



ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

MODALIDAD PRESENCIAL

Iluminación de espacios arquitectónicos con luz solar y luz polarizada mediante fibra óptica para la Capilla y monumento "La Cruz" del Campus San Cayetano de la UTPL

Trabajo de fin de carrera previa obtención del título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Autores:

Chaunay Guanca Paola Elizabeth
Puchaicela Guadalima Andrea Cecibel

Director:

Ing. Jaramillo Pacheco Jorge Luis

LOJA - ECUADOR

2012





CERTIFICACIÓN

Ingeniero

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DIRECTOR DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Fin de Carrera, previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, por lo mismo, cumple con los requisitos legales exigidos por la Universidad Técnica Particular de Loja, quedando autorizada su presentación.

Loja, Febrero de 2012

Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco

Visto Bueno Dirección Escuela

F).....

Ing. Susana Arias
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
Febrero de 2012



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Nosotras, Paola Elizabeth Chaunay Guanca, y, Andrea Cecibel Puchaicela Guadalima, declaramos conocer y aceptar la disposición del artículo 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Paola Elizabeth Chaunay Guanca

Andrea Cecibel Puchaicela Guadalima



AUTORÍA

Las ideas, opiniones, conclusiones, y, contenidos expuestos en el presente informe de investigación son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Paola Elizabeth Chaunay Guanca

Andrea Cecibel Puchaicela Guadalima



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a ti Dios por darme la oportunidad de vivir, y por darme una familia, única y maravillosa.

A mis padres que aunque no son perfectos me enseñaron mil formas de querer, y, siempre han sido mi apoyo incondicional. A mis hermanos Daniel, Fernanda y Katty, que han sido motivo de múltiples alegrías, en especial a mi hermana menor que ha sido mi compañía siempre. A mis primos que siempre alegran mi vida, a pesar de los momentos difíciles.

A mis amigos y conocidos, con los que he compartido un sin número de experiencias, y, que han sido parte de mi desarrollo tanto académico como personal, porque he logrado aprender nuevas cosas de cada uno de ellos.

Paola Elizabeth

A mi familia, en especial a mi madre, que ha sido un apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, y, que mediante su entereza ha sido mi mayor motivación para superarme académica y personalmente.

A mis amigos y compañeros, con los que he compartido momentos de alegría y quienes han sido de igual manera, mi apoyo en momentos de flaqueza.

Andrea Cecibel



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar este proyecto que es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo.

A nuestros padres que han sido un apoyo moral y económico para lograr este fin.

A nuestro director de tesis Ing. Jorge Luis Jaramillo por su apoyo, confianza y capacidad de guiarnos durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestros profesores que contribuyeron a nuestra formación académica, porque les debemos la mayor parte de nuestros conocimientos.

Finalmente a nuestros compañeros y amigos, con quienes hemos compartido gratas experiencias a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Paola Elizabeth Chaunay Guanca

Andrea Cecibel Puchaicela Guadalima



TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3
CAPITULO I	4
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.....	5
1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.....	5
1.2.2 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.....	6
1.2.3 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DECORATIVA CON FIBRA ÓPTICA.....	6
1.2.4 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN FUNCIONAL CON FIBRA ÓPTICA.....	7
1.3 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.....	8
1.3.1 ILUMINADOR.....	9
1.3.2 PUERTOS ÓPTICOS	11
1.3.3 ARNÉS DE FIBRAS ÓPTICAS	11
1.3.4 TERMINALES	12
1.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	13



CAPÍTULO II	15
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA: DISEÑO SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL MONUMENTO “LA CRUZ” DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL.....	15
2.2 TIPOS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL	15
2.2.1 ILUMINACIÓN CUANTITATIVA.....	16
2.2.2 ILUMINACIÓN CUALITATIVA.....	16
2.2.3 ILUMINACIÓN ORIENTADA A LA PERCEPCIÓN.....	19
2.3 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ILUMINACIÓN DEL MONUMENTO “LA CRUZ” DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL, EN LA CIUDAD DE LOJA ..	19
2.4 INGENIERÍA DE DETALLE DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	24
2.4.1 TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA.....	25
2.4.2 TECNOLOGÍA LED.....	30
2.5 ANÁLISIS FINANCIERO	33
2.5.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	33
2.5.2 COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	34
2.5.2.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	34
2.5.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	35
2.5.2.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	37
CAPÍTULO III	38
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA Y TECNOLOGÍA LED PARA LA CAPILLA DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.....	38
3.1 INTRODUCCION.....	38
3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL DE LA CAPILLA	38
3.3 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ILUMINACIÓN DE LA CAPILLA.....	40
3.3.1 BLOQUE DE ILUMINACIÓN DIURNA CON FIBRA ÓPTICA SOLAR	42
3.3.2 BLOQUE DE ILUMINACIÓN NOCTURNA CON TECNOLOGÍA LED	44
3.3.3 BLOQUE DE ILUMINACIÓN CON LUZ POLARIZADA PARA ACENTUACIÓN DEL ALTAR.....	44
3.4 ANÁLISIS FINANCIERO	50



3.4.1	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	50
3.4.2	FACTIBILIDAD DEL SISTEMA	51
3.4.2.1	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL BLOQUE DE ILUMINACIÓN GENERAL DIURNA.....	51
3.4.2.2	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL BLOQUE DE ILUMINACIÓN GENERAL NOCTURNA.....	53
3.4.2.3	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL ALTAR.....	54
	CONCLUSIONES.....	56
	TRABAJOS FUTUROS	58
	REFERENCIAS	59



LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Piscina decorada mediante fibra óptica.	7
Fig. 1.2 Componentes de un sistema de iluminación a través de fibra óptica. Fibre Optics.....	9
Fig. 1.3 The Fiber Optic Association. Tech Topics. The Fiber Optic Association Inc, 2002.....	10
Fig. 1.4 Rueda de color de 4 y 8 colores respectivamente.	14
Fig. 2.1 Luz para ver.	17
Fig. 2.2 Luz para mirar.	18
Fig. 2.3 Luz para contemplar.	19
Fig. 2.4. Monumento de la Cruz	21
Fig. 2.5 Propuesta 1. Elaborado por los autores.....	22
Fig. 2.6 Propuesta 2. Elaborado por los autores	23
Fig. 2.7 Propuesta 3. Elaborado por los autores	24
Fig. 2.8 Sideglow cable.	26
Fig. 2.9. Stranded Side Glow Harness.....	26
Fig. 2.10 Esquema de conexión de la fibra óptica en la Cruz, vista frontal. Elaborado por los autores	27
Fig. 2.11 Esquema de conexión de la fibra óptica en la Cruz, vista posterior. Elaborado por los autores	28
Fig. 2.12 Super Vision Fiber Pro 150.....	29
Fig. 2.13 Esquema de conexión de los proyectores en la cruz, vista de planta. Elaborado por los autores.	32
Fig. 3.1 Vitrales de la capilla.....	39
Fig. 3.2 Vista general de la Capilla y del altar.....	40
Fig. 3.3. División del área de la nave de la Capilla. Elaborado por los autores.....	41
Fig. 3.4. Espacio general de la Capilla iluminado con lámparas T5. Elaborado por los autores.....	42
Fig. 3.5. Ubicación del equipamiento del bloque de iluminación diurna. Elaborado por los autores	43
Fig. 3.6. Acentuación del altar con luz de tono blanco cálido e iluminación directa, en un escenario nocturno. Elaborado por los autores	45
Fig. 3. 7 Instalación de iluminación por fibras ópticas.....	46
Fig. 3. 8 Disposición de los downlight 1D en la nave de la Capilla.....	49



LISTA DE TABLAS

Tabla 2. 1	Características del cable de fibra óptica de emisión lateral.....	25
Tabla 2. 2	Características técnicas de iluminadores existentes en el mercado.....	29
Tabla 2. 3	Reflectores LED existentes en el mercado	30
Tabla 2. 4	Reflectores LED existentes en el mercado	31
Tabla 2. 5	Detalle de reflectores y guía de fibra para iluminación del monumento.....	32
Tabla 2. 6	Inversión en materiales.....	33
Tabla 2. 7	Tarifación escalonada de la EERSSA	34
Tabla 2. 8	Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación	35
Tabla 2. 9	Valor del consumo de energía eléctrica del sistema en varios períodos de tiempo	35
Tabla 2. 10	Costos de mantenimiento correctivo del sistema de iluminación	36
Tabla 2. 11	Costos de mantenimiento correctivo del sistema de iluminación	36
Tabla 3. 1	Luminarias del sistema de iluminación actual de la Capilla.....	39
Tabla 3. 2	Detalle de luminarias PARANS L3 y los DONWLIGHT 1D	43
Tabla 3. 3	Características de bombillas de tecnología LED	44
Tabla 3. 4	Características de técnicas de iluminadores	47
Tabla 3. 5	Características de arnés de fibras	47
Tabla 3. 6	Características de terminales de fibra óptica.....	48
Tabla 3. 7	Presupuesto para la implementación del sistema de iluminación propuesto para la Capilla UTPL	50
Tabla 3. 8	Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación diurna actual y del bloque propuesto	51
Tabla 3. 9	Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación nocturna actual y del bloque propuesto	53
Tabla 3. 10	Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación del altar actual y del bloque propuesto	54



RESUMEN

La iluminación con fibra óptica, es una tecnología relativamente nueva, y, representa un punto de inflexión en el uso habitual de la fibra. El presente trabajo describe los sistemas de iluminación con fibra óptica y tecnología LED que son una alternativa al crear ambientes especiales, y, alcanzar notables características de eficiencia energética y seguridad; siendo la forma de iluminación más novedosa, y, de mayor impacto, en el campo publicitario y en la arquitectura lumínica.

Describe las generalidades de los sistemas de iluminación con luz solar y luz polarizada mediante fibra óptica, como base para el diseño conceptual de iluminación de espacios arquitectónicos, y, el proceso de diseño del sistema de iluminación monumental con fibra óptica y tecnología LED para el monumento “La Cruz” y Capilla del Campus San Cayetano, de la UTPL en Loja, y, explica los detalles técnicos del sistema propuesto.

Recoge los resultados obtenidos al diseñar un sistema de iluminación cualitativa con tecnología LED y FOBLUX, que no sólo aporta con los beneficios fisiológicos del uso de luz natural, sino que permite mostrar excelentes indicadores técnicos de consumo de energía y costos de mantenimiento.



INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de optimizar los requerimientos técnicos y estéticos en los sistemas de iluminación, ha obligado a la búsqueda y aplicación de nuevos materiales y tecnologías, en una constante búsqueda de alcanzar el mayor nivel de iluminación para una determinada tarea, con el mínimo consumo energético.

En este contexto, los sistemas de iluminación con fibra óptica y tecnología LED aparecen como una alternativa que permite crear ambientes especiales, y, alcanzar notables características de eficiencia energética y seguridad. Estos sistemas pueden ser utilizados para iluminar con luz solar o con luz polarizada (luz de color), lo que los convierte en la forma de iluminación más novedosa, y, de mayor impacto, en el campo publicitario y en la arquitectura lumínica.

Este trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema de iluminación monumental, empleando fibra óptica y tecnología LED, para la Capilla y el monumento conocido como “La Cruz”, en la Campus San Cayetano de la UTPL en la ciudad de Loja,

Este documento contiene cuatro capítulos que resumen el trabajo efectuado en las etapas del proyecto. En el primer capítulo se establece la línea base sobre las generalidades de los sistemas de iluminación con fibra óptica, los elementos que conforman el sistema, y, el funcionamiento de cada uno de ellos. En el segundo, se describen los fundamentos de iluminación monumental que sirven de base para el diseño conceptual de la iluminación del monumento “la Cruz”, se explica los detalles técnicos del sistema de iluminación propuesto, y, se analiza la relación costo beneficio de la implementación. En el tercero se describe el proceso de diseño del sistema de iluminación monumental con fibra óptica y tecnología LED para la Capilla del Campus, se explica los detalles técnicos del sistema de iluminación propuesto, y, se analiza la relación costo beneficio de la implementación. En el cuatro se resaltan las conclusiones obtenidas, y, se plantean los trabajos futuros.



OBJETIVOS

- Establecer una línea base sobre generalidades de sistemas de iluminación monumental con fibra óptica, y, fundamentos de iluminación monumental como base para el diseño conceptual de iluminación de espacios arquitectónicos
- Diseñar un sistema de iluminación para el monumento “La Cruz” del Campus San Cayetano de la UTPL.
- Diseñar un sistema de iluminación monumental con fibra óptica y tecnología LED para la Capilla del campus San Cayetano de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Analizar la factibilidad de los sistemas diseñados, cuantificando el rubro de su implementación, y, comparando su beneficio económico y cualitativo, respecto al uso de sistemas convencionales de iluminación que utilizan lámparas fluorescentes.



CAPITULO I

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA

1.1 INTRODUCCIÓN

La optimización de los requerimientos técnicos y estéticos en los sistemas de iluminación, no ha sido ajena a la continua búsqueda de nuevos materiales y tecnologías.

La iluminación con fibra óptica, es una tecnología relativamente nueva, y, representa un punto de inflexión en el uso habitual de la fibra [1].

La iluminación con fibra óptica se propaga rápidamente, gracias a la facilidad de instalación, los bajos requerimientos de mantenimiento, la seguridad, y, las múltiples oportunidades de empleo en iluminación interior y exterior.

Las características técnicas de esta tecnología, permite la instalación de sistemas de iluminación en entornos “difíciles” para la iluminación tradicional: espacios estrechos, poca ventilación, ambientes sensibles al calor de los rayos UV y a la radiación, etc. A la vez, la tecnología permite desarrollar aplicaciones decorativas de altísima estética.

Este trabajo pretende profundizar en la descripción de las características técnicas de las fibras ópticas utilizadas en los sistemas de iluminación, así como en la estructura y composición de esos sistemas.



1.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA

Las estrategias de iluminación eficientes están dirigidas fundamentalmente a alcanzar el mayor nivel de iluminación para una determinada tarea, con el mínimo consumo energético.

Entre estas estrategias, el sistema de iluminación con fibra óptica ocupa un lugar destacado. Estos sistemas pueden ser utilizados para iluminar con luz solar o con luz polarizada (luz de color), lo que los convierte en la forma de iluminación más novedosa, y de mayor impacto, en el campo publicitario y de la arquitectura lumínica.

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA

Los sistemas de iluminación con fibra óptica, se caracterizan por:

- Virtualmente no transmitir luz ultravioleta. Esto los convierte en una solución ideal para aplicaciones de iluminación de objetos delicados. Adicionalmente, pueden ser utilizados con filtros para evitar la transmisión de rayos infrarrojos o calor.
- Por permitir modificaciones de color para diferentes ambientaciones, mediante el uso de ruedas de color o filtros de color.
- Por utilizar fibra de vidrio inherentemente no flamable.
- Por poseer un largo tiempo de vida, especialmente para los arneses de fibra óptica de vidrio. Este material es ideal para aplicaciones en interiores, pero puede instalarse también en exteriores, con las consideraciones de diseño necesarias para su preservación.
- Por facilitar que múltiples puntos de luz funcionen de una sola fuente de iluminación, que desde la perspectiva del mantenimiento es un solo punto de acceso [2].



1.2.2 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA.

Los sistemas de iluminación con fibra óptica, se utilizan para:

- Aplicaciones de punto, efectos de cielo estrellado, armados de grillas o peines, carteles, cortinas, con cambios de colores, movimiento, escritura, destello, etc.
- Señalización de hoteles, teatros, centros comerciales, cinemas o grandes empresas, etc.
- Decoración exterior, en piscinas, jardines, calles, tiendas, etc.
- Decoración interior
- Iluminación de edificios y fincas, monumentales o no.
- Iluminación de obras de arte, tanto en la vía pública como dentro de edificios, como: museos, monasterios, catedrales o iglesias, joyerías, locales comerciales y arquitectura en general que buscan enfatizar detalles, crear ambientes y lograr efectos sorprendentes [3].
- Iluminación de seguridad

1.2.3 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DECORATIVA CON FIBRA ÓPTICA

La iluminación decorativa tiene como objeto decorar con luz, patrones, cambios de tono, puntos, o, líneas.

La función de la iluminación decorativa es la de presentar un agradable efecto visual que añade protagonismo a un plano o entorno.

La fibra óptica y la luz polarizada, permiten resaltar la belleza del entorno durante la noche mediante juego de colores creando el ambiente que se desee (Ver Fig.1.1).

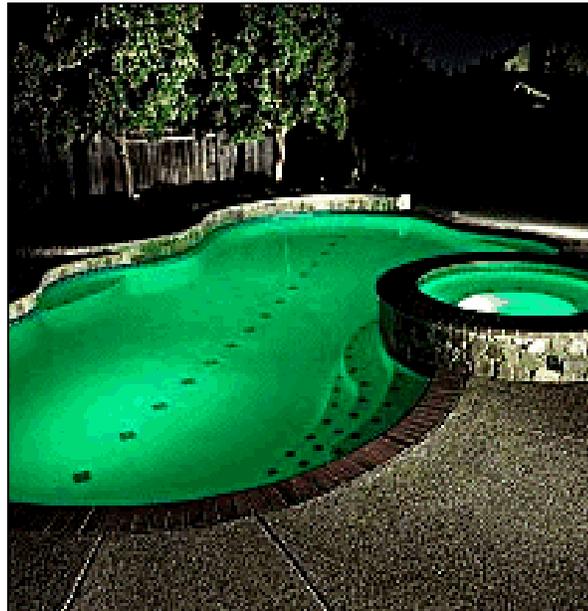


Fig. 1.1 Piscina decorada mediante fibra óptica.
Disponible en: <http://www.fibrasopticas.com.ar/empresa.htm>

La iluminación monumental con fibra óptica utiliza menos energía que la mayoría de otras fuentes de luz, por lo que es más ecológica y proporciona mayor vida útil a las luminarias. Sin embargo, su instalación exige una inversión mayor a la de la iluminación tradicional, pero el factor de seguridad y las posibilidades de visualización compensan los gastos adicionales. Además la iluminación con fibra óptica se mantiene constantemente fría.

1.2.4 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN FUNCIONAL CON FIBRA ÓPTICA

El objetivo fundamental de la iluminación de interiores es alcanzar un nivel de iluminación mínimo, de tal modo que, se satisfagan los ocupantes y puedan cumplir con sus actividades a la vez que se cumplen las exigencias de bienestar [4].

Las estrategias de iluminación eficientes están dirigidas fundamentalmente hacia alcanzar el mayor nivel de iluminación para una determinada tarea con el mínimo consumo energético. Se calcula que los sistemas de iluminación eléctrica representan



entre el 40 y 50% del consumo total de energía en un edificio, y, que provocan entre el 25 y 30% de las emisiones de gas de efecto invernadero causadas por edificios [5], [6]. Los sistemas de iluminación a través de fibras ópticas (SIFO) son una buena opción para contrarrestar estas cifras.

Un SIFO modelo, recoge la luz solar por medio de un concentrador solar y la lleva a través de una red de fibras ópticas a los puntos elegidos en los espacios interiores. La utilización de la luz solar en SIFOs reduce el costo de energía entre el 20 y 25%, y, reduce la emisión de gases de efecto invernadero entre el 10 y 15% [7].

Por otra parte, la utilización de SIFOs genera un aumento en la productividad del trabajo de entre el 6 y el 16% [8]. Esto se debe a que el espectro de la luz solar influye en las células ganglionares, controlando los niveles de melatonina y cortisol, que sincronizan el reloj biológico de las personas.

Los SIFO también permiten regular el calor en los espacios arquitectónicos, por cuanto transmiten sólo el espectro visible de la luz y no las ondas de calor.

Como valor agregado, una correcta arquitectura del SIFO permite cambiar el color de la iluminación sin necesidad de cambiar de lámparas.

1.3 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON FIBRA ÓPTICA

Todos los sistemas de iluminación con fibra óptica están configurados por los mismos elementos, sin importar la aplicación final (Ver Fig. 1.2):

- Iluminador
- Puerto óptico
- Arnés de fibra
- Terminales

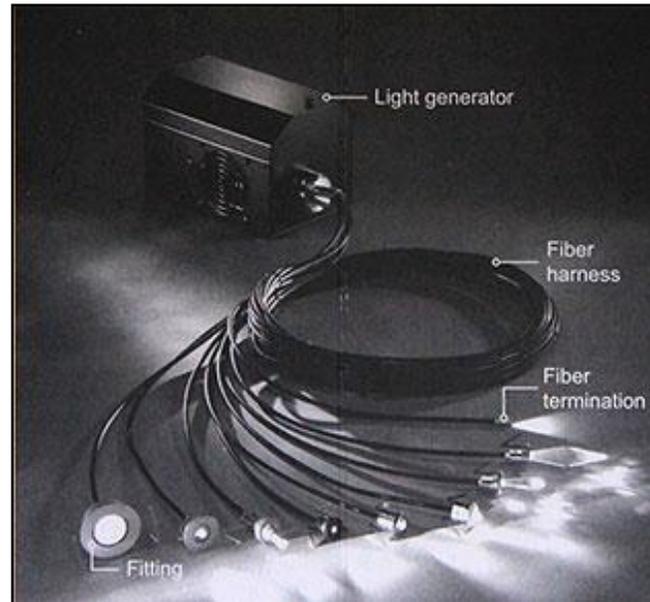


Fig. 1.2 Componentes de un sistema de iluminación a través de fibra óptica. Fibre Optics.
Disponible en: <http://www.lumiere.com.sg/fibre-optics/>

1.3.1 ILUMINADOR

Un iluminador es, intrínsecamente, un proyector interno. Es el único elemento activo del sistema, y, está constituido por:

- una caja que contiene una fuente de luz
- un reflector, un equipo de alimentación,
- un ventilador,
- algunos elementos de protección como filtros anticalóricos, fusibles térmicos o lentes, y,
- un conector para el puerto óptico.

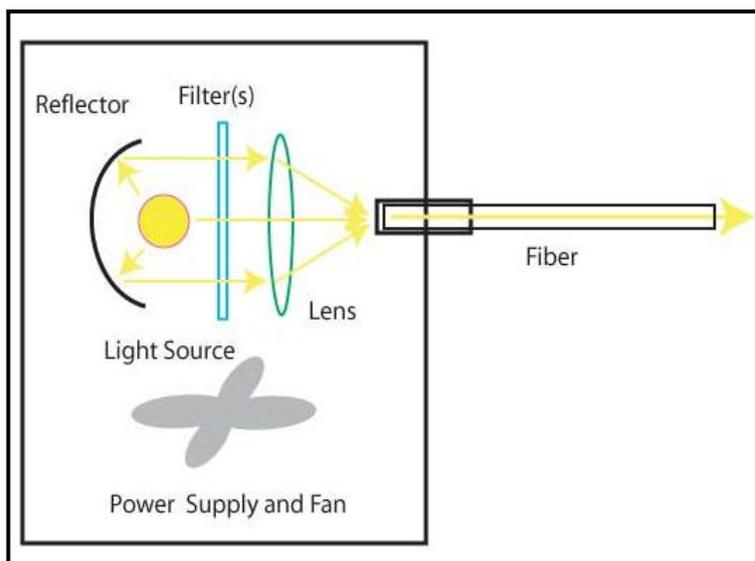


Fig. 1.3 The Fiber Optic Association. Tech Topics. The Fiber Optic Association Inc, 2002.
Disponibile <http://www.thefoa.org/tech/lighting/lighting.html>

El iluminador contiene la fuente de luz y filtros diseñados para producir la cantidad y el tipo de iluminación deseado (Ver Fig. 1.3).

La potencia aplicada a la fibra o fibras, determina el tipo de fuente de luz utilizada. La fuente de luz puede ser única o múltiple. Las fuentes, se desarrollaron como focos o lámparas para proyectores, y, vienen en versiones de bajo voltaje y corriente alterna, con una amplia gama de productos de alimentación. Lámparas halógenas de cuarzo se hacen generalmente con reflectores integrales que permiten enfocar la luz en una fibra simple. Lámparas de halogenuros metálicos ofrecen una mayor eficiencia porque tienen salida de alta potencia, aunque requieren de energía de alta tensión [9].

Si bien la cantidad de luz junto a la fibra es la principal consideración en la elección de un iluminador, muchos otros factores están implicados, lo que ha impulsado al mercado a ofrecer muchos tipos de fuentes.

En el Iluminador, las luces podrán necesitar reflectores si estos no son incorporados en la lámpara, así como lentes para enfocar la luz en la fibra. Fuentes de alta potencia pueden tener filtros infrarrojos (IR) para reducir el calentamiento de la fibra y filtros



ultravioleta (UV) para evitar daños en las fibras durante la exposición a largo plazo (Ver Fig. 1.3).

Las lámparas son de fácil filtrado para proporcionar la luz de color en la fibra. Uso de filtros móviles, por lo general en una rueda propulsado por un motor eléctrico pequeño, permite que el color de la luz pueda ser cambiado en una secuencia elegida [9].

1.3.2 PUERTOS ÓPTICOS

Los puertos ópticos son elementos mecánicos, cuya función consiste en sujetar las fibras ópticas agrupadas y centradas en la pantalla de proyección del iluminador.

1.3.3 ARNÉS DE FIBRAS ÓPTICAS

Los arneses de fibras son un conjunto de conectores ópticos, sin importar tipo o cantidad, alimentados por un sólo iluminador.

Los arneses están conformados por:

- Colector común, en donde se agrupan todas las fibras en el extremo más próximo al iluminador, y,
- Finales de fibra, los extremos individuales de los conductores ópticos de cualquier tipo.

Las fibras ópticas para la iluminación son similares a las fibras utilizadas en las comunicaciones, pero optimizadas para la transmisión de la luz.



1.3.4 TERMINALES

La elección de los terminales o apliques, depende de la funcionalidad del sistema, su ubicación, la ubicación del observador, las condiciones ambientales o de uso, entre otras [10]. En condiciones normales, son los terminales el único elemento SIFO que el cliente final llega a ver, y, el criterio por el que se juzga la totalidad del sistema.

Existen en el mercado miles de diferentes modelos de terminaciones, apliques, y, elementos decorativos para los extremos de las fibras o conductores ópticos, para todas las aplicaciones y usos posibles. Estos elementos, al no existir estándares en esta industria, no son acoplables entre si, por lo que generalmente los elementos del SIFO deben provenir de un único fabricante.

Los terminales, en función de su utilidad, se dividen en tres grupos:

- **DECORATIVOS**

Son todos aquellos elementos cuya función principal es decorar con luz, en paramentos horizontales y verticales: cristales Strass, tubos barras y formas PMMA, etc.

- **FUNCIONALES**

Son los apliques, iluminarias o dispositivos ópticos, cuya tarea es la de ejecutar una labor de iluminación concreta, bien como proyector, bañador, aplique direccional, asimétrico o estanco, etc.



- **MINIATURA**

Comprende pequeños elementos de remate y focalización de tan sólo unos pocos milímetros de diámetro, para uso en aplicaciones decorativas, rótulos, techos y paredes donde generalmente intervienen un gran número de conductores.

Los terminales, en función de sus propiedades mecánicas, se clasifican en:

- **FIJOS**

Dentro de este grupo se incluyen todos los dispositivos cuya función es la de sujetar el extremo de los conductores a un plano o paramento.

- **AJUSTABLES**

Conjunto de dispositivos que además de anclar mecánicamente el conductor, permiten la direccionalidad del extremo del mismo. Especialmente indicados para todas aquellas aplicaciones que exijan una orientación periódicamente variable de los elementos iluminados.

- **FOCALES**

Grupo de apliques o accesorios cuya función es la de variar la geometría del haz de luz, generalmente constituidos por una o varias lentes, orgánicas o minerales [10].

1.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

A partir de un iluminador, la luz se propaga por los cables de fibra, gracias a la reflexión constante a lo largo del cable.



Debido a las características del material, se pueden adoptar miles de diseños. Se puede contornear espacios, realizar dibujos, realizar un punteado por el suelo, etc.

Las posibilidades estéticas aumentan, cuando dentro del iluminador, se coloca una rueda de colores que permite el cambio de color de la luz que ilumina las fibras ópticas conectadas al equipo (Ver Fig. 1.4). Se puede seleccionar el color de entre una gama de 4 u 8 colores o bien programar una secuencia de sucesión. Como colores básicos operan el blanco, el verde, el rojo, y el azul [11].

El filtro de color se ubica entre la lámpara y la fibra. Un motor puede girar continuamente la rueda de colores o detenerla en cualquier color [12].

Existen iluminadores equipados con una lámpara de haluro metálico (halógeno) o un LED (para aplicaciones más pequeñas). En el primer caso, el iluminador se conecta a una toma convencional y el consumo puede ser de 75, 100, 150, 200 ó 250 watts, dependiendo de la potencia de la lámpara. El equipo puede incluir ventiladores para refrigerar continuamente la lámpara y aumentar las horas de trabajo [13].

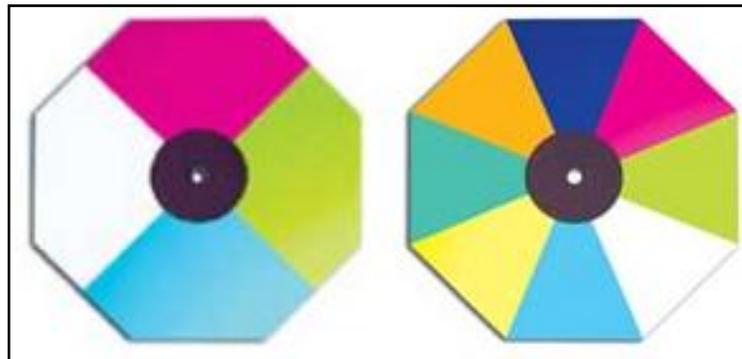


Fig. 1.4 Rueda de color de 4 y 8 colores respectivamente.
Disponible en: <http://www.fiberopticproducts.com/Lightunits.htm>

Dependiendo de la luz que se quiera proyectar, los cables tendrán entre 25 y 600 fibras. Por cada metro de cable, se pierde un 3% de la luz proyectada, razón por la cual se diseñan generadores más pequeños e integrados en el ambiente [14].



CAPÍTULO II

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA: DISEÑO SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL MONUMENTO “LA CRUZ” DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL

2.1. INTRODUCCION

Los sistemas de iluminación habituales son diseñados para presentar características de uniformidad, lo que nos permite realzar estructuras y detalles específicos.

La combinación de los criterios de iluminación cualitativa, orientada a la percepción para resaltar los detalles de monumentos y espacios arquitectónicos, y, de los sistemas de iluminación híbridos de fibra óptica (FOBLUX) y tecnología LED, permite crear ambientes especiales y alcanzar notables características de eficiencia energética y seguridad.

Este documento, recoge los resultados obtenidos al diseñar un sistema de iluminación cualitativa con tecnología LED y FOBLUX, para el monumento insignia del Campus San Cayetano de la UTPL en la ciudad de Loja, conocido como “La Cruz”.

2.2 TIPOS DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL

La iluminación monumental distingue entre la iluminación cuantitativa, la iluminación cualitativa, y, la iluminación para percepción.



2.2.1 ILUMINACIÓN CUANTITATIVA

La iluminación cuantitativa se basa en reglamentos exhaustivos que establecen iluminancias mínimas, calidad de la reproducción cromática, y, límites para el deslumbramiento.

Las reglas de iluminación cuantitativa no consideran la forma en que el ser humano percibe las estructuras, ni el hecho de que la iluminación también transmite una impresión estética [15].

2.2.2 ILUMINACIÓN CUALITATIVA

La iluminación cualitativa incorpora a la fisiología del aparato visual, la psicología de la percepción, considerando todos los factores de la interacción entre la persona perceptora, el objeto observado, y, la luz como elemento mediador.

La iluminación orientada a la percepción, no sólo se interesa por los conceptos cuantitativos o de distribución de la iluminación, sino que también considera factores cualitativos [15].

La iluminación cualitativa sustituye el concepto de “cantidad de luz” por el de “calidad de la luz”, que de acuerdo a Richard Kelly (1919-1977), pionero de los proyectos de iluminación cualitativos, puede tener tres funciones básicas: ambient luminescence (luz para ver), focal glow (luz para mirar), y, play of brilliants (luz para contemplar) [15].



- **LUZ PARA VER**

La luz, en esta función, proporciona iluminación general al entorno, y, asegura que el espacio circundante, sus objetos, y, las personas en él presentes sean visibles (Ver Fig. 2.1). Esta forma de iluminación coincide, en gran medida, con los proyectos de iluminación cuantitativos, pero se diferencia de ellos en que no se persigue una iluminación global con una iluminancia óptima, sino una iluminación diferenciada suficiente para la percepción de objetos y estructuras de edificios, la orientación en un entorno, o, la orientación en movimiento [15], [16].

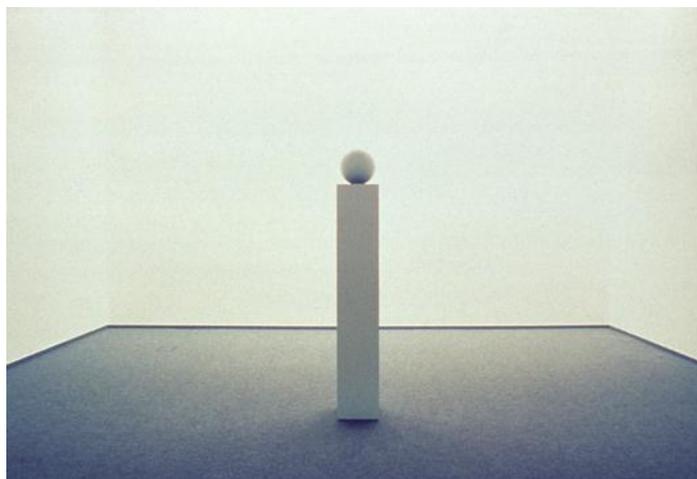


Fig. 2.1 Luz para ver.

Disponible en:

http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_erco_guide_1_basics.pdf



- **LUZ PARA MIRAR**

En esta función, la luz participa activamente en la transmisión de información, considerando que las zonas claramente iluminadas atraen involuntariamente la atención de las personas (Ver Fig. 2.2). A través de la luz para mirar, se destaca conscientemente determinada información, mientras que lo menos importante queda en segundo plano [15], [16].



Fig. 2.2 Luz para mirar.

Disponible

en:http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_erco_guide_1_basics.pdf

- **LUZ PARA CONTEMPLAR**

La luz, en esta función, no sólo muestra información, sino que representa información en sí misma (Ver Fig. 2.3). Lo que tradicionalmente se habría conseguido mediante arañas y luces de velas, se puede lograr mediante el uso selectivo de esculturas de luz, o, con la creación de tramas brillantes sobre materiales iluminados [15].

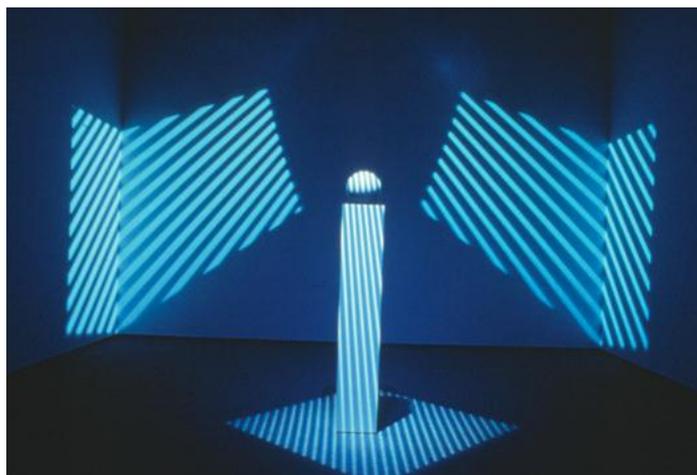


Fig. 2.3 Luz para contemplar.

Disponible: http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_erco_guide_1_basics.pdf

2.2.3 ILUMINACIÓN ORIENTADA A LA PERCEPCIÓN

La iluminación orientada a la percepción, considera al ser humano, con sus necesidades, como factor activo en la percepción. El diseñador analiza la importancia de áreas y funciones específicas, y, sobre la base de los patrones de significado planifica y configura la luz.

2.3 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ILUMINACIÓN DEL MONUMENTO “LA CRUZ” DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UTPL, EN LA CIUDAD DE LOJA

El diseño de este sistema se basó en el concepto de iluminación cualitativa, luz para mirar, de tal manera que, se destaque conscientemente determinada información, y, que zonas significativas del monumento se acentúen mientras que otras queden en segundo plano [16].



El monumento es considerado el símbolo de la universidad. Consta de varios elementos que conforman un todo (Ver Fig. 2.4): una cruz de 4 brazos (símbolo universal de la religión católica y del carisma religioso de la UTPL) apunta al cielo, y, se asienta sobre un engranaje (movimiento, energía, técnica, y, desarrollo) a manera de base sólida circular. Sobre la base se levantan dos brazos laterales, que emergen del engranaje y enmarcan la base de la cruz, conjugándose entre sí, para formar la lira musical (símbolo del arte y cultura de Loja) [17].

El contraste de luminancia en el monumento con respecto al entorno, es determinante para su identificación a distancia. Ya que el entorno posee iluminación escasa, basta el uso de iluminancias reducidas para acentuar el monumento [16].



Fig. 2.4. Monumento de la Cruz

Diferentes diseños fueron simulados utilizando el software Maxwell. Mediante el contraste de colores, se experimentó con el énfasis de los detalles del monumento. Las figuras 2.5, 2.6, y 2.7, muestran los resultados obtenidos.



Fig. 2.5 Propuesta 1. Elaborado por los autores



Fig. 2.6 Propuesta 2. Elaborado por los autores



Fig. 2.7 Propuesta 3. Elaborado por los autores

Considerando los objetivos planteados y el efecto estético logrado, la propuesta 2.7 fue seleccionada para desarrollar la ingeniería de detalle.

2.4 INGENIERÍA DE DETALLE DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El sistema de iluminación propuesto, conjuga dos tipos de tecnologías: fibra óptica (FO), y, LED.



2.4.1 TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA

En la iluminación de contornos arquitectónicos se utiliza fibra óptica de emisión lateral, cuyas características técnicas, para dos fabricantes, se resumen en la tabla 2.1. El cable de fibra de emisión lateral, es una alternativa segura a las luces de neón. Permite cambiar de color, es prácticamente irrompible, y, ahorra energía. Es adecuado para aplicaciones de interior y exterior.

Tabla 2. 1
Características del cable de fibra óptica de emisión lateral

Detalle	SideGlow Fiber Optic Cable (Tri North Lighting, Inc) 	Plastic side glow light optic fibre cable (Shenzhen Corporeal Photoelectric Co.,Ltd) 
Diámetro	5,5 mm (1/5 ") 7 mm (1/4") 9 mm (3/8 ") 12,7 mm (1/2") 15.9 mm (5/8")	8,6 mm (3/8 ") 12,6 mm (1/2") 16,1 mm (5/8")
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +120°C	-15°C a +120°C
Angulo de aceptación	45°	50°
Apertura numérica	0,65	0,60
Temperatura de transición del cristal	53,8°C	—
Atenuación	Menos de 1,6% c/pie	Menos de 1,6% c/pie
Mantenimiento	Casi no necesita	Casi no necesita
Cubierta exterior	Tubo de PVC tratado [18]	Tubo de PVC tratado [19]

El cable de fibra de emisión lateral se compone de múltiples fibras de acrílico trenzado (PMMA) de 0,75mm de diámetro, dentro de una chaqueta clara flexible. Las fibras son ubicadas alrededor de un núcleo altamente reflectante de PVC, que ofrece estabilidad y flexibilidad, con máxima salida de luz [18] (Ver Fig. 2.8).

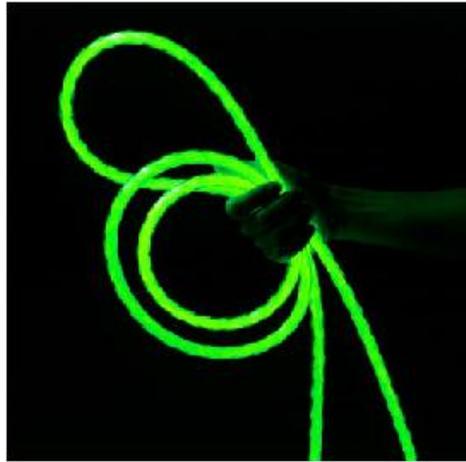


Fig. 2.8 Sideglow cable.

Disponible en:

http://trinorthlighting.com/Store/index.php?main_page=product_info&cPath=823_79&products_id=385

La longitud máxima de ejecución para cable de fibra óptica de emisión lateral, cuando se ilumina desde un extremo, es de 20 m. Si la iluminación es de ambos extremos, el cable puede alcanzar una longitud de 40 m, al igual que si el cable se conecta en cadena (Ver Fig. 2.9) [20].

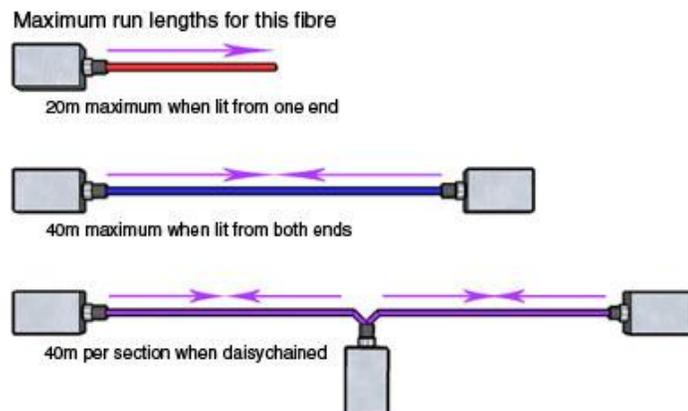


Fig. 2.9. Stranded Side Glow Harness.

Disponible en: <http://www.universal-fibre-optics.com/stranded-side-glow.php>



Las figuras 2.10 y 2.11, muestran los esquemas de instalación de la fibra óptica en el monumento.

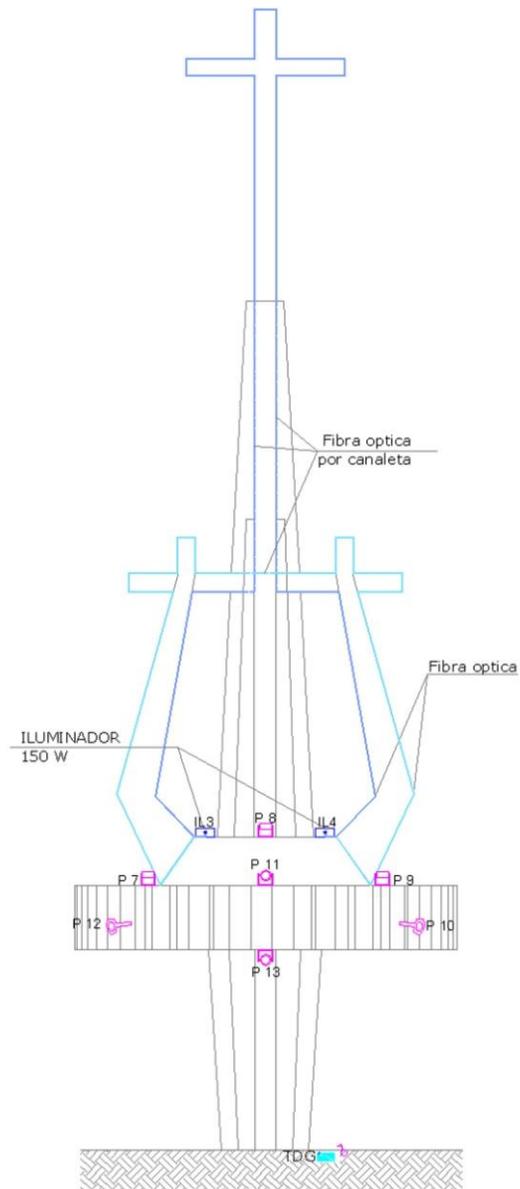


Fig. 2.10 Esquema de conexión de la fibra óptica en la Cruz, vista frontal. Elaborado por los autores

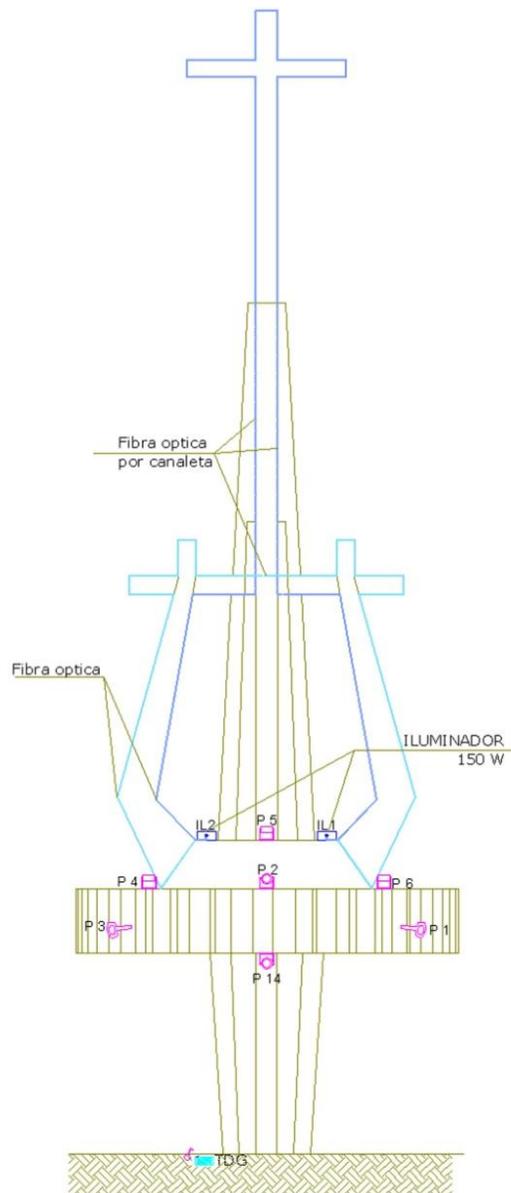


Fig. 2.11 Esquema de conexión de la fibra óptica en la Cruz, vista posterior. Elaborado por los autores

El cable de emisión lateral se utiliza con iluminadores de al menos 150 W [21]. La tabla 2.2, resume las características técnicas de iluminadores disponibles en el mercado.



Tabla 2. 2
Características técnicas de iluminadores existentes en el mercado

Característica	SuperVision SV1500 	SuperVisionFiber Pro 150 	SuperVision Eclipse II 
Aplicación	Interior	Interior y exterior	Interior y exterior
Tipo de lámpara	150W HID	150W HID	250W HID
Vida promedio	10000 horas	10000 horas	6000 horas
Dimensiones	178mm x 305mm x 127mm	216mm x 372mm x 156mm	305mm x 353mm x 181mm
Peso	16 lbs. (7.3 kg)	23 lbs. (10.5 kg)	27 lbs. (12,2 kg)
Opción de color	4-8 colores [22]	4-8 colores [23]	4-8 colores [24]

Considerando el uso en exteriores, el bajo consumo de energía, y, la larga vida útil de la lámpara, para este proyecto se seleccionó el iluminador SuperVisionFiber Pro 150, un iluminador de 150 W, de halogenuro metálico, con una vida útil de la lámpara de 10.000 h. (Ver Fig. 2.12).



Fig. 2.12 Super Vision Fiber Pro 150.

Disponibleen: http://www.trinorthlighting.com/Fiber%20Optic%20Illuminators_files/Fiberpro%20150%20Specification.pdf



El iluminador SuperVisionFiber Pro 150, produce una amplia gama de colores con el uso de una rueda de color. No produce calor o electricidad en el punto de iluminación, es controlado por control remoto, y, se conecta a un enchufe eléctrico estándar. El iluminador tiene una capacidad de almacenar hasta 500 hilos de fibra, de 0,75 milímetros e incluye un puerto óptico.

2.4.2 TECNOLOGÍA LED

Las tablas 2.3 y 2.4, resumen las características técnicas de algunos proyectores LED disponibles en el mercado.

Tabla 2. 3
Reflectores LED existentes en el mercado

Detalle	Proyector LED circular, 98 W [28]	Proyector LED circular, 54W [29]	Proyector LED circular, 18 W [30]
			
Aplicación	Interior y exterior	Interior y exterior	Interior y exterior
Consumo (W)	Máx. 98W	Máx. 45W	Máx. 18W
Vida útil	+ 50000 horas	+ 50000 horas	+ 50000 horas
Dimensiones (WHD)	320 x 323 x 88 mm	237 x 229 x 64 mm	170 x 180 x 72 mm
Peso	5.5 kg (12 lbs.)	3.5kg (8 lbs.)	2 kg (4.4 lbs.)
Voltaje	24VDC	24VDC	24VDC
Color de luz	RGB	RGB	RGB
Protección climática	IP67	IP67	IP67
Angulo de proyección	15°/25°/45°	15°/25°/45°	15°/25°/45°



Tabla 2. 4
Reflectores LED existentes en el mercado

Detalle	Luminaria LED Exterior RGB 40W [25]	Proyector LED 36W, RGB [26]	Proyector LED 72W, RGB [27]
			
Aplicación	Exteriores	Interior y exterior	Interior y exterior
Consumo (W)	40 W	36 W	72 W
Vida útil	+ 50000 horas	+ 50000 horas	+ 50000 horas
Flujo luminoso	-	2500 - 2800 Lm	5000 - 5500 Lm
Dimensiones	223mm x 320mm x 41mm	415 mm x 195 mm x 160 mm de altura	690 mm x 200 mm x 170 mm de altura
Peso	5,00 Kg	23 lbs. (10.5 kg)	27 lbs. (12,2 kg)
Alimentación	100-220V	AC85V – 265V	AC85V – 265V
Color de luz	RGB	RGB	RGB
Protección climática	IP65	IP67	IP67
Temperatura de operación	-20° a 40°	-	-

El análisis de las características de los reflectores LED, permite afirmar que estos son similares por potencia de consumo, nivel de protección, y, vida útil. Sin embargo, para este proyecto, se optó por proyectores circulares, debido al menor peso y tamaño. Considerando las dimensiones del monumento, se decidió utilizar tres reflectores circulares, tal como se muestra en la tabla 2.5. Las características técnicas y detalles de conexión de los reflectores circulares a utilizar, se puede encontrar en la bibliografía [28], [29], [31], [32], [33].



Tabla 2. 5
Detalle de reflectores y guía de fibra para iluminación del monumento

Detalle	Cantidad	Ubicación
N° Proyector LED, 98W	2	Columna central
N° Proyector LED, 54W	6	Rueda y base del monumento
N° Proyector LED, 18W	6	Base del arpa
Metros de Guía de fibra de emisión lateral	90	Contornos

La figura 2.13 muestra el esquema de conexión de los proyectores, visto desde la planta única.

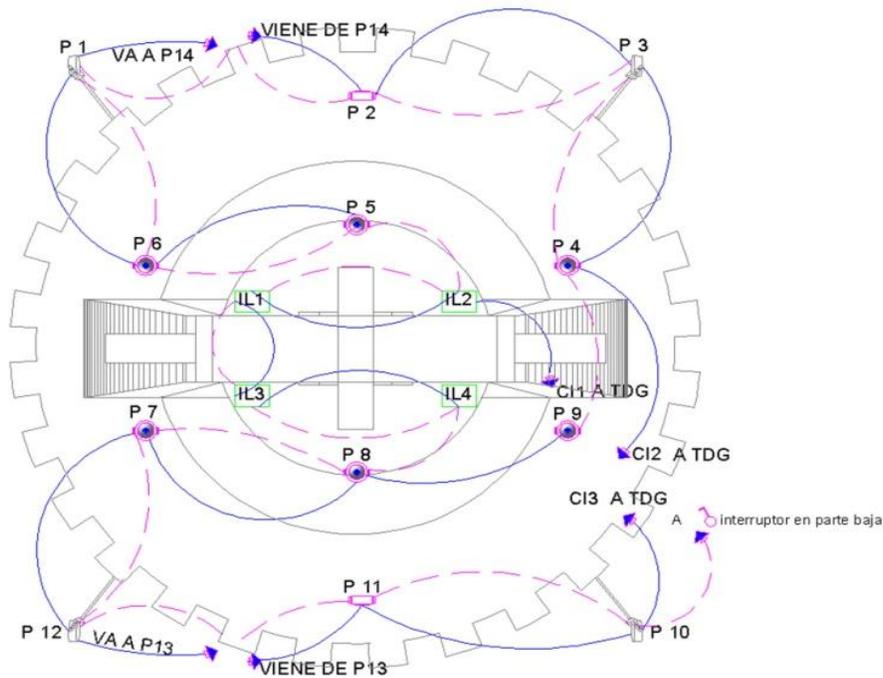


Fig. 2.13 Esquema de conexión de los proyectores en la cruz, vista de planta.

Elaborado por los autores.



2.5 ANÁLISIS FINANCIERO

2.5.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Tabla 2. 6
Inversión en materiales

Sistema de iluminación híbrido FOBLUX-LED			
Detalle	Cantidad	PU, USD	Total, USD
Iluminador de Fibra óptica	4	599,00	2396,00
Proyector LED 98W	2	2530,70	5061,40
Transformador outdoor HLG320H 24v320W	2	268,89	537,78
Proyector LED 54W	6	1483,35	8900,10
Transformador outdoor HLG150H 24v150W	3	171,09	513,27
Proyector LED 18W	6	939,55	5637,33
Transformador outdoor HLG100H 24v100W	3	157,12	471,36
Pie lineal de guía de fibra sólido	298	8,78	2616,44
Canaleta con adhesivo 15x25 mm, 2 metros de largo	13	2,70	35,10
Paquete de 100 P-clips de sujeción	2	9,89	19,78
Accesorios para sujeción de equipos			100,00
		Total Material	26288,56
Costo de importación de la Guía de fibra e iluminadores			2403,04
Costo de transporte (proyectores)			698,59
		Subtotal	29390,19
Mano de obra (12%)			3526,82
Gestión de diseño (10%)			2939,02
Imprevistos (5%)			1469,51
		TOTAL	37325,54



2.5.2 COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

Los costos de operación del sistema, se refieren a aquellos en los que se incurre una vez que el sistema ha sido implementado:

- Consumo de energía eléctrica.
- Costos de mantenimiento preventivo
- Costos de mantenimiento correctivo

2.5.2.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A, EERSSA, proveedora de energía eléctrica local, realiza una tarificación escalonada (ver tabla 2.7). Al valor calculado, se añade USD 1.41 por concepto de comercialización, y, el 16.5% por concepto de alumbrado público [34].

Tabla 2. 7
Tarificación escalonada de la EERSSA

Rango de consumo	Valor de KWh
0-50	0,081
51-100	0,083
101-150	0,085
151-200	0,087
201-250	0,089
251-300	0,091
301-350	0,093
351-superior	0,095



La tabla 2.8, resume el costo de energía eléctrica en el sistema de iluminación propuesto, considerando que el mismo funciona 8 h diarias, en horario nocturno. Entre paréntesis se muestra el número de iluminadores a utilizar. La tabla 2.9, resume el valor a pagar por consumo de energía en el sistema, en varios períodos de tiempo.

Tabla 2. 8
Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación

Parámetro	Iluminador 150W (4)	Proyector 98W (2)	Proyector 54W (6)	Proyector 18W (6)
Consumo de energía eléctrica por hora, KWh	0,4	0,196	0,324	0,108
Consumo energía eléctrica por mes, KWh	96	47,04	77,76	25,92

Tabla 2. 9
Valor del consumo de energía eléctrica del sistema en varios períodos de tiempo

Consumo total de energía al mes (KWh)	Valor del consumo eléctrico al mes, USD	Valor del consumo eléctrico al año, USD	Valor del consumo eléctrico a 5 años, USD	Valor del consumo eléctrico a 10 años, USD
246,72	26,99	323,88	1619,4	3238,8

2.5.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Los costos por mantenimiento correctivo del sistema, incluyen los costos por reemplazo de las lámparas de los reflectores.

En las tablas 2.10 y 2.11, se detallan los costos de mantenimiento correctivo de cada uno de los equipos del sistema, tomando en cuenta que son utilizados 8 h diarias (2920 h al año).



Tabla 2. 10
Costos de mantenimiento correctivo del sistema de iluminación

Parámetro	Iluminador 150W (4)	Cable de fibra óptica
Tiempo de vida (horas)	10000	No especificado
Sustituciones a los 3 años	1	-
Sustituciones a los 6 años	2	-
Sustituciones a los 10 años	3	-
Costo por sustitución a los 10 años, USD	7188,00	-

La bibliografía [35], refiere que la vida útil del cable de fibra óptica es extremadamente larga, aunque no se especifica en horas. A la larga duración contribuye el contar con protección UV del 100%, y, un grado de protección IP de 68.

Tabla 2. 11
Costos de mantenimiento correctivo del sistema de iluminación

Parámetro	Proyector 98W (2)	Proyector 54W (6)	Proyector 18W (6)
Tiempo de vida (horas)	50000	50000	50000
Sustituciones a los 17 años	1	1	1
Costo por sustitución a los 17 años USD	5061,40	8900,10	5637,33
Costo por sustitución a los 34 años, USD	10122,80	17800,20	11274,66



2.5.2.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento de los equipos de iluminación de tecnología LED es casi nulo. Además, los proyectores seleccionados cuentan con un grado de protección IP67, totalmente estancos al polvo y protegidos contra los efectos de la inmersión [36], lo que garantiza su larga duración libre de mantenimiento.

El cable de fibra óptica, por ser un componente pasivo que sólo irradia luz, tampoco requiere mantenimiento, aunque se sugiere una limpieza periódica para evitar que la luz sea “atrapada” dentro de la fibra, por acumulación de polvo y humedad. Estos trabajos, pueden ser realizados por personal de mantenimiento de la universidad, una vez al año.



CAPÍTULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN MONUMENTAL CON FIBRA ÓPTICA Y TECNOLOGÍA LED PARA LA CAPILLA DEL CAMPUS SAN CAYETANO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

3.1 INTRODUCCION

Los sistemas de iluminación habituales son diseñados para presentar características de uniformidad, lo que permite realzar estructuras y detalles específicos.

La combinación de los criterios de iluminación cualitativa, orientada a la percepción para resaltar los detalles de monumentos y espacios arquitectónicos, y, de los sistemas de iluminación híbridos de fibra óptica (FOBLUX) y tecnología LED, permite crear ambientes especiales y alcanzar notables características de eficiencia energética y seguridad.

Este documento, recoge los resultados obtenidos al diseñar un sistema de iluminación cualitativa con tecnología LED y FOBLUX, para la Capilla del Campus San Cayetano de la UTPL en la ciudad de Loja.

3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL DE LA CAPILLA

El diseño arquitectónico de la Capilla de la UTPL, incluye una gran superficie de vitrales (Ver Fig. 3.1). La luz natural es abundante, por lo que la iluminación funcional diurna se complementa con un pequeño número de luminarias (Ver Tabla 3.1).



Fig. 3.1 Vitrales de la capilla.

Tabla 3. 1
Luminarias del sistema de iluminación actual de la Capilla

LUMINARIAS DEL ESPACIO GENERAL	Lámparas T5	8
	Lámparas fluorescentes compactas LFC (focos ahorradores)	28
LUMINARIAS DEL ALTAR	Lámparas T5	6

Durante el día, permanecen encendidas las lámparas T5. Por la noche, la iluminación se complementa con las lámparas fluorescentes compactas. En el sector del altar,



permanecen encendidas las lámparas fluorescentes compactas y las lámparas T5, tanto de día como de noche.

3.3 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ILUMINACIÓN DE LA CAPILLA

El diseño propuesto para el sistema de iluminación de la Capilla de la UTPL, se basa en el concepto de iluminación cualitativa, en su función básica de luz para mirar.

En el sistema de iluminación propuesto, se utiliza luz directa dirigida para dividir el área de la nave de la Capilla en dos zonas (general y altar), y, para resaltar visualmente elementos principales (Ver. Fig. 3.2 y Fig. 3.3) [37].



Fig. 3.2 Vista general de la Capilla y del altar.



Para iluminar el área general se propone utilizar un sistema de iluminación conformado por dos bloques: de iluminación diurna con fibra óptica solar, y, de iluminación nocturna con bombillas LED. Para iluminar el área del altar, se propone utilizar un bloque de luz polarizada.

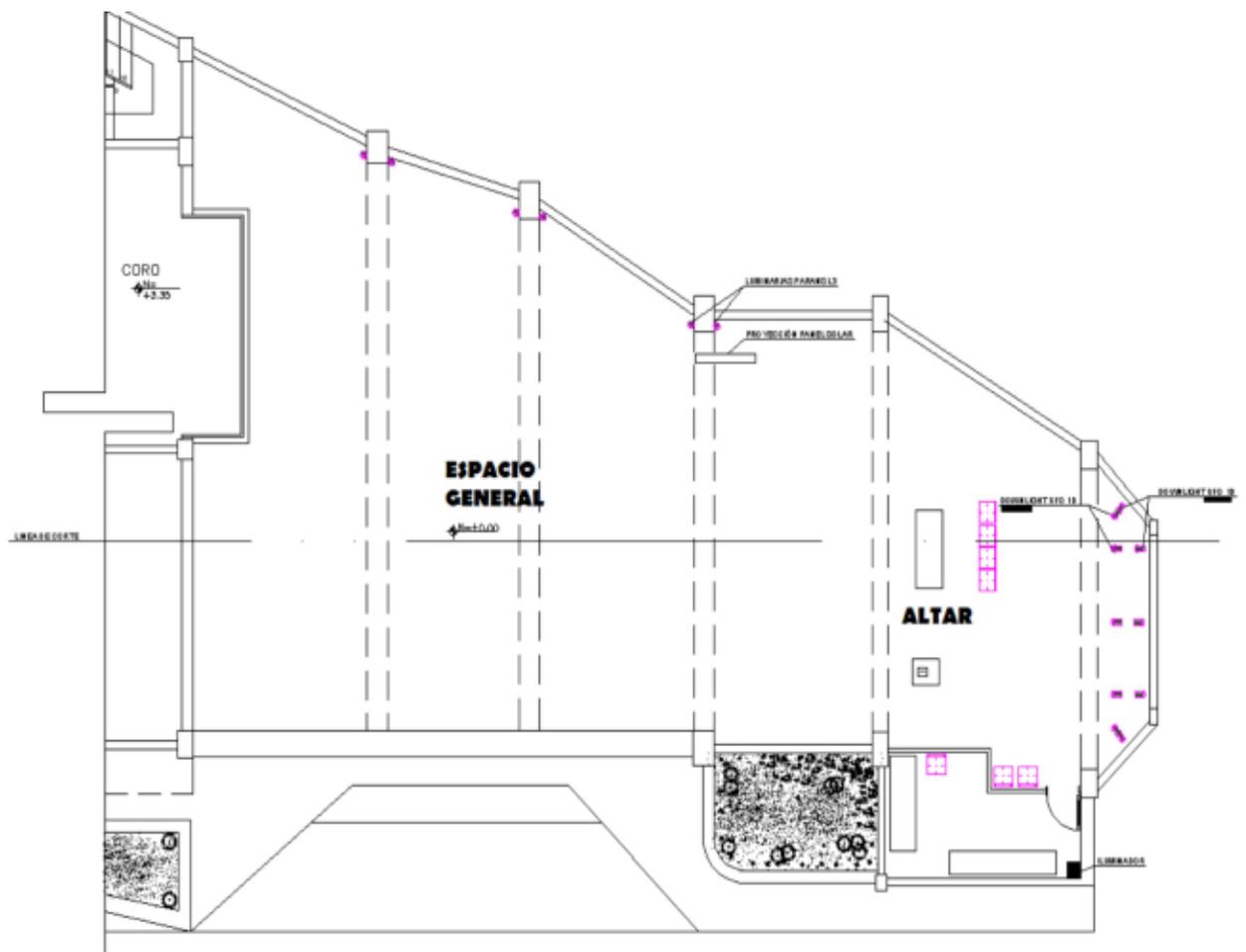


Fig. 3.3. División del área de la nave de la Capilla. Elaborado por los autores



3.3.1 BLOQUE DE ILUMINACIÓN DIURNA CON FIBRA ÓPTICA SOLAR

En el sistema actual, durante el día la iluminación del área general se logra con el encendido de lámparas T5 (Ver Fig. 3.4). Se propone reemplazar esas lámparas por luminarias de fibra óptica solar.



Fig. 3.4. Espacio general de la Capilla iluminado con lámparas T5.

La experiencia de la iluminación con luz solar es muy diferente a la de iluminar con luz artificial. La luz solar tiene un espectro continuo de colores, es viva y dinámica. Además, la luz solar no produce el apenas perceptible parpadeo del cerebro, como consecuencia del uso de iluminación artificial potenciada por energía eléctrica alterna.

Para la implementación del bloque de iluminación diurna se seleccionó el equipamiento diseñado y patentado por la compañía sueca Parans, conformado por paneles (skyport), luminarias (bjork), y, cableado (sunwire), y, que han sido descritos en otros trabajos [38]. La Tabla 3.2 resume el número de luminarias solares utilizadas, mientras que la Fig. 3.5 muestra la disposición de los elementos del bloque de iluminación en la nave de la capilla.



Tabla 3. 2
Detalle de luminarias PARANS L3 y los DONWLIGHT 1D

Detalle	Sistema de iluminación	Cant.	Ubicación
Luminarias Parans L3	Diurna con fibra óptica Solar	6	Columnas laterales de la derecha
Downlight 1D	Acentuación del altar con fibra óptica	10	Ubicados en el altar (Ver Fig. 8) cinco en la parte superior y cinco en la parte inferior.

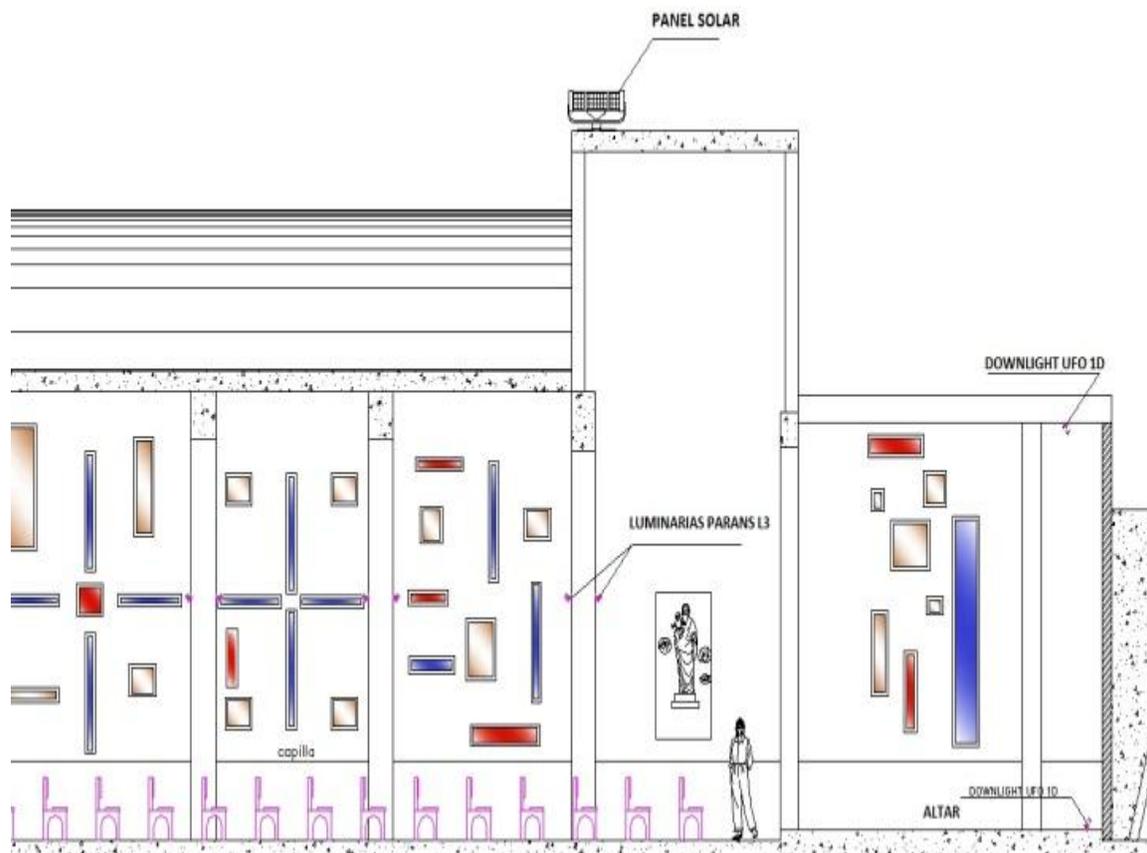


Fig. 3.5. Ubicación del equipamiento del bloque de iluminación diurna. Elaborado por los autores



3.3.2 BLOQUE DE ILUMINACIÓN NOCTURNA CON TECNOLOGÍA LED

En este bloque se propone reemplazar las lámparas fluorescentes compactas LFC por bombillas LEDSP80B, cuyas características se describen en la Tabla 3.3 [39].

Tabla 3. 3
Características de bombillas de tecnología LED

	Metal Cooling System	SP80B
Modelo		
Consumo (W)	10 W	10W
Vida promedio(horas)	17520	>50 000
Lúmenes Blanco cálido	550	450
Temperatura del color (K)	2500	3000 a 4000

3.3.3 BLOQUE DE ILUMINACIÓN CON LUZ POLARIZADA PARA ACENTUACIÓN DEL ALTAR

El diseño de iluminación para acentuar los detalles del altar, se basa en el concepto de iluminación cualitativa, utilizando luz directa dirigida. La iluminación directa y dirigida produce una iluminación uniforme en el plano de trabajo horizontal; la arquitectura queda visible, siendo posible orientarse en el espacio y trabajar dentro del mismo. La luz dirigida suministra un buen modelado y brillantez, posibilita una buena percepción de las formas y estructuras en las superficies, y, se caracteriza por su eficiencia energética [40].



Los conceptos propuestos para este bloque fueron simulados y probados con el software Maxwell. La Fig. 3.6 muestra los resultados obtenidos para luz de color blanco cálido, que crea ambientes agradables y proporciona la sensación de tranquilidad.



Fig. 3.6. Acentuación del altar con luz de tono blanco cálido e iluminación directa, en un escenario nocturno. Elaborado por los autores



La iluminación propuesta se logra con el uso de fibra óptica solar. La diferencia más marcada entre un sistema de iluminación eléctrica habitual y uno con uso de fibras ópticas, reside en el hecho de que los conductores eléctricos pueden empalmarse y derivarse, en tanto que las fibras ópticas han de implantarse individualmente, desde el iluminador hasta cada punto de luz (Ver. Fig. 3.7) [10].

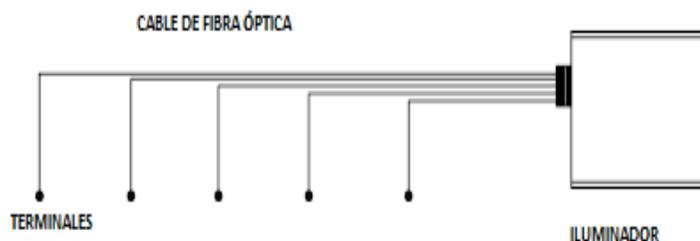


Fig. 3. 7 Instalación de iluminación por fibras ópticas

El bloque propuesto consta de un iluminador, de arnés de fibras ópticas, y, de terminales.

Analizando las características técnicas de diferentes iluminadores para fibra óptica, existentes en el mercado (ver Tabla 3.4), se seleccionó el iluminador RGB LED ILUMINADOR, de uso en interiores, con un promedio de vida de la lámpara de 50 000 horas, y, con salida de 1320 lúmenes. Este iluminador puede contener hasta 400 fibras de 0,75 mm, con una gama completa de colores sin el uso de la rueda de color, y, no presenta electricidad o calor en el punto de iluminación [41], [42], [43].



Tabla 3. 4
Características de técnicas de iluminadores

Iluminador	Metal Halide	RGB LED Illuminator	SuperVisionLitepro	150W DMX QFX
				
Dimensiones (mm)	295 x 340 x 150	310 x 200x 85	140 x 121 x 373	330 largo 199 ancho 213 altura
Peso (Kg)	12	4	6.5	10.4
Tipo de lámpara	150W HID	45 W LED bulb	150 W HID	150 W Osram HQI-R
Vida promedio	6000 Horas	50 000 Horas	1000 Horas	6000 Horas
Aplicación	Interior	Interior	interior	interior

El arnés de fibras ópticas seleccionadas fue el FSPT-10, fabricado por FiberStars [44], cuyas características técnicas se resumen en la Tabla 3.5.

Tabla 3. 5
Características de arnés de fibras

	12EG75	FSPT-10	SV12EGW
N° strand	12	10	12
Diámetro (mm)	0,75	6	0,75
Temperatura de funcionamiento (°C)	-55 ° C a 70 °C	-	-
Índice de refracción	1,49	-	-
Perfil de índice de refracción	0,5	-	-
Atenuación	Pérdida del 10% después de 1000m	Pérdida del 0,7% % después de 1pie	Pérdida del 10% después de 1000m
Mantenimiento	Casi no necesita mantenimiento	Casi no necesita mantenimiento	Casi no necesita mantenimiento
Cubierta exterior	polímeros fluorados	PVC	PVC



En la Tabla 3.6 se resumen las características principales de los terminales de fibra óptica. Considerando que por requerimientos del diseño no es posible alterar la arquitectura de la Capilla, se seleccionó terminales tipo downlight 1D no empotrables, ideales para la iluminación de objetos estáticos, a los que se quiere convertir en centro de atención. Los downlight 1D cuentan con lentes de enfoque de objetivo claro, con un rango de enfoque de 12° a 22°, y, son de acero inoxidable [45]. La Tabla 3.2, y, la Fig. 3.8, muestran el número y ubicación de los dispositivos downlight 1D.

Tabla 3. 6
Características de terminales de fibra óptica

	1D	10DA	10D
Downlight			
Dimensiones (mm)	Ø33 mm	Ø40mm	Ø50mm
Peso (g)	281.6	55.1g	140.7g
Tamaño mínimo de la fibra(mm)	Ø5mm	Ø2mm	Ø2mm
Tamaño máximo de la fibra(mm)	Ø8mm	Ø8mm	Ø8mm
Rango de enfoque	12° - 22°	40° - 75°	25° - 45°

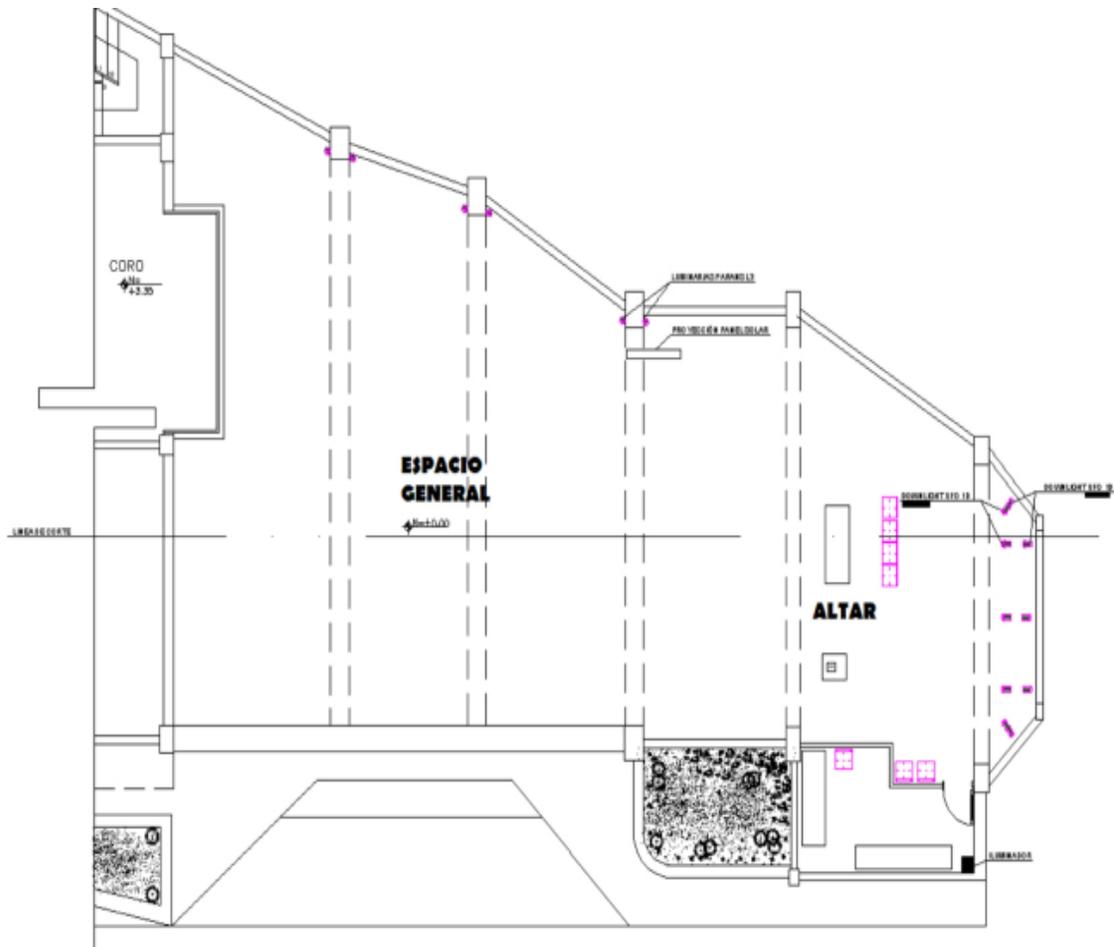


Fig. 3. 8 Disposición de los downlight 1D en la nave de la Capilla



3.4 ANÁLISIS FINANCIERO

3.4.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Tabla 3. 7
Presupuesto para la implementación del sistema de iluminación
propuesto para la Capilla UTPL

Sistema de iluminación			
Detalle	Cantidad	PU, USD	Total, USD
SP3 Basic Package	1	5562,46	5562,46
Herramientas de montaje	4	166,65	666,60
Metro de fibra óptica	70,31	64,77	4553,98
RGB LED Iluminador	1	249	249,00
Arnés de fibras 12EG75	104,94	8,25	865,76
Downlight 1D	10	117,739	1177,39
Bombilla LED SP80B	28	44,8	1254,40
Transformador de 220V	1	109	109
	Total Material		14438,58
Costo de importación de equipo FOBLUX (50%)			5391,5194
Costo de importación de equipo (25%)			573,03625
	Subtotal		20403,14
Mano de obra (12%)			2448,3767
Gestión de diseño (10%)			2040,3139
Imprevistos (5%)			1020,157
TOTAL			25911,987



3.4.2 FACTIBILIDAD DEL SISTEMA

3.4.2.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL BLOQUE DE ILUMINACIÓN GENERAL DIURNA.

La tabla 3.8, resume el costo de energía eléctrica y el costo de mantenimiento del sistema de iluminación propuesto, considerando que el mismo funciona 10 h diarias. Para efectuar los cálculos, se consideró una vida útil del sistema de 10 años.

Como se observa en la tabla 3.8, el rubro de consumo de energía actual se suprime por cuanto el sistema FOBLUX emplea luz solar disponible en forma gratuita.

Tabla 3. 8
Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación diurna actual y del bloque propuesto

	Lámpara Fluorescente T5	PARANS L3	Condiciones de la comparativa
Consumo real con idéntica eficiencia energética	28W	Luz solar	Consumo de una lámpara
Consumo a la hora (kWh)	0,224kWh	Sin consumo	Cálculo efectuado de 8 lámparas T5
Consumo total durante 1 año (kWh)	817,6kWh	Sin consumo	Calculando una utilización diaria de la lámpara de 10 horas
Importe de consumo eléctrico Anual (USD)	67,9	Sin coste	Importe del Kilowatio/hora calculado a razón de 0.083
Importe de consumo eléctrico en 10 años (USD)	678,6		



Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación diurna actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de consumo eléctrico actual – costo de consumo eléctrico del bloque propuesto)		
	678,6		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación diurna actual por el bloque propuesto (%)	100%		
Vida de la lámpara	3000 horas	262800 horas	
Sustituciones de lámparas en 5 años (en número de veces)	6	No hay sustitución	Cálculo efectuado sobre un total de 8 lámparas T5 calculando una utilización diaria de las lámparas de 10 horas.
Sustituciones de lámparas en 10 años (en número de veces)	12	No hay sustitución	
Precio de cada unidad (USD)	5,8	-	
Coste de mantenimiento del sistema (USD)	556,8	-	
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación diurna actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de mantenimiento actual – costo de mantenimiento del bloque propuesto)		
	556,8		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación diurna actual por el bloque propuesto (%)	100%		



3.4.2.2 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL BLOQUE DE ILUMINACIÓN GENERAL NOCTURNA.

Tabla 3. 9
Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación nocturna actual y del bloque propuesto

	Lámpara Fluorescente	Bombilla a LED	Condiciones de la comparativa
Consumo real con idéntica eficiencia energética (W)	18	10	Consumo de una Bombilla
Consumo a la hora (kWh)	0,504	0,28	Cálculo efectuado de 28 bombillas calculando una utilización de las lámparas de 2 horas.
Consumo total durante 1 año (kWh)	367,92	204,4	
Importe de consumo eléctrico Anual USD	30,5	17,0	Importe del Kilowatio/hora calculado a razón de 0.083
Importe de consumo eléctrico en 10 años (USD)	305,4	169,7	
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación nocturna actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de consumo eléctrico actual – costo de consumo eléctrico del bloque propuesto)		
	135,7		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación nocturna actual por el bloque propuesto (%)	44,44%		
Vida de la lámpara	3000 horas	50 000 horas	
Sustituciones de lámparas en 5 años (en número de veces)	1	No hay sustitución	Cálculo efectuado de 28 bombillas Calculando una utilización diaria de la lámpara de 2 horas
Sustituciones de lámparas en 10 años (en número de veces)	2	No hay sustitución	
Precio de cada unidad	3,8	44,8	



Coste de mantenimiento del sistema (USD)	212,8	No hay coste	
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación nocturna actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de mantenimiento actual – costo de mantenimiento del bloque propuesto)		
	212,8		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación nocturna actual por el bloque propuesto (%)	100		

Se consideró también una vida útil de 10 años. Al comparar el consumo de energía eléctrica y los gastos en mantenimiento el sistema actual y del sistema propuesto, se puede determinar un ahorro del 44.44% en cuanto a consumo de energía (a favor del sistema propuesto) y la reducción en el 100% en gastos de mantenimiento.

3.4.2.3 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COSTO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL ALTAR

Tabla 3. 10
Análisis comparativo del desempeño del sistema de iluminación del altar actual y del bloque propuesto

	Lámpara Fluorescentes T5	Iluminador	Condiciones de la comparativa
Consumo real con idéntica eficiencia energética (W)	40	45	Consumo de Lámpara y del iluminador
Consumo a la hora (kWh)	0,24	0,045	Cálculo efectuado de 6 lámparas calculando una utilización de las lámparas de 12 horas.
Consumo total durante 1 año (kWh)	1051,2	197,1	
Importe de consumo eléctrico Anual (USD)	87,2	16,4	Importe del Kilowatio/hora



Importe de consumo eléctrico en 10 años (USD)	872	164	calculado a razón de 0.083
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de consumo eléctrico actual – costo de consumo eléctrico del bloque propuesto)		
	708		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación actual por el bloque propuesto (%)	81,3%		
Vida de la lámpara	3000 horas	50000 horas	
Sustituciones de lámparas en 5 años (en número de veces)	8	No hay sustitución	Cálculo efectuado sobre un total de 6 lámparas T5 calculando una utilización diaria de las lámparas de 12 horas.
Sustituciones de lámparas en 10 años (en número de veces)	16	No hay sustitución	
Precio de cada unidad (USD)	6,2	No hay sustitución	
Coste de mantenimiento del sistema (USD)	595,2	No hay coste	
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación actual por el bloque propuesto (USD)	(costo de mantenimiento actual – costo de mantenimiento del bloque propuesto)		
	595,2		
Ahorro sustituyendo el sistema de iluminación actual por el bloque propuesto (%)	100%		

Se consideró también una vida útil de 10 años. Al comparar el consumo de energía eléctrica y los gastos en mantenimiento el sistema actual y del sistema propuesto, se puede determinar un ahorro del 81.3% en cuanto a consumo de energía (a favor del sistema propuesto) y la reducción en el 100% en gastos de mantenimiento.



CONCLUSIONES

- Los sistemas de iluminación a través de fibras ópticas (SIFO), con respecto a los sistemas de luz convencional, resultan una alternativa eficiente en cuanto a iluminación, debido a que permiten reducir el costo de energía entre el 20 y 25% y la emisión de gases de efecto invernadero entre el 10 y 15%.
- Las características que presentan los SIFOs, en cuanto a iluminación, la convierten en una tecnología eficiente y versátil para iluminación, tanto de interiores como de exteriores, porque permite lograr efectos y funciones lumínicas antes no soñadas.
- El bajo consumo de energía eléctrica, la cero emisión de calor y radiación, han transformado a los sistemas SIFO en una alternativa muy atractiva para diversas aplicaciones, como el iluminar piezas históricas en museos, monasterios, catedrales o iglesias, joyerías, locales comerciales y, arquitectura en general que, busca enfatizar detalles, crear ambientes, y, lograr efectos sorprendentes.
- Por sus características seguras y su resistencia contra los golpes, la fibra óptica se ha convertido en una fuente de iluminación para ambientes industriales, agresivos e incluso explosivos.
- Para resaltar la arquitectura del monumento conocido como “la Cruz”, es posible realizar un diseño basado en iluminación cualitativa y orientada a la percepción.
- Desde esta perspectiva, el sistema de iluminación deberá resaltar los tres elementos principales del monumento: la cruz, el engranaje, y, la lira.
- El sistema de iluminación propuesto combina las propiedades de la fibra óptica para iluminación, y, de la tecnología LED.
- El sistema de iluminación propuesto se caracteriza por su flexibilidad al iluminar, por su larga duración, y, bajo consumo de energía.



- El diseño de iluminación propuesto para la Capilla UTPL se basa en el concepto de iluminación cualitativa, en su función básica de luz para mirar.
- El sistema propuesto utiliza la luz directa dirigida para dividir el área de la nave de la Capilla en dos zonas: general, y, altar.
- Para iluminar el área general se propone utilizar un sistema de iluminación conformado por dos bloques: uno de iluminación diurna con fibra óptica solar, y, otro de iluminación nocturna con tecnología LED.
- Para iluminar el área del altar, se propone utilizar un bloque de iluminación con luz polarizada.
- El sistema de iluminación propuesto no sólo aporta con los beneficios fisiológicos del uso de luz natural, sino que muestra excelentes indicadores técnicos de consumo de energía y costos de mantenimiento.



TRABAJOS FUTUROS

- Implementación de sistemas de iluminación monumental con fibra óptica, que pueden ser utilizados para iluminar con luz solar o con luz polarizada (luz de color), de tal manera que se obtenga diversas formas de iluminación, siendo un impacto en el campo publicitario y de la arquitectura lumínica.
- Las líneas generales de este proyecto pueden servir como fundamentos de iluminación monumental, y, de base para el diseño conceptual de iluminación de espacios arquitectónicos.
- El propósito del proyecto es fomentar el diseño e implementación de sistemas de iluminación eficientes, que permitan alcanzar el mayor nivel de iluminación para una determinada tarea, con el mínimo consumo energético.



REFERENCIAS

- [1] Lightitaly.it. Noticias y Tecnología. [En línea] <<http://www.lightitaly.it/es/light-ecology/cmsx.asp?IDPg=1025>> [Consulta 8 de abril del 2011]
- [2] Iluminet. Conferencia: La fibra óptica en la iluminación. [En línea] <<http://www.iluminet.com.mx/conferencia-el-vidrio-en-la-fibra-optica/>> [Consulta 8 de abril del 2011]
- [3] DecorVise. Lámparas Fibra Óptica. [En línea] <http://www.decorvise.com/index.php?main_page=index&cPath=381> [Consulta 8 de abril del 2011]
- [4] Sistemas de iluminación, eficiencia y sostenibilidad energética en la empresa. Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética. La Coruña, 2009, [en línea] <http://www.energylab.es/fotos/091105104635_YTi6.pdf>, [Consulta 23 Abril 2011]
- [5] Australian Commercial Building Sector Greenhouse Gas Emissions 1990–2010, Australian Green House Office.
- [6] Benefits [en línea]. PARANS <<http://www.parans.com/Products/Benefits/tabid/1080/language/en-US/Default.aspx>> [Consulta: 11 abril 2011].
- [7] L. Edwards, P. Torcellini. A Literature Review of the effects of Natural Lighting on Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory. 2002
- [8] D. D. Earl, J. D. Muhs. preliminary results on luminaire designs for hybrid solar lighting systems. Oak Ridge National Laboratory. Proceedings of Forum 2001: Solar Energy: The Power to Choose. April 21-25, 2001, Washington, DC
- [9] The Fiber Optic Association. Tech Topics. TheFiberOpticAssociationInc, 2002 [En línea] <<http://www.thefoa.org/tech/lighting/lighting.html>> [Consulta 10 Abril 2011]
- [10] JIMÉNEZ Juan Carlos. Barcelona-España, 2000. Advanced. FiberOptics. Sistemas de iluminación. Criterio de Diseño. [En línea] <http://www.afo.es/fiber_optic/downloads/AFO_Criterios%20de%20Dise%C3%B1o.pdf> [Consulta 20 de abril del 2011]
- [11] ASTRALPOOL. Iluminación y decoración de la piscina. Las mil caras del color [En línea] <http://oxwellsys.com/files/productos/79_archivopdf.pdf> [Consulta 20 de abril del 2011]
- [12] A&S. International. Illuminators. [En línea] <<http://www.as-trade.com/illuminators.htm>> [Consulta 10 Abril 2011]
- [13] HOZVEN Pablo. Iluminación por fibra óptica: Aplicaciones y características. Fiberstars, Chile. [En línea] <<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=830&edi=46>> [Consulta 20 de abril del 2011]
- [14] FibreOpticLighting. [En línea] <<http://fibreopticlighting.org/>> [Consulta 10 Abril 2011]
- [15] Guía. Principios. ERCO. [En línea] <http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_erco_guide_1_basics.pdf>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [16] GANSLANDT Rüdiger, HOFMANN Harald. Cómo Planificar con Luz. [En línea] <http://www.erco.com/download/data/30_media/20_handbook/es_erco_lichtplanung.pdf>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [17] GARCIA Cagigal Ticiano Hno. PINTURA MURAL, ESCULTURA Y VITRALES. Símbolo de la Universidad. Biblioteca UTPL.
- [18] Tri North Lighting, Inc. Super Vision SV84 Side GLow Cable. [En línea]. <http://trinorthlighting.com/Store/index.php?main_page=product_info&cPath=823_79&prducts_id=385>, [Consulta 10 Julio 2011]



- [19] Shenzhen Corpereal Photoelectric Co.,Ltd). Solid Core optic side & end light Fiber. [En línea]. <http://www.corpereal.com/en/product_view_109_139.html>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [20] UFO. UNIVERSAL FIBRE OPTICS. Stranded Side Glow Harness. [En línea]. <<http://www.universal-fibre-optics.com/stranded-side-glow.php>>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [21] Tri North Lighting, Inc. Super Vision End Glow Fiber Optic Cable. [En línea]. <<http://www.trinorthlighting.com/End%20Glow%20fiber%20optic%20cable.htm>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [22] Tri North Lighting, Inc. SV 1500 Illuminators. [En línea]. <http://www.trinorthlighting.com/Fiber%20Optic%20Illuminators_files/SV1500%20Catalog.pdf>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [23] Tri North Lighting, Inc. FIBERPRO Illuminators. [En línea]. <http://www.trinorthlighting.com/Fiber%20Optic%20Illuminators_files/FiberPro%20150%20Catalog.pdf>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [24] Tri North Lighting, Inc. ECLIPSE II Illuminators. [En línea]. <http://www.trinorthlighting.com/Fiber%20Optic%20Illuminators_files/Eclipse%20II%20Catalog.pdf>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [25] Microluz. Soluciones profesionales de iluminación LED y SSL. Luminaria LED Exterior RGB 40W/220V. [En línea] <<http://www.microluz.es/Luminaria-LED-Exterior-RGB-40W-220V-p-160.html>>. [Consulta 10 Julio 2011]
- [26] LEDBOX nature power light. Proyector LED 36W, RGB. [En línea] <http://www.ledbox.es/modelo_LD1020121>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [27] LEDBOX nature power light. Proyector LED 72W, RGB. [En línea] <http://www.ledbox.es/modelo_LD1020122>, [Consulta 1 Julio 2011]
- [28] OutSide BCN Led Lighting. Proyector LED circular 98W. [En línea]. <<http://www.outsidebcn.com/detalle.php?acc=v&cod=361#>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [29] OutSide BCN Led Lighting. Proyector LED circular 54W. [En línea]. <<http://www.outsidebcn.com/detalle.php?acc=v&cod=236>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [30] OutSide BCN Led Lighting. Proyector LED circular 18W. [En línea]. <<http://www.outsidebcn.com/detalle.php?acc=v&cat=2&cod=237>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [31] L1. Lighting comes with Desig. L1-RF36 Specifications. [En línea]. <<http://l1.kr/download/l1-rf36/L1-RF36-specifications.pdf>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [32] L1. Lighting comes with Desig. L1-RF18 Specifications. [En línea]. <<http://l1.kr/download/l1-rf18/L1-RF18-specifications.pdf>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [33] L1. Lighting comes with Desig. L1-RF9 Specifications. [En línea]. <<http://l1.kr/download/l1-rf9/L1-RF9%20specifications.pdf>>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [34] Empresa Electrica regional del Sur S.A. [En línea]. <<http://www.eerssa.com/>> [Consulta 10 Julio 2011]
- [35] Optic Fibre& LED Lighting. Nicholas Theodorou. Specialist Lighting Consultant (nicholas@opticfibrelighting.com.au). [En línea]. <<http://www.opticfibrelighting.com.au/>>
- [36] MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Significado y explicación de los códigos IP, IK. [En línea]. <http://www.dimar-iluminacion.com/conocimiento/recursos/SIGNIFICADO_Y_EXPLICACION_DE_LOS_CODIGOS_DE_PROTECCION_IP_e_IK.pdf>, [Consulta 10 Julio 2011]
- [37] Light Scout. ERCO. [En línea] <http://www.ercos.com/projects/sacral/chiesa_dive_2083/es/es_chiesa_dive_intro_1.php> [Consulta 20 Noviembre 2011]
- [38] Avances sistema Parans de iluminación natural. [En línea] <<http://blog-is-arquitectura.es/2010/09/20/avances-sistema-parans-de-iluminacion-natural/>> [Consulta 20 Noviembre 2011]



- [39] LED LIGHT BULB. SP80B. [En línea]. <<http://www.proviento.com.ec/SP80Bec.pdf>> [Consulta 20 Noviembre 2011]
- [40] Guía de iluminación de espacios interiores. ERCO. [En línea].<http://www.ercos.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/130_es/es_ercos_guide_3_indoor_lighting.pdf>[Consulta 20 Noviembre 2011]
- [41] RGB LED Illuminator. Wiedamark. [En línea]. <<http://www.wiedamark.com/pdf/Fiber/45wattRGBIllumtr2010.pdf>>[Consulta 3 enero 2011]
- [42] RGB LED Illuminator. ECVV. [En línea]. <<http://www.ecvv.com/product/3508791.html>> [Consulta 3 enero 2011]
- [43] RGB LED Illuminator. Wiedamark. [En línea]. <<http://www.wiedamark.com/45wattrgb.aspx>> [Consulta 3 enero 2011]
- [44] FiberSpots Fiber.FiberStars. [En línea]. <<http://www.energyfocusinc.com/uploads/pdf/FSPT-Spec.pdf>> [Consulta 3 enero 2011]
- [45] Fibre Optique Complet. Fibre optics france. [En línea]. <http://www.fibreopticsfrance.com/pdf/brochure_system_sp_lr.pdf> [Consulta 3 enero 2011]



ANEXOS