



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“EFICIENCIA ENERGÉTICA, DISEÑO Y MODELADO DEL
SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA IGLESIA CORAZÓN DE
JESÚS”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: EDGAR LUIS LLIGUIN TENEZACA

REMIGIO FERNANDO ARÉVALO ANDRADE

DIRECTOR: MSc. GERARDO CAMPOVERDE J.

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Nosotros, Edgar Luis Lliguin Tenezaca con cedula de identidad N° 0103786125, y Remigio Fernando Arévalo Andrade con cedula de identidad N° 0301562013, declaramos bajo juramento que el trabajo “Eficiencia Energética, Diseño y Modelado del Sistema de Iluminación de la Iglesia Corazón de Jesús” aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximimos expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Remigio Fernando Arévalo Andrade

CI:0301562013

Edgar Luis Lliguin Tenezaca

CI: 0103786125

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Remigio Fernando Arévalo Andrade y Edgar Luis Liguin Tenezaca, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, reading "Gerardo Campoverde J.", written over a horizontal dotted line.

Ing. MSc. Gerardo Campoverde J.

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Juan José Lliguin y Delia Margarita Tenezaca por estar pendiente durante mi formación profesional y su infinito amor.

A mi esposa María Carmen Tigre por su comprensión y apoyo incondicional que me ha brindado durante este largo camino para poder alcanzar esta nueva meta profesionalmente.

A mi hija Karen Dayana Lliguin debido a que tuve que sacrificar muchos momentos de juegos, diversiones, alegrías, aprendizajes, a pesar de todo esto mi amor seguirá siendo incondicional contigo gracias por el sacrificio.

Sin duda quiero agradecer a Bryan Marcelo Lliguin el cual ha venido siendo parte de mi vida y mi familia, siendo parte del sacrificio de mi formación profesional.

Edgar Lliguin.

A mis padres Luis Ángel Arévalo y a mi madre Zoila Lucrecia Andrade, quienes siempre fueron y serán mi guía en el camino del bien quienes me inculcaron el deseo de superación personal Y profesional.

A mi hijo Israel Arévalo que es sin duda parte de mi inspiración. Y que a su vez tuve que sacrificar mucho tiempo sin verlo, ahora como profesional brindarte más apoyo en el inicio de su carrera Universitaria.

A mis hermanas Eco. Mónica Arévalo, Abg. MSc. Eulalia Arévalo, Lcda. Erika Arévalo.

A mis sobrinas Dana e Ivana Carrera Arévalo. Que siempre fueron esos momentos de ternura en mi formación, ahora si podremos tener más tiempo libre para compartir con mis pequeñas.

Remigio Arévalo.

AGRADECIMIENTOS

Siempre tuve en mi mente esta meta, Quiero dar gracias a Dios y a mis padres por haberme dado la oportunidad de existir, de sentir tantas emociones. A la Universidad Católica De Cuenca, mi casa de estudios me llevo tantos gratos recuerdos y sobretodo los conocimientos esenciales en la formación como Ingeniero Eléctrico, a ese grupo selecto de profesionales encargados de tan grande responsabilidad, de construir y formar profesionales idóneos, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales. Ingenieros, Javier Cabrera, Carlos Méndez, Santiago Moscoso, Pablo Arias, Xavier Gutiérrez, Daniel Icaza, Pablo Chacho, Diego Morales y Diego Verdugo de manera especial a nuestro director de tesis el Ing. MSc, Gerardo Eugenio Campoverde. Por ser nuestro guía en la elaboración e investigación de nuestro trabajo de Titulación.

Remigio Arévalo.

A Dios por darme salud y vida y permitir llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a la Universidad Católica de Cuenca, en especial a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y a su personal docente por a ver impartido sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.

Al Ing. MSc. Gerardo Campoverde J. Por haber brindado su orientación para la ejecución del presente proyecto, al grupo de profesionales de la carrera de ingeniería Eléctrica, Carlos Méndez, Javier Cabrera, Santiago Moscoso, Pablo Arias, Pablo Chacho, Carlos Flores, Diego Morales, Diego Verdugo, Daniel Icaza, Xavier Gutiérrez, que fueron parte fundamental en mi formación como profesional.

Edgar Lliguin.

RESUMEN

El presente trabajo constituye el diseño modelado y construcción del sistema lumínico en la iglesia Sagrado Corazón de Jesús de la ciudad de Cuenca, siguiendo parámetros técnicos establecidos, entre otros “REGULACIÓN Nro. ARCONEL 054/18” y normativas internacionales emitidas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), obteniendo estándares lumínicos para una eficiencia energética en el interior de la iglesia, contribuyendo con la preservación de las obras de arte religioso que ahí se exhiben, brindando una mejor imagen y confort a todos los feligreses como a quienes la visitan.

En este trabajo también se usarán, metodologías descriptivas bibliográficas y constructivas, tipos de software como Día Lux evo 9.1, para obtener un adecuado número de luminarias, alcanzando valores lumínicos establecidos según el área y el uso de la misma en el interior de la iglesia. Finalmente se realizará el montaje del sistema de iluminación, tanto cableado y luminarias que previo diseño y simulación, se determina cantidad, características y potencias necesarias.

Palabras clave: eficiencia energética, iluminación, led, diseño eléctrico, normativa lumínica.

ABSTRACT

This work constitutes the modeled design and construction of the lighting system in the Sacred Heart of Jesus Church in the city of Cuenca, following established technical parameters, among others "REGULATION No. ELECTRICITY REGULATION AND CONTROL AGENCY (ARCONEL, in Spanish) 054/18" and international regulations issued by the International Commission on Illumination (CIE, in Spanish), obtaining lighting standards for energy efficiency inside the church, contributing to the preservation of the works of religious art that are exhibited there, providing a better image and comfort to all parishioners and those who visit it.

Descriptive, bibliographic, and constructive methodologies will also be used in this work; types of software such as DIALux evo 9.1, to obtain an adequate number of luminaires, reaching luminous values established according to the area and the use of the same inside the church. Finally, the assembly of the lighting system will be carried out, both wiring and luminaires, which after design and simulation, will determine the quantity, characteristics, and power required.

Keywords: energy efficiency, lighting, led, electrical design, lighting regulations.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	1
CERTIFICACIÓN	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE CONTENIDO	7
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABLAS	13
LISTA DE ANEXOS.....	15
CAPITULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	16
1. INTRODUCCIÓN.....	16
LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	16
1.1. Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo general.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
1.2. Alcance.....	16
1.2.1 Formulación del problema.....	16
1.2.2 Delimitación del problema.....	17
1.2.3 Definición de la zona de estudio.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1 Ermec suministra la nueva iluminación interior de bajo consumo de la Iglesia de Santa Eulalia en Mallorca.....	18
1.3.2 Iluminación iglesias.....	19
1.3.3 El proyecto de iluminación de la Iglesia de San Paolo.....	19
1.3.4 Trascendencia.....	20

1.3.5	Magnitud.	20
1.3.6	Vulnerabilidad.	20
1.3.7	Factibilidad.	20
CAPITULO 2.		21
2.	MARCO TEÓRICO	21
2.1.	Magnitudes lumínicas	21
2.1.1	Flujo luminoso.	21
2.1.2	Intensidad luminosa.	21
2.1.1	Eficacia.	22
2.1.2	Iluminancia.	22
2.1.3	Luminancia o brillantez.	23
2.1.4	Eficiencia luminosa.	26
2.2.	Eficiencia energética en iluminación.	27
2.2.1	Tipos de lámparas y parámetros de funcionamiento.	27
2.3.	Efectos de la temperatura de funcionamiento de los LEDs	30
2.3.1	Calor y tecnología LED.	30
2.4.	Deslumbramiento	30
2.4.1	Deslumbramiento directo.	31
2.4.2	Deslumbramiento indirecto.	31
2.5.	Temperatura de color	33
2.6.	Clasificación de los aparatos de iluminación.	35
2.6.1	Aparatos para iluminación.	35
2.6.2	Tipos de Luminarias según las características ópticas de la lámpara.	35
2.6.3	Rendimiento de una luminaria.	36
2.7.	Leyes y curvas	37
2.7.1	Ley de inversa de los cuadrados.	37
2.7.2	Ley de coseno.	38
Capitulo 3.		40

3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	40
3.1.	Reseña de la edificación y datos preliminares	40
3.1.1	Evaluación técnica	43
3.1.2	Método de la cuadrícula para mediciones de iluminación	43
3.1.3	Levantamiento planimétrico.....	47
3.1.4	Análisis de sistemas de iluminación	48
3.2.	Factores que influyen en la conservación de las obras de arte.....	48
3.2.1	Cantidad de luz o iluminancia (E).....	48
3.2.2	Factores que influyen en la conservación de las obras.....	49
3.3.	Conductores	50
3.3.1	Canalizaciones eléctricas.	51
3.4.	Análisis que contempla el presente trabajo.....	52
3.5.	Determinar el nivel de iluminación.....	52
	CAPITULO 4.....	55
4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	55
4.1.	Calculo.....	57
4.1.1	Sala 1	57
4.2.	Simulación en Día Lux	59
4.2.1	Portada.....	59
4.2.2	Observaciones preliminares	59
4.2.3	Terreno 1.....	60
4.2.4	Edificación 1	61
4.2.5	Planta (nivel) 1	61
4.2.6	Altar mayor.....	63
4.2.7	Oficina	67
4.2.8	Sacristía	69
4.2.9	Sala 1	71
4.2.10	Sala 2	74

4.2.11	Sala 3	76
4.2.12	Planta (nivel) 2	78
4.2.13	Planta (nivel) 3	82
4.2.14	Planta (nivel) 4	82
4.2.15	Glosario	83
4.3.	Comparativa de medidas lumínicas.....	89
4.3.1	Medición inicial sala 1.....	90
4.3.2	Medición inicial sala 2.....	90
4.3.3	Medición inicial altar mayor	90
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES.....	91
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
	Bibliografía	92
	ANEXOS	96
	AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL...	119

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Estado del sistema eléctrico de iluminación	17
Fig. 2 Ejemplo de iluminación incorrecta y erróneamente direccionado al arte religioso.....	17
Fig. 3 Iluminación iglesia	19
Fig. 4 Iglesia de San Paolo.....	19
Fig. 5 Flujo luminoso.....	21
Fig. 6 Intensidad luminosa-Concentración de flujo luminoso	22
Fig. 7 Eficacia luminosa.....	22
Fig. 8 Luminancia.....	23
Fig. 9 Relación de luminancias entre las paredes y las luminarias	25
Fig. 10 Cantidad de lux por unidad de superficie.....	26
Fig. 11 Eficacia luminosa.....	27
Fig. 12 Estructura del led.....	28
Fig. 13 Índice de deslumbramiento unificado.....	31
Fig. 14 Deslumbramiento directo	31
Fig. 15 Deslumbramiento indirecto.....	32
Fig. 16 Deslumbramiento perturbador.....	32
Fig. 17 Deslumbramiento molesto.....	33
Fig. 18 Temperatura de color	34
Fig. 19 Tipos de luminarias según características ópticas	36
Fig. 20 Rendimiento de luminarias según su modelo	37
Fig. 21 Ley de la inversa del cuadro	38
Fig. 22 dirección de rayo luminoso.....	39
Fig. 23 Edificación fachada frontal.	40
Fig. 24 Salón interno principal	41
Fig. 25 Área de cúpula.....	41
Fig. 26 Cúpula que aloja el altar.....	42

Fig. 27 Iluminación del altar estado actual.....	42
Fig. 28 Área en cuadrículas.....	44
Fig. 29 Tubo de acero flexible.....	52
Fig. 30 Plano de Trabajo.....	53
Fig. 31 Edificación en 3D estructura conceptual.....	56
Fig. 32 Edificación en 3D estructura alámbrica.....	56
Fig. 33 Área de la sala de culto.....	57
Fig. 34 Simulación Portada.....	59
Fig. 35 Vista en planta locales.....	62
Fig. 36 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · ALTAR MAYOR.....	64
Fig. 37 Ubicación de la luminaria.....	66
Fig. 38 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Oficina.....	67
Fig. 39 Ubicación de luminaria.....	68
Fig. 40 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SACRISTÍA.....	69
Fig. 41 Ubicación de luminarias.....	70
Fig. 42 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 1.....	72
Fig. 43 Ubicación de luminarias.....	73
Fig. 44 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 2.....	74
Fig. 45 Ubicación de las luminarias.....	75
Fig. 46 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 3.....	76
Fig. 47 Ubicación de luminarias.....	77
Fig. 48 Edificación 1 · Planta (nivel) 2 · PASAMANERIA.....	80
Fig. 49 Ubicación de luminarias.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Escala de luminancias.....	24
Tabla 2 Niveles de luz comunes en exterior de fuentes naturales	26
Tabla 3 Color según el material del semiconductor.....	28
Tabla 4 Eficacia luminosa de diferentes tecnologías utilizadas para fuentes de iluminación.....	29
Tabla 5 Tensiones de polarización para distintos colores de LEDs.....	30
Tabla 6 Aspecto cromático de la luz	33
Tabla 7 Índice de rendimiento cromático	34
Tabla 8 Temperatura según su aplicación	35
Tabla 9 Indicador de puntos de medición	43
Tabla 10 Indicador de X.....	44
Tabla 11 Numero de mediciones	44
Tabla 12 Lecturas reales actuales provista por el área de Comercialización de la EERCS.....	45
Tabla 13 Nivel de iluminación en luxes para iglesias	48
Tabla 14 Niveles de iluminación máxima recomendada	49
Tabla 15 Valores acumulativos de exposición máxima recomendados.....	49
Tabla 16 Capacidad de conducción eléctrica de conductores	50
Tabla 17 Código de colores para conductores eléctricos.....	51
Tabla 18 Consumó en kW/h.....	55
Tabla 19 Datos para calculo.....	57
Tabla 20 Perfil de uso: Áreas públicas – Museos.....	65
Tabla 21 Luminaria utilizada.....	65
Tabla 22 Plano útil altar mayor.....	65
Tabla 23 Plano de situación de luminarias	66
Tabla 24 Perfil de uso: Oficinas, Archivos	67
Tabla 25 Luminaria utilizada.....	68
Tabla 26 Plano de situación de luminarias	68

Tabla 27 Plano de situación de luminarias	69
Tabla 28 Perfil de uso: Oficinas, Archivos	70
Tabla 29 Luminaria utilizada.....	70
Tabla 30 Plano de situación de luminarias	71
Tabla 31 Perfil de uso: Instalaciones de sanidad - Salas para el personal.....	72
Tabla 32 Luminaria utilizada.....	72
Tabla 33 Plano de situación de luminarias	73
Tabla 34 Perfil de uso: Salas para el personal, Pasillos con uso multifuncional	75
Tabla 35 Luminaria utilizada.....	75
Tabla 36 Plano de situación de luminarias	75
Tabla 37 Perfil de uso: Salas para el personal, Pasillos con uso multifuncional	77
Tabla 38 Luminaria utilizada.....	77
Tabla 39 Plano de situación de luminarias	77
Tabla 40 Perfil de uso: Museos, Objetos de exposición sensibles a la luz	80
Tabla 41 Luminaria utilizada.....	81
Tabla 42 Plano de situación de luminarias	81
Tabla 43 Medición con luxómetro	89
Tabla 44 Lecturas reales actuales obtenidas de la EERCS.....	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Ubicación	96
Anexo 2 Plano arquitectónico	97
Anexo 3 Plano de planta	98
Anexo 4 Plano eléctrico	99
Anexo 5 Material utilizado	100
Anexo 6 Cuadro de demanda	101
Anexo 7 Niveles de iluminación media en alumbrado ornamental	102
Anexo 8 REGULACIÓN No. ARCONEL 054/18	103
Anexo 9 Software Día Lux evo	104
Anexo 10 Contenido de simulación	105
Anexo 11 Lista de luminarias del proyectó por áreas	108
Anexo 12 Ficha de producto	110
Anexo 13 Datos de luminarias y fotometrías	114
Anexo 14 Mediciones	117

CAPITULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. INTRODUCCIÓN

LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Obtener eficiencia energética con el diseño modelado y construcción del sistema de iluminación de la Iglesia Corazón de Jesús, alcanzando los estándares adecuados.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Analizar el estado actual técnico y constructivo del sistema eléctrico de la Iglesia Corazón de Jesús.
- Tabular las planillas de consumo, para verificar la demanda máxima mensual de seis meses indistintos, abril junio julio agosto septiembre y octubre del 2019.
- Actualizar planimétrica mente el inmueble incluyendo detalles de silueta y forma constructiva.
- Diseñar el sistema de iluminación de la iglesia bajo normativa legal vigente.
- Simular el diseño de iluminación para confirmar que cumplen estándares requeridos.
- Instalar ductos y cableado del sistema de iluminación nuevo, cajas de derivación y tableros de protecciones. Sistema de puesta a tierra.
- Instalar luminarias, accesorios de mando y controles automáticos.
- Codificación de los centros de carga y comandos utilizados.
- Calibrar y realizar mediciones lumínicas en las diferentes áreas.
- Comprobar la eficiencia en el consumo eléctrico total, aportado por el nuevo sistema lumínico.
- Entregar el proyecto final diseños softwares usados y con respaldo impreso y disco de información.

1.2. Alcance

1.2.1 Formulación del problema.

En la Iglesia Corazón de Jesús, ubicada en la calle Gran Colombia y Abraham Sarmiento en la ciudad de Cuenca, se verifico el mal estado del cableado eléctrico del sistema de iluminación y su alta demanda energética, instalaciones que al no ser restablecidas oportunamente generan diferentes efectos técnicos y económicos, de la misma manera un discomfort lumínico al interior de la iglesia sobre todo en las noches porque la iluminación no cumple normas técnicas, y por sus características de radiación

térmica se evidencia que afectan también a las diferentes obras de arte religioso que ahí se encuentran.



Fig. 1 Estado del sistema eléctrico de iluminación

Fuente: (Autor)



Fig. 2 Ejemplo de iluminación incorrecta y erróneamente direccionado al arte religioso.

Fuente: (Autor)

Por información del párroco, al tener una iluminación deficiente al interior de la iglesia no se puede realizar las ceremonias correctamente y más aún cuando la concurrencia es masiva.

1.2.2 Delimitación del problema.

Por lo anterior, los diferentes datos obtenidos y al ser este proyecto de diseño, simulación y de construcción eléctrica; y, siguiendo el diseño del plan de investigación, se intervendrá el sistema de cableado eléctrico con todos sus accesorios, sistema de protecciones y comandos, así como cambio de luminarias. De la misma manera se realizará el uso de normas, NOM-028-ENER/SCFI-2012. Aplicables a eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz, obre los niveles de voltaje para los que deben ser construidas las lámparas va entre 100 V y 277 V, así como la frecuencia 50 o 60Hz. NOM-007-ENER-2014.

Se acatará las normas sobre eficiencia energética para sistemas de alumbrado de edificios no residenciales, sobre modificaciones, actualizaciones y ampliaciones de diseños de iluminación usando técnicas actuales y equipos de mayor rendimiento para, mejorar el consumo de energía en los edificios, así como la aplicación en este proyecto del marco teórico.

1.2.3 Definición de la zona de estudio.

Debido a que el mayor consumo de energía se centra en el altar mayor, el presente trabajo se realizara en las zonas indicadas, con la finalidad de obtener una eficiencia energética en su sistema eléctrico de iluminación, así como lograr estándares en sus niveles regulados, y mitigar el impacto calorífico que emiten estas lámparas al estar colocadas en forma directa a los cuadros y esculturas que ahí existen, deben ser iluminadas de acuerdo a las normas que rigen para este tipo de caso. Aportar con la riqueza arquitectónica de la ciudad, con la intervención y la proyección del sistema a montar para embellecer la iglesia cuya importancia religiosa es de impacto social y está un área de afluencia turística en el casco urbano de la ciudad.

Así mismo se actualiza el sistema de protecciones y comandos de los diferentes circuitos montados que forman la columna principal del sistema de iluminación, para garantizar su adecuado funcionamiento y brindar mayor confianza en cuanto a su duración.

1.3. Justificación

1.3.1 Ermec suministra la nueva iluminación interior de bajo consumo de la Iglesia de Santa Eulalia en Mallorca.

“La iglesia más antigua de Mallorca, construida en 1230 por donación de Jaume I, atrajo a unas quinientas personas que querían conocer una iluminación que puede considerarse funcional y que asumirá las exigencias visuales que se deben satisfacer en cada uno de los actos litúrgicos que se celebren. Se ha optado por el equilibrio entre una luminosidad de carácter ornamental y artístico, procurando limitar los estímulos ópticos exagerados y producir y transmitir un efecto de sencillez y transparencia, resaltando y re-iluminando el Altar Mayor, la Capilla del Sant Crist (con la imagen traída por Jaume I en la Conquista) y el altar del Santísimo Sacramento (1567), sin olvidar otros aspectos arquitectónicos propios del templo, tales como bóvedas, cornisas y relieves. La nueva iluminación se sustenta en productos de tecnología led, suministrados por Ermec, que ofrecen un muy pequeño tamaño de proyectores, un consumo energético diez veces inferior al convencional y una vida de unas 10.000 horas (cinco veces superior al convencional). Sus haces luminosos a color de 3.200 y 5.500

°K adecuadamente distribuidos proporcionarán un aspecto brillante a la piedra arenisca de los nervios estructurales de las naves principal y laterales”. (ERMEC, 2015)

1.3.2 Iluminación iglesias.

“Para iluminar iglesias uno de los aspectos de mayor relevancia es el cuidado del diseño arquitectónico. Y el efecto que se quiere conseguir en cada una de ellas. Nos centramos sobretodo en ofrecer una luz de comfortable combinada con una luz de acentuación. Para resaltar los elementos estéticos clave en estos espacios religiosos”. (Lighting, 2020)



Fig. 3 Iluminación iglesia

Fuente: (Lighting, 2020)

1.3.3 El proyecto de iluminación de la Iglesia de San Paolo.

“Las recomendaciones de la Conferencia Episcopal Italiana (C.E.I.) exigen una iluminación capaz de satisfacer las necesidades de celebración sin causar daños al edificio y a las obras en él presentes, facilitando asimismo la fruición turística. Teniendo esto en cuenta la luz artificial se ha estudiado para que se integre perfectamente con el entorno iluminando, especialmente, las zonas que los constructores originales quisieron exaltar con la luz natural: el altar, el ambón y el bautisterio”. (iLamparas, 2015)



Fig. 4 Iglesia de San Paolo

Fuente: (iLamparas, 2015)

1.3.4 Trascendencia.

Generar un ambiente de mejor confort para sus visitantes y además es indispensable dotar de una mejor iluminación con eficiencia energética para preservar el arte religioso existente.

Actualizar su sistema de conexiones eléctricas, así como el sistema de protecciones y comandos.

Este proyecto se puede extrapolar como guía de consulta para futuros proyectos, bien como base o aplicativo para proyectos aún más grandes.

1.3.5 Magnitud.

La Importancia arquitectónica y el arte religioso de la iglesia Corazón De Jesús, de Cuenca ciudad patrimonio cultural de la humanidad requiere la intervención oportuna para, aportar con mayor confort, así como mejorar la imagen a sus visitantes sin alterar su objetivo principal como centro de culto religioso de la Iglesia Católica, adicionalmente es necesario recalcar que el flujo turístico tendrá mayor relevancia, ya que el tranvía pasa por este sector, y una parada se encuentra junto a la entrada de la iglesia y al centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.

1.3.6 Vulnerabilidad.

Se ha indagado también en la iglesia mencionada la necesidad de reconstruir eléctricamente no solo su sistema lumínico, sino todas las instalaciones, sin embargo, la iglesia actualmente no cuenta con los recursos económicos. Este trabajo permitirá mejorar parcialmente, por lo que es indispensable alcanzar los objetivos específicos marcados en este proyecto.

1. Valoración actual falencias fortalezas y debilidades detectadas
2. Diseño cálculo y simulación de la parte interna de la iglesia, así como de la fachada,
3. Montaje paralelo del sistema moderno,
4. Puesta en funcionamiento del sistema moderno.
5. Desmontaje del sistema obsoleto.
6. Calibraciones de equipos pruebas test de mediciones imprevistos por último análisis de consumos anteriores y actuales.
7. Informes y firmas responsables tanto de director como de los proyectistas.

1.3.7 Factibilidad.

Por los diferentes análisis y criterios revisados, es factible alcanzar la eficiencia energética en iluminación al interior de la iglesia, lo que repercutirá en un beneficio económico debido a que su consumo disminuirá y aún más se alcanzará niveles de iluminación estandarizados que mejorarán la imagen de la iglesia Sagrado Corazón de Jesús y el trabajo práctico parte de este proyecto aportaría a disminuir la huella ecológica.

CAPITULO 2.

2. MARCO TEÓRICO

Es importante resaltar que cuando se realiza un diagnóstico existen muchos parámetros y conceptos sin embargo en este trabajo utilizaremos el método de la cuadrícula y el diagnóstico de su aplicación, requiere del conocimiento y manejo de algunos parámetros y procedimientos técnicos como también definiciones lógicas y fundamentadas, los cuales se explican a continuación, así mismo el empleo de un método definido en este caso.

2.1. Magnitudes lumínicas

2.1.1 Flujo luminoso.

“El flujo luminoso (Φ) es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Como potencia que es (energía por unidad de tiempo), podría medirse en vatios (w), pero en luminotecnia se utiliza la unidad lumen (lm) que toma como referencia la radiación visible, ya que se trata de una banda de frecuencias en el espectro luminoso, y a cada frecuencia le corresponde una potencia distinta”. (Comparalux Buscador de iluminación, 2020)

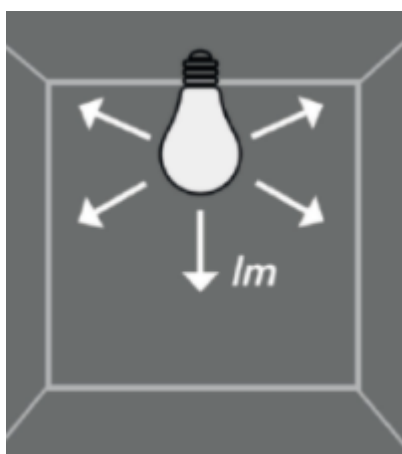


Fig. 5 Flujo luminoso

Fuente: (Covarrubias, 2018, pág. 29)

2.1.2 Intensidad luminosa.

“La intensidad luminosa (I) se refiere a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) proveniente de una fuente de una fuente lumínica determinada que fluye a través de un ángulo sólido tiene un valor máximo de 4π , situación en la cual el flujo luminoso atraviesa la totalidad de la esfera”. (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodriguez, 2018, pág. 39)

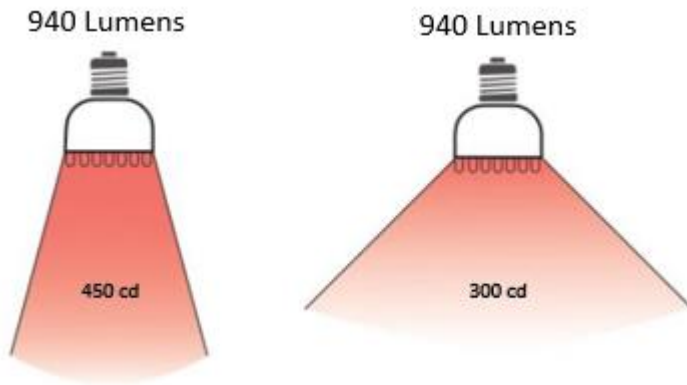


Fig. 6 Intensidad luminosa-Concentración de flujo luminoso

Fuente: (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018, pág. 39)

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso (Lm)}}{\text{Ángulo sólido}} [cd] \quad (1)$$

2.1.1 Eficacia.

“Relación entre flujo luminoso (Lm) y consumo eléctrico en Watts de una lámpara. Su unidad de medida es el Lm/W”. (Covarrubias, 2018, pág. 29)

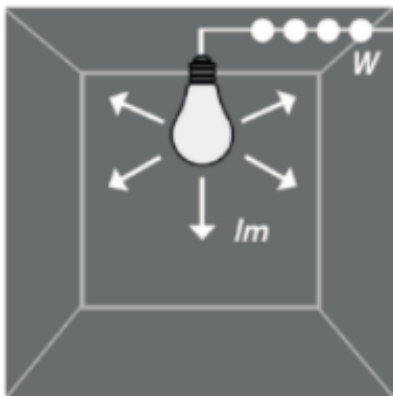


Fig. 7 Eficacia luminosa

Fuente: (Covarrubias, 2018)

2.1.2 Iluminancia.

“La iluminancia indica la iluminación que recibe un objeto; se define como el flujo que cae perpendicularmente. Si el rayo de luz no cae perpendicularmente, sino inclinado sobre la mesa que ilumina, solo produce iluminancia la componente perpendicular a la mesa, no a la horizontal”. (BERNAL R, 2019)

2.1.3 Luminancia o brillantez.

“Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa (Candela) y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección (m^2)”. (Tecnoiglesia, 2020).

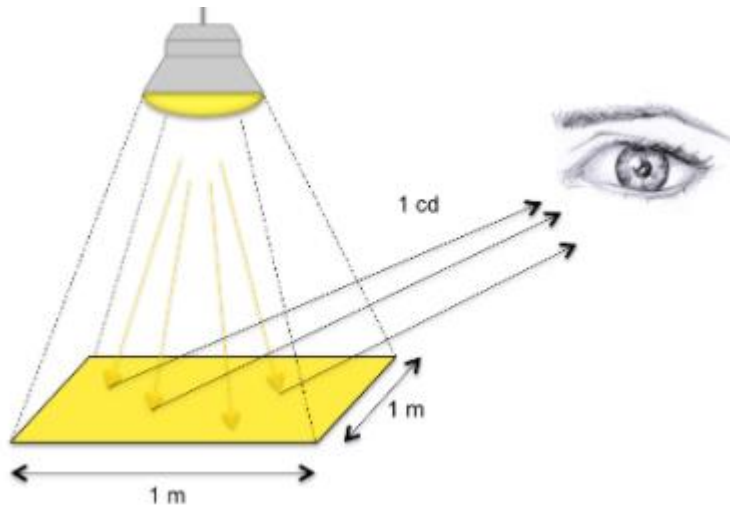


Fig. 8 Luminancia

Fuente: (Tecnoiglesia, 2020)

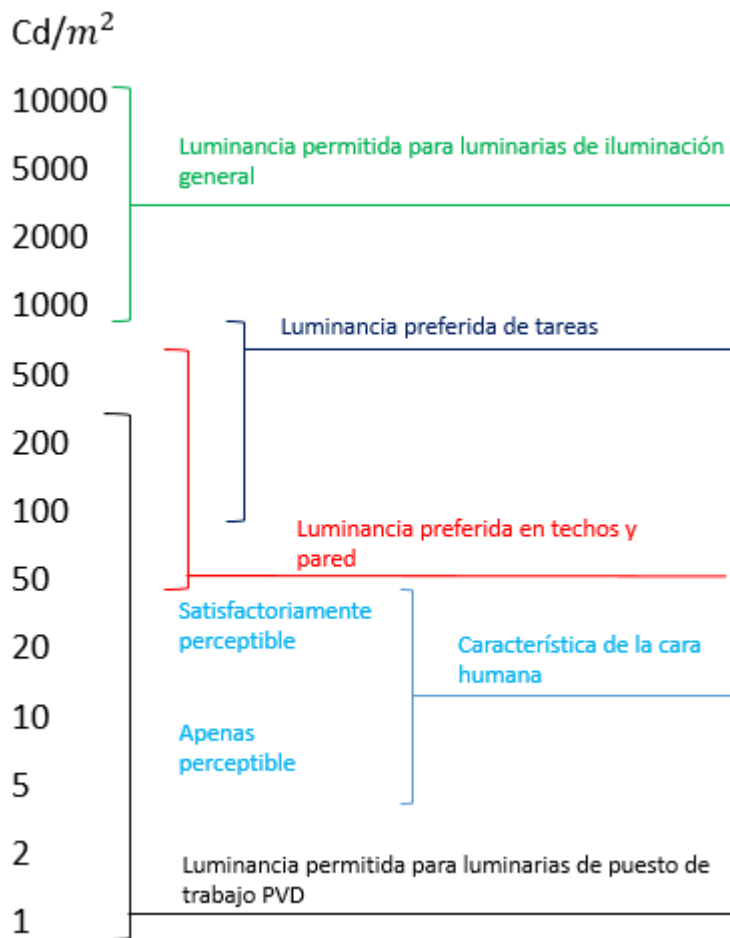
$$L = \frac{I}{S_{ap}(m^2)} \left[\frac{cd}{m^2} \right] \quad (2)$$

“En muchos casos, los materiales utilizados tienen características de reflexión difusa, por lo que es suficiente con establecer una relación proporcional entre nivel de iluminación y luminancia”. (UPC Curso on-line de iluminación, 2014)

a) El control de luminancias en el campo visual.

“Para garantizar un adecuado equilibrio de luminancias en el puesto de trabajo es importante controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes”. (INSHT, 2015)

Tabla 1 Escala de luminancias



Fuente: (INSHT, 2015, pág. 34)

b) Luminancia de los techos y paredes del local.

“La luminancia recomendada para el techo de un local depende principalmente de la luminancia de las luminarias (Figura 7). Se puede observar que, cuando la luminancia de la luminaria alcanza 120 cd/m², el techo debería tener el mismo valor. Los valores de luminancia requeridos para el techo difícilmente se pueden conseguir mediante el empleo exclusivo de luminarias empotradas porque con ellas el techo sólo estaría iluminado por la luz reflejada en el suelo y las paredes (salvo en las horas en que se disponga de luz natural)”. (INSHT, 2015, pág. 34)

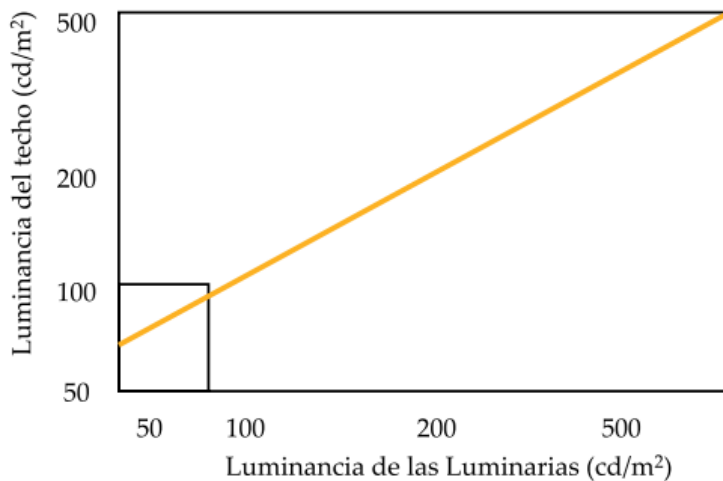


Fig. 9 Relación de luminancias entre las paredes y las luminarias

Fuente: (INSHT, 2015, pág. 35)

c) **Iluminancia.**

“Iluminancia o iluminación se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su unidad es el Lux. El Lux se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido un flujo luminoso de 1 Lumen”. (LUMINOTECNIA, 2017)

$$E = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Unidad de superficie}} = \frac{\phi}{S} (\text{lux}) \quad (3)$$

d) **Lux vs. Lumen en los LED**

“Las lámparas LED son las que nos dan más lúmenes por vatio consumido.

Una bombilla LED de 100 W emite aproximadamente 1000 lúmenes, que da sensación de mucha luz, pero influye el ángulo de apertura y los m². Por eso los focos LED dan sensación de más luz por el ángulo de apertura con menos W y menor consumo”. (LEDAlmacen, 2016)

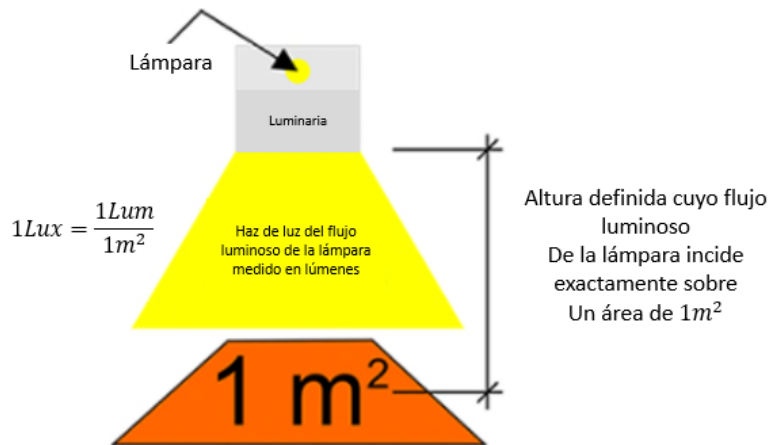


Fig. 10 Cantidad de lux por unidad de superficie

Fuente: (LEDAlmacen, 2016)

Tabla 2 Niveles de luz comunes en exterior de fuentes naturales

Condición	Iluminancia (Lux)
Luz del sol	107,527
Plena luz del día	10,752
Día nublado	1,075
Crepúsculo	10,8
Crepúsculo profundo	1,08
Luna llena	,108
Luna creciente	,0108
Luz de las estrellas	,0011
Noche nublada	,0001

Fuente: (NOAO, 2016)

2.1.4 Eficiencia luminosa.

“Relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente luminosa y la potencia eléctrica absorbida”. (Roldán Vilorio, 2017, págs. 260-261)

“La energía que se pierde al transformar la electricidad en luz, se transforma en calor. Por lo tanto, a mayor eficiencia luminosa, menos energía se pierde en forma de calor y más luminosidad se gana”. (Led Total Saving Energy que es la eficiencia luminosa, 2019).

$$Eficiencia = \frac{\phi}{P} (Lm/W) \quad (4)$$

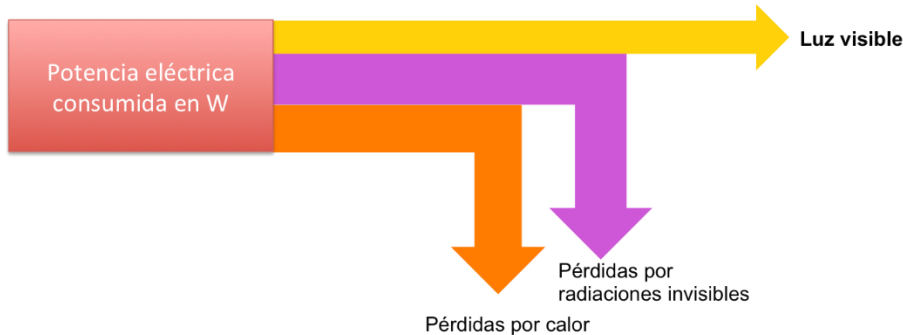


Fig. 11 Eficacia luminosa

Fuente: (UPC Curso on-line de iluminación, 2014)

2.2. Eficiencia energética en iluminación

2.2.1 Tipos de lámparas y parámetros de funcionamiento.

Los tipos de lámparas se pueden clasificar de cinco maneras:

- “Lámpara de incandescencia. (Normales y Halógenas)
- Lámpara fluorescente.
- Lámpara de descarga (Vapor o Gases).
- Lámparas de inducción.
- Lámparas y diodos LEDs”. (Ramirez Agudo, 2020, pág. 68)

a) *La iluminación basada en diodos LEDs.*

“Los LEDs (acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode, Diodo Emisor de Luz), son básicamente pequeños diodos que producen luz cuando una corriente eléctrica pasa a través del material semiconductor del que están hechos, a diferencia de una bombilla eléctrica convencional, estos no tienen una resistencia que pueda romperse o quemarse, lo cual los hace muy duraderos y fiables”. (Ramirez Agudo, 2020, pág. 74)

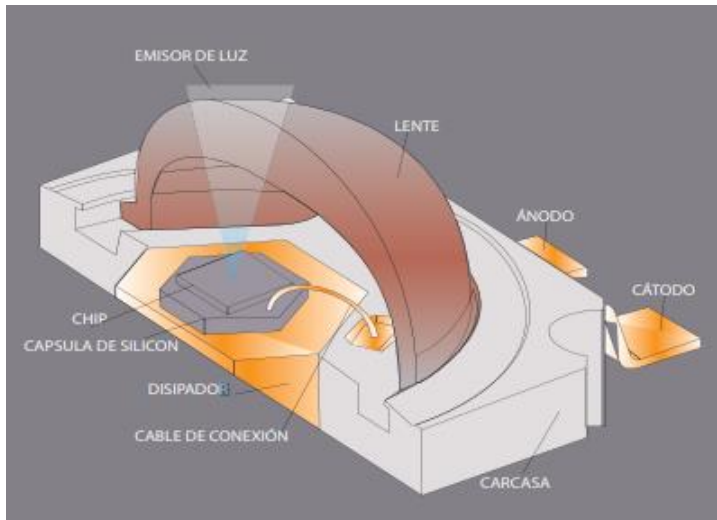


Fig. 12 Estructura del led

Fuente: (MANUAL DE ILUMINACIÓN VIAL, 2015, pág. 89)

Tabla 3 Color según el material del semiconductor

Compuesto	Color	Long. De onda
Areniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AGAaS)	Rojo e infrarrojo	890nm
Atseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nituro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nituro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

Fuente: (Ramirez Agudo, 2020)

b) Eficacia luminosa.

“La eficacia luminosa es la relación entre el flujo luminoso (es la potencia luminosa percibida, exprimido en lúmenes) y la potencia de la fuente (en vatios). De forma más simple, es la cantidad de luz emitida por una fuente, y que podamos percibir, por cada vatio de potencia. A día de hoy, los LED tienen una eficacia luminosa media de 95lm/W. Las lámparas fluorescentes compactas (también conocidas como lámparas de bajo consumo o de ahorro de energía) emiten unos 65lm/W mientras las bombillas incandescentes no suelen superar los 20lm/W. Este rendimiento superior permite reducir el consumo eléctrico al instalar LED en lugar de fluorescentes o incandescentes entre un 30 y un 70%”. (GMDSolutions, 2020)

Tabla 4 Eficacia luminosa de diferentes tecnologías utilizadas para fuentes de iluminación

Tecnología	Eficacia luminosa (lm/W)
Incandescente	15-25
Halógeno	20-30
Fluorescente compacto	60-65
Fluorescente	55-65
Mercurio	45-60
Solido de lata presión	80-100
LED	85-105

Fuente: (GMDSolutions, 2020)

c) Aplicaciones.

“El uso de diodos LED en el ámbito de la iluminación, como es la señalización de tráfico, pantallas, lámparas etc., es relativamente actual, esperándose un incremento exponencial en su uso en un futuro a corto plazo, gracias a los últimos avances tecnológicos, ya que sus prestaciones son superiores a las de la ampára incandescente y la lámpara fluorescente”. (Ramirez Agudo, 2020)

d) Ventajas.

- “Produce más lúmenes por watt.
- Pueden producir luz de color específico.
- Mantiene su color a baja potencia.
- No se ven afectados por ciclos rápidos de encendido y apagado.
- Siendo dispositivos de estado sólido, son muy resistentes a impactos.
- Tienen una vida útil muy larga 100.000 y 1.000 o 2.000 horas de vida útil.
- Se ilumina rápidamente, un LED típico puede alcanzar su máxima luminiscencia en algunos microsegundos.
- Pueden ser muy pequeños lo cual facilita su uso en componentes electrónicos.
- A diferencia de las lámparas fluorescentes, los LEDs no contienen mercurio, elemento altamente tóxico”. (Ramirez Agudo, 2020, págs. 77-78)

Los proyectos de cambio por iluminación led son uno de los proyectos de eficiencia energética más rentables, el cambio se puede realizar de manera práctica debido a que todas las instalaciones eléctricas tienen iluminación y se puede realizar en cualquier entorno. El ahorro que representa con el cambio de luminarias se consigue por algunas razones. Un menor consumo energético que repercute en el ahorro de planillas de facturación. Al realizar el cambio de luminarias puede reducir la potencia contratada y existe un ahorro por su vida útil (Torralba, 2018).

Tabla 5 Tensiones de polarización para distintos colores de LEDs

Color	Tensión umbral
Rojo	1.9V
Naranja	2.4V
Amarillo	1.7V-2V
Verde	2.4V
Azul	3.4V
Blanco	3.4V

Fuente: (HETPRO, 2015)

2.3. Efectos de la temperatura de funcionamiento de los LEDs

2.3.1 Calor y tecnología LED.

“Esta configuración es necesaria porque para la tecnología LED se debe evitar a toda costa el funcionamiento a alta temperatura. Si no lo hace, esto puede llevar a por lo menos una de las siguientes situaciones:

- Fallo completo del LED
- La salida de luz disminuye permanentemente (Degradación de la luz) incluso si se soluciona el problema de la alta temperatura.
- La salida de luz disminuye temporalmente mientras el LED funciona a alta temperatura.
- La temperatura de color del LED blanco cambia”. (Lumistraps, 2019)

2.4. Deslumbramiento

“El deslumbramiento es la consecuencia de tener superficies u objetos con una excesiva luminancia (L), brillo o densidad luminosa, comparadas con el nivel general de la luminancia del espacio”. (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018, pág. 49).

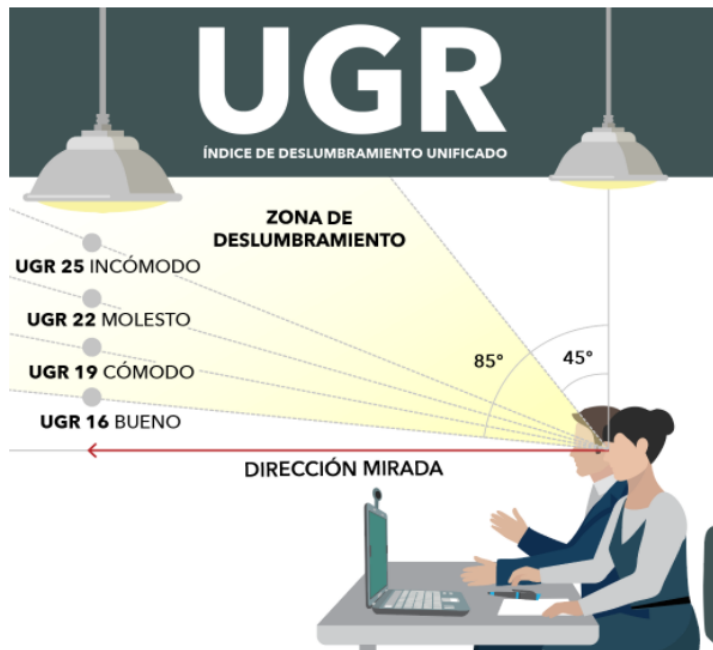


Fig. 13 Índice de deslumbramiento unificado

Fuente: (B-LED, 2019)

2.4.1 Deslumbramiento directo.

“Es la consecuencia de incidencia directa de la radiación luminosa que emita una lámpara o luminaria en el ojo del observador”. (Sánchez, 2015, pág. 59)

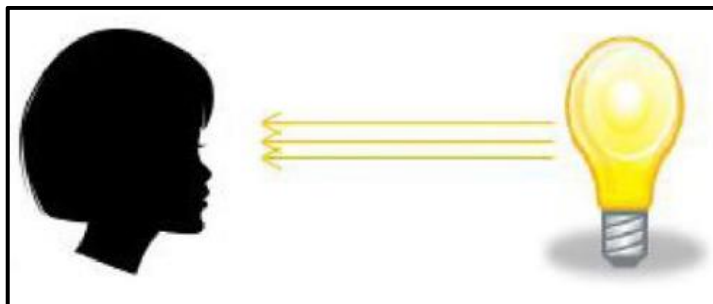


Fig. 14 Deslumbramiento directo

Fuente: (Sánchez, 2015, pág. 60)

2.4.2 Deslumbramiento indirecto.

“Se produce como consecuencia del reflejo que emite una superficie cuando incide sobre ella un flujo luminoso”. (Sánchez, 2015)

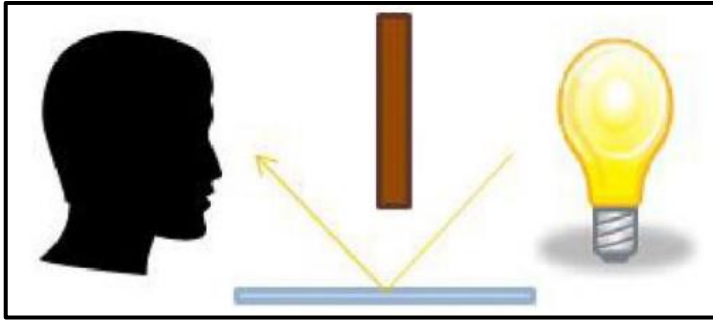


Fig. 15 Deslumbramiento indirecto

Fuente: (Sánchez, 2015)

a) Deslumbramiento perturbador.

“Es el que se produce cuando existe un cambio de luz, en el sentido de que se pasa de estar en una ceguera parcial, que hace que la visión de los objetos pierda nitidez y reduce el contraste de colores y texturas. Este efecto desaparece poco tiempo después de que cese la fuente que lo produjo”. (Sánchez, 2015)



Fig. 16 Deslumbramiento perturbador

Fuente: (Illuminet, revista de Iluminacion, s.f.)

b) Deslumbramiento molesto.

“Se produce al iniciar sobre la vista na luz demasiado intensa, cuya consecuencia es la fatiga visual. La magnitud de este tipo de deslumbramiento va a depender del número de fuentes luminosas que deslumbren, de la posición en la que estén situadas, del tamaño de estas fuentes y de su luminancia”. (Sánchez, 2015, pág. 62)

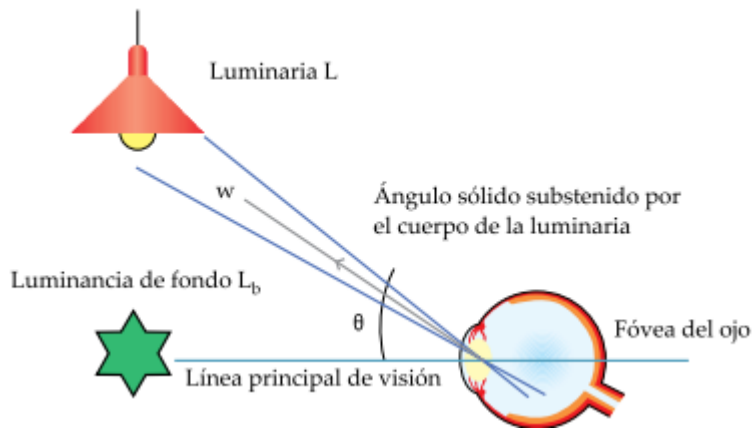


Fig. 17 Deslumbramiento molesto

Fuente: (INSHT, 2015)

Solución para el deslumbramiento.

- Ocultar las fuentes de luz del campo de visión usando rejillas o pantallas
- Utilizar recubrimientos con acabados mates en techos, paredes, muebles, suelos
- La posición de la luminaria respecto al usuario que no caiga dentro de su campo de visión
- Evitar contrastes de luminancias entre la tarea visual y el fondo

2.5. Temperatura de color

“La temperatura de color podría definirse como la sensación que percibe el ojo humano ante una luz, siendo cálida si predomina el tono rojo, fría si predomina el azul y neutra, en el medio”. (ESTUDIOMATMATA, 2016).

Estos valores de temperatura están en relación con la Iluminación led.

Tabla 6 Aspecto cromático de la luz

Nivel de iluminación (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
Menor de 500 lux	Agradable	Neutra	Fría
Entre 1000 lux y 2000 lux	Estimulante	Agradable	Neutra
Mayor de 3000 lux	Antinatural	Estimulante	Agradable

Fuente: (PREVENCIÓN INTEGRAL, 2019)



Fig. 18 Temperatura de color

Fuente: (ESTUDIOMATMATA, 2016)

a) CRI de las campanas led.

“El CRI índice de rendimiento cromático o Índice de reproducción cromática es un sistema reconocido internacionalmente que nos indica la capacidad que tiene una campana led para reproducir los colores en comparación con una fuente de Luz ideal. Como Luz Ideal o punto de referencia para las comparaciones se utiliza la luz del sol, ya que esta es la fuente más natural y que mejor representa los colores reales de los objetos. El rango de medición del índice de reproducción cromática va de 0 a 100.

Donde 0 indica una distorsión absoluta de los colores, mientras el 100 indica una reproducción perfecta de todos los colores”. (CyP LED , 2017)

Tabla 7 Índice de rendimiento cromático

Tipo de lámpara	IRC	Vida útil
LED	80-95	50.000
Lámpara halógenas	100	2000 - 3.000
Lámpara fluorescente	15-85	15.000 - 20.000
Lámpara inducción	79	60.000
sodio alta presión	0-70	15000 - 25.000
sodio baja presión	0	12.000

Fuente: (CyP LED , 2017)

“Para hacer más confortable el efecto a la vista, debemos tener en cuenta que en espacios donde se requiera intensidades altas se deben instalar lámparas con temperaturas de color alta; en caso contrario, lugares donde se requiera intensidades bajas, las lámparas deben tener una temperatura de color baja”. (Sánchez, 2015, pág. 58)

Tabla 8 Temperatura según su aplicación

Tipo de espacio o actividad	Temperatura de color y tipos de luminaria
Espacios decorados con tonos claros. Sala de espera. Área de recreo. Zona donde haya enfermos o personas de avanzada edad.	Se utiliza luminarias que produzcan tonos cálidos con una temperatura de color inferior a los 3000k
Espacios que tengan aporte de luz natural. Oficinas. Zonas donde realicen actividades con requerimientos visuales medios	Se utilizan luminarias que produzcan tonos neutros con una temperatura de color entre 3300k y 5000k
Espacios decorados con tonos fríos. Lugares donde se realizan tareas que requieran altos niveles de iluminación o concentración. Si se quiere énfasis en algo.	Se utilizan luminarias que produzcan tonos fríos con una temperatura de color superior a los 5000k

Fuente: (Sánchez, 2015)

2.6. Clasificación de los aparatos de iluminación

2.6.1 Aparatos para iluminación.

“Las luminarias pueden ser clasificadas de varias formas. Si consideramos la relación entre el flujo luminoso directo e indirecto; las luminarias pueden emitir la luz de forma: directa, semi-directa, uniforme, directa-indirecta e indirecta”. (Gomez, Picon, & Laitano, 2018).

2.6.2 Tipos de Luminarias según las características ópticas de la lámpara.

“Una de las formas de clasificar el conjunto lámpara-luminaria es atendiendo a la cantidad de luz que ilumina hacia el techo o hacia el suelo. Según esta clasificación, se distinguen los tipos de luminarias recogidos en la siguiente tabla”. (Mendoza Ramírez, 2016)

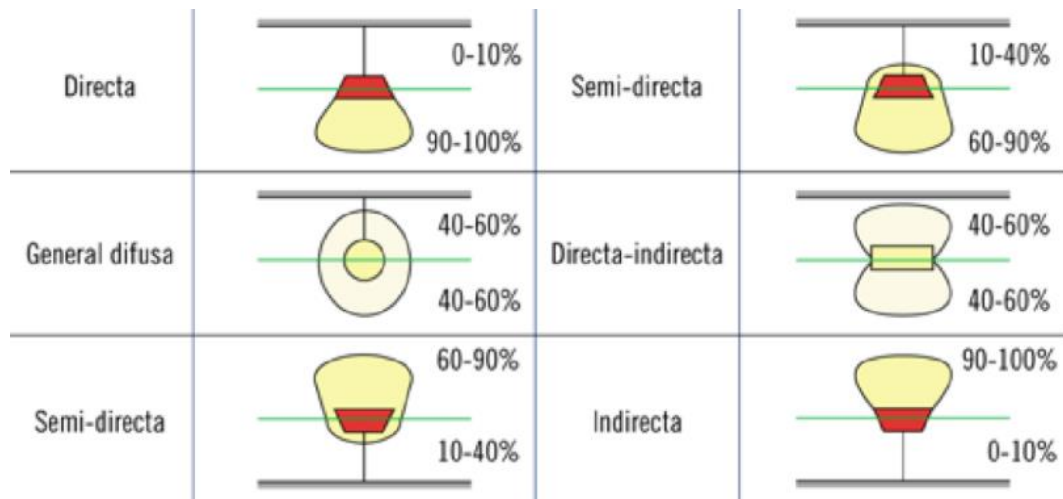


Fig. 19 Tipos de luminarias según características ópticas

Autor: (Mendoza Ramírez, 2016)

“La distribución de la luz y el contraste del flujo corresponde a los difusores y a los reflectores. Están formados por cubiertas de vidrio o de material plástico y se adaptan a las luminarias en su interior para iluminación sea indirecta, difusa o semi-difusa” (Mendoza Ramírez, 2016)

2.6.3 Rendimiento de una luminaria.

“Relaciona el flujo emitido por la luminaria ϕ_A y el flujo emitido ϕ_L por las lámparas, sin tener en cuenta las posibles pérdidas por envejecimiento, deterioro, suciedad, etc. La expresión en este caso sería: $\eta_A = \phi_A / \phi_L$ ”. (ILUMINICA, 2020)

a) Cálculo del rendimiento de luminarias.

Modelo matemático para el cálculo de iluminación nominal por el método de factor de utilización sabiendo la cantidad de luminarias en función de la iluminancia.

$$E_N = \frac{n * \phi * n_R * n_{LB}}{a * b} \text{ donde } n = \frac{E_n * a * b}{\phi * n_R * n_{LB}} \quad (5)$$

- E_n (lx) = iluminancia nominal
- N = número de luminarias
- a (m) = longitud del espacio
- b (m) = ancho de espacio
- ϕ (lm) = flujo luminoso por luminaria
- nR = utilancia

- nLB = relación de salida de luz
- V = factor de pérdida de luz



Led	Fluorescente
	
110 lm/W	80 lm/W
Rendimiento Luminaria 85-90%	Rendimiento Luminaria 40-60%
Eficacia 80 Lm/W	Eficacia 40 lm/W

Fig. 20 Rendimiento de luminarias según su modelo

Fuente: (LED CENTER, 2018)

Los factores que condicionan en forma notable el rendimiento de las luminarias es el estado de conservación de las características iniciales, ya que la falta de mantenimiento, por ejemplo, limpieza, lugares no aptos para el tipo de luminaria hacen decaer sensiblemente el nivel de iluminación.

2.7. Leyes y curvas

2.7.1 Ley de inversa de los cuadrados.

“Se utiliza para calcular la Iluminación a una distancia d^2 si previamente se conoce la iluminación a una distancia d_1 ” (LUMINOTECNIA, 2017)

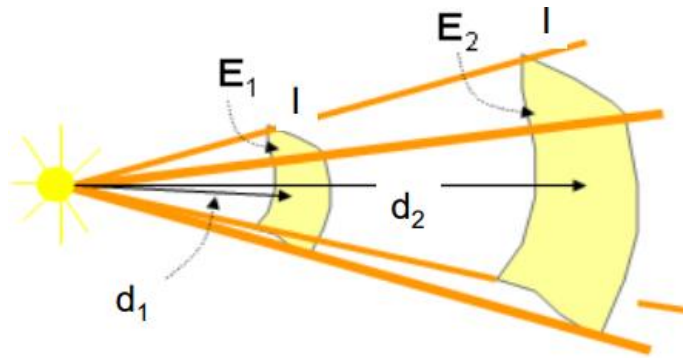


Fig. 21 Ley de la inversa del cuadro

Fuente: (LUMINOTECNIA, 2017)

$\phi = ES$ de la def. de iluminación

$\omega = \frac{S}{r^2}$ de la def. Ángulo solido

$I = \frac{\phi}{\omega}$ de la def. Intensidad

$$I = \frac{ES}{\frac{S}{r^2}} = Er^2 \quad E = \frac{I}{r^2} \quad (6)$$

2.7.2 Ley de coseno.

“Cuando la superficie iluminada no es perpendicular a la dirección del rayo luminoso, como el punto considerado en la gráfica, la iluminancia recibida se descompone en una componente horizontal E_H y una componente vertical E_V ”. (LUMINOTECNIA, 2017)

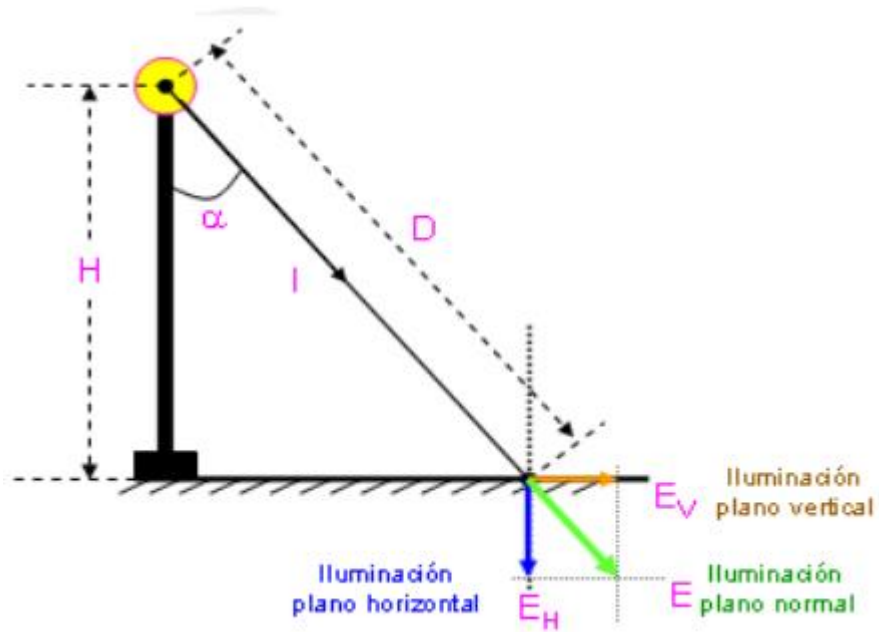


Fig. 22 dirección de rayo luminoso
 Fuente: (LUMINOTECNIA, 2017)

$$E_v = \frac{I}{H^2} \text{sen} \alpha \cdot \text{cos}^2 \alpha \quad E_H = \frac{I \text{cos}^3}{H^2} \quad (7)$$

EH = Iluminación plano Horizontal

EV = Iluminación plano vertical

d = distancia de la luminaria al punto donde se quiere saber la iluminación

H = altura de la luminaria al piso

CAPITULO 3

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. Reseña de la edificación y datos preliminares.

Familiarizarnos con el edificio, consulta y obtención de datos como frecuencia en la que se usa para las diferentes ceremonias que se realizan, aforo y áreas que componen su espacio interior, ubicación de la iglesia, análisis de los espacios externos nivel de visibilidad ya sea por calles angostas o abiertas.

Accesibilidad visual o área de apreciación de su estructura externa, realizaremos diferentes capturas fotográficas para el análisis.



Fig. 23 Edificación fachada frontal.

Fuente: (Autor)

Vista frontal desde la calle Gran Colombia Y Abrahán Sarmiento, para tener referencia de su magnitud visual así mismo dar una perspectiva al lector, donde se encuentra los diferentes accesos por los que se pueden ingresar a la Iglesia.



Fig. 24 Salón interno principal

Fuente: (Autor)

En el area del altar mayor y el espacio central se obtienen mediciones con el luxometro, para determinar la cantidad de lumenes existente.



Fig. 25 Área de cúpula

Fuente: (Autor)

Área sin exaltar su diseño clásico y en donde es ineficiente su iluminación, por lo que requiere análisis técnico de mejora.



Fig. 26 Cúpula que aloja el altar

Fuente: (Autor)

Espacio destinado en la celebración eucarística, donde los fieles católicos reciben la sagrada comunión, se aprecia que requiere mayor cantidad de luz.



Fig. 27 Iluminación del altar estado actual.

Fuente: (Autor)

Para resolver técnicamente el sistema de iluminación requiere apegarse a la Resolución Nro. ARCONEL-054/18 y la REGULACIÓN Nro. ARCONEL 006/18. La misma trata diferentes definiciones y aspectos a considerar y que rigen la forma que se maneja la iluminación y la energía necesaria para este fin, como en este caso en el uso para edificaciones religiosas e iluminación ornamental en interiores.

Es fundamental el uso de normas, NOM-028-ENER/SCFI-2012. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz, misma que habla sobre los niveles de voltaje para los que deben ser construidas las lámparas va entre 100 V y 277 V, así como la frecuencia 50 o 60Hz. NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado de edificios no residenciales, donde habla sobre modificaciones, actualizaciones y ampliaciones de diseños de iluminación usando técnicas actuales y equipos de mayor rendimiento para, mejorar el consumo de energía en los edificios.

Se tiene como referencia la, Comisión Internacional de Iluminación (CIE) donde se encuentra diferentes aspectos y parámetros a seguir en este proyecto.

3.1.1 Evaluación técnica

Se realiza una evaluación técnica de estado actual de las instalaciones eléctricas en el inmueble Iglesia Corazón de Jesús, en su parte alta cielo raso o tumbado así como en paredes donde se puede observar sus conductores, tableros y equipos de iluminación, la forma de su construcción, estado de la edificación, así como colores de paredes y su característica de material utilizado; iluminación en imágenes y obras de arte existentes, medidas de iluminación con el uso de un luxómetro en las diferentes áreas según se indica más adelante en el numeral 3.1.2 y se recopilan información de planillas correspondientes al historial de consumo energéticos anterior.

3.1.2 Método de la cuadrícula para mediciones de iluminación

En las distintas áreas de la iglesia para determinar el cuadrículado necesario para diagnosticar el nivel de iluminación, usando la resolución SRT N° 84/14 (Norma Argentina), procedemos a obtener el factor K (número de cuadrículas a medir).

Tabla 9 Indicador de puntos de medición

Índice del local (K) Res SRT 84/12	X (K redondeado)	N Número mínimo de puntos a evaluar
≤1	1	9
1<K≤2	2	16
2<K≤3	3	25
K>3	4	36

Fuente: (Riva, 2017)

$$k = \frac{\text{largo} * \text{ancho}}{\text{altura de montaje}(\text{largo} + \text{ancho})} \quad (8)$$

N, es el número de puntos de medición.

$$N = (x * 2)^2 = (2 * 2)^2 = 16$$

Tabla 10 Indicador de X

Res SRT 84/12	Variante AHRA
<u>X</u> es el índice K redondeado al entero superior	<u>X</u> es el índice K truncado al entero.
SIGNIFICADO DE X	

Fuente: (Riva, 2017)

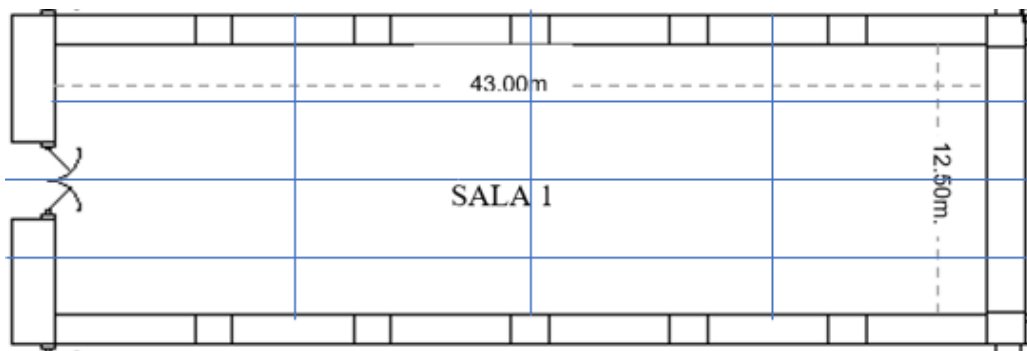


Fig. 28 Área en cuadrículas

Fuente: (Autor)

Tabla 11 Numero de mediciones

Punto de medición	Valores en lux
1	38
2	48
3	55
4	42
5	40
6	52
7	38
8	38
9	41
10	40
11	45
12	39
13	46
14	45
15	39
16	43

Fuente: (Autor)

$$E_m = \frac{\sum \text{valores medidos (Lux)}}{\text{Cantidad de puntos}} \quad (9)$$

$$E_m = \frac{689}{16} = 43,06 \text{ Lux}$$



Se evidencia según el método aplicado, un promedio de nivel de iluminación de 43,06 Lux inferior a lo recomendó en la norma europea.

Tabla 12 Lecturas reales actuales provista por el área de Comercialización de la EERCS.

Descripción	Fecha hasta	Lectura actual	Lectura anterior	Consumo subtotal	Consumo total	Unidad medida	Monto(\$)
Energía activa total	19/04/2019	1056	306	750	750	kW/h	39,15
Energía activa total	22/06/2019	2736	1967	779	779	kW/h	40,98
Energía activa total	21/07/2019	3393	2736	657	657	kW/h	33,29
Energía activa total	20/08/2019	4078	3393	685	685	kW/h	35,06
Energía activa total	18/09/2019	4606	4078	528	528	kW/h	25,16
Energía activa total	18/10/2019	5212	4606	606	606	kW/h	30,08

Fuente: (Autor)

Lecturas tomadas de los meses de abril, junio, julio agosto, septiembre y octubre del 2019.

Para la obtención del promedio de datos se utilizará el modelo matemático (9).

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \quad (10)$$

Con lo anterior procedemos a presentar una nueva propuesta de eficiencia energética en iluminación, revisión y análisis de los diferentes parámetros y regulaciones.



Fig. 20 Estado del sistema eléctrico

Fuente: (Autor)

Se modifica todas estas falencias y procesos inadecuados.



Fig. 21 Transformador de mercurio

Fuente: (Autor)

Se cambia todos los equipos de iluminación.



Fig. 22 Área con luminaria de mercurio halogenado.

Fuente: (Autor)

Estado de iluminación anterior, así como el color de las mismas por su tecnología de mercurio halogenado, bajo rendimiento proporcional eficiencia.



Fig. 23 Montaje de las luminarias

Fuente: (Autor)

Luego del diseño y análisis se muestran fotografías, el montaje de luminarias con técnicas de iluminación indirecta.

3.1.3 Levantamiento planimétrico.

Usando equipos de medición y diferentes herramientas, cintas métricas distancio metros, se obtienen las medidas de largo ancho y diferentes alturas del edificio para

luego llevarlo al boceto usando el AutoCAD, trabajo que es realizado en dos y tres dimensiones.

Se elabora un diseño en 3D de la iglesia en forma de bloque completo para así representar de mejor manera la forma de la construcción con sus rasgos arquitectónicos, diferentes relieves y detalles constructivos se usa también el diseño 2D para ingresar en el Día Lux evo 9, ya que el mismo se dibuja las diferentes elevaciones para simular y obtener diferentes parámetros como espectro luminoso de la lámpara área de la cobertura, modelo tipo y clase de la misma luego se ingresa el diseño interno de las diferentes áreas que conforman la iglesia, ya que les diferencia la altura los dos alerones laterales y el central como también ingresos parciales de luz natural por los ventanales, haciendo lo propio con el altar principal así como con las áreas laterales de decoración, para finalmente modelar y obtener un adecuado emplazamiento, número y clase de luminarias a utilizar en los diferentes espacios, diferenciando la iluminación general así como puntual directa e indirecta.

3.1.4 Análisis de sistemas de iluminación

Similares criterios sobre el tema lectura e interpretación de tablas de iluminación cantidad de lumen en áreas específicas, colores rendimientos y temperaturas de las mismas siguiendo normativas que regulan iluminación en edificios patrimoniales y diferentes tablas de referencia que están normadas, y es más se hacen referencia en la normativa y seguridad en este proyecto. (Illuminet, revista de Iluminacion, s.f.)

3.2. Factores que influyen en la conservación de las obras de arte

3.2.1 Cantidad de luz o iluminancia (E).

La luz, como manifestación de la energía en forma de ondas electromagnéticas, es capaz de afectar o estimular la visión.

Tabla 13 Nivel de iluminación en luxes para iglesias

Ambiente de trabajo		Calidad de la iluminación	
Iglesias y Templos	Nivel en (Lux)	CUD _L	R _a
Iglesia	100	25	80
Asientos, altar y publico	300	22	80

Fuente: (NORMA TECNICA DE SALUD, s.f.)

3.2.2 Factores que influyen en la conservación de las obras.

a) Cantidad de luz o iluminancia (E).

“En los museos se deben considerar los límites exactos de la cantidad de luz que se proyecta sobre las obras, para no contribuir al deterioro de las mismas”. (Iluminet, revista de Iluminación, s.f.)

Tabla 14 Niveles de iluminación máxima recomendada

Grupo	Materiales	Iluminancia
A	Acuarelas, telas, papel, grabados, tapices, etc.	50 lux
B	Oleos, temperas, hueso marfil, cuero, etc.	200 lux
C	Piedra, metal, cerámica, fotos en blanco y negro	300 lux

Fuente: (Iluminet, revista de Iluminación, s.f.)

b) Duración de la exposición a la luz (T).

“El efecto de degradación o deterioro de la obra es igual al producto del nivel de iluminación sobre la obra por el tiempo de exposición al que está sometida. Esto significa que sufre igual degradación una obra que es iluminada con 100lux durante 2000 horas, que una que esté iluminada con 50 lux durante 4000 horas”. (Iluminet, revista de Iluminación, s.f.)

Tabla 15 Valores acumulativos de exposición máxima recomendados

Grupo	Materiales	Valores
A	Acuarelas, telas, papel, grabados, tapices, etc.	50.000 lux-h/año
B	Oleos, temperas, hueso marfil, cuero, etc.	600.000 lux-h/año
C	Piedra, metal, cerámica, fotos en blanco y negro	_____

Fuente: (Iluminet, revista de Iluminación, s.f.)

Para el ahorro tanto económico como de energía existe diferentes factores a considerar para hacer un uso eficiente de la energía.

- Mantenimiento de instalación
- Proyecto de instalación
- Rendimiento de las luminarias
- Eficiencia de las lámparas
- Nivel de iluminación

3.3. Conductores

Tablas de calibres de conductores donde obtenemos datos de niveles de corriente que soportan temperaturas y clase de aislamiento según el nivel de exposición si es en ductos o a la intemperie, uso adecuado del código de colores para poder identificar líneas vivas o de neutro y tierra, número de derivaciones y empalmes usados, secciones de ductos y cantidad de cajetines de derivación requeridas, caídas de tensión valores de fusibles termo magnéticos a usar, así como el número de circuitos necesarios. Con la finalidad de lograr un equilibrio óptimo de fases y la menor caída de tensión, logrando con esto optimizar costos garantizando un correcto funcionamiento, permitiendo que con el paso del tiempo un mejor mantenimiento preventivo predictivo y correctivo, al tener las guías de paso de conductores, y diferentes accesos ordenados de la instalación. (MasVoltaje, 2016)

Tabla 16 Capacidad de conducción eléctrica de conductores

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	
				Amperaje soportado	
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A	18 AWG	10 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A	16 AWG	13 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A	14 AWG	18 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A	12 AWG	25 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Fuente: (MasVoltaje, 2016)

Según las normas ANSI/NEMA para evitar riesgos eléctricos o confusiones está establecido con diferentes colores las chaquetas de los conductores eléctricos, el código de colores de la Tabla 16 no aplica para instalaciones externas o a la intemperie, diferente a las acometidas, tales como las redes, líneas y subestaciones de tipo poste. (Valencia Vanegas, 2016)

Tabla 17 Código de colores para conductores eléctricos

SISTEMA	1 Φ	1 Φ	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ -	3 Φ Y	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: (Valencia Vanegas, 2016, pág. 81)

Según norma europea IEC 60446 son identificados los conductores eléctricos por número o por color.

3.3.1 Canalizaciones eléctricas.

a) Reglamento electrotécnico.

“El REBT, en la instrucción técnica ICT BT-21, define cuáles deben ser las características de las canalizaciones con tubo y de las canales protectoras, destinadas a instalaciones de interior o receptoras”. (Martín Castillo, 2018)

El REBT dice: “En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser perfectamente rígidos y en casos especiales, podrá usarse tubos curvables”. (Martín Castillo, 2018)

El material protector para los conductores eléctricos es un elemento cilíndrico, se puede clasificar de la siguiente manera.

- Metálicos son de acero con aleaciones de aluminio
- No metálicos son de materiales plásticos, generalmente PVC
- Mixtos es una combinación de los metálicos con partes no metálicas.



Fig. 29 Tubo de acero flexible

Fuente: (Martín Castillo, 2018)

Según su característica

- Rígidos pueden ser metálicos y no metálicos
- Flexibles.
 - ✓ Corrugados son de material plástico
 - ✓ Metálicos flexibles son los de material mixto se utiliza para áreas con riesgo de golpe mecánico
 - ✓ Estos tipos de tubería son comercializados por medidas de diámetro.

3.4. Análisis que contempla el presente trabajo.

- a) Uso y frecuencia para el que fue construido del edificio.
- b) Cantidad de personas que acuden, dependiendo la zona o sector de la iglesia que más concurrencia tenga ya sea el salón general o la parte donde se exhiben las imágenes y esculturas cristianas.
- c) Interacción entre las personas, en este caso van a estar por lo general sentadas o paradas escuchando misa y una que otra persona a lo mejor se acerque caminando a pie hacia las santas imágenes que ahí se encuentran.
- d) Horarios y fechas importantes en las cuales la gente acude en mayor cantidad.

3.5. Determinar el nivel de iluminación.

“Hemos visto que existen dos métodos básicos, el del punto por punto y el de las cavidades zonales o de los lúmenes. El del método del punto por punto es usado generalmente por programas de computación y se lo emplea para verificar en detalles

los niveles de iluminación en cada punto de la cuadrícula del ambiente e interés”. (GAC, 2016)

El método de las cavidades zonales es más fácil de efectuar, este método es proporcionar la iluminación media del local, determinando el flujo luminoso necesario para cumplir con esa iluminación media”. (GAC, 2016)

Modelo matemático para el cálculo de iluminación directa, semidirecta y mixta.

$$K = \frac{a * b}{H(a + b)} \quad (11)$$

Donde:

A= Ancho del local

B= Largo del local

H= Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

M= Factor de mantenimiento

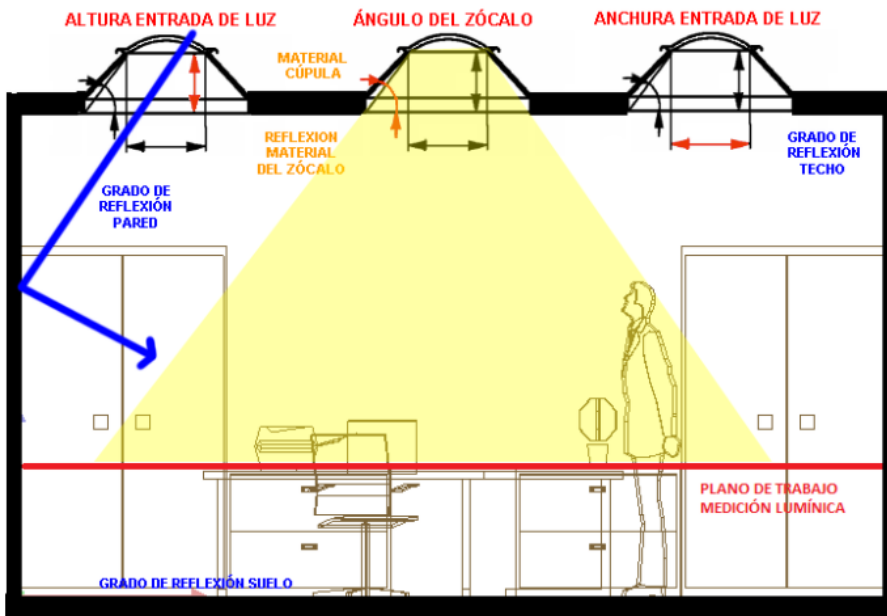


Fig. 30 Plano de Trabajo

Fuente: (PREFIRE, 2015)

a) Factor de mantenimiento.

Depende del grado de limpieza de las luminarias. Oscila entre 0,85 (buen mantenimiento) y 0,5 (poco mantenimiento)”. (Cabello, 2019).

b) Factor de depreciación.

“El flujo luminoso de una lámpara disminuye a lo largo de su vida útil. Es un dato suministrado por el fabricante y su valor oscila entre 0,55 y 0,9”. (Cabello, 2019)

c) Flujo total.

El flujo total se calcula basándose en el cálculo del flujo luminoso total para el área que se desea iluminar para lo cual obtenemos el siguiente modelo matemático.

$$\phi T = \frac{E_s}{u * M} \quad (12)$$

Mediante el cálculo del flujo luminoso que produce cada lámpara se procede a calcular el número de luminarias.

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\phi T}{\phi L} \quad (13)$$

Procedimiento del cálculo.

1. Obtener el plano del área que se va iluminar, disposición y altura de los objetos.
2. Obtener las tablas de los niveles de iluminación.
3. Determinar la superficie donde se va iluminar.
4. Realizar el cálculo del índice (K).
5. Obtener tablas del coeficiente de reflexión del techo y paredes.
6. Seleccionar potencia y color de la luminaria que se va utilizar.
7. Definir el tipo de luminaria.
8. Definir el factor de utilización (u).
9. Indicar el tipo de mantenimiento requerido.
10. Cálculo del flujo total.
11. Cálculo de potencia total.

CAPITULO 4.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Tabla 18 Consumó en kW/h.

Descripción	Fecha hasta	Consumo total kW/h	Monto(\$)	Fecha hasta	Consumo total kW/h	Monto(\$)
Energía activa total	20/04/2020	565	27,5	19/04/2019	750	39,15
Energía activa total	18/06/2020	409	17,67	22/06/2019	779	40,98
Energía activa total	20/07/2020	459	20,82	21/07/2019	657	33,29
Energía activa total	18/08/2020	425	18,68	20/08/2019	685	35,06
Energía activa total	18/09/2020	440	19,62	18/09/2019	528	25,16
Energía activa total	20/10/2020	524	24,91	18/10/2019	606	30,08
	TOTAL	2822 kW/h	129,2	TOTAL	4005 kW/h	203,72

Fuente: (Autor)

En la tabla 16 (Consumo de energía) se referencian los resultados obtenidos en la aplicación de eficiencia energética en iluminación, se tiene valores de meses del año 2019 y del año 2020 donde se compara que en julio del año 2019 el consumo energético es de 657 kW/h y en julio del 2020, se reduce a 459 kW/h, apreciando considerablemente el beneficio de un proyecto bien ejecutado, se verifica que el consumó de seis meses produce un ahorro significativo de energía, por lo tanto de dinero, Con el valor agregado que se tiene una iluminación en cantidad y calidad correcta.

Levantamiento planímetro, para así definir la forma de la iglesia tanto interna como de la fachada, usando cintas de medición y equipos como distancio metro obtendremos las medidas de largo ancho y diferentes alturas del edificio para luego llevarlo al diseño usando el AutoCAD, en sus diferentes formas y espacios como 2 Y 3 D.

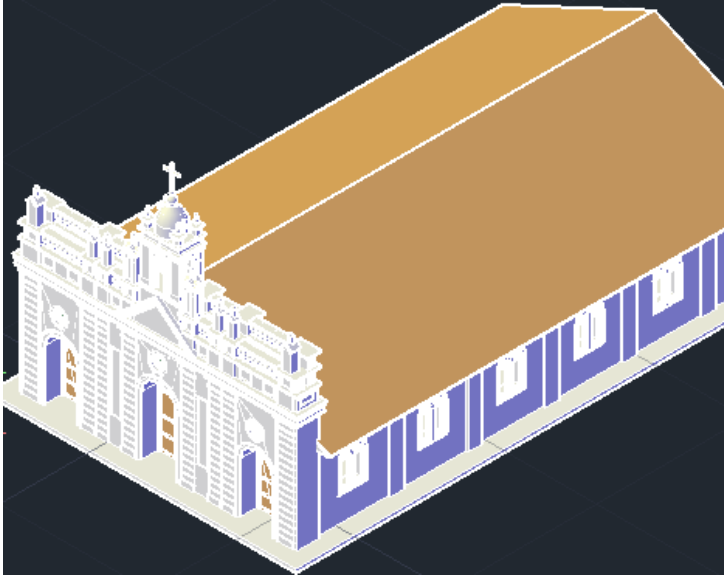


Fig. 31 Edificación en 3D estructura conceptual

Fuente: (Autor)

Representación que permite visualizar y sintetizar ideas para llegar a un punto concreto que se desea explicar.



Fig. 32 Edificación en 3D estructura alámbrica.

Fuente: (Autor)

La figura 25 es usada para identificar de mejor manera la silueta de la iglesia y sea didáctica la lectura de este proyecto en el trabajo actual y para los futuros consultores, los cuales la puedan tomar como referencia o guía.

Realización del diseño en 3D de la iglesia en forma de bloque completo para poder ingresar en el Dia Lux 9, luego ingresaremos el diseño interno de las tres áreas, que conforman la iglesia ya que les diferencia la altura a los dos alerones laterales y el

central, e ingresos de porciones de luz natural por los ventanales, se hace lo propio con el altar principal así como con las áreas laterales de decoración, para finalmente modelar y obtener un adecuado emplazamiento, así como número y clase de luminarias a utilizar en los diferentes espacios tanto de iluminación general como puntual directa e indirecta.

3.-Análisis de sistemas de iluminación, similares criterios sobre el tema lectura e interpretación de tablas de iluminación la cantidad de lumen en áreas específicas, colores rendimientos y temperaturas de las mismas siguiendo normativas que regulan iluminación en edificios patrimoniales.

4.1. Cálculo

Para obtener la cantidad de luminarias en los diferentes espacios se realiza el cálculo utilizando modelos matemáticos.

4.1.1 Sala 1

Datos del espacio a calcular.

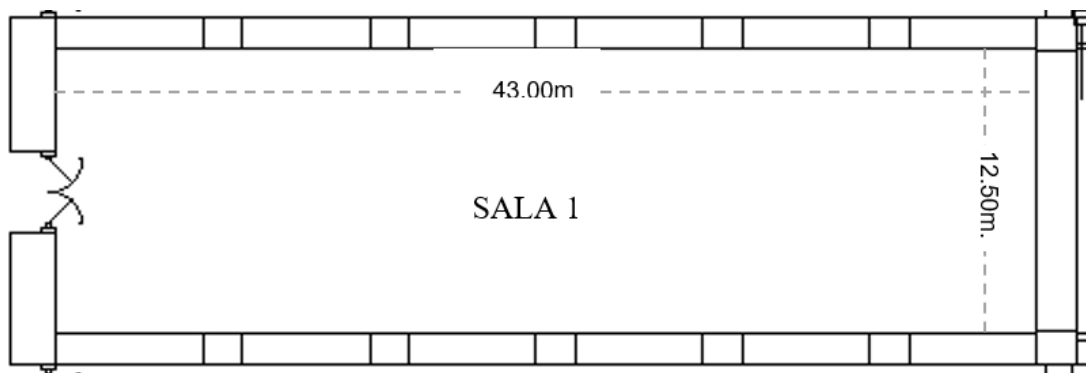


Fig. 33 Área de la sala de culto

Fuente. (Autor)

Tabla 19 Datos para calculo

Ancho	12.50m
Largo	43.00m
Altura de techo	8.00m
Plano de trabajo	0.80m
Nivel de iluminación	150lux
Coefficiente de reflexión	30%
Factor de utilización	0.90
Coefficiente de mantenimiento	0.75
Flujo	2200lm

Fuente: (Autor)

a) Cálculo de superficie.

$$S = a * b \quad (14)$$

$$S = 12.50 * 43 = 537.5m^2$$

b) Altura de las luminarias.

Se encuentra fijada en el techo (cielo raso) y el plano de trabajo está a una dimensión de 0.80m. respecto al piso utilizando iluminación directa.

H=altura de techo - (plano de trabajo + distancia de luminaria con respecto al techo)

No se utilizará el dato de distancia de la luminaria con respecto al techo debido a que está colocado a nivel del techo.

$$H = 8 - 0.8 = 7.20m.$$

c) Índice del local.

Se considera ancho, largo y altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

$$K = \frac{a * b}{H(a + b)} \quad (15)$$

$$K = \frac{537.5}{7.20(537.5)} = 0.138$$

d) Factor de utilización.

Es determinado mediante tablas con el tipo de luminaria utilizando un índice en un rango de (0.90-1.10) tomando como el coeficiente de 30% de reflexión encontrando $\mu = 0.43$.

e) Tipo de mantenimiento.

Tomando en cuenta que es bueno se utiliza un coeficiente de 0.75.

f) Flujo total.

$$\phi T = \frac{E * S}{\mu * M} \quad (16)$$

$$\phi T = \frac{(150)(537.5)}{(0.43)(0.75)} = 250.000 \text{ lumen}$$

g) Cantidad de luminarias.

$$N = \frac{\phi T}{\phi L} \tag{17}$$

$$N = \frac{250.000}{22.000} = 11.36$$

Total, de luminarias a utilizar = 12

4.2. Simulación en Día Lux

4.2.1 Portada

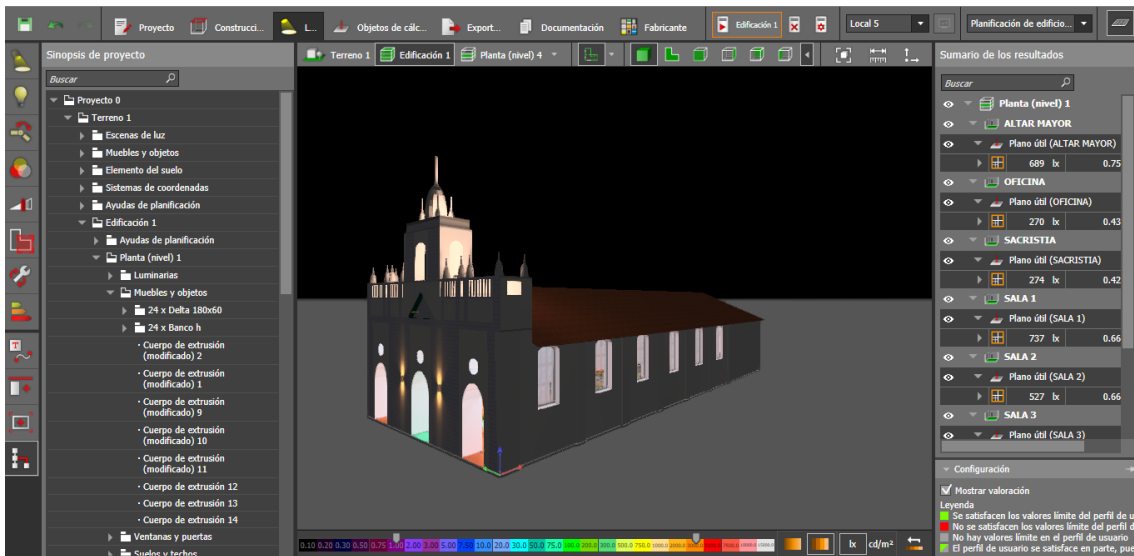


Fig. 34 Simulación Portada

Fuente: (Autor)

Vista lateral de la iglesia en el simulador Día Lux 9.1, indicando los diferentes ángulos de vista de la misma, para tener una información más ilustrativa además que es una de las herramientas del software usado, y que referencie el trabajo realizado en este proyecto.

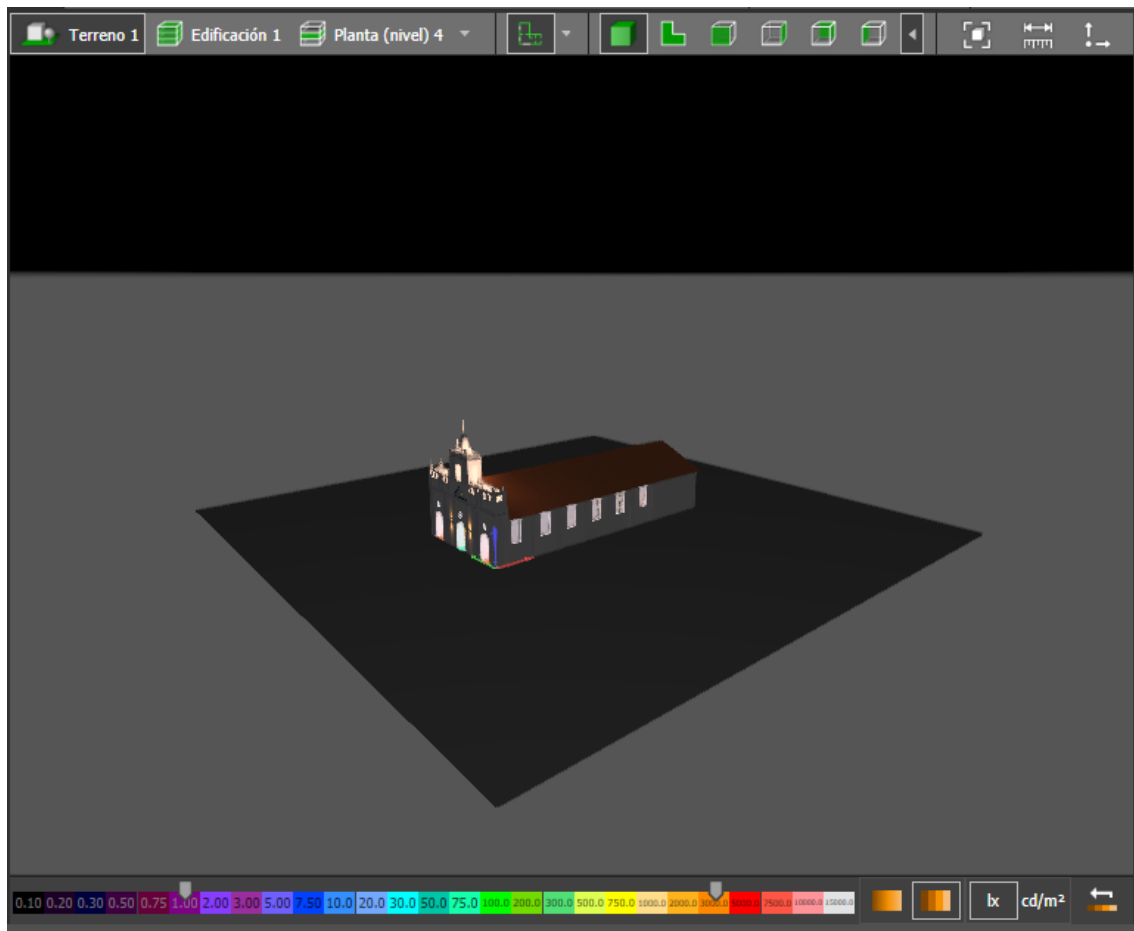
4.2.2 Observaciones preliminares

Indicaciones para planificación:

La magnitud de consumo de energía no tiene en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

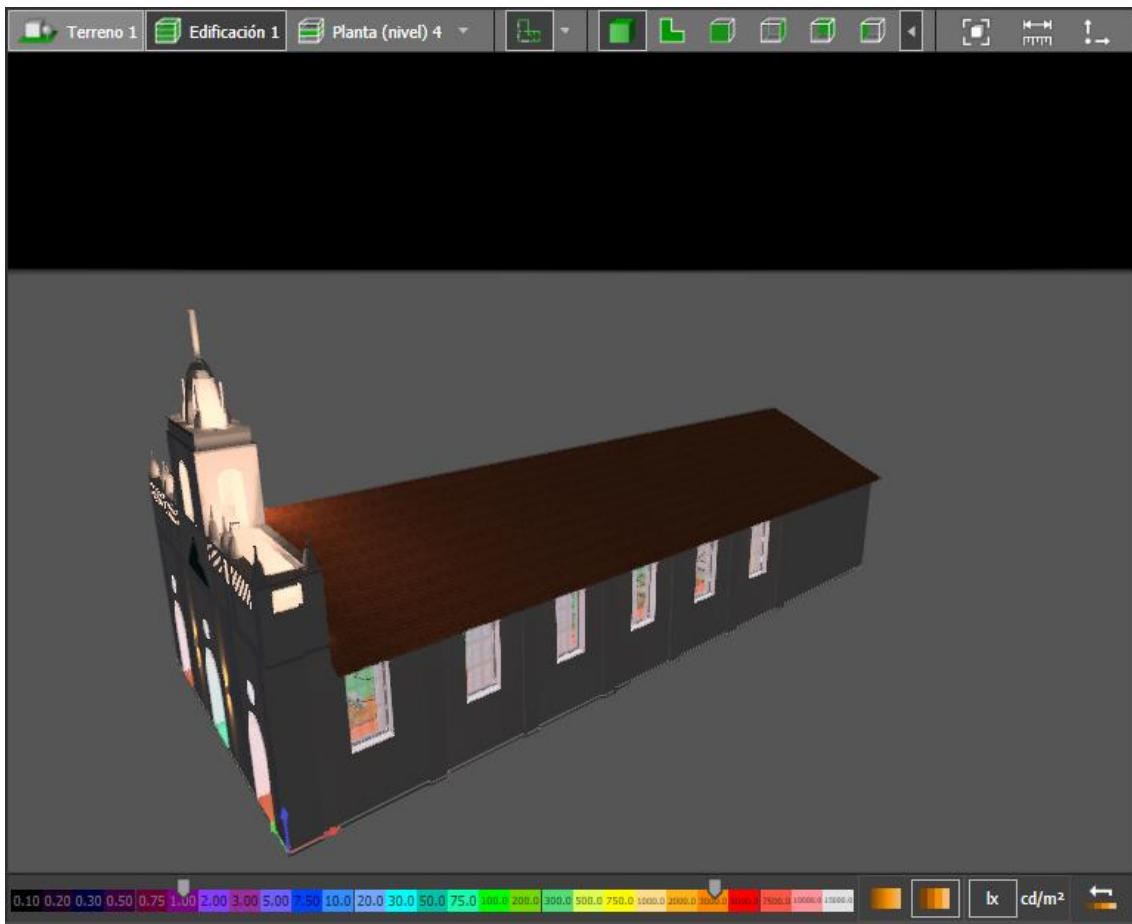
El tipo y características de luminarias se indica en el anexo 10

4.2.3 Terreno 1



Área en el plano situacional en el software Dia Lux, donde se visualiza el plano utilizado para su modelado.

4.2.4 Edificación 1



Mediante la Simulación se observa la edificación sin un plano situacional, con lo cual se puede ingresar a diferentes áreas.

4.2.5 Planta (nivel) 1

Lista de locales

La edificación está diseñada con 6 locales o áreas divididas en sala 1, sala 2, sala 3, altar mayor, oficina, y sacristía.

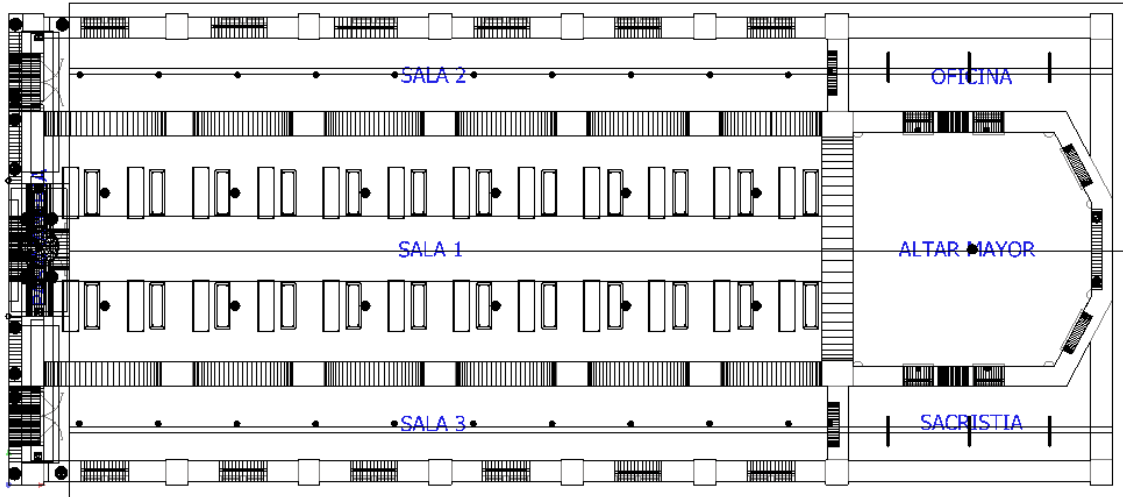
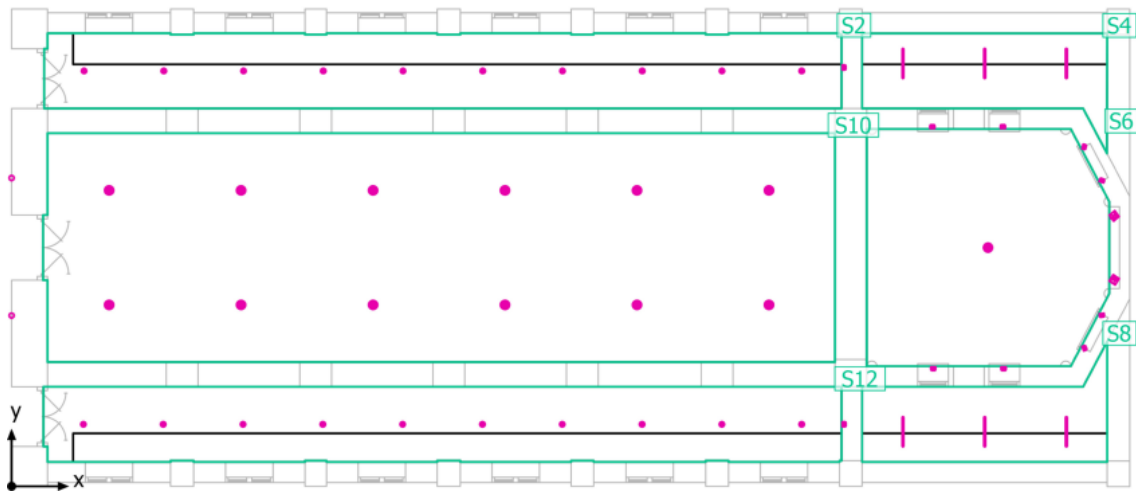


Fig. 35 Vista en planta locales

Fuente: (Autor)

Objetos de cálculo



Planos útiles

Propiedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2	Índice
Plano útil (SALA 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	527 lx (≥ 200 lx) ✓	347 lx	678 lx	0.66	0.51	S2
Plano útil (OFICINA) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	270 lx (≥ 200 lx) ✓	117 lx	354 lx	0.43	0.33	S4
Plano útil (ALTAR MAYOR) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	689 lx (≥ 50.0 lx) ✓	520 lx	1318 lx	0.75	0.39	S6
Plano útil (SACRISTIA) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	274 lx (≥ 200 lx) ✓	115 lx	358 lx	0.42	0.32	S8
Plano útil (SALA 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	737 lx (≥ 500 lx) ✓	487 lx	844 lx	0.66	0.58	S10
Plano útil (SALA 3) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	528 lx (≥ 200 lx) ✓	341 lx	692 lx	0.65	0.49	S12

4.2.6 Altar mayor



Plano de situación de luminarias

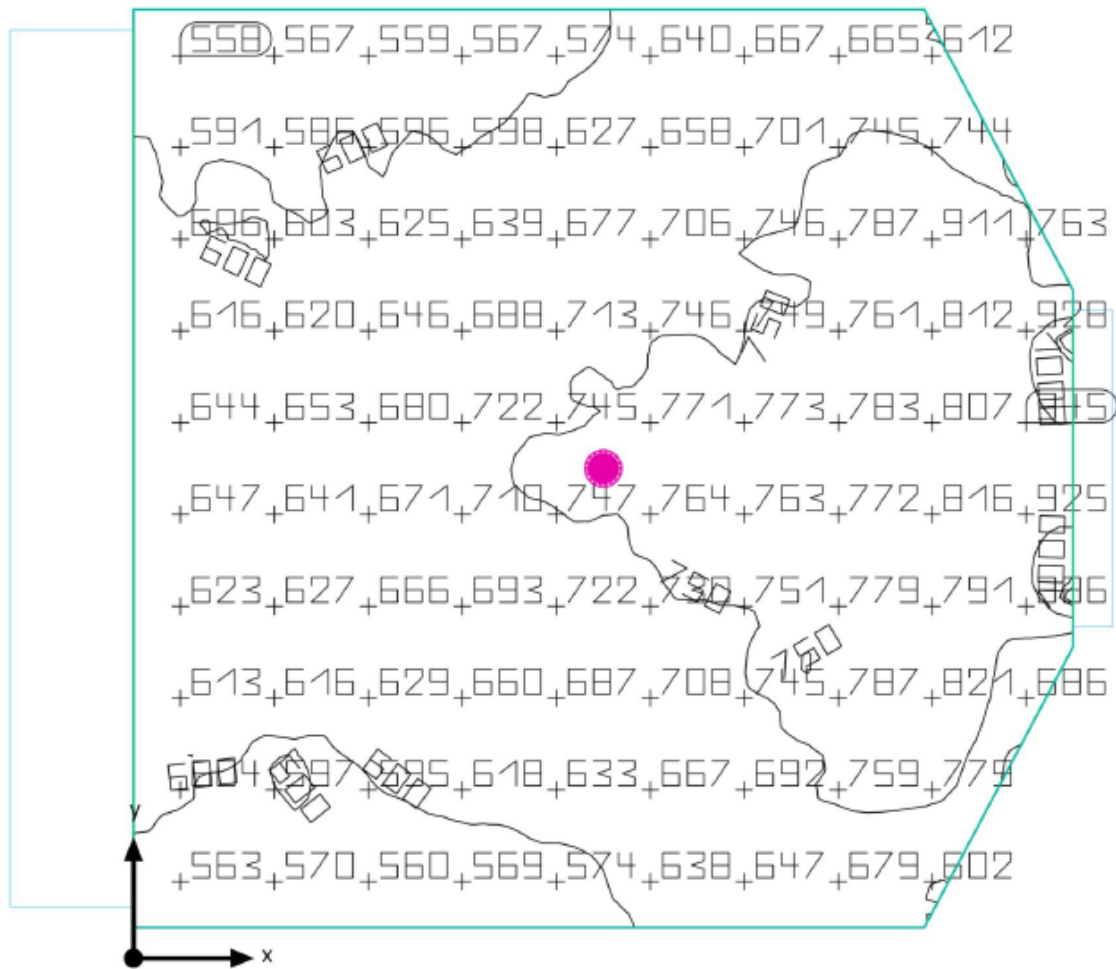


Fig. 36 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · ALTAR MAYOR

Fuente: (Autor)

Resumen mediante el cálculo de simulación

Base: 83.17 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % |

Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura

interior del local: 8.000 m | Altura de montaje: 8.000 m

Resumen

Resultados en lx de objeto de cálculo en el plano útil con iluminación perpendicular.

Tabla 20 Perfil de uso: Áreas públicas – Museos.

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	Ē	689 lx	≥ 50.0 lx	✓
	g ₁	0.75	-	-
Valores de consumo	Consumo	330 kWh/a	máx. 2950 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	1.98 W/m ²	-	-
		0.29 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 21 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	LEDVANCE	40580750743 78	HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK	165.0 W	22001 lm	133.3 lm/W

Fuente: (Autor)

Tabla 22 Plano útil altar mayor

Propiedades	Ē (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Plano útil (ALTAR MAYOR) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	689 lx (≥ 50.0 lx) ✓	520 lx	1318 lx	0.75	0.39	S6

Fuente: (Autor)

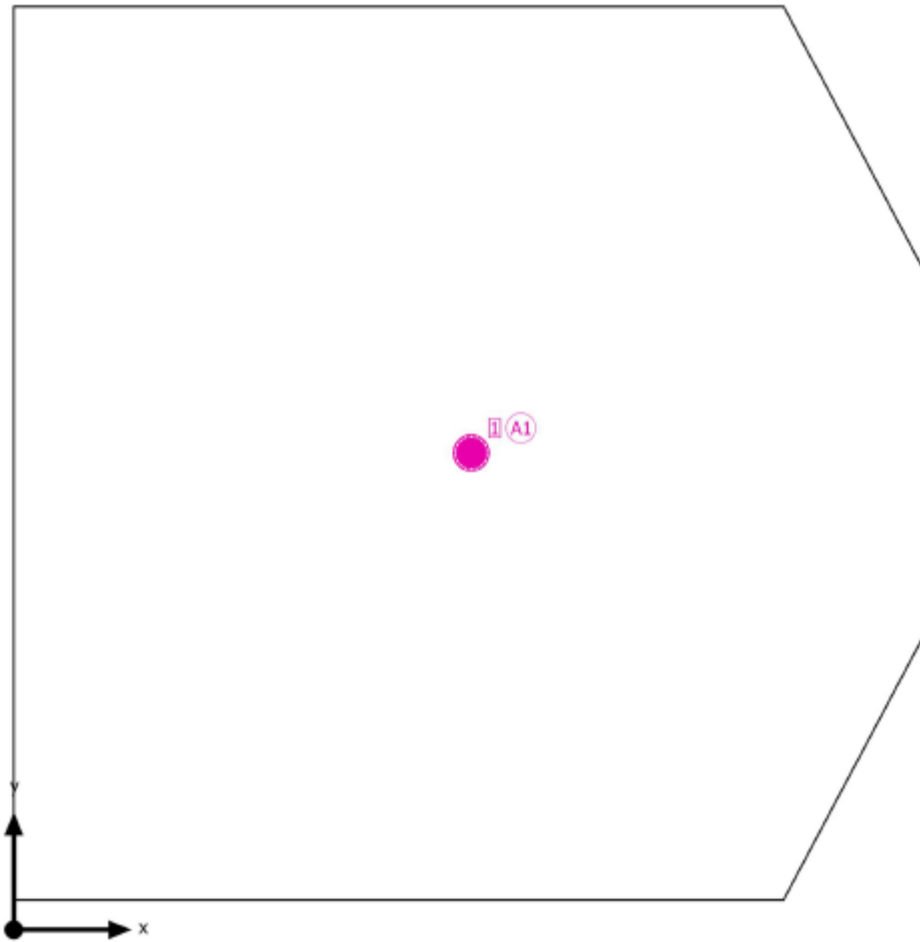


Fig. 37 Ubicación de la luminaria

Fuente: (Autor)

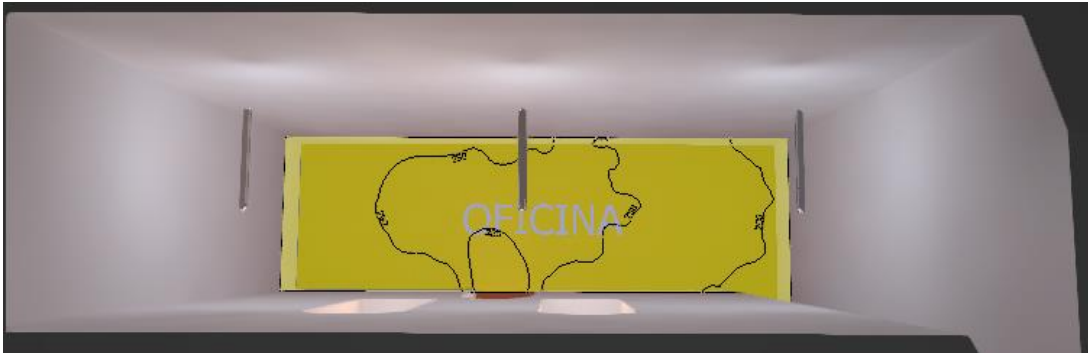
Tabla 23 Plano de situación de luminarias

1 x LEDVANCE HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	4.730 m / 4.929 m / 8.000 m	4.730 m	4.929 m	8.000 m	1
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 9.240 m				
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 9.460 m				
Organización	A1				

Fuente: (Autor)

4.2.7 Oficina



Descripción

Plano de situación de luminaria

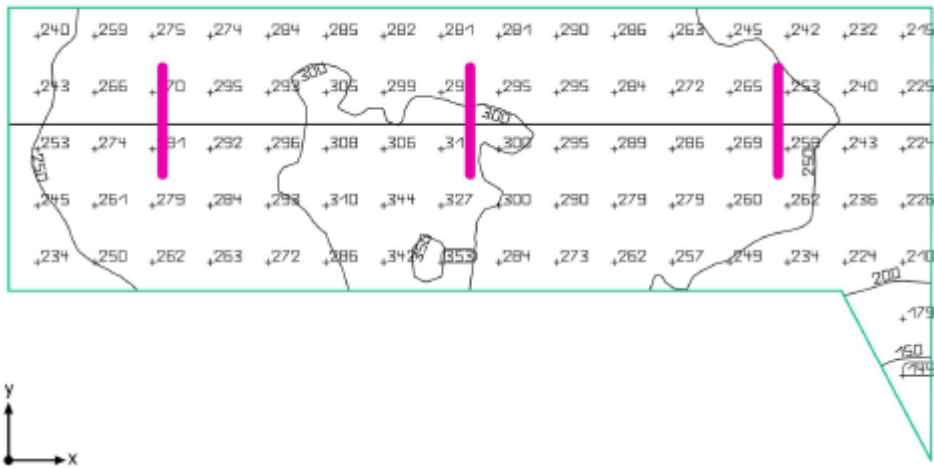


Fig. 38 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Oficina

Fuente: (Autor)

Base: 28.77 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 8.000 m | Altura de montaje: 6.000 m.

Resumen

Tabla 24 Perfil de uso: Oficinas, Archivos

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	270 lx	≥ 200 lx	✓
	g _i	0.43	-	-
Valores de consumo	Consumo	18 kWh/a	máx. 1050 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	3.75 W/m ²	-	-
		1.39 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 25 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	LEDVANCE	40580750664 72	DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY	36.0 W	4000 lm	111.1 lm/W

Fuente: (Autor)

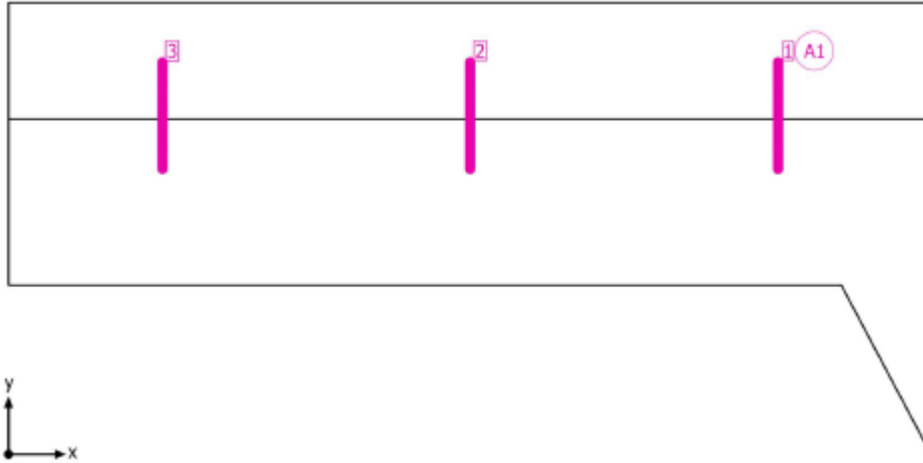


Fig. 39 Ubicación de luminaria

Fuente: (Autor)

Tabla 26 Plano de situación de luminarias

3 x LEDVANCE DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	7.967 m / 3.507 m / 6.000 m	7.967 m	3.507 m	6.000 m	1
Dirección X	3 Uni., Centro - centro, 3.187 m	4.780 m	3.507 m	6.000 m	2
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 2.338 m	1.593 m	3.507 m	6.000 m	3
Organización	A1				

Fuente: (Autor)

Tabla 27 Plano de situación de luminarias

3 x LEDVANCE DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	7.967 m / 3.507 m / 6.000 m	7.967 m	3.507 m	6.000 m	1
Dirección X	3 Uni., Centro - centro, 3.187 m	4.780 m	3.507 m	6.000 m	2
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 2.338 m	1.593 m	3.507 m	6.000 m	3
Organización	A1				

Fuente: (Autor)

4.2.8 Sacristía



Plano de situación de luminaria

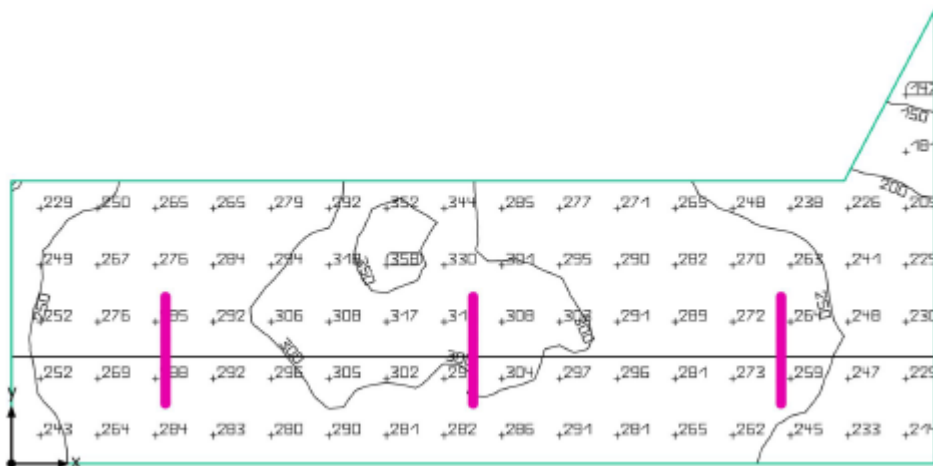


Fig. 40 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SACRISTÍA

Fuente: (Autor)

Base: 28.84 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 8.000 m | Altura de montaje: 6.000 m.

Resumen

Tabla 28 Perfil de uso: Oficinas, Archivos

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	274 lx	≥ 200 lx	✓
	g ₁	0.42	-	-
Valores de consumo	Consumo	18 kWh/a	máx. 1050 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	3.74 W/m ²	-	-
		1.37 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 29 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	LEDVANCE	40580750664 72	DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY	36.0 W	4000 lm	111.1 lm/W

Fuente: (Autor)

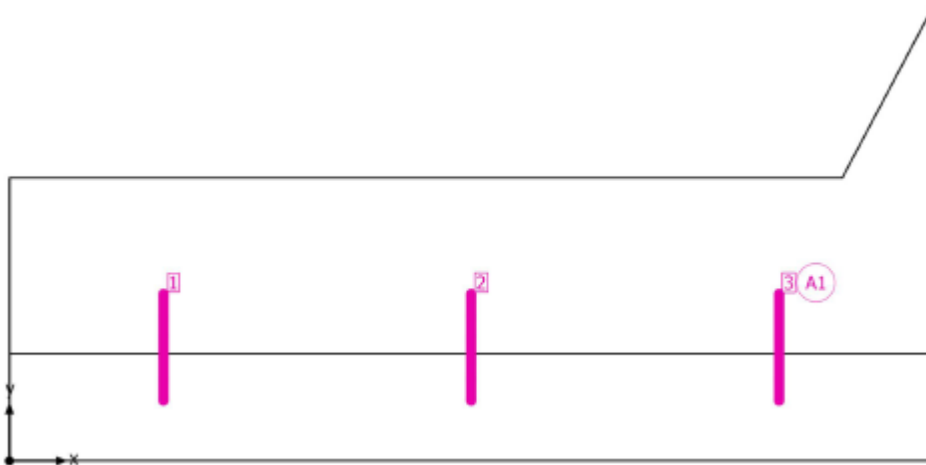


Fig. 41 Ubicación de luminarias

Fuente: (Autor)

Tabla 30 Plano de situación de luminarias

3 x LEDVANCE DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.593 m / 1.175 m / 6.000 m	1.593 m	1.175 m	6.000 m	1
Dirección X	3 Uni., Centro - centro, 3.187 m	4.780 m	1.175 m	6.000 m	2
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 2.350 m	7.967 m	1.175 m	6.000 m	3
Organización	A1				

Fuente: (Autor)

4.2.9 Sala 1



Plano de situación de luminarias

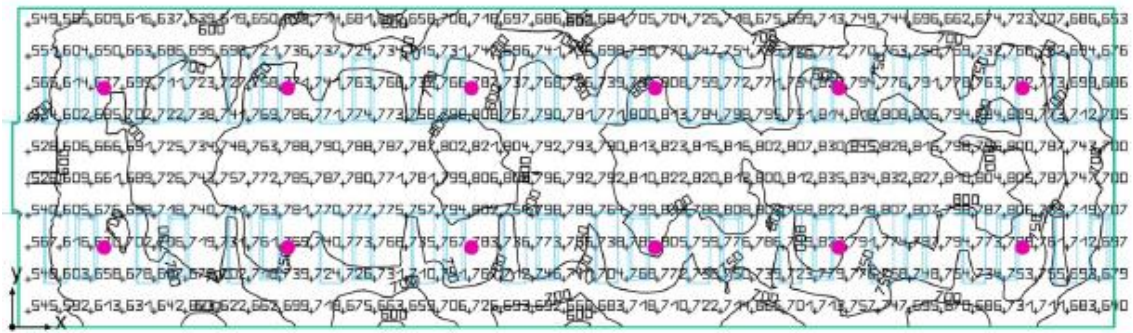


Fig. 42 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 1

Fuente: (Autor)

Base: 274.37 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 8.000 m | Altura de montaje: 8.000 m.

Resumen

Tabla 31 Perfil de uso: Instalaciones de sanidad - Salas para el personal

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	É	737 lx	≥ 500 lx	✓
	g ₁	0.66	-	-
Valores de consumo	Consumo	3800 kWh/a	máx. 9650 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	7.22 W/m ²	-	-
		0.98 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 32 Luminaria utilizada

Uní.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
12	LEDVANCE	40580750743 78	HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK	165.0 W	22001 lm	133.3 lm/W

Fuente: (Autor)

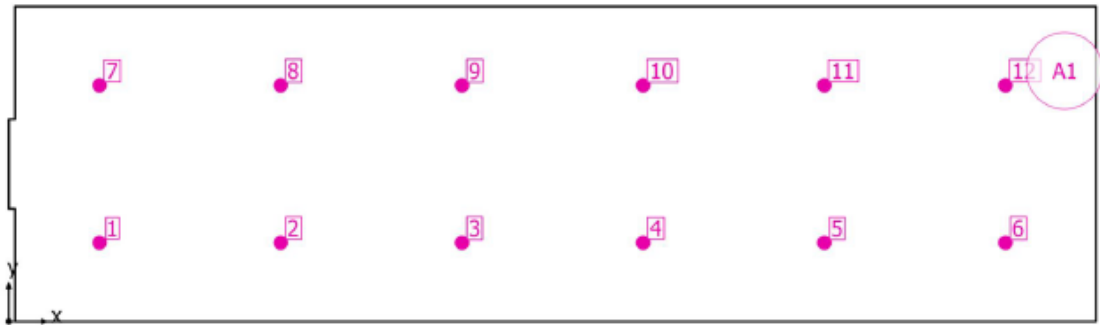


Fig. 43 Ubicación de luminarias

Fuente: (Autor)

Tabla 33 Plano de situación de luminarias

12 x LEDVANCE HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.573 m / 2.230 m / 8.000 m	2.573 m	2.230 m	8.000 m	1
Dirección X	6 Uni., Centro - centro, 5.147 m	7.720 m	2.230 m	8.000 m	2
		12.867 m	2.230 m	8.000 m	3
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 4.460 m	18.013 m	2.230 m	8.000 m	4
		23.160 m	2.230 m	8.000 m	5
Organización	A1	28.307 m	2.230 m	8.000 m	6
		2.573 m	6.690 m	8.000 m	7
		7.720 m	6.690 m	8.000 m	8
		12.867 m	6.690 m	8.000 m	9
		18.013 m	6.690 m	8.000 m	10
		23.160 m	6.690 m	8.000 m	11
		28.307 m	6.690 m	8.000 m	12

Fuente: (Autor)

4.2.10 Sala 2



Plano de situación de luminaria

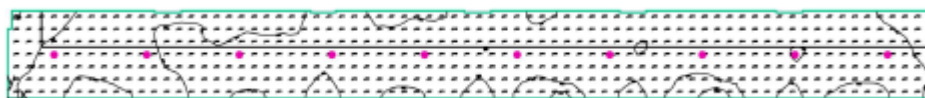


Fig. 44 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 2

Fuente: (Autor)

Fuente: AutorBase: 90.82 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 8.000 m | Altura de montaje: 8.000 m.

Resumen

Tabla 34 Perfil de uso: Salas para el personal, Pasillos con uso multifuncional

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	527 lx	≥ 200 lx	✓
	g_1	0.66	-	-
Valores de consumo	Consumo	690 - 1100 kWh/a	máx. 3200 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	11.01 W/m ²	-	-
		2.09 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 35 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
10	LEDVANCE	40580754084 25	HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK	100.0 W	10000 lm	100.0 lm/W

Fuente: (Autor)

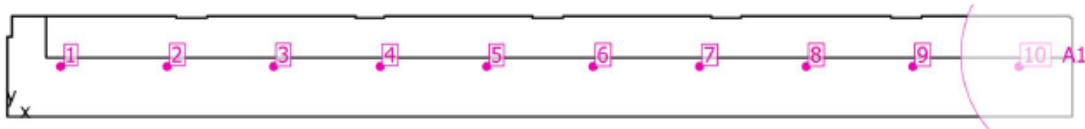


Fig. 45 Ubicación de las luminarias

Fuente: (Autor)

Tabla 36 Plano de situación de luminarias

10 x LEDVANCE HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.555 m / 1.465 m / 8.000 m	1.555 m	1.465 m	8.000 m	1
Dirección X	10 Uni., Centro - centro, 3.110 m	4.665 m	1.465 m	8.000 m	2
		7.775 m	1.465 m	8.000 m	3
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 2.930 m	10.885 m	1.465 m	8.000 m	4
		13.995 m	1.465 m	8.000 m	5
Organización	A1	17.105 m	1.465 m	8.000 m	6
		20.215 m	1.465 m	8.000 m	7
		23.325 m	1.465 m	8.000 m	8
		26.435 m	1.465 m	8.000 m	9
		29.545 m	1.465 m	8.000 m	10

Fuente: (Autor)

4.2.11 Sala 3



Plano de situación de luminaria

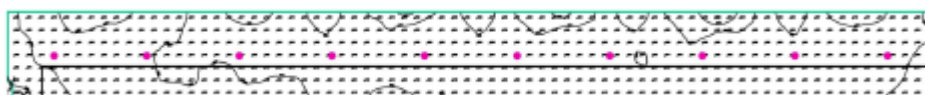


Fig. 46 Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · SALA 3

Fuente: (Autor)

Base: 90.88 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 14.6 % |
Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 8.000 m | Altura de
montaje: 8.100 m.

Resumen

Tabla 37 Perfil de uso: Salas para el personal, Pasillos con uso multifuncional

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	É	528 lx	≥ 200 lx	✓
	g _r	0.65	-	-
Valores de consumo	Consumo	690 - 1100 kWh/a	máx. 3200 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	11.00 W/m ²	-	-
		2.08 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 38 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
10	LEDVANCE	40580754084 25	HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK	100.0 W	10000 lm	100.0 lm/W

Fuente: (Autor)

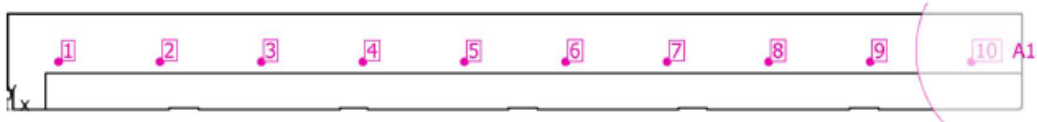


Fig. 47 Ubicación de luminarias

Fuente: (Autor)

Tabla 39 Plano de situación de luminarias

10 x LEDVANCE HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.556 m / 1.465 m / 8.100 m	1.556 m	1.465 m	8.100 m	1
Dirección X	10 Uni., Centro - centro, 3.113 m	4.669 m	1.465 m	8.100 m	2
		7.782 m	1.465 m	8.100 m	3
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 2.930 m	10.894 m	1.465 m	8.100 m	4
		14.007 m	1.465 m	8.100 m	5
Organización	A1	17.119 m	1.465 m	8.100 m	6
		20.232 m	1.465 m	8.100 m	7
		23.345 m	1.465 m	8.100 m	8
		26.457 m	1.465 m	8.100 m	9
		29.570 m	1.465 m	8.100 m	10

Fuente: (Autor)

4.2.12 Planta (nivel) 2

Lista de locales

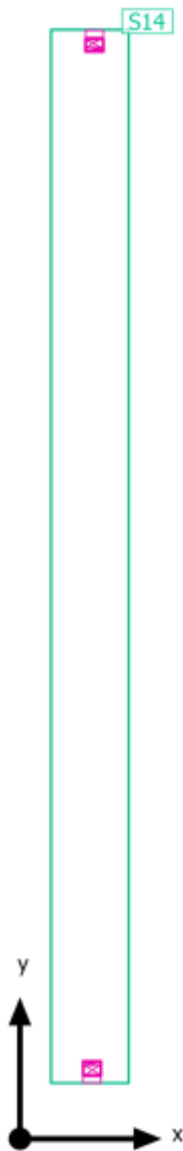
La planta del nivel dos está diseñado para el objeto de cálculo de la parte inferior de la cúpula, cuenta con un solo local denominado pasamanería.

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
360.0 W	21.25 m ²	16.94 W/m ² = 5.45 W/m ² /100 lx (Local)	311 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
2	Ledvance	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180.0 W	180.0 W

Lista de luminarias

∅ _{total}		P _{total}		Rendimiento lumínico	
40000 lm		360.0W		111.1 lm/W	
Unidad	Fabricante	Nombre del articulo	P	∅	Rendimiento lumínico
2	Ledvance	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180W	19999lm	111.1lm/W

Objeto de cálculo



Planos útiles

Propiedades	\bar{E} (Nominal)	E_{min}	$E_{máx}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (PASAMANERÍA) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	311 lx (≥ 50.0 lx) ✓	24.6 lx	2061 lx	0.079	0.012	S14

Pasamanería



Descripción

Plano de situación de luminarias

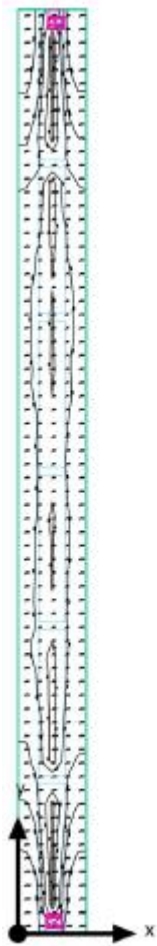


Fig. 48 Edificación 1 - Planta (nivel) 2 - PASAMANERIA

Fuente: (Autor)

Base: 21.25 m² | Grado de reflexión: Techo: 70.0 %, Paredes: 89.2 %, Suelo: 20.0 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 3.000 m | Altura de montaje: 0.134 m - 0.150 m.

Resumen

Tabla 40 Perfil de uso: Museos, Objetos de exposición sensibles a la luz

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	311 lx	≥ 50.0 lx	✓
	g ₁	0.079	-	-
Valores de consumo	Consumo	720 kWh/a	máx. 750 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	16.94 W/m ²	-	-
		5.45 W/m ² /100 lx	-	-

Fuente: (Autor)

Lista de luminarias

Tabla 41 Luminaria utilizada

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	LEDVANCE	40580750977 28	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180.0 W	19999 lm	111.1 lm/W

Fuente: (Autor)



Fig. 49 Ubicación de luminarias

Fuente: (Autor)

Tabla 42 Plano de situación de luminarias

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.697 m	16.991 m	0.134 m	1
0.659 m	0.000 m	0.150 m	2

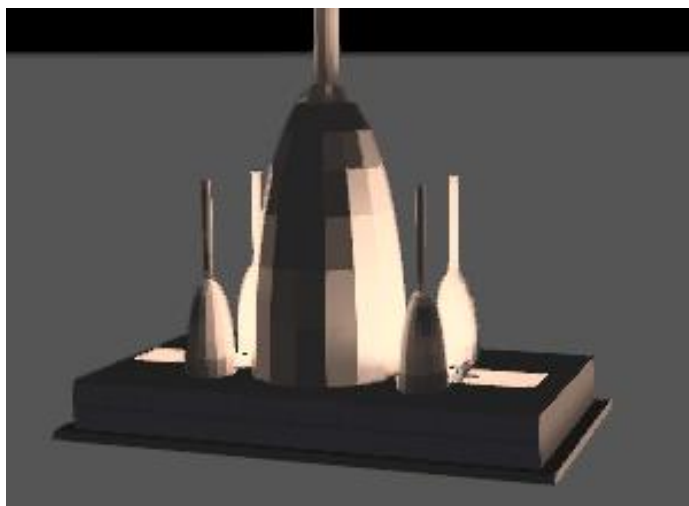
Fuente: (Autor)

4.2.13 Planta (nivel) 3



ϕ_{total}		P_{total}		Rendimiento lumínico	
40000 lm		360.0 W		111.1 lm/W	
Unidad	Fabricante	Nombre del articulo	P	ϕ	Rendimiento lumínico
2	Ledvance	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180.0 W	19999 lm	111.1 lm/W

4.2.14 Planta (nivel) 4



ϕ_{total}		P_{total}		Rendimiento lumínico	
40000 lm		360.0 W		111.1 lm/W	
Unidad	Fabricante	Nombre del articulo	P	ϕ	Rendimiento lumínico
2	Ledvance	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180.0 W	19999 lm	111.1 lm/W

4.2.15 Glosario

A	Símbolo para una superficie en la geometría
Área circundante	El área circundante limita directamente con el área de la tarea visual y debe contar con un ancho de al menos 0,5 m, según DIN EN 12464-1. Se encuentra a la misma altura que el área de la tarea visual.
Área de fondo	El área de fondo limita, según DIN EN 12464-1, con el área inmediatamente circundante y alcanza los límites del local. En el caso de locales grandes, el área de fondo tiene al menos 3 m de anchura. Es horizontal y se encuentra a la altura del suelo.
Área de la tarea visual	El área requerida para llevar a cabo una tarea visual según DIN EN 12464-1. La altura corresponde a la altura a la que se lleva a cabo la tarea visual.
CCT	(ingl. correlated colour temperature) Temperatura del cuerpo de un proyector térmico, que se utiliza para la descripción de su color de luz. Unidad: Kelvin [K]. Entre menor sea el valor numérico, más rojo, a mayor valor numérico, más azul será el color de luz. La temperatura de color de lámparas de descarga gaseosa y semiconductores se denomina, al contrario de la temperatura de color de los proyectores térmicos, como "temperatura de color correlacionada". Correspondencia entre colores de luz y rangos de temperatura de color según EN 12464-1: Color de luz - temperatura de color [K] blanco cálido (ww) < 3.300 K blanco neutro (nw) ≥ 3.300 – 5.300 K

	blanco luz diurna (tw) > 5.300 K
Cociente de luz diurna	<p>Relación entre la iluminancia que se alcanza en un punto en el espacio interior, debida únicamente a la incidencia de luz diurna, y la iluminancia horizontal en el espacio exterior bajo cielo abierto.</p> <p>Símbolo: D (ingl. daylight factor)</p> <p>Unidad: %</p>
CRI	<p>(ingl. colour rendering index)</p> <p>Denominación para el índice de reproducción cromática de una luminaria o de una fuente de luz según DIN 6169: 1976 o. CIE 13.3: 1995. El índice general de reproducción cromática Ra (o CRI) es un coeficiente adimensional que describe la calidad de una fuente de luz blanca en lo que respecta a su semejanza a una fuente de luz de referencia, en los</p>
D Densidad lumínica	<p>Medida de la "impresión de claridad" que el ojo humano percibe de una superficie. Es posible que la superficie misma ilumine o que refleje la luz que incide sobre ella (valor de emisor). Es la única dimensión fotométrica que el ojo humano puede percibir.</p> <p>Unidad: Candela por metro cuadrado</p> <p>Abreviatura: cd/m²</p> <p>Símbolo: L</p>
E Eta (η)	<p>(light output ratio)</p> <p>The light output ratio describes what percentage of the luminous flux of a free radiating lamp (or LED module) is emitted by the luminaire when installed.</p> <p>Unit: %</p>
F Factor de degradación	Medida para la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz en todas

	<p>direcciones. Es con ello un "valor de emisor" que especifica la potencia de emisión total.</p> <p>El flujo luminoso de una fuente de luz solo puede determinarse en el laboratorio. Se diferencia entre el flujo luminoso de lámpara o de módulo LED y el flujo luminoso de luminaria.</p> <p>Unidad: Lumen</p> <p>Abreviatura: lm</p> <p>Símbolo: Φ</p>
G g1	<p>Con frecuencia también U_o (ingl. overall uniformity)</p> <p>Denomina la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente de E_{min} y \bar{E} y se utiliza, entre otras, en normas para la especificación de iluminación en lugares de trabajo.</p>
g2	<p>Denomina en realidad la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente entre E_{min} y E_{max} y por lo general es relevante solo como evidencia de iluminación de emergencia según EN 1838.</p>
Grado de reflexión	<p>El grado de reflexión de una superficie describe qué cantidad de la luz incidente es reflejada. El grado de reflexión se define mediante la coloración de la superficie.</p>
I Iluminancia, adaptativa	<p>Para la determinación de la iluminancia media adaptativa sobre una superficie, ésta se pasteriza en forma "adaptativa". En el área en que hay las mayores diferencias en iluminancia dentro de la superficie, la rasterización se hace más fina, en el área de menores diferencias, se realiza una rasterización más gruesa.</p>
Iluminancia, horizontal	<p>Iluminancia, calculada o medida sobre un plano horizontal (éste puede ser p.ej. una</p>

	superficie de una mesa o el suelo). La iluminancia horizontal se identifica por lo general con las letras Eh.
Iluminancia, perpendicular	Iluminancia perpendicular a una superficie, medida o calculada. Este se debe considerar en superficies inclinadas. Si la superficie es horizontal o vertical, no existe diferencia entre la iluminancia perpendicular y la vertical u horizontal.
Iluminancia, vertical	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano vertical (este puede ser p.ej. la parte frontal de una estantería). La iluminancia vertical se identifica por lo general con las letras Ev.
Intensidad lumínica	Describe la intensidad de luz en una dirección determinada (valor de emisor). La intensidad lumínica es el flujo luminoso Φ , entregado en un ángulo determinado Ω del espacio. La característica de emisión de una fuente de luz se representa gráficamente en una curva de distribución de intensidad luminosa (CDL). La intensidad lumínica es una unidad básica SI. Unidad: Candela Abreviatura: cd Símbolo: I
Intensidad lumínica	Describe la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie determinada y el tamaño de esta superficie ($lm/m^2 = lx$). La iluminancia no está vinculada a una superficie de un objeto. Puede determinarse en cualquier punto del espacio (interior o exterior). La iluminancia no es una propiedad de un producto, ya que se trata de un valor del

	<p>receptor. Para su medición se utilizan aparatos de medición de iluminancia.</p> <p>Unidad: Lux</p> <p>Abreviatura: lx</p> <p>Símbolo: E</p>
L LENI	<p>(ingl. lighting energy numeric indicator)</p> <p>Indicador numérico de energía de iluminación según EN 15193</p> <p>Unidad: kWh/m² año</p>
LLMF	<p>(ingl. lamp lumen maintenance factor) /según CIE 97: 2005</p> <p>Factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas, tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de una lámpara o de un módulo LED en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin disminución de flujo luminoso).</p>
LMF	<p>(ingl. luminaire maintenance factor) /según CIE 97: 2005</p> <p>Factor de mantenimiento de luminaria, tiene en cuenta el ensuciamiento de la luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de luminaria se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).</p>
LSF	<p>(ingl. lamp survival factor) /según CIE 97: 2005</p> <p>Factor de supervivencia de la lámpara, tiene en cuenta el fallo total de una luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de supervivencia de la lámpara se expresa como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (dentro del tiempo</p>

	considerado, no hay fallo, o sustitución inmediata tras un fallo).
M MF	(ingl. maintenance factor) /según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento, número decimal entre 0 y 1, describe la relación entre el valor nuevo de una dimensión de planificación fotométrica (p.ej. iluminancia) y el valor de mantenimiento tras un tiempo determinado. El factor de mantenimiento tiene en cuenta el ensuciamiento de lámparas y locales, así como la disminución de flujo luminoso y el fallo de fuentes de luz. El factor de mantenimiento se considera en forma general aproximada o se calcula en forma detallada según CIE 97: 2005, por medio de la fórmula $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$.
O Observador UGR	Punto de cálculo en el espacio, para el cual el DIALux determina el valor UGR. La posición y altura del punto de cálculo deben corresponder a la posición del observador típico (posición y altura de los ojos del usuario).
P P	(ingl. power) Consumo de potencia eléctrica Unidad: Vatio Abreviatura: W
Plano útil	Superficie virtual de medición o de cálculo a la altura de la tarea visual, por lo general sigue la geometría del local. El plano útil puede también dotarse de una zona marginal.
R Rendimiento lumínico	Ratio of the emitted luminous flux Φ [lm] to the absorbed electrical power P [W] Unit: Lm/W. This ratio can be formed for the lamp or LED module (lamp or module light output), the lamp or module with control gear (system light output) and the complete luminaire

	(luminaire light output).
RMF	(ingl. room surface maintenance factor) /según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento del local, tiene en cuenta el ensuciamiento de las superficies que rodean el local en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento del local se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).
S Superficie útil - Cociente de luz diurna	Una superficie de cálculo, dentro de la cual se calcula el cociente de luz diurna.
U UGR (máx.)	(unified glare rating) Measure for the psychological glare effect in interiors. In addition to luminaire luminance, the UGR value also depends on the position of the Observer, the viewing direction and the ambient luminance. Among other things, EN 12464-1 specifies maximum permissible UGR values for various indoor workplaces.
Z Zona marginal	Zona circundante entre el plano útil y las paredes, que no se considera en el cálculo.

4.3. Comparativa de medidas lumínicas

Tabla 43 Medición con luxómetro

Equipo	Área	Escala	Medida inicial en luxes	Escala	Medida final en luxes
Mavolux	Sala 1	1/300	43	1/300	205
Mavolux	Sala 2	1/300	50	1/300	96
Mavolux	Altar mayor	1/300	40	1/300	140

Fuente: (Autor)

Para este proceso necesario y como comparativa técnica, se realiza medidas de iluminación con el uso de un luxómetro profesional MAVOLUX de fabricación alemana, es analógico, es técnicamente recomendable ya que el error de lectura es mínimo (Solo cuadro comparativo).

4.3.1 Medición inicial sala 1.

Usando la escala 1/100 se observa mediante el método de la cuadrícula que la lectura es de 43 luxes inicialmente (ver anexo 12 literal a).

En esta se observa que la escala del Luxómetro no cubre el valor de medición por lo que se aumenta la escala y se puede observar que la cantidad de luz llega a 205 luxes que esta igual o superior a lo que se requiere según tablas (ver anexo 12 literal b).

4.3.2 Medición inicial sala 2

Usando la escala 1/300 se puede que la lectura es de unos 50 luxes inicialmente (ver anexo 12 literal c).

En esta se observa que la escala del Luxómetro me cubre el valor de medición por lo que se mantiene la escala y se puede observar que la cantidad de luz llega a 96 luxes que esta igual o superior a lo que se requiere según valores recomendados y tablas (ver anexo 12 literal d).

4.3.3 Medición inicial altar mayor

Usando la escala 1/300 se puede observar que la lectura es de unos 40 luxes inicialmente (ver anexo 12 literal e).

En esta se observa que la escala del Luxómetro cubre el valor de medición por lo que se mantiene la escala y se puede observar que la cantidad de luz llega a 140 luxes que está dentro de los requerimientos técnicos según valores recomendados y tablas (ver anexo 12 literal f).

Tabla 44 Lecturas reales actuales obtenidas de la EERCS.

Descripción	Fecha hasta	Lectura actual	Lectura anterior	Consumo subtotal	Consumo total	Unidad medida	Monto(\$)
Energía activa total	20/04/2020	9195	8630	565	565	kW/h	27,5
Energía activa total	18/06/2020	9813	9404	409	409	kW/h	17,67
Energía activa total	20/07/2020	10272	9813	459	459	kW/h	20,82
Energía activa total	18/08/2020	10697	10272	425	425	kW/h	18,68
Energía activa total	18/09/2020	11137	10697	440	440	kW/h	19,62
Energía activa total	20/10/2020	11661	11137	524	524	kW/h	24,91

Fuente: (Autor)

Datos de lecturas realizadas de los meses de abril, junio, julio, agosto, septiembre y octubre del 2020.

CONCLUSIONES.

El diseño en 3D técnicamente tiene su parte fundamental, ya que es necesaria para una presentación sustentada del proyecto tanto en el diseño como en su aplicación.

En la tabla 40 de lecturas correspondiente al consumo energético inicial y final, la media mensual de consumo energético es de 667,6 kW/h, y al aplicar el proyecto se obtiene una media de consumo mensual final de 470,33 kW/h, como resultado un ahorro energético promedio mensual de 197,26 kW/h, equivalente al 29,55 %

Por lo anterior, una eficiencia energética lograda con un correcto sistema de iluminación, en todo proyecto es un aporte fundamental, en este caso, se logra un ahorro económico importante, el mismo que fluctúa entre un 20 - 30%.

La disminución de consumo energético por parte de la iglesia en el sector, reduce la carga del transformador público, aumentado su capacidad de servicio, así como su horizonte de prestación.

RECOMENDACIONES

Un proyecto de esta naturaleza tiene diferentes aspectos a tomar en consideración:

El valor cultural religioso, patrimonial y la disminución de la huella de carbono; nos permite sugerir como guía de otros trabajos similares.

Por su facilidad técnica se recomienda para el diseño y análisis lumínico, usar la herramienta informática DIALUX.

Debido al avance tecnológico y la variación de diseño de luminarias, se recomienda comprar un stock de repuestos o contar con un servicio técnico pos venta, que garantice la vida útil del proyecto en su forma y en el modelo, así como las características de equipos usados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL R, F. (2019). *Control de la Iluminación*. España: Ediciones Paraninfo.
- B-LED. (14 de Enero de 2019). *UGR o índice de deslumbramiento unificado*. Obtenido de Todo sobre led e iluminación: <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/ugr-indice-deslumbramiento-unificado/>
- Cabello, R. M. (2019). *Instalaciones eléctricas interiores*. Editex.
- Comparalux Buscador de iluminación. (25 de Septiembre de 2020). *Magnitudes físicas fundamentales*. Obtenido de Comparalux Buscador de iluminación: <https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php#2.1>
- Covarrubias, D. L. (2018). *Manual Práctico de Iluminación*. Santiago: Ediciones UC.
- CyP LED . (17 de Noviembre de 2017). *CRI de las campanas led*. Obtenido de CyP LED : <https://campanasled.com/Blog/cri-de-las-campanas-led/>
- ERMEC. (06 de Febrero de 2015). *Ermec suministra la nueva iluminación interior de bajo consumo de la Iglesia de Santa Eulalia en Mallorca*. Obtenido de ERMEC: <http://www.ermec.com/ermec-iluminacion-led/33-ERMEC-ILU-LED-Nueva-iluminacion-interior-en-la-iglesia-de-Santa-Eulalia-de-Mallorca.htm>
- ESTUDIOMATMATA. (20 de Abril de 2016). *LA TEMPERATURA DE COLOR PARA CONSEGUIR EL AMBIENTE IDEAL*. Obtenido de ESTUDIOMATMATA: <https://estudiomatmata.es/blog/materiales/la-temperatura-de-color-para-conseguir-el-ambiente-ideal>
- GAC, A. (2016). *Técnico electricista 12 - Luminotecnia: Curso visual y gráfico*. Buenos Aires: RedUsers.
- GMDSolutions. (23 de Septiembre de 2020). *Las principales ventajas del LED*. Obtenido de GMD Solutions: <http://gmdsol.com/las-principales-ventajas-del-led/>
- Gomez, M., Picon, C., & Laitano, J. (09 de Febrero de 2018). *LUMINARIAS: CLASIFICACIÓN Y TIPOS*. Obtenido de ILUMINACIÓN EN LOS PUESTOS DE TRABAJO: <http://iluminacionunisimon2017.blogspot.com/p/luminarias-clasificacion-y-tipos.html>

HETPRO. (24 de Marzo de 2015). *TUTORIALES*. Obtenido de HETPRO: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/resistencia-de-led/>

iLamparas. (02 de Agosto de 2015). *El proyecto de iluminación de la Iglesia de San Paolo*. Obtenido de iLamparas: <https://ilamparas.com/blog/el-proyecto-de-iluminacion-de-la-iglesia-de-san-paolo/>

Iluminet, revista de Iluminacion. (s.f.). *Iluminación en museos y galerías de arte*. Obtenido de Alexis Álvarez Rodríguez: <https://www.iluminet.com/iluminacion-en-museos-y-galerias-de-arte/>

ILUMINICA. (31 de Enero de 2020). *La eficiencia luminosa y los sistemas LED*. Obtenido de ILUMINICA: <http://iluminica.com/la-eficiencia-luminosa-y-los-sistemas-led/>

INSHT, I. N. (Diciembre de 2015). *ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO*. Obtenido de INSST: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>

LED CENTER. (12 de Febrero de 2018). *Iluminación LED en Oficinas*. Obtenido de LED CENTER: <http://ledcentergroup.com/iluminacion-led-oficinas>

Led Total Saving Energy que es la eficiencia luminosa. (23 de Mayo de 2019). *Que es la Eficiencia luminosa*. Obtenido de Donde las buenas ideas te encuentran: <https://medium.com/@ledtse/que-es-la-eficiencia-luminosa-2214b237c853>

LEDAlmacen. (08 de Febrero de 2016). *Lux vs. Lumen en la iluminación LED*. Obtenido de LEDAlmacen: <https://blog.ledalmacen.com/2016/02/08/lux-vs-lumen-en-la-iluminacion-led/>

Lighting. (24 de Septiembre de 2020). *Iluminación iglesias*. Obtenido de Lighting: <https://www.luzycolor2000.com/noticias/iluminacion-iglesias/>

LUMINOTECNIA. (31 de Octubre de 2017). *Magnitudes y Unidades*. Obtenido de LUMINOTECNIA: https://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/_luminotecnia.pdf

Lumistrrips. (29 de Julio de 2019). *Efectos de la temperatura de funcionamiento de los LEDs: Explicado*. Obtenido de Lumistrrips: https://www.es.lumistrrips.com/lumistrrips-blog/led_high_temperature_performance_explained-es/

- MANUAL DE ILUMINACIÓN VIAL. (2015). *CARRETERAS, BOULEVARES, ENTRONQUES, VIADUCTOS*. Obtenido de MANUAL DE ILUMINACIÓN VIAL.
- Martín Castillo, J. C. (2018). *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Editex.
- MasVoltaje. (27 de Abril de 2016). *Que tipos de cables eléctricos existen*. Obtenido de MasVoltaje: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- Mendoza Ramírez, A. (2016). *Montaje de elementos y equipos de instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios*. Malaga: IC Editorial.
- NOAO. (22 de Agosto de 2016). *Niveles de iluminación recomendados*. Obtenido de NOAO: https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/LightLevels_outdoor+indoor_es.pdf
- NORMA TECNICA DE SALUD. (s.f.). Obtenido de NORMA TECNICA DE SALUD: <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/docconsulta/documentos/digesa/ProyReglamentolluminacion.pdf>
- PREFIRE. (16 de Julio de 2015). *Parámetros necesarios para realizar un estudio lumínico con luz natural*. Obtenido de PREFIRE: <https://blog.prefire.es/2015/07/parametros-necesarios-para-realizar-un-estudio-luminico-con-luz-natural/>
- PREVENCIÓN INTEGRAL. (16 de Julio de 2019). *Entendiendo el color de la luz*. Obtenido de PREVENCIÓN INTEGRAL: <https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/upcplus/2019/07/10/entendiendo-color-luz>
- Ramírez Agudo, M. Á. (2020). *Eficiencia Energética*. España: ELEARNING S.L.
- Riva, A. (15 de Septiembre de 2017). *Mediciones de iluminación por el método de la cuadrícula*. Obtenido de Inclusión de la Variante AHRA: <https://cie.gov.ar/web/images/Metodo-cuadrícula-HyST.pdf>
- Roldán Vioria, J. (2017). *Fórmulas y datos prácticos para electricistas 9.ª edición*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Sánchez, S. M. (2015). *Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior*. España: Editorial Elearning, S.L.
- Tecnoiglesia. (04 de Marzo de 2020). *Segundo principio del diseño de iluminación: Luminancia*. Obtenido de Tecnoiglesia: <https://tecnoiglesia.com/2020/03/segundo-principio-del-diseno-de-iluminacion-luminancia/>

Torralba, P. F. (2018). *El futuro de la energía en 100 preguntas*. Madrid: Ediciones Nowtilus S.L.

UPC Curso on-line de iluminación. (28 de Junio de 2014). *Contenido*. Obtenido de UPC Curso on-line de iluminación: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/disenoproyecto-requisitosDiseno.php>

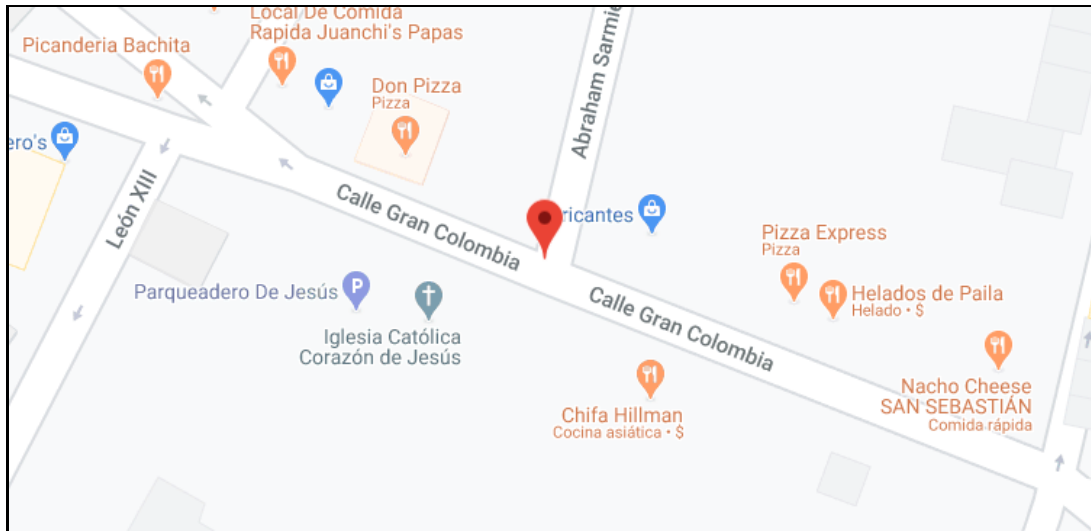
Valencia Vanegas, F. (2016). *Riesgos Eléctricos y Mecánicos*. Bogota: Ediciones de la U.

Villazón, R., Pinzón, A., Sánchez, A., & Rodríguez, D. (2018). *Luz Materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos*. Bogota: Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes.

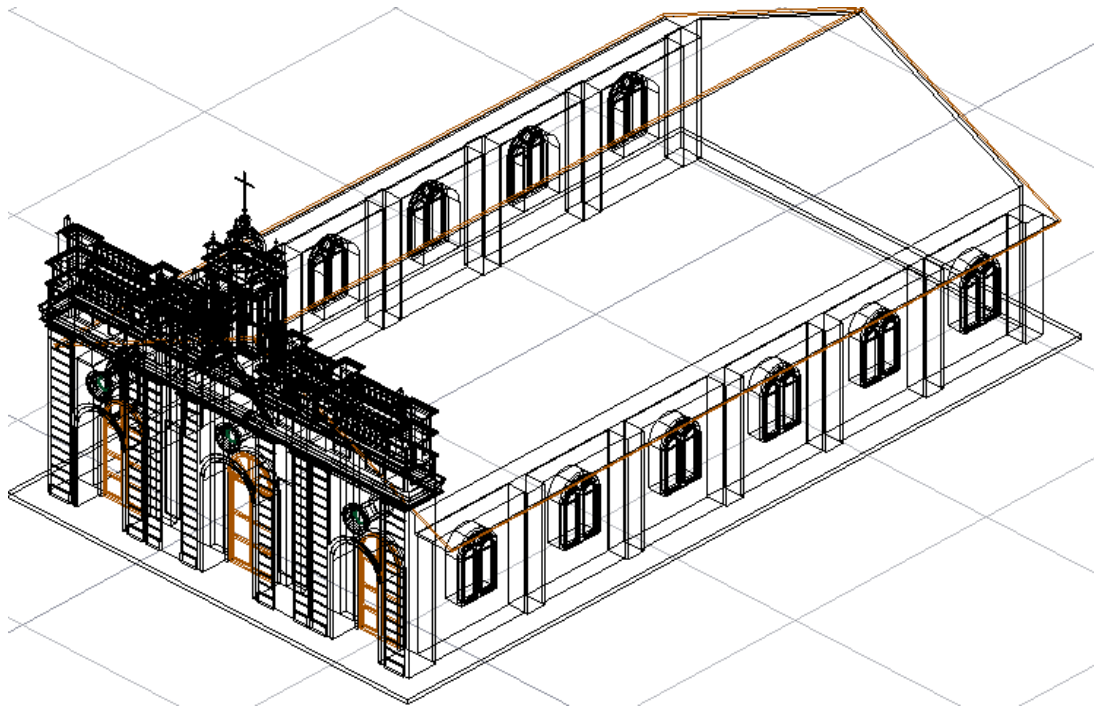
ANEXOS

Anexo 1 Ubicación

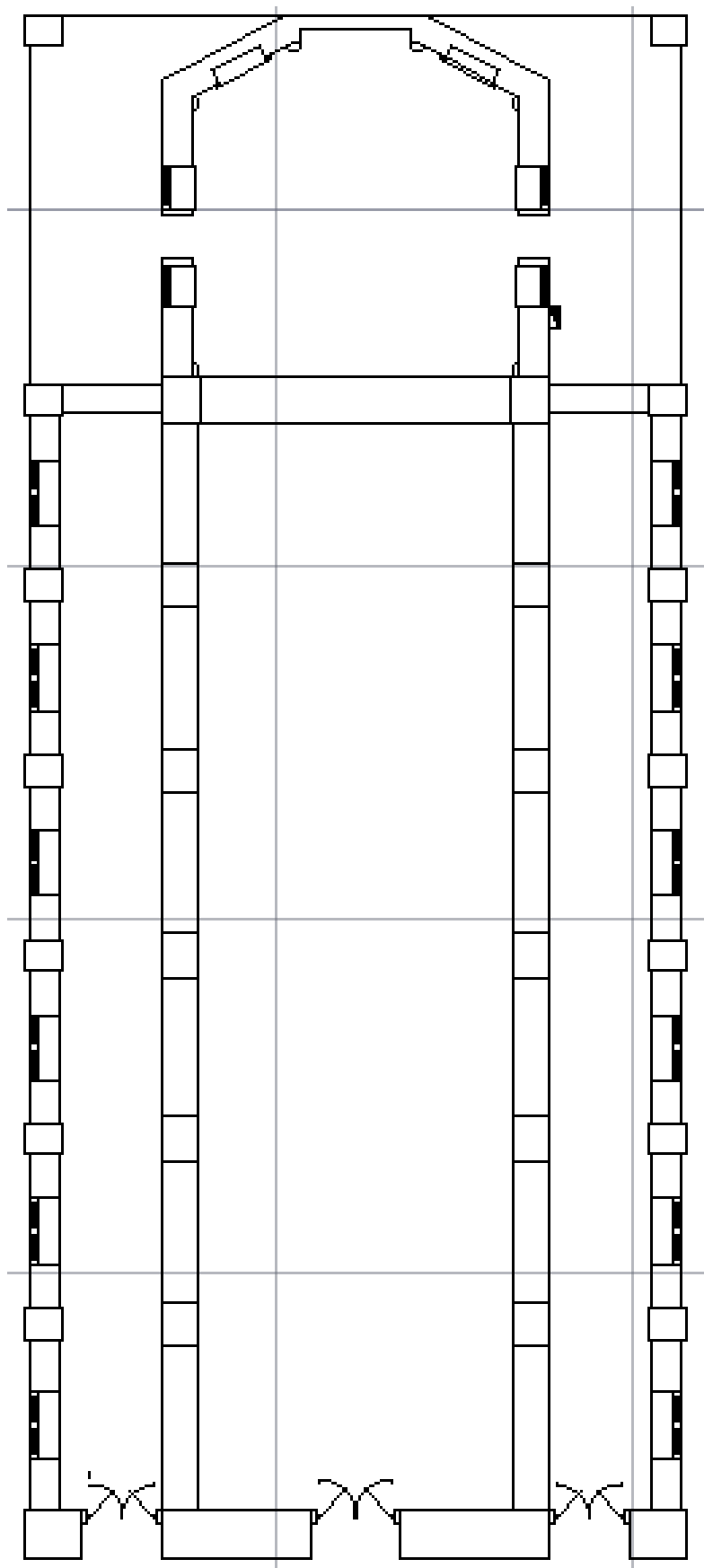
La iglesia “Sagrado Corazón de Jesús” representada por su párroco actual el Padre Esteban Sánchez Serrano, y responsable del inmueble ubicado en la provincia del Azuay, Cantón cuenca sector Zona Rosa en la calle Gran Colombia & Abraham Sarmiento.



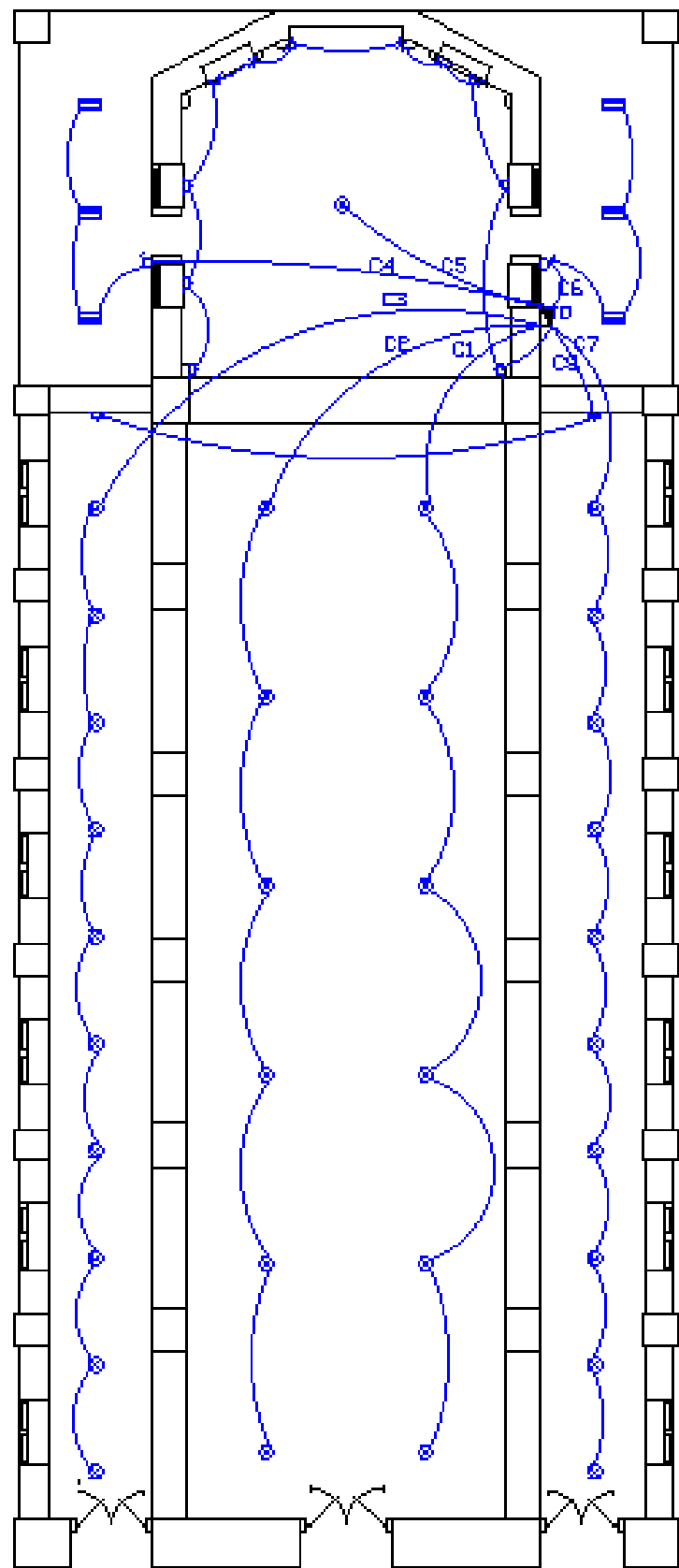
Anexo 2 Plano arquitectónico



Anexo 3 Plano de planta



Anexo 4 Plano eléctrico



Anexo 5 Material utilizado

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Cable THHN #10 Unilay/Flexible 90°C	Metros.	600
2	Cable THHN #12 Unilay/Flexible 90°C	Metros.	400
3	Cable THHN #14 Unilay/Flexible 90°C	Metros.	400
4	Tubo Eléctrico E.M.T. 1/2 X 1.07mm x 3.05 m – Ipac	Unidad	50
5	Tubo Eléctrico E.M.T. 3/4 X 1.24mm x 3.05 m – Ipac	Unidad	50
6	Caja Rectangular Para Electricidad	Unidad	30
7	Cajetín octogonal cuatro huecos metálica	Unidad	50
8	Conector EMT 1/2"	Unidad	100
9	Conector EMT 3/4"	Unidad	100
10	Poli tubo para Inst. eléctrica punta blanca 1/2"	Metros.	200
11	Cinta aislante 3M	Unidad	15
12	Capuchón	Unidad	200
13	Alambre galvanizado # 16	Kilo	4
14	Grampa EMT 1/2"	Unidad	100
15	Grampa EMT 3/4"	Unidad	100
16	Taco Fisher #6	Unidad	400
17	Tornillo 1*8 triple pato	Unidad	400
18	Taco Fisher #10	Unidad	100
19	Tirafondo 1/4*3"	Unidad	100
21	Tubos led con regleta	Unidad	4
23	Grapas para madera	Unidad	100
24	Barra de silicona Caliente	Unidad	25
25	Proyector LED 4500lm Ip65 100-240 Voltios.	Unidad	8
26	Lámpara Industrial LED UFO 13500lm/6000k	Unidad	12
27	Bombilla LED MR16/4000k	Unidad	12

Anexo 6 Cuadro de demanda

TABLERO DE DISTRIBUCION-PLANTA												
TD1												
NUM.	TD1		LAMP	LAMP	LAMP	LAMP	CARGA	FACT.	DEM.	PROTECCION	CALIBRE CONDUCTOR	FASES
DE			PANEL	PANEL	PANEL	PANEL	INSTAL.	DEM.	MAX.			
CIRTO.			36	50	100	165	(W)		(W)			
1	ILUMINACIÓN	C1				6	990,0	0,70	693,0	1*10	16	R
2	ILUMINACIÓN	C2				6	990,0	0,70	693,0	1*10	16	S
3	ILUMINACIÓN	C3	10				360,0	0,70	252,0	1*10	16	R
4	ILUMINACIÓN	C4	3				108,0	0,70	75,6	1*10	16	S
5	ILUMINACIÓN	C5			1		100,0	0,70	70,0	1*10	16	R
6	ILUMINACIÓN	C6	3				108,0	0,70	75,6	1*10	16	S
7	ILUMINACIÓN	C7	10				360,0	0,70	252,0	1*10	16	R
8	ILUMINACIÓN	C8		2			100,0	0,70	70,0	1*10	16	S
9	ILUMINACIÓN	C9		12			600,0	0,70	420,0	1*10	16	R
			26	14	1	12	3716,0					

Anexo 7 Niveles de iluminación media en alumbrado ornamental

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO:							
- Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) azul - verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
- termolacado colores medios (30 - 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
- termolacado colores medios (30 - 40%) azul - verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
- termolacado colores pastel (60 - 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
- termolacado colores pastel (60 - 70%) azul - verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

⁽¹⁾ Valores mínimos de iluminación media en servicio con mantenimiento de la instalación sobre la superficie limpia iluminada con lámparas de incandescencia.

⁽²⁾ Coeficientes multiplicadores de corrección para lámparas de halogenuros metálicos (H.M.), vapor de mercurio (V.M.), de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) y a baja presión (S.B.P.), así como para el estado de limpieza de la superficie iluminada.

Anexo 8 REGULACIÓN No. ARCONEL 054/18

En el apartado 4. Alumbrado Público Ornamental Es la iluminación de zonas públicas como parques, plazas, iglesias, monumentos y todo tipo de espacios, que obedecen a criterios estéticos determinados por los municipios o por el órgano estatal competente.

En el apartado 5.3. Distribuidoras como responsables de la prestación del servicio de alumbrado público deberán, planificar y administrar, así como operar mantener y expandir el servicio de alumbrado público en general a fin de cubrir la demanda en su área de servicio en coordinación con el GAD, el MTOP, Policía Nacional o autoridades de tránsito Competente, en los casos que corresponda deberá cumplir y reportar a ARCONEL los índices de calidad y continuidad del servicio de alumbrado público general estipulado en esta regulación.

Mantener actualizada los datos de los APG y georreferenciar las luminarias de alumbrado público intervenido, ornamental y medidores. Mediante el SIG. Medir y registrar el consumo mensual del alumbrado público ornamental intervenido, vigilar que los equipos cumplan con las diferentes homologaciones regidas por el ministerio, Convenios de mantenimiento del alumbrado público ornamental con los GAD, mismos que cubrirá los gastos de este proceso.

Aprobar estudios de los diferentes tipos de iluminación pública, ornamental o semaforización y de seguridad, atendiendo los requerimientos.

En el apartado 5.5. Gobiernos Autónomos Descentralizados, responsables de espacios públicos deben coordinar con las empresas eléctricas distribuidoras, la aprobación y puesta en operación y el mantenimiento de estos sistemas, desarrollo de los sistemas de alumbrado público ornamental e intervenido, Desarrollar estudios técnicos para este fin

Regirse en los diseños considerando los diferentes parámetros que en esta regulación se misionan como son, Deslumbramiento factor de utilización y flujo luminoso entre otros. Siguiendo normas CIE 140-2000 Y CIE 132-1999.

Anexo 9 Software Día Lux evo

Es la última versión del otro gran programa de cálculo de iluminación, el de uso más extendido entre fabricantes y diseñadores, llegando a estar presente en 189 países.

Esta nueva versión es una evolución más potente que permite un uso más intuitivo de las herramientas que ofrece. Comprende diversos modos que definen su concepto de trabajo: el modo construcción ofrece todas las herramientas necesarias para la creación de la geometría por medio de la importación de un archivo dwg y su retoque, permite también trabajar con formatos gbXML, en el modo luz el proyectista puede seleccionar los equipos que quiere incorporar al proyecto, para lo que también dispone del buscador de luminarias LUM search, el modo calcular permite realizar los cálculos luminotécnicos, creación de escenas de luz, e interpretación de los resultados, obteniéndose en el modo documentación los resultados y la documentación necesaria para justificar los cálculos realizados.

Anexo 10 Contenido de simulación

a) Portada

b) Observaciones preliminares

c) Lista de luminarias

d) Fichas de producto

- ✓ LEDVANCE - DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY (1x DP SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY)
- ✓ LEDVANCE - FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK (1x FLOODLIGHT 180 W 4000 K IP65 BK)
- ✓ LEDVANCE - FLOODLIGHT 50 50 W 4000 K IP65 WT (1x FLOODLIGHT 50 W 4000 K IP65 WT)
- ✓ LEDVANCE - HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK (1x HB 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK)
- ✓ LEDVANCE - HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK (1x HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK)
- ✓ SYLVANIA - ONWALL 4 GRY SS 1x100W E27 HV 30DEG (1x QPAR 30 100W/30dg E27)

e) Terreno 1

- ✓ Descripción
- ✓ Terreno 1

f) Edificación 1

- ✓ Descripción
- ✓ Lista de luminarias

g) Planta (nivel) 1

- ✓ Lista de locales
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

h) Altar mayor

- ✓ Descripción
- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

i) Oficina

- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias

- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

j) Sacristía

- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

k) Sala 1

- ✓ Descripción
- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

l) Sala 2

- ✓ Descripción
- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

m) Sala 3

- ✓ Descripción
- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

n) Planta (nivel) 2

- ✓ Lista de locales
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

o) Pasamanería

- ✓ Descripción
- ✓ Resumen
- ✓ Plano de situación de luminarias
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Objetos de cálculo

p) Planta (nivel) 3

- ✓ Descripción
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Terreno 1 - Edificación 1

q) Planta (nivel) 4

- ✓ Descripción
- ✓ Lista de luminarias
- ✓ Glosario

Anexo 11 Lista de luminarias del proyecto por áreas

Altar mayor

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
165.0W	83.17m ²	1.98W/m ² =0.29W/m ² /100lx(local)	689lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
1	Ledvance	HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK	165.0 W	22001 lm

Oficina

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
108.0 W	28.77 m ²	3.75 W/m ² = 1.39 W/m ² /100 lx (Local)	270 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
3	Ledvance	DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY	36.0 W	4000 lm

Sacristía

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
108.0 W	28.84 m ²	3.74 W/m ² = 1.37 W/m ² /100 lx (Local)	274 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
3	Ledvance	DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY	36.0 W	4000 lm

Sala 1

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
1980.0 W	274.37 m ²	7.22 W/m ² = 0.98 W/m ² /100 lx (Local)	737 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
12	Ledvance	HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK	165.0 W	22001 lm

Sala 2

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
1000.0 W	90.82 m ²	11.01 W/m ² = 2.09 W/m ² /100 lx (Local)	527 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
10	LEDVANCE	HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK	100.0 W	10000 lm

Sala 3

P total	A Local	Potencia específica de conexión	Ē horizontal (Plano útil)	
1000.0 W	90.88 m ²	11.00 W/m ² = 2.08 W/m ² /100 lx (Local)	528 lx	
Unidad	Fabricante	Nombre del artículo	P	Φ Luminaria
10	Ledvance	HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK	100.0 W	10000 lm

Unidad	Fabricante	Nombre del articulo	P	∅	Rendimiento lumínico
6	Ledvance	DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY	36W	4000lm	111.1lm/W
13	Ledvance	HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK	165W	2200lm	133.3lm/W
10	Ledvance	FLOODLIGHT 50 50 W 4000 K IP65 WT	50W	5500lm	110lm/W
8	Ledvance	FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK	180W	19999lm	111.1lm/W
20	Ledvance	HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK	100W	10000lm	100lm/W
4	Sylvania	ONWALL 4 GRY SS 1x100W E27 HV 30DEG	100W	1073lm	10.7lm/W

Anexo 12 Ficha de producto

- ✓ LEDVANCE DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY

Luminaria a prueba de humedad con carcasa delgada.

Características del producto:

Alta eficacia luminosa: hasta 110 lm / W. Ángulo de haz: 120 °.

Tipo de protección: IP65.

Beneficios del producto: Luz distribuida uniformemente.

Energía ahorros de hasta un 50% (en comparación con las luminarias que utilizan lámparas).

Carcasa muy delgada. Fácil instalación como los soportes de montaje colocarse libremente sobre la luminaria.

Conexión eléctrica sin herramientas debido al conector de botón.

Garantía de 3 años. Fácil acceso a terminal eléctrico gracias a las tapas de los extremos con mecanismo de clip.

Áreas de Aplicación: Instalaciones industriales y de almacenamiento.

Aparcamientos y pasos inferiores. Garajes. Talleres, líneas de montaje.

Equipo /Accesorios: Abrazaderas de acero inoxidable con tornillos de seguridad incluidos.

Accesorios de montaje incluidos (kit de suspensión, kit de protección antirrobo).

- ✓ LEDVANCE FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK

Proyector con salida de luz simétrica de 180 W.

Producto características: Eficacia de la luminaria: hasta 110 lm / W. Haz simétrico ángulo: 100 ° x 100 °.

Soporte de montaje para inclinación de hasta 180 °.

Tipo de protección: IP65.

Resistencia al impacto: IK08.

Temperatura ambiente en funcionamiento: -20... + 50 ° C. Conexión mediante cable de 1 m, cableado necesario.

Beneficios del producto: Cubierta esmerilada de vidrio templado para uniformidad, iluminación.

Peso y tamaño optimizados gracias a su diseño compacto.

No relación de salida de luz superior (ULOR 0%) cuando se monta con una inclinación de 0 °.

Energía ahorros de hasta un 90% en comparación con los proyectores de lámparas halógenas.

Garantía de 5 años.

Campos de aplicación: Sustitución de proyectores con Lámparas halógenas. Garajes. Áreas públicas. Fachadas de edificios.

Área de construcción para uso comercial de riesgo de incendio por acumulación de polvo.

✓ LEDVANCE FLOODLIGHT 50 50 W 4000 K IP65 WT

Proyector con salida de luz simétrica de 50 W.

Características del producto: Eficacia de la luminaria: hasta 110 lm / W. Ángulo de haz simétrico: 100 ° x 100 °. Soporte de montaje para inclinación de hasta 180 °.

Tipo de protección: IP65. Resistencia al impacto: IK07. Temperatura ambiente en funcionamiento: - 20... + 50 ° C.

Conexión mediante cable de 1 m, cableado necesario.

Producto ventajas: Cubierta esmerilada de vidrio templado para uniformidad iluminación. Peso y tamaño optimizados gracias a su diseño compacto.

No Relación de salida de luz superior (ULOR 0%) cuando se monta con una inclinación de 0 °.

Energía ahorro de hasta un 90% en comparación con los proyectores de lámparas halógenas.

Garantía de 3 años.

Campos de aplicación: Sustitución de proyectores con Lámparas halógenas. Aparcamientos y pasos subterráneos. Garajes. Áreas públicas.

Fachadas de edificios.

Áreas de construcción. para unidades comerciales con riesgo de incendio por acumulación de polvo.

✓ LEDVANCE HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK

Luminarias de gran altura hasta 135 lm / W.

Características del producto: Luminoso eficacia: hasta 135 lm / W.

Tipo de protección: IP65. Disponible con Ángulo del haz: 70 °, 90 °, 110 °. Beneficios del producto: Alta eficacia luminosa.

Ahorro de energía de hasta un 60% en comparación con la bahía alta convencional luminarias.

Garantía de 5 años.

Peso y tamaño optimizados debido a diseño compacto.

Campos de aplicación: Sustitución de gran altura luminarias con lámparas de vapor de mercurio o de halogenuros metálicos, Almacenes, Pasillos logísticos, Industria. Techos altos (por ejemplo, en centros comerciales, aeropuertos, edificios comerciales, vestíbulos).

Equipo / Accesorios: Montaje gancho y soportes incluidos.

✓ LEDVANCE HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK

Luminarias de gran altura hasta 110 lm / W.

Características del producto: funcionamiento temperatura: -20... 50 ° C.

Carcasa de aluminio negro, vidrio templado.

Cubierta de ópalo.

Tipo de protección: IP65.

Vida útil (L70): hasta 50.000 h.

Alta eficacia luminosa: hasta 110 lm / W.

Beneficios del producto: Diseño exclusivo moderno. Ahorro de energía de hasta un 60% en comparación con Luminarias convencionales de gran altura.

Garantía de 3 años. Optimizado peso y tamaño gracias a su diseño compacto.

Áreas de aplicación: Reemplazo para luminarias con vapor de mercurio o metal Lámparas de halogenuros. Almacenes. Pasillos logísticos. Industria. Techo alto (p. Ej. en centros comerciales, aeropuertos, edificios comerciales, vestíbulos).

✓ SYLVANIA ONWALL 4 GRY SS 1x100W E27 HV 30DEG

Luminaria de pared de 70W, 75W y 100W

Elija entre: lámparas de descarga de alta intensidad o lámparas basadas en E27

(Lámparas halógenas de alta tensión, lámparas fluorescentes compactas o incluso lámparas LED)

Viene en forma tubular / redonda

Lastre totalmente integrado (cuando corresponda)

Genera un haz de luz hacia arriba y hacia abajo

Cuerpo de aluminio fundido a presión con cristal transparente

Clase de protección alta: IP55

Carcasa resistente: IK08

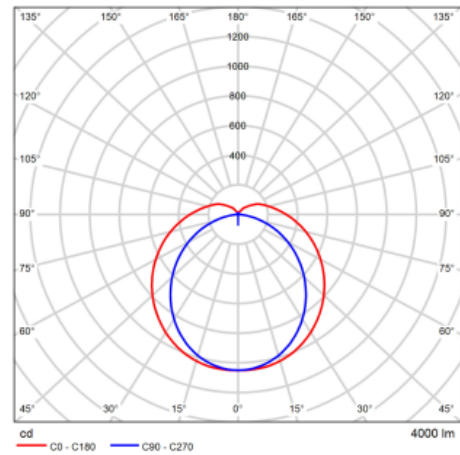
RAL 9007

Anexo 13 Datos de luminarias y fotometrías

✓ LEDVANCE DAMP PROOF SLIM VALUE 1200 36 W 6500 K IP65 GY



N° de artículo	4058075066472
P	36.0 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	4000 lm
Rendimiento lumínico	111.1 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80

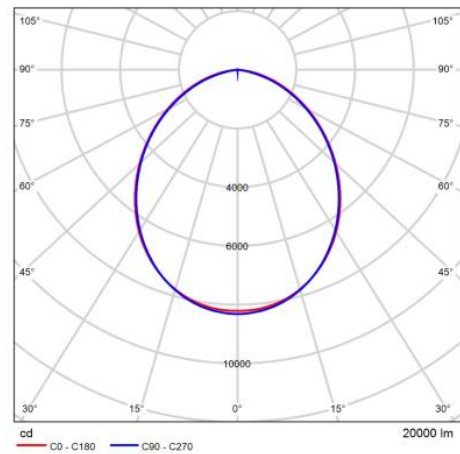


CDL polar

✓ LEDVANCE FLOODLIGHT 180 180 W 4000 K IP65 BK



N° de artículo	4058075097728
P	180.0 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	19999 lm
Rendimiento lumínico	111.1 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

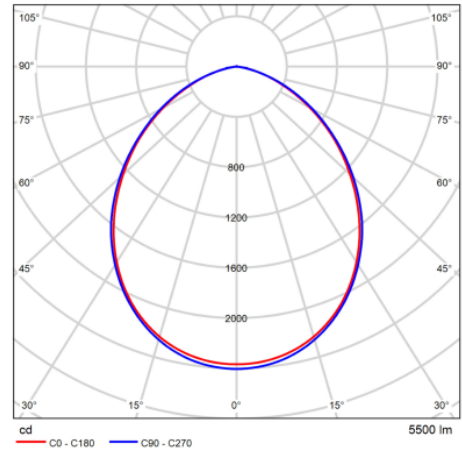


CDL polar

✓ LEDVANCE FLOODLIGHT 50 50 W 4000 K IP65 WT

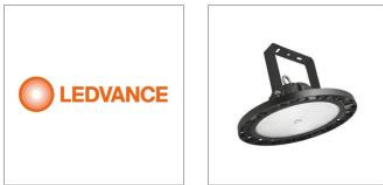


N° de artículo	4058075097629
P	50.0 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	5500 lm
Rendimiento lumínico	110.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

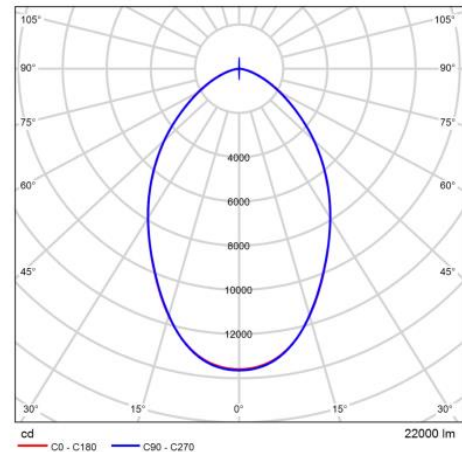


CDL polar

✓ LEDVANCE HIGH BAY GEN 2 165 W 6500 K 70DEG IP65 BK



N° de artículo	4058075074378
P	165.0 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	22001 lm
Rendimiento lumínico	133.3 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80

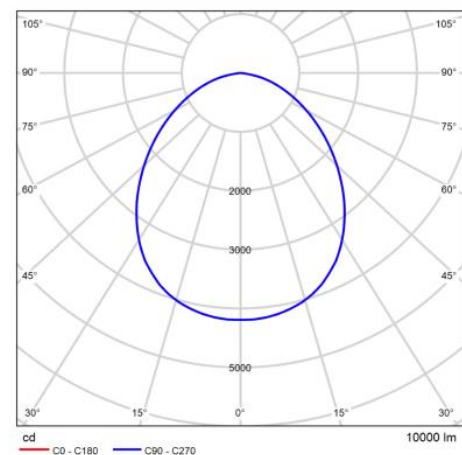


CDL polar

✓ LEDVANCE HIGH BAY VALUE 100 W 6500 K 100 DEG IP65 BK



N° de artículo	4058075408425
P	100.0 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	10000 lm
Rendimiento lumínico	100.0 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80

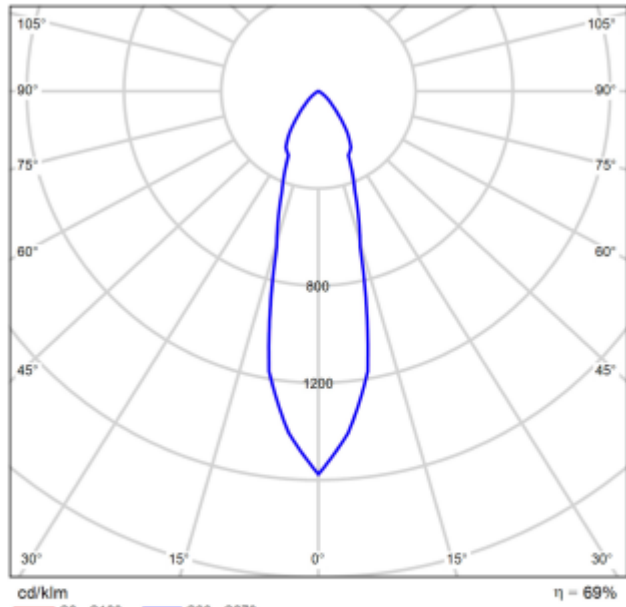


CDL polar

✓ SYLVANIA ONWALL 4 GRY SS 1x100W E27 HV 30DEG



Nº de artículo	0049086
P	100.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	1550 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	1073 lm
η	69.25 %
Rendimiento lumínico	10.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	99



CDL polar

Anexo 14 Mediciones

a. Medición de la sala 1



b. Medición sala 1



c. Medición sala 2



d. Medición sala 2



e. Medición altar mayor



f. Medición altar mayor



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Edgar Luis Lliguin Tenezaca** portador de cedula de identidad N° 0103786125 y **Remigio Fernando Arévalo Andrade** portador de la cédula de ciudadanía N° 0301562013. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**EFICIENCIA ENERGÉTICA, DISEÑO Y MODELADO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA IGLESIA CORAZÓN DE JESÚS**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de febrero de 2021



F:.....

Edagr Luis Lliguin Tenezaca

0103786125



F:.....

Remigio Fernando Arevalo Andrade

0301562013