8944	2952,2	67
Segunda planta	8620	3038,1	64,76
Total	28404	9329	67,16

Tabla 1. Resumen reducción de potencia de equipos de iluminación.

Para poder entender dicho capítulo, se presentan definiciones importantes para poder comprenderlo. Aunque dichas definiciones fueron expuestas en el capítulo 5 son incluidas en el anexo para facilitar la lectura.

Área de actividad: área dentro de la cual se realiza una actividad específica

Área de fondo: área adyacente al área circundante inmediata. Debería ser una franja de, al menos, 3 m de anchura contigua al área circundante inmediata dentro de los límites de espacio y deber iluminarse con una iluminancia mantenida de 1/3 del valor del área circundante inmediata [4]. Por lo que al encontrarnos en un edificio de oficinas los valores que debemos tener es de área de fondo >100 lux con una uniformidad de 0,1.

Área circundante inmediata: franja alrededor del área de tarea dentro del campo visual.

Área de tarea: área dentro de la cual se realiza la tarea visual.

Tarea visual: elementos visuales de la actividad que se está llevando a cabo

Lugares de trabajo: lugar destinado a alojar los puestos de trabajo sobre las premisas de acometida y/o establecimiento y cualquier otro lugar dentro del área de acometida y/o establecimiento a la cual el trabajador ha accedido en el transcurso de su trabajo. Por lo que en las diferentes tablas de resúmenes de las salas aparecerán índices de cada lugar de trabajo (mesas), como puede ser UGR 1, área de tarea visual 1...

La *iluminancia de áreas circundantes* inmediatas debe estar relacionada con la iluminancia del área de tarea y debería proporcionar una distribución de luminancias bien equilibrada en el campo de visión. El área circundante inmediata debería ser una franja con una anchura de, al menos, 0,5 m alrededor del área de la tarea dentro del campo visual [4].

El *valor de eficiencia energética* de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad [\text{Ec 2.11}]$$

Siendo

P la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar.

S la superficie iluminada en m^2 .

E_m la iluminancia media horizontal mantenida.

Por lo que en el Código técnico de edificación [5] para salas de reuniones o de trabajo el VEEI debe ser inferior a 8 y para zonas comunes como baños, pasillos, inferior a 6.

El estudio desarrollado es para un edificio de oficinas. Dicho edificio cuenta con salas dedicadas a puestos de trabajo, salas de reuniones, aseos, una pequeña cocina, y zonas de tránsito peatonal.

La norma UNE 12464-1 sobre iluminación de interior, expresa los valores siguientes que utilizaremos para el resto de proyecto.

Para **salas de reuniones, puestos de trabajo:**

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 500 lux con uniformidad (u_0) 0,6.
- Para las áreas circundantes 300 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEI inferior a 8.

Para la cocina:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 200 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 150 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 19.
- Ra = 80.
- VEEI inferior a 8.

Para zonas de transito:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 100 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 100 lux y $u_0 = 0,4$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Un valor de UGR no superior a 28.
- VEEI inferior a 6.

Por último para los diferentes **aseos** que se encuentran en el edificio:

- Para el área de tarea el valor mínimo exigido es de 200 lux con uniformidad (u_0) 0,4.
- Para las áreas circundantes 150 lux y $u_0 = 0,4$.
- Área de fondo 100 lux y $u_0 = 0,1$.
- Iluminancia cilíndrica superior a 50 lux y u_0 superior a 0,1.
- Un valor de UGR no superior a 25.
- VEEI inferior a 6.

Las tablas 2, 3, 4,5 ofrecen los valores que nos exige la norma UNE-EN 12464 para un edificio de oficinas.

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -
5.26.1	Archivo, copias, etc.	300	19	0,40	80
5.26.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	0,60	80
5.26.3	Dibujo técnico	750	16	0,70	80
5.26.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	0,60	80
5.26.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,60	80
5.26.6	Mostrador de recepción	300	22	0,60	80
5.26.7	Archivos	200	25	0,40	80

Tabla 2. Lista de requisitos de iluminación para oficinas [4].

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -
5.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	0,40	40
5.1.2	Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	100	25	0,40	40
5.1.3	Ascensores, montacargas	100	25	0,40	40
5.1.4	Rampas/tramos de carga	150	25	0,40	40

Tabla 2.1 Lista de requisitos de iluminación zonas de tráfico dentro de edificio [4].

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -
5.2.1	Cantinas, despensas	200	22	0,40	80
5.2.2	Salas de descanso	100	22	0,40	80
5.2.3	Salas para ejercicio físico	300	22	0,40	80
5.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0,40	80
5.2.5	Enfermería	500	19	0,60	80
5.2.6	Salas para atención médica	500	16	0,60	90

Tabla 2.2 Lista de requisitos de iluminación áreas generales dentro de edificio [4].

En la tablada 5.5 se muestra la dimensión mínima del área circundante inmediata en relación con el área de la tarea.

Iluminancia del área de tarea E_{tarea} lx	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{tarea}
100	E_{tarea}
≤ 50	E_{tarea}

Tabla 2.3 Relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas con la iluminación del área de tarea [4]

Planta baja.

En la planta baja contamos con:

- Hall de entrada con oficina comercial.
- 4 Salas de Reuniones.
- 4 baños incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 1 pequeña cocina.
- 1 sala de formación
- 3 zonas de tránsito de personas.

En dicha planta, disponemos de los siguientes equipos de iluminación:

- 97 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 44 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 3 luminarias de pared embutida marca Ilumisa de 26 W.
- 2 apliques de pared lineal de 40 W.

La potencia total de equipos de iluminación de la planta baja es de 10840 W.

Con la nueva configuración, pasaremos a un nuevo inventario de:

- 30 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 39 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 8 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 17 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.
- 9 apliques de pared marca Etap NV R8J10/LEDN 15S de 14 W.

$$P_T = 3338,4 \text{ W}$$

Hall y oficina comercial.

Esta sala cuenta con un área de $157,95 \text{ m}^2$ y un perímetro de $7,04 \text{ m}^2$.

Inventario actual:

- 37 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 25 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 3 luminarias de pared embutida marca Ilumisa de 26 W.

$$P_T = 4662W$$

Tras el estudio en el software DIALux Evo, el inventario para la nueva tecnología es el siguiente.

- 27 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 9 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.
- 9 apliques de pared marca Etap NV R8J10/LEDN 15S de 14 W.

$$P_{T_{nueva}} = 1314 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 12.	693	0,821
Área de la tarea visual 13.	699	0,856
Área de la tarea visual 15.	680	0,779
Área de fondo 10.	541	0,113
Área circundante 12.	677	0,820
Área circundante 13.	684	0,801
Área circundante 15.	282	0,514
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 7.	693	0,600
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 7.	325	0,243
UGR 67.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14
UGR 68.	< 10	14

Tabla 6. Resumen Hall/ Oficina Comercial, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} = 1,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 71,81 \%$$

Como se puede observar en la tabla 6 y las tablas de resumen de la norma UNE (tabla 2, 3, 4, 5), estamos dentro de los valores mínimos exigidos excepto en el área circundante 15 en la que el valor es prácticamente 300 lx, pero se consigue una uniformidad bastante buena de 0,6.

Sala de Reuniones 5.

Área = 26,21 m² y perímetro = 21,61 m.

Inventario actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración:

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 172 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 7.	601	0,609
Área de fondo 4.	381	0,121
Área circundante 7.	782	0,468
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 1.	632	0,650
Área de actividad 2.	600	0,610
Área de actividad 3.	600	0,608
Área de actividad 19.	629	0,631
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 1.	287	0,711
Área de actividad 2.	314	0,898
Área de actividad 3.	315	0,879
Área de actividad 19.	254	0,543
UGR 71.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	15

Tabla 7. Resumen sala de reuniones 5, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,19 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 65,04 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Sala de Reuniones 4.

Área = 20,80 m² y perímetro = 18,55 m.

Inventario actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración:

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 172 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 11.	620	0,613
Área de fondo 9.	506	0,866
Área circundante 11.	360	0,422
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 5.	770	0,613
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 5.	343	0,577
UGR 70.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14

Tabla 8. Resumen sala de reuniones 4, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,23 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 65,04 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Sala de Reuniones 3.

Área = 24,09 m² y perímetro = 19,75 m.

Inventario actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración:

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 172 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 5.	729	0,919
Área de fondo 5.	328	0,125
Área circundante 5.	705	0,811
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 6.	678	0,605
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 6.	300	0,607
UGR 69.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	15

Tabla 9. Resumen sala de reuniones 3, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,17 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 65,04 \%$$

Se puede observar que los valores de área de tarea son superiores a los que nos exige la norma UNE 12464-1, pero con dichos valores nos encontramos dentro de normativa.

Sala de oficina.

Área = 14,60 m² y perímetro = 15,58 m.

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 115,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 14.	1508	0,796
Área de fondo 11.	321	0,751
Área circundante 14.	916	0,557
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 8.	565	0,602
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 8.	296	0,547
UGR 66.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	< 10

Tabla 10. Resumen sala de oficina, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,41 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 64,82 \%$$

Para este tipo de salas, se desarrolló una configuración en la que prevalece la reducción de consumo energético. Por esta razón, se configuraron tres pantallas, dos de 36,2 W y una de 43 W en el centro de la sala. Con esto se conseguía no tener que poner cuatro pantallas de 36,2 W o tres pantallas de 43 W.

Baño izquierda.

Área = 4,7 m² y perímetro = 8,8 m.

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{T_{nueva}} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 9.	358	0,687
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 9.	180	0,839

Tabla 11. Resumen Baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 1 izquierda.

Área = 1,4 m² y perímetro = 4,8 m.

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 10.	293	0,853
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 10.	152	0,928

Tabla 12. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,49 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 2 izquierda.

Área = 1,35 m² y perímetro = 4,9 m.

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 11.	295	0,858
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 11.	151	0,921

Tabla 13. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,73 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos izquierda.

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 11.	327	0,896
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 11.	179	0,899

Tabla 14. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,98 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño derecha.

Área = 4,27 m² y perímetro = 8,4 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 15.	319	0,787
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 15.	168	0,923

Tabla 15. Resumen baño derecha, EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 1 derecha.

Área = 1,41 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 10.	292	0,860
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 10.	153	0,902

Tabla 16. Resumen inodoro 1 derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,52 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 2 derecha.

Área = 1,4 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 11.	293	0,860
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 11.	152	0,921

Tabla 17. Resumen inodoro 2 derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos derecha.

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 12.	332	0,883
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 12.	182	0,912

Tabla 18. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Sala de reunión de formación.

Área = 14,58 m² y perímetro = 15,54 m

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 115,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 16.	547	0,601
Área de fondo 12.	332	0,708
Área circundante 16.	320	0,413
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 17.	631	0,650
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 17.	269	0,628
UGR 65.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	15

Tabla 19. Resumen sala reunión de formación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,41 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 64,82 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Espacio de formación.

Área = 136,60 m² y perímetro = 54,31 m

Inventario actual:

- 30 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 2460 W$$

Inventario nueva configuración:

- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 8 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 934,6 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 17.	680	0,617
Área de la tarea visual 18.	560	0,804
Área de la tarea visual 19.	681	0,692
Área de la tarea visual 20.	635	,614
Área de la tarea visual 21.	572	0,778
Área de la tarea visual 22.	601	0,671
Área de la tarea visual 23.	690	0,604
Área de la tarea visual 24.	587	0,656
Área de la tarea visual 25.	556	0,612
Área de la tarea visual 26.	548	0,607
Área de fondo 13.	359	0,194
Área circundante 17.	329	0,608
Área circundante 18.	380	0,487
Área circundante 19.	668	0,647
Área circundante 20.	305	0,413
Área circundante 21.	577	0,518
Área circundante 22.	591	0,538
Área circundante 23.	548	0,569
Área circundante 24.	573	0,407
Área circundante 25.	581	0,501
Área circundante 26.	537	0,501
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 14.	647	0
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 14.	267	0
UGR 54.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	19
UGR 55.	< 10	< 10
UGR 56.	17	19
UGR 57.	17	18
UGR 60.	< 10	18
UGR 61.	15	16
UGR 63,	< 10	< 10
UGR 64	< 10	< 10
UGR 72.	< 10	19
UGR 73.	18	19

Tabla 20. Resumen espacio de formación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,13 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,01 \%$$

En la sala de formación, la uniformidad del área circundante 26 y cilíndrica de actividad 14, la uniformidad es cero. Esto es debido a los mobiliarios existentes en dicha zona, fotocopiadores y columnas.

Cocina.

Área = 12,47 m² y perímetro = 14,85 m

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 43 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 13.	367	0,144
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 13.	131	0,450

Tabla 21. Resumen cocina, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,53 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 86,89 \%$$

Notamos que en esta sala la uniformidad no se cumple, debido a que en el mobiliario seleccionado en el programa, como puede verse en el anexo III, las estanterías de la cocina se colocaron sin llegar al techo, cosa que no ocurre en la realidad.

Por esta razón, aparecen puntos con valores de lúmenes menores. Al colocar los muebles a la altura del techo, aumentaremos el valor mínimo de lúmenes en la sala, y con ello la uniformidad.

Pasillo derecha.

Área = 6,85 m² y perímetro = 13,34 m

Inventario actual:

- 3 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 186 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 46,8 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 61.	335	0,452
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 61.	145	0,303

Tabla 22. Resumen pasillo derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 3,99 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 74,84 \%$$

En esta sala no se llega a cumplir la uniformidad. Sobrepasamos los lúmenes mínimos permitidos por el reglamento. Por esta razón, no realizaremos cambio alguno de luminaria, puesto que aumentaríamos el consumo energético.

Pasillo escalera derecha.

Área = 4,82 m² y perímetro = 10,69 m

Inventario actual:

- 3 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 1 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 226 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 46,8 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 62.	332	0,765
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 61.	170	0,676

Tabla 23. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,76 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 79,29 \%$$

Pasillo escalera izquierda.

Área = 4,48 m² y perímetro = 10,13 m

Inventario actual:

- 3 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

- 1 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 226 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 46,8 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 62.	455	0,760
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 61.	197	0,751

Tabla 24. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 5,03 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 79,29 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Primera planta.

La primera planta está dividida en los siguientes espacios:

- 4 despachos.
- 1 sala de puestos de trabajo.
- 4 baños incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.

Los equipos de iluminación de esta planta son:

- 92 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 20 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 4 apliques de pared lineal de 40 W.

La potencia total de equipos de iluminación de la planta primera es de 8944 W.

Con la nueva configuración de las luminarias tipo LED pasaremos a un nuevo inventario de:

- 34 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 29 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 8 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 14 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_T = 2952,2 W$$

Director administración.

Área = 33,93 m² y perímetro = 24,27 m.

Inventario actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración:

- 6 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{T_{nueva}} = 258 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 27.	694	0,765
Área de fondo 14.	546	0,723
Área circundante 27.	756	0,685
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 20.	676	0,499
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 20.	236	0,686
UGR 26.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	17

Tabla 25. Resumen director administrativo, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,24 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro \text{ en potencia instalada} = 47,56 \%$$

Se puede observar que el área de actividad 20 tiene una uniformidad de 0,499, que no es un valor malo, pero para dicha sala se situará la mesa existente en la otra zona.

Director legal.

Área = 33,89 m² y perímetro = 24,26 m.

Inventario actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración:

- 6 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{T_{nueva}} = 258 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 47.	757	0,812
Área de fondo 17.	587	0,453
Área circundante 47.	792	0,641
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 21.	312	0,589
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 21.	251	0,686
UGR.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	16

Tabla 26. Resumen director legal, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,20 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 47,56 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

DRO.

$$\text{Área} = 14,77 \text{ m}^2 \text{ y perímetro} = 15,58 \text{ m}$$

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{T_{nueva}} = 115,4 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 52.	530	0,613
Área de fondo 18.	354	0,469
Área circundante 52.	311	0,402
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 21.	622	0,662
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 21.	220	0,645
UGR 27.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	16

Tabla 27. Resumen DRO, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 64,82 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

DRC.

$$\text{Área} = 14,59 \text{ m}^2 \text{ y perímetro} = 15,54 \text{ m}$$

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 115,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 36.	517	0,617
Área de fondo 16.	289	0,284
Área circundante 36.	315	0,400
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 25.	622	0,669
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 25.	223	0,623
UGR 53.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	16

Tabla 28. Resumen DRC, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,51 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 64,82 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Puestos de trabajo.

Para esta sala contamos con un *área* = 321,92 m² y un *perímetro* = 123,17 m.

Inventario actual de la instalación es el siguiente:

- 72 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 4 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 6152 W$$

Y pasaremos a un inventario con la nueva configuración de:

- 20 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 25 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 6 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 1905,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 28.	523	0,619
Área de la tarea visual 29.	627	0,622
Área de la tarea visual 30.	640	0,588
Área de la tarea visual 31.	700	0,627
Área de la tarea visual 32.	680	0,625
Área de la tarea visual 33.	407	0,619
Área de la tarea visual 34.	525	0,596
Área de la tarea visual 35.	598	0,910
Área de la tarea visual 36.	790	0,608
Área de la tarea visual 38.	737	0,651
Área de la tarea visual 39.	795	0,620
Área de la tarea visual 40.	798	0,752
Área de la tarea visual 41.	732	0,598
Área de la tarea visual 42.	771	0,681
Área de la tarea visual 43.	632	0,620
Área de la tarea visual 44.	523	0,67
Área de la tarea visual 45.	628	0,619
Área de la tarea visual 46.	700	0,601
Área de la tarea visual 48.	555	0,769
Área de la tarea visual 49.	617	0,614
Área de la tarea visual 50.	683	0,599
Área de la tarea visual 51.	519	0,682
Área de fondo 15.	311	0,119
Área circundante 28.	370	0,503
Área circundante 29.	427	0,445
Área circundante 30.	531	0,493
Área circundante 31.	480	0,458
Área circundante 32.	390	0,462
Área circundante 33.	425	0,769
Área circundante 34.	286	0,472
Área circundante 35.	284	0,482
Área circundante 37.	744	0,608
Área circundante 38.	814	0,756
Área circundante 39.	814	0,676
Área circundante 40.	799	0,380
Área circundante 41.	814	0,787
Área circundante 42.	728	0,463
Área circundante 43.	422	0,779
Área circundante 44.	360	0,497
Área circundante 45.	362	0,608
Área circundante 46.	330	0,485
Área circundante 47.	299	0,411
Área circundante 49.	367	0,406
Área circundante 50.	339	0,413
Área circundante 51.	507	0,736
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 26.	520	0,485
Intensidad lumínica cilíndrica.		

Área de actividad 26.	217	0,452
	Mínimo.	Máximo.
UGR 27.	< 10	16
UGR 28.	< 10	17
UGR 29.	< 10	17
UGR 30.	< 10	16
UGR 31.	< 10	16
UGR 32.	18	19
UGR 33.	< 10	17
UGR 34.	< 10	17
UGR 35.	17	19
UGR 36.	18	19
UGR 37.	18	19
UGR 39.	19	19
UGR 40.	19	19
UGR 41.	15	18
UGR 42.	< 10	19
UGR 43.	< 10	13
UGR 44.	< 10	< 10
UGR 45.	< 10	< 10
UGR 46.	< 10	19
UGR 47.	< 10	19
UGR 48.	< 10	19

Tabla 29. Resumen puestos de trabajo, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,15 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 69,03\%$$

Se puede observar en la tabla 29, que todos los valores entran dentro de los parámetros asignados para este tipo de salas.

Baño izquierda.

Área = 4,7 m² y perímetro = 8,8 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 28,2 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 32.	366	0,69
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 32.	192	0,823

Tabla 30. Resumen baños izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,41 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 1 izquierda.

Área = 1,4 m² y perímetro = 4,8 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 29.	296	0,868
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 29.	153	0,961

Tabla 31. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 2 izquierda.

Área = 1,35 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 30.	297	0,865
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 30.	151	0,967

Tabla 32. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,64 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos izquierda.

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 31.	421	0,853
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 31.	234	0,812

Tabla 33. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,80 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño derecha.

Área = 4,27 m² y perímetro = 8,4 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{T_{nueva}} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 24.	325	0,788
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 24.	182	0,934

Tabla 34. Resumen baño derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,58 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 1 derecha.

Área = 1,41 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{T_{nueva}} = 14,1 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 27.	295	0,841
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 27.	151	0,960

Tabla 35. Resumen inodoro 1 derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro energético Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 2 derecha.

Área = 1,4 m² y perímetro = 4,8 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 28.	297	0,859
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 28.	153	0,961

Tabla 36. Resumen inodoro 2 derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos derecha

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 23.	337	0,893
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 23.	191	0,916

Tabla 37. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,88 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Rellano baño derecha.

Área = 1,53 m² y perímetro = 4,95 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 36.	473	0,899
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 36.	207	0,903

Tabla 38. Resumen rellano baño derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$9,95 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,26 \%$$

En este rellano de baño y en el siguiente no cumplimos el VEEI, esto es debido a que el valor de lux es mayor de lo deseado. Se cambiaron las luminarias a una potencia menor pero el consumo era mayor puesto que la disposición de luminarias conllevaría un aumento de potencia y por lo consiguiente un aumento de consumo. Dichos rellanos se han mantenido con dicha luminaria de 23,4 W.

Rellano baño izquierda.

Área = 1,53 m² y perímetro = 4,95 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 33.	475	0,863
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 33.	208	0,918

Tabla 39. Resumen rellano baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 8,84 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,26 \%$$

Pasillo escalera izquierda.

Área = 4,11 m² y perímetro = 9,07 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 2 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 204 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 46,8 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 34.	497	0,785
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 34.	213	0,756

Tabla 40. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 5,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,06 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Pasillo escalera derecha.

Área = 3,81 m² y perímetro = 8,95 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 2 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 204 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{T_{nueva}} = 46,8 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 35.	507	0,783
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 35.	217	0,747

Tabla 41. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 5,90 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,06 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Segunda planta.

La segunda planta está distribuida de la siguiente manera:

- 4 despachos.
- 3 salas de reuniones.
- 2 sala de puestos de trabajo.
- 4 baños incluyendo 2 baños para personal con movilidad reducida.
- 4 zonas de tránsito de personas.
- 1 pequeño almacén.

Los equipos de iluminación de esta planta son:

- 84 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.
- 26 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 3 apliques de pared lineal de 40 W.

El consumo total de la planta segunda es de 8620 W.

Con la nueva configuración de las luminarias tipo LED pasaremos a un nuevo inventario de:

- 48 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.
- 9 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.
- 13 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 3038,1 W$$

Sala reunión.

Área = 18,93 m² y perímetro = 18,47 m

Inventario actual:

- 3 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 246 W$$

Inventario nueva configuración:

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 172 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 53.	670	0,672
Área de fondo 19.	543	0,569
Área circundante 53.	363	0,441
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 38.	757	0,608
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 38.	276	0,710
UGR 53.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14

Tabla 42. Resumen sala reunión, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,35 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 30,08 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Director de comunicación.

Área = 25,31 m² y perímetro = 20,32 m

Inventario Actual:

- 6 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 492 W$$

Inventario nueva configuración.

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 172 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 8.	590	0,688
Área de fondo 6.	479	0,818
Área circundante 8.	359	0,304
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 4.	602	0,631
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 4.	211	0,730
UGR 53.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14

Tabla 43. Resumen director de comunicación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,25 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro \text{ en potencia instalada} = 65,04 \%$$

En dicha sala el área circundante 8 no cumple la uniformidad, este es debido al punto de cálculo de la mesa donde se realizó. Este tipo de salas tienen una mesa de mayor altura y en este caso no cumplir la uniformidad es debido a la situación de dicha mesa, al igual que de los muebles existentes pero la media actual de lux es superior a la mínima exigida por lo que mantendremos dicha configuración.

Comunicación y fundación.

Las dimensiones de esta sala son las siguientes; $A = 103,63 \text{ m}^2$ y $P = 43,65 \text{ m}$

Contamos con un inventario para esta sala de:

- 21 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 1722 \text{ W}$$

El nuevo inventario para esta sala es de:

- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 645 \text{ W}$$

A continuación véase la tabla 44 en la que se realiza una simplificación de los cálculos obtenidos en DIALux.

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 54.	579	0,720
Área de la tarea visual 55.	601	0,712
Área de la tarea visual 56.	579	0,736
Área de la tarea visual 57.	620	0,661
Área de la tarea visual 58.	560	0,745
Área de la tarea visual 59.	599	0,718
Área de la tarea visual 60.	603	0,746
Área de fondo 20.	399	0,103
Área circundante 54.	592	0,890
Área circundante 55.	601	0,882
Área circundante 56.	406	0,399
Área circundante 57.	383	0,407
Área circundante 58.	312	0,413
Área circundante 59.	353	0,411
Área circundante 60.	397	0,416
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 56.	610	0,616
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 56.	229	0,245
	Mínimo.	Máximo.
UGR 5.	< 10	12
UGR 9.	< 10	16
UGR 10.	< 10	18
UGR 11.	< 10	18

Tabla 44. Resumen comunicación y formación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,06 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,54 \%$$

Despacho fundación.

Área = 14,59 m² y perímetro = 15,54 m

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{T_{nueva}} = 115,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 63.	523	0,600
Área de fondo 23.	303	0,340
Área circundante 63.	316	0,427
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 47.	598	0,644
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 47.	222	0,626
UGR 12.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	16

Tabla 45. Resumen despacho fundación, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 64,82 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño izquierda.

Área = 4,7 m² y perímetro = 8,8 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 46.	308	0,795
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 46.	174	0,931

Tabla 46. Resumen baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 1 izquierda.

Área = 1,4 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 53.	296	0,855
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 53.	153	0,954

Tabla 47. Resumen inodoro 1 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,42 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro 2 izquierda.

Área = 1,35 m² y perímetro = 4,9 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 55.	297	0,855
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 55.	149	0,919

Tabla 48. Resumen inodoro 2 izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos izquierda.

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 48.	337	0,899
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 48.	194	0,918

Tabla 49. Resumen baño minusválidos izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 2,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Rellano baño izquierda.

Área = 1,58 m² y perímetro = 5,09 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{T_{nueva}} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 45.	566	0,885
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 45.	240	0,908

Tabla 50. Resumen rellano baño izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 10,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 54,52 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Pasillo escalera izquierda.

Área = 4,11 m² y perímetro = 9,07 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 2 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 204 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{T_{nueva}} = 46,8 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 44.	496	0,782
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 44.	214	0,762

Tabla 51. Resumen pasillo escalera izquierda, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 5,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 77,06 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Sala reuniones 2.

Área = 44,43 m² y perímetro = 28,07 m

Inventario actual:

- 12 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 984 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 6 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{T_{nueva}} = 258 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 61.	595	0,835
Área de fondo 21.	409	0,812
Área circundante 61.	577	0,588
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 39.	586	0,563
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 39.	249	0,667
UGR 23.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	15

Tabla 52. Resumen sala de reuniones 2, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 73,78 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Sala reuniones 3.

Área = 18,74 m² y perímetro = 17,46 m

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 4 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{T_{nueva}} = 144,8 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 62.	560	0,668
Área de fondo 22.	405	0,259
Área circundante 62.	259	0,259
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 40.	576	0,622
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 40.	260	0,769
UGR 23.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14

Tabla 53. Resumen sala de reuniones 3, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,52 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 55,85 \%$$

En dicha sala la uniformidad área circundante 62 no cumple normativa, debido a la disposición del mobiliario existente pero todos los demás valores están dentro de la normativa con unas uniformidades muy buenas por lo que mantendremos dicha configuración. La única premisa será disponer la mesa de una forma diferente.

RRHH.

Área = 100,22 m² y perímetro = 42,78 m

Inventario actual:

- 21 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 1722 W$$

Inventario nueva configuración:

- 15 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.

$$P_{Tnueva} = 645 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 65.	583	0,739
Área de la tarea visual 66.	560	0,714
Área de la tarea visual 67.	571	0,722
Área de la tarea visual 68.	593	0,713
Área de la tarea visual 69.	540	0,837
Área de fondo 25.	485	0,103
Área circundante 65.	431	0,304
Área circundante 66.	438	0,434
Área circundante 67.	464	0,442
Área circundante 68.	462	0,411
Área circundante 69.	448	0,386
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 57.	653	0,424
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 57.	241	0,568
	Mínimo.	Máximo.
UGR 15.	< 10	17
UGR 15.	< 10	19
UGR 16.	< 10	19
UGR 17.	< 10	18
UGR 18.	< 10	16

Tabla 54. Resumen RRHH, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,08 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,54 \%$$

En esta sala igual que en la anterior el área circundantes 65 no posee una uniformidad adecuada por el mobiliario existente. En este caso la sala tiene mayores dimensiones por lo que podrá colocarse la disposición de mesas de diferente orientación.

Director general.

Área = 48,104 m² y perímetro = 27,99 m

Inventario actual:

- 9 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 738 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 7 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 339,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 70.	552	0,601
Área de la tarea visual 71.	543	0,589
Área de fondo 26.	426	0,420
Área circundante 70.	552	0,601
Área circundante 71.	543	0,589
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 58.	593	0,607
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 58.	242	0,533
UGR 19.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	17
UGR 22.	< 10	< 10

Tabla 55. Resumen director general, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,32 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 54,01 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Director RRHH.

Área = 48,104 m² y perímetro = 27,99 m

Inventario actual:

- 4 pantallas empotrables 60X60 4TL de 18W marca Tramet.

$$P_T = 328 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 pantalla empotrable 60X60 marca Etap NV U25M2/LEDN 50S de 43 W.
- 2 pantallas empotrables 60X60 marca Etap NV U21J8/LEDN 40S de 36,2 W.

$$P_{Tnueva} = 115,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica perpendicular.		
Área de la tarea visual 64.	540	0,602
Área de fondo 24.	340	0,224
Área circundante 64.	303	0,419
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 59.	606	0,680
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 59.	218	0,642
UGR 23.	Mínimo.	Máximo.
	< 10	14

Tabla 56. Resumen director RRHH, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 1,51 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 65,82 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño derecha.

Área = 2,61 m² y perímetro = 7,5 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 W$$

Inventario nueva configuración.

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 52.	435	0,609
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 52.	217	0,728

Tabla 57. Resumen baño derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 3,53 \frac{W}{m^2} \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 62,26 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Inodoro derecha.

Área = 1,47 m² y perímetro = 5,8 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 42.	429	0,809
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 42.	210	0,943

Tabla 58. Resumen inodoro derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 4,99 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 81,13 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Baño minusválidos derecha.

Área = 3,1 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 23,4 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 41.	334	0,907
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 41.	184	0,902

Tabla 59. Resumen baño minusválidos derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 3,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 81,13 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Rellano baño derecha.

Área = 2,24 m² y perímetro = 6,24 m

Inventario actual:

- 1 downlight secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 62 \text{ W}$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 28,2 \text{ W}$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 51.	472	0,769
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 51.	203	0,887

Tabla 60. Resumen rellano baño derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 7,78 \text{ W/m}^2 \cdot \text{Lux}$$

$$\text{Ahorro en potencia instalada} = 54,52 \%$$

Se puede observar como en los rellanos de la planta primera que los valores de media de lux son los adecuados y la uniformidad pero no el VEEI. Como ya se comentó en los anteriores se mantendrá la configuración aunque la eficiencia energética no sea la adecuada en estas tres salas.

Pasillo escalera derecha.

Área = 3,15 m² y perímetro = 7,8 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.
- 1 aplique de pared lineal de 40 W

$$P_T = 164 W$$

Inventario nueva configuración:

- 2 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 46,8 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 50.	583	0,729
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 50.	247	0,834

Tabla 61. Resumen pasillo escalera derecha, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 6,54 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 71,46 \%$$

Pasillo central.

Área = 3,15 m² y perímetro = 7,8 m

Inventario actual:

- 8 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 496 W$$

Inventario nueva configuración:

- 5 downlights marca Etap NV D11/LEDN 20SX4 de 23,4 W.

$$P_{Tnueva} = 117 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 43.	261	0,241
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 43.	104	0,471

Tabla 62. Resumen pasillo central, norma EN 12464 DIALux.

$$Ahorro en potencia instalada = 76,41 \%$$

Se puede observar que los valores están dentro de los requisitos mínimos exigidos.

Almacén.

Área = 3,09 m² y perímetro = 7,04 m

Inventario actual:

- 2 downlights secom cromo-mate con lámpara 2XTC-D de 26 W.

$$P_T = 124 W$$

Inventario nueva configuración:

- 1 downlight marca Etap NV D11/LEDN 10SX4 de 14,1 W.

$$P_{Tnueva} = 14,1 W$$

Nombre.	Media (Lux).	Uniformidad.
Intensidad lumínica horizontal.		
Área de actividad 49.	224	0,848
Intensidad lumínica cilíndrica.		
Área de actividad 49.	101	0,752

Tabla 63. Resumen almacén, norma EN 12464 DIALux.

$$VEEI = 3,69 W/m^2 \cdot Lux$$

$$Ahorro en potencia instalada = 88,63 \%$$