

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

ILUMINACIÓN GENERAL DE ALTURA DE DOS NAVES INDUSTRIALES DESTINADAS AL PROCESO DE TREFILADO DE ALAMBRE

Dávila Vásquez, Juan Fernando – LU130451

Ingeniería Electromecánica

Tutor/es:

Ing. Terán Fiallos, Pablo Dário

Ing. Zambrano, Daniel Alberto

Julio 11, 2013



UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló un estudio para la iluminación general de altura en dos naves industriales dentro de las cuales se produce alambre trefilado, mallas electro-soldadas, grapas, alambre de puas, clavos, etc.

La iluminación de las naves se efectuó por medio de dos sistemas, convencional y LED, con la finalidad de conocer el sistema que represente mejores beneficios tanto en calidad de iluminación, como en ahorro de energía eléctrica y costo de implementación.

En primera instancia, se realizó un análisis de las características físicas de cada uno de los lugares a iluminar, y basándose en la norma del "Código Técnico de la Edificación" se determinó los requerimientos para la iluminación. A continuación se determinó el número de lámparas y la distribución de estas en las naves mediante el "Método de los Lúmenes", y por medio del software DiaLux® se validó los resultados obtenidos.

Posteriormente, en base al Código Eléctrico Nacional "CPE INEN 019:01 CEN", se realizó el dimensionamiento de los conductores eléctricos y se seleccionó los elementos de protección necesarios. Además se describió el sistema de control de encendido y apagado de las luminarias que va a poseer cada sistema de iluminación.

Finalmente, se realizó un análisis económico – comparativo de ambos sistemas, concluyendo que el sistema de iluminación más económico de implementar es el convencional, pero el sistema que proporciona mayor calidad de iluminación y ahorro energético es el LED.

ABSTRACT

GENERAL HEIGHT LIGHTING OF TWO INDUSTRIAL SHIPS DEDICATED TO THE PROCESS OF THE DRAWN OF WIRE

In the present work was developed a study for the general height lighting in two industrial ships, in which the drawn of the wire, electro soldered fences, staples, wire of spikes, nails, etc. are produced.

The lighting of the ships was made by means of two systems, the conventional one and the LED one, with the purpose of knowing the system that represents better benefits both in quality of lighting, like in electric power saving and implementation cost.

Firstly, it was carried out an analysis of the physical characteristics from each one of the places to light and being based on the norm of the "Technical Code of Building", it was determined the requirements for the lighting. Next it was determined the number of lamps and the distribution of these in the ships by means of the "Method of the Lumens", and by means of the DiaLux® software they obtained results were validated.

Later, based on the National Electric Code "CPE INEN 019:01 CEN", the sizing of the electric drivers was carried out and the necessary protection elements were chosen. Moreover it was described the system of ignition and shutdown control of the lights that each lighting system is going to have.

Finally, an economic and comparative analysis of both systems was carried out, reaching to the conclusion that the most economic system of lighting to implement is the conventional one, but the system that provides major quality of lighting and energy saving is the LED.

CONTENIDO

RESUMEN	2
CONTENIDO.....	4
INTRODUCCIÓN	7
 CAPITULO I	
ILUMINACIÓN.....	12
1.1. INTRODUCCIÓN A LA LUMINOTECNIA	12
1.1.1. Definición	12
1.1.2. Espectro electromagnético y espectro visible	12
1.1.3. La visión humana.....	13
1.1.3.1. Agudeza y campo visual	13
1.1.3.2. Adaptación del ojo a la intensidad de la luz.....	14
1.1.3.3. Niveles de iluminación.....	16
1.2. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS	16
1.2.1. Flujo luminoso.....	17
1.2.2. Intensidad luminosa.....	17
1.2.3. Iluminación o iluminancia	19
1.2.4. Luminancia	20
1.2.5. Rendimiento luminoso.....	22
1.2.6. Reflectancia	23
1.2.7. Rendimiento de color.....	23
1.2.8. Temperatura de color.....	25
1.2.9. Índice de deslumbramiento unificado	26
1.2.10. Factor de uniformidad.....	26
1.2.11. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)	27
1.3. MÉTODOS DE ALUMBRADO	27
1.3.1. Alumbrado general localizado	28
1.3.2. Alumbrado general	28
1.3.3. Alumbrado localizado.....	28
1.4. CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN PARA INTERIORES	29
1.4.1. Método de los lúmenes	30
CAPITULO II	
FUENTES LUMINOSAS.....	38
2.1 INTRODUCCIÓN.....	38
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES LUMINOSAS ARTIFICIALES	40
2.2.1 Fuentes Luminosas de Incandescencia	41
2.2.1.1 Lámparas incandescentes	42
2.2.1.2 Lámparas de incandescencia estándar	44
2.2.1.3 Lámparas incandescentes halógenas	45
2.2.2 Fuentes Luminosas de Luminiscencia	47
2.2.2.1 Fotoluminiscencia	47
2.2.2.1.1 Lámparas de descarga en gas a baja presión	48
2.2.2.1.1.1 Lámparas fluorescentes.....	48
2.2.2.1.1.2 Lámparas fluorescentes compactas	49
2.2.2.1.1.3 Lámparas de inducción	50
2.2.2.1.1.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión.....	51
2.2.2.1.2 Lámparas de descarga en gas a alta presión	52
2.2.2.1.2.1 Lámparas de vapor de sodio de alta presión.....	52

2.2.2.1.2.2	Lámparas de vapor de mercurio de alta presión	53
2.2.2.1.2.3	Lámparas de halogenuro metálico.....	54
2.2.2.2	Electroluminiscencia.....	55
2.2.2.2.1	Lámparas tipo LED	55
2.2.2.2.2	Características constructivas de un LED	57
2.2.2.2.3	Beneficios de un LED	58
2.3	CRITERIOS PARA LA CORRECTA ELECCIÓN DE LÁMPARAS.....	59

CAPITULO III

LUMINARIAS, EQUIPOS AUXILIARES Y ACCESORIOS.....	62
---------------------------------------------------------	-----------

3.1.	INTRODUCCIÓN A LAS LUMINARIAS	62
3.2.	PARTES DE UNA LUMINARIA	63
3.2.1.	Materiales usados para la fabricación de luminarias.....	64
3.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	65
3.3.1.	Distribución luminosa según la CIE (1986).....	66
3.3.2.	Según su tipo de aplicación	67
3.3.3.	Según su grado de protección	69
3.3.4.	Según su grado de seguridad eléctrica	70
3.4.	EQUIPOS AUXILIARES Y ACCESORIOS	70

CAPITULO IV

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN	74
--------------------------------------	-----------

4.1.	INTRODUCCIÓN.....	74
4.2.	ILUMINACIÓN GENERAL DEL TIPO CONVENCIONAL.....	75
4.2.1.	Cálculo de iluminación de la nave industrial	75
4.2.1.1.	Iluminación por el métodos de los lúmenes	77
4.2.1.2.	Cálculo de la potencia instalada	81
4.2.1.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	82
4.2.1.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	82
4.2.2.	Cálculo de iluminación de la bodega	83
4.2.2.1.	Iluminación por el método de los lúmenes	86
4.2.2.2.	Cálculo de la potencia instalada	89
4.2.2.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	90
4.2.2.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	90
4.2.3.	Cálculo de iluminación del baño y cambiadores.....	91
4.2.3.1.	Iluminación por el método de los lúmenes	92
4.2.3.2.	Cálculo de la potencia instalada	95
4.2.3.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	96
4.2.3.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	96
4.3.	ILUMINACIÓN GENERAL DEL TIPO LED	97
4.3.1.	Cálculo de iluminación de la nave industrial	97
4.3.1.1.	Iluminación por el método de los lúmenes	98
4.3.1.2.	Cálculo de la potencia instalada	102
4.3.1.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	102
4.3.1.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	102
4.3.2.	Cálculo de iluminación de la bodega	103
4.3.2.1.	Iluminación por el método de los lúmenes	104
4.3.2.2.	Cálculo de la potencia instalada	108
4.3.2.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	108
4.3.2.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	108
4.3.3.	Cálculo de iluminación del baño y cambiadores.....	109
4.3.3.1.	Iluminación por el método de los lúmenes	110
4.3.3.2.	Cálculo de la potencia instalada	114

4.3.3.3.	Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)	114
4.3.3.4.	Comprobación del resultado por medio de DIALux®	114

CAPITULO V

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS 116

5.1.	CONSIDERACIONES DE LA NORMA CPE INEN 019:01 CEN – CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL	116
5.2.1.	Verificación de la sección a la máxima corriente admisible	118
5.2.2.	Verificación de la sección al cortocircuito	119
5.2.3.	Verificación de la sección a la caída de tensión	122
5.3.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	123
5.3.1.	Protección contra corrientes de sobrecarga	123
5.3.2.	Protección contra las corrientes de cortocircuito	124
5.4.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE MANIOBRA.....	125
5.5.	RED DE TIERRA.....	126
5.6.	CÁLCULO DE TUBERÍAS	127
5.7.	SELECCIÓN DE CAJAS METÁLICAS DE DERIVACIÓN O DE EMPALME	128
5.8.	MEMORIA DE CÁLCULOS – SISTEMA CONVENCIONAL	129
5.8.1.	Seccionamiento de las luminarias	129
5.8.2.	Verificación de la sección a la máxima corriente admisible	131
5.8.3.	Verificación de la sección al cortocircuito	135
5.8.4.	Verificación de la sección a la caída de tensión.....	140
5.8.5.	Selección de los elementos de protección y maniobra	144
5.8.6.	Sistema de control	148
5.8.7.	Resumen sistema de iluminación convencional.....	149
5.9.	MEMORIA DE CÁLCULOS – SISTEMA LED.....	151
5.9.1.	Seccionamiento de las luminarias	151
5.9.2.	Verificación de la sección a la máxima corriente admisible	152
5.9.3.	Verificación de la sección al cortocircuito	156
5.9.4.	Verificación de la sección a la caída de tensión.....	161
5.9.5.	Selección de los elementos de protección y maniobra	165
5.9.6.	Sistema de control	170
5.9.7.	Resumen sistema de iluminación LED	171

CAPITULO VI

COTIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN 173

6.1.	RESUMEN DE MATERIALES ELÉCTRICOS Y DE ILUMINACIÓN A UTILIZAR EN EL PROYECTO.....	173
6.2.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO (APU)	176
6.2.1.	Sistema de iluminación convencional.....	176
6.2.2.	Sistema de iluminación del tipo LED	179
6.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO – COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONALES Y LED.....	182
6.3.1.	Eficiencia Energética	182
6.3.2.	Ahorro de Energía Eléctrica	187
6.3.3.	Análisis Económico – Financiero – Implementación Sistema LED o Convencional	189

CONCLUSIONES 196

BIBLIOGRAFIA 198

ANEXOS 200

ANEXO A.....	201
ANEXO B.....	208

Introducción

Objetivo General

Diseñar la iluminación de dos naves industriales gemelas en las cuales se realiza el proceso de trefilado.

Objetivos Específicos

- Realizar el cálculo del número de luminarias requerido para iluminar la planta según los luxes requeridos. Se utilizara dos tipos de sistemas de iluminación: con lámparas de mercurio y con lámparas LED
- Dimensionar los conductores eléctricos, protecciones termomagnéticas, contactores y sistemas de control tanto para el sistema de iluminación convencional como para el sistema de iluminación LED.
- Realizar un análisis económico – comparativo entre el uso del sistema convencional y el uso del sistema LED.

Estado del Arte

El hombre a lo largo de la historia ha ido evolucionando las formas de obtención de luz artificial, si nos remontamos a la prehistoria se puede ya obtener una primera forma de lámpara la cual consistía en la quema de palos o recipientes llenos de brasas. Luego se comenzó a utilizar el sebo o aceite para mejorar la combustión de las maderas y así obtener antorchas de larga duración. En el siglo IV a.C se crean las lámparas de aceite, las cuales eran recipientes abiertos fabricados con piedra, arcilla o huesos en los cuales se quemaban sebo o aceite, luego se crearon las lamparillas tipo candil las cuales eran recipientes de sebo o aceite parcialmente cerrados que poseían una mecha redonda de lino o algodón.

En el siglo XVIII el químico suizo Aimé Argrand descubrió el principio del quinqué, el cual consistía en colocar un tubo de cristal sobre la llama con el fin de mejorar el tiro de la lámpara, evitando que se produzca humo y protegiendo la llama del viento. A principios del siglo

XIX se introduce el gas como elemento de combustión para generar luz, es por ellos que en algunas ciudades se comenzó a emplear tres tipos de lámparas de gas: el quemador tipo Argrand, los quemadores de abanico y la lámpara de gas incandescente.

En el año de 1650 el alemán Otto von Guericke descubrió que la luz se podía producir a partir de una excitación eléctrica; encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y frotado, se producía una emanación luminosa, esto fue el principio para la creación de las lámparas eléctricas.

En 1706, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío, Hawsbee pudo producir el efecto observado por von Guericke.

En 1840 William Robert Grove, descubrió que al calentar tiras de platino o de otros metales hasta volverse incandescentes producían luz por un corto periodo de tiempo. En 1841 el inglés Frederick de Moleyns patentó por primera vez una lámpara incandescente,

Finalmente, Thomas A. Edison construyó una lámpara incandescente comerciable, la cual constaba de un filamento carbonizado, produciendo luz constante durante un periodo de dos días. En diciembre de 1879 presenta su primer sistema de iluminación incandescente, Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia, esta instalación consistía en la colocación de 115 lámparas incandescentes. En 1881 Edison construye su primer proyecto comercial el cual consistía en iluminar una fábrica en la ciudad de New York, este proyecto tuvo gran éxito comercial, estableciendo a las lámparas incandescentes como viables.

Cuando las lámparas incandescentes se introdujeron para la iluminación pública la gente expresaba temor de que pudiese ser dañina para la vista, particularmente durante el uso por largos periodos, haciendo eco a esta petición el parlamento londinense prohibió el uso de estas lámparas sin pantallas o reflectores. E. L. Haines creó uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado los cuales fueron instalados en las vidrieras de los comercios de Chicago.

Los científicos preocupados por mejorar la eficiencia de la conversión de energía eléctrica en luz, llevaron a descubrir la lámpara de tungsteno. En 1907 se introdujo la primera lámpara de

tungsteno prensado a Estados Unidos. William D. Coolidge, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno mejorando sustancialmente la estabilidad de estas lámparas.

En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de una lámpara y descubrió que se retardaba la evaporación del filamento de tungsteno obteniendo así una mejor en la eficiencia. En un principio Irving introdujo nitrógeno puro, posteriormente combinó al nitrógeno con otros gases como el argón; el bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad hizo que las lámparas incandescentes con gas desplacen a las lámparas de incandescencia, durante los próximos años se siguieron creando una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas.

Los primeros estudios para la creación de las lámparas de descarga eléctrica se les atribuyen a Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli en 1700. En 1850 el alemán Heinrich Geissler, invento el tubo Geissler, demostrando así la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. En 1860 John T. Way, demostró el primer arco de mercurio.

Entre 1891 y 1904 Daniel McFarlan Moore introdujo en los tubos Geissler nitrógeno con el objetivo de producir una luz amarilla y bióxido de carbono para producir luz rosado – blanco, estas lámparas eran ideales para comparar colores; estos tubos eran difíciles de instalar, reparar y mantener.

Para el año de 1901 Peter Moore Hewitt comercializo una lámpara de mercurio la cual tenía una eficiencia dos o tres veces mayor que las lámparas de incandescencia, pero su limitación principal era la carencia total del rojo. Esta carencia fue solucionada al colocar una pantalla fluorescente la cual convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en luz roja.

En 1903 Hewitt realizó su primera instalación con lámparas fluorescentes en las oficinas de New York Post, esta lámpara tuvo una gran aceptación en Norteamérica ya que su luz era uniforme y no había problema de deslumbramiento.

Para el año de 1910 el francés Georges Claude, inventó las lámparas de neón, las cuales consistían en introducir gases como el neón, argón, helio, criptón y xenón en un tubo de vidrio y producir una descarga eléctrica. Estas lámparas se utilizaron para la iluminación de anuncios, ya que eran flexibles, luminosas y de colores brillantes.

Para el año de 1931 en Europa, se desarrolla la lámpara de alta presión de sodio. A pesar de tener una elevada eficiencia esta lámpara no resultó satisfactoria para el alumbrado de interiores debido al color amarillo de su luz, la principal aplicación de esta lámpara es en el alumbrado público, a mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión se encontraban en calles, carreteras, túneles y puentes de todo el mundo.

Las lámparas fluorescentes se comenzaron a desarrollar en Francia y Alemania en la década de los 30, en 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos. Estas lámparas ofrecían un bajo consumo eléctrico y una amplia variedad de colores; la luz de estas lámparas se debe a la fluorescencia de ciertos colores químicos que se excitan por la presencia de una energía ultravioleta.

La primera lámpara fluorescente funcionaba por medio de un arco de mercurio de aproximadamente 15 watts dentro de un tubo de vidrio revestido con elementos fluorescentes, la eficiencia y el color de estas lámparas dependen de la presión del vapor y de la cantidad y calidad de los elementos fluorescentes que contenga. En el año de 1944 se realiza la primera instalación de alumbrado público con lámparas fluorescentes.

A partir de la segunda guerra mundial se ha desarrollado nuevas lámparas y numerosas tecnologías cuyo objetivo es mejorar la eficiencia de la lámpara y además adaptar esta a los requerimientos del hombre. Por ejemplo entre los desarrollos de las lámparas fluorescentes se incluye la implementación de los balastos de alta frecuencia los cuales son los encargados de eliminar el parpadeo de la luz.

En la actualidad el uso de lámparas LED ha ido creciendo constantemente tanto en la industria como en los hogares. La historia del LED y su desarrollo ha transcurrido a lo largo del

siglo XX, en 1907 Henry Joseph Round, descubre el efecto físico de la electroluminiscencia el cual fue el puntapié inicial para el desarrollo y construcción de los LED.

El primer diodo LED fue diseñado por Oleg Vladimirovich Losev, este fabricó un LED de óxido de zinc y carburo de silicio. Posteriormente en el año de 1962 Nick Holonyak, considerado el padre del LED moderno, inventó el primer LED que emitía en el espectro visible.

Su aplicación en la industria se remonta a la década de los 60's y 70's, durante estas décadas se crearon diodos que emitían luz roja los cuales servían como indicadores ya que su luz emitida no era todavía suficiente para iluminar grandes superficies, en el año de 1971 se lanzan al mercado LED que emiten colores: verde, naranja y amarillo.

A partir de la década de los 90's, se desarrollaron los ultravioleta y azules, lo que permitió crear LED de luz blanca, a través de la conversión luminiscente. Actualmente científicos estadounidenses están desarrollando los denominados OLED (Organic Light Emmiting Diode), el cual es un material que puede ser impreso en finas láminas el cual permite que las paredes de una vivienda, techo o hasta los muebles generen luz.

En la actualidad las láminas de OLED están teñidas de color verde, rojo y azul, generando así una incandescencia blanca cuando se conecta a una fuente eléctrica. El nuevo polímero descubierto utiliza un material azul fluorescente el cual dura más y requiere menos energía, además este material puede ser impreso sobre vidrio o plástico creando así grandes áreas de luz a un costo muy bajo. Sin embargo, todavía hay un tema por resolver: la humedad contamina el nuevo material y todavía no hay manera de evitarlo.

CAPITULO I

ILUMINACIÓN

1.1. Introducción a la Luminotecnia

1.1.1. Definición

La luminotecnia es la ciencia y el arte de la iluminación artificial, la cual estudia las múltiples formas de producir luz, como también su control y su aplicación para fines específicos.

1.1.2. Espectro electromagnético y espectro visible

Como se sabe el universo se encuentra rodeado por **Ondas Electromagnéticas** de diversas longitudes, las cuales forman el llamado **Espectro Electromagnético**; el cual está constituido por el campo de las *radiaciones infrarrojas* (longitudes de onda mayores a 780nm, estas poseen propiedades caloríficas), además por el campo de las *radiaciones ultravioleta* (longitudes de onda menor a 380nm, estas favorecen a las reacciones fotoquímicas) y finalmente por el campo de las *radiaciones visibles*.

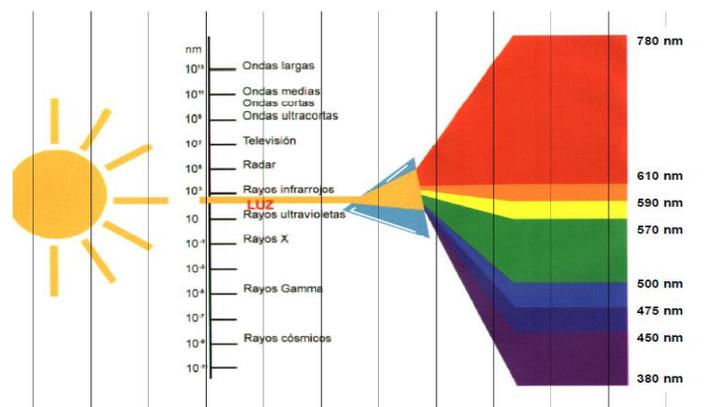


Figura 1: Espectro Electromagnético, fuente: Manual de Diseño Ícaro

Siguiendo a lo expuesto anteriormente, el ojo humano no puede visualizar todo el espectro electromagnético, sino solamente puede percibir una franja muy acotada la cual se la conoce con el nombre **Espectro Visible**, el cual tiene un rango que va desde los 380nm de longitud de onda

para el color violeta hasta los 780nm de longitud de onda para el color rojo, la visión del ojo es máxima para el color amarillo verdoso el cual tiene una longitud de onda de 550nm, fuera de estos límites, el ojo no percibe ningún tipo de radiación.

1.1.3. La visión humana

El ojo humano es un órgano que se encarga de convertir la luz procedente del espectro visible en un estímulo nervioso que será interpretado por el cerebro como una sensación que se denomina visión.

Se explicará brevemente algunos procesos fisiológicos de la visión humana que son de gran importancia al momento de iluminar espacios que se encuentren habitados:

1.1.3.1. Agudeza y campo visual

La **agudeza visual**, es la capacidad de percibir detalles de la visión, su resolución es máxima en el campo focal. La agudeza visual depende de factores externos como:

- Nivel luminoso de la superficie a observar
- Edad del observador
- Presencia de defectos visuales como: astigmatismo, miopía o hipermetropía

Por otro lado el ojo posee un campo visual amplio, pero con diferentes niveles de agudeza visual. Este campo visual está acotado a unos 60° por encima de la dirección focal, lo que permite la autoprotección del ojo de las fuentes intensas de luz que proceden del cielo o del techo. El ojo tiene una mayor capacidad de resolución en el foco de la visión, mientras que por otro lado dicha capacidad se ve disminuida en la periferia. Es importante distinguir los siguientes campos visuales:

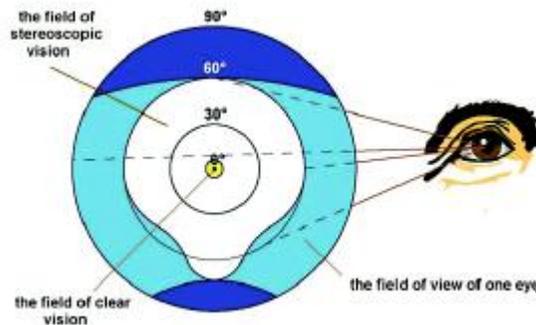


Figura 2: Áreas del campo visual humano, fuente: Manual de Diseño Ícaro

- **Campo focal:** en su eje se alcanza la máxima agudeza visual y tiene un diámetro de tan solo 1°.
- **Campo de trabajo:** tiene un diámetro de 30°. El ojo en este campo percibe una visión del entorno con una agudeza visual buena y además permite apreciar bien la profundidad por medio de la visión estereoscópica.¹
- **Campo estereoscópico:** tiene un diámetro de 60°. El ojo percibe una visión del entorno con una agudeza visual media y mantiene la apreciación de la profundidad por medio de la visión estereoscópica.
- **Campo periférico:** posee una desviación lateral inferior de 90°, en este campo el ojo tiene una resolución baja del entorno, pero su alta sensibilidad al movimiento ayuda a la orientación y a la prevención de riesgos.

1.1.3.2. Adaptación del ojo a la intensidad de la luz

El ojo es sensible a la intensidad de la luz que procede de las superficies del entorno, esta intensidad es llamada luminancia o brillo y proviene de una fuente de luz que está dentro del rango visual. El brillo depende del nivel de iluminación y del coeficiente de reflexión del material, se distinguen dos tipos de reflexión: **difusa** (superficies mate) y la **especular** (superficies espejadas).

¹ Visión estereoscópica: es la visión binocular (de dos ojos) que produce una sensación de una imagen tridimensional. Fuente: <http://carlosdisena.blogspot.es/1254258736/>, (16/05/2012)

El ojo humano puede adaptar su visión para diferentes niveles de iluminación, desde más de 100.000 Lux en días soleados, hasta menos de 0,1 Lux en una noche con luna.

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 550nm, dicha longitud corresponde a un color amarillo verdoso y la mínima sensibilidad se encuentran en los colores rojo y violeta, esta situación se presenta a la luz del día, y se denomina **visión fotópica o curva VI** (actúan ambos sensores de la retina: los **conos**, los cuales son sensibles al color y los **bastoncillos**, los cuales son sensibles a la luz)

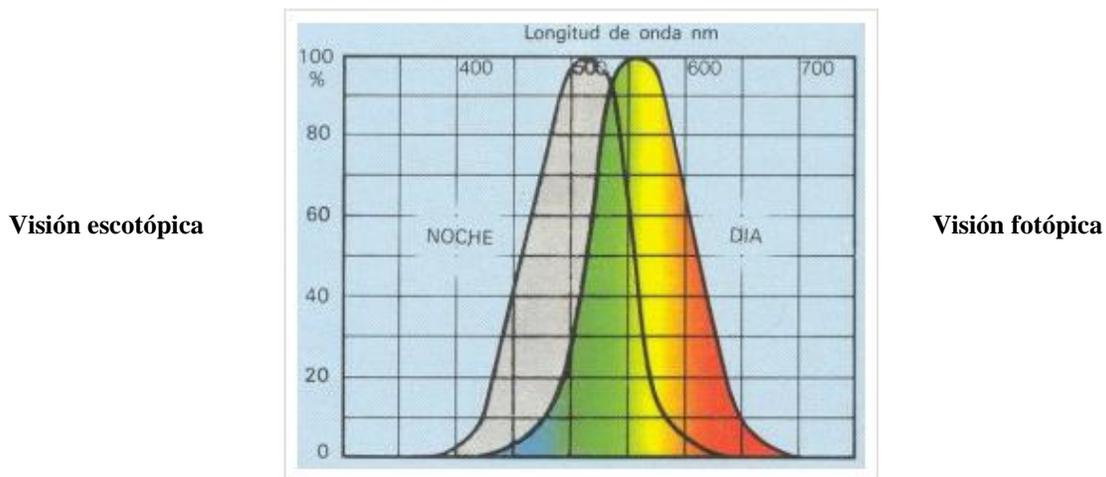


Figura 3: Curva VI y Efecto Purkinje, fuente: Manual de Diseño Ícaro

Además de la visión fotópica existe la **visión escotópica o Efecto Purkinje**, el cual se produce en la noche y en el crepúsculo del ojo, esto consiste en un desplazamiento de la **curva VI** hacia longitudes de onda más bajas, quedando la máxima sensibilidad en la longitud de onda de 507nm.

Esto significa que aunque no haya visión de color, el ojo se vuelve muy sensible al color azul y casi ciego al color rojo; es decir que durante el **Efecto Purkinje** de dos haces de intensidad de luz igual, uno azul y otro rojo, se verá mucho más brillante el azul que el rojo; es importante tener en cuenta estos efectos cuando se trabaja con bajas iluminancias.

1.1.3.3. Niveles de iluminación

Una iluminación inadecuada en el trabajo puede originar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes, el trabajo con poca luz daña la vista.

También cambios bruscos de luz pueden ser peligrosos, pues ciegan temporalmente, mientras el ojo se adapta a la nueva iluminación.

El grado de seguridad con el que se ejecuta el trabajo depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación, un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz.

Para conseguir un buen nivel de confort visual se debe conseguir un equilibrio entre la cantidad, la calidad y la estabilidad de la luz, de tal forma que se consiga una ausencia de reflejos y de parpadeo, uniformidad en la iluminación, ausencia de excesivos contrastes, etc., todo ello, en función tanto de las exigencias visuales del trabajo como de las características personales de cada persona. Una iluminación incorrecta puede ser causa de posturas inadecuadas que generan a la larga alteración músculo-esqueléticas.

TABLA I: Niveles de iluminación, fuente: Manual de Luminotecnia para interiores

Lux	Ambiente	Actividad cómoda
100000	Mediodía pleno sol	Umbral máximo, empieza el dolor por exceso de luz
30000	Día semicubierto	Circulación exterior diurna, paseo
10000	Día cubierto	Actividad excepcional (quirófanos)
3000	Zonas de transición	Actividad muy detallada, iluminación puntual
1000	Interior luminoso	Actividad detallada (cocina, aseo), iluminación zonal
300	Interior medio	Estancia, actividad media, iluminación general diurna
100	Interior bajo	Reposo, actividad baja, iluminación general nocturna
30	Calle iluminación alta	Circulación interior, calle de noche con mucho tráfico
10	Calle media	Calle con tráfico medio, densidad urbana media
3	Calle baja	Calle con tráfico bajo, densidad urbana baja
1	Calle mínima	Aparcamientos o muelles, sólo orientación
0.1	Luz de luna	Necesita periodo de adaptación para orientarse
0.01	Luz de estrellas	Umbral mínimo, oscuridad prácticamente absoluta

1.2. Magnitudes Fotométricas

A continuación se brindara una brevemente explicación de las magnitudes que hay que tener en cuenta al momento de realizar un estudio de iluminación sea tanto para interiores como para exteriores.

1.2.1. Flujo luminoso

El flujo luminoso se representa con la letra griega (Φ), y este representa la cantidad de energía emitida por una fuente, su unidad de medida es el **lumen (Lm)**, que es la energía que presenta un foco con intensidad de **1 candela (cd)** en un ángulo sólido de **1 estereorradián²** (1m^2 a 1m de distancia).

La ecuación para el flujo luminoso está dada por:

$$\Phi = P \cdot R \tag{1}$$

Dónde:

- Φ : flujo luminoso [Lm] lúmenes
- P : potencia de la fuente [W] watts
- R : rendimiento luminoso [Lm/W] lúmenes/watts

En la siguiente tabla se presenta distintos tipos de lámparas con sus respectivos flujos luminosos.

TABLA II: Niveles de fluido luminoso, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Lámpara incandescente para señalización	1 Lm
Lámpara para bicicleta	18 Lm
Lámpara incandescente clara de 40W	430 Lm
Tubo fluorescente de 36W	3000 Lm
Lámpara a Vapor de Mercurio de 400W	22000 Lm
Lámpara a Vapor de Sodio de Alta Presión de 400W	47000 Lm
Lámpara a vapor de mercurio halogenado de 2000W	170000 Lm

1.2.2. Intensidad luminosa

La intensidad luminosa se representa por la letra (**I**), esta representa la energía luminosa emitida en una dirección, su unidad de medida es la **candela (cd)**, la cual es una medida

² Estereorradián: es la unidad derivada del SI que mide ángulos sólidos. Es el equivalente tridimensional del radián. Su símbolo es **sr**. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereorradi%C3%A1n>, (16/05/2012)

pertenciente al Sistema Internacional de Medidas (**S.I**), y es aproximadamente igual a la intensidad emitida por una vela.

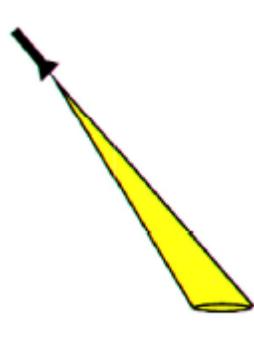


Figura 4: Representación de la intensidad luminosa de una linterna, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

La ecuación para la intensidad luminosa es la siguiente:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \tag{2}$$

Dónde:

- **I**: intensidad luminosa [cd] candela
- **Φ**: flujo luminoso [Lm] lúmenes
- **ω**: estereorradián [0, 4π, 3π, 2π, π] sr (estereorradián)

A continuación se presenta una tabla con algunos ejemplos de intensidades luminosas:

TABLA III: Niveles de intensidad luminosa, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Lámpara reflectora de 40W (centro del haz)	450 cd
Lámpara reflectora de 150W	2500 cd
Lámpara PAR 38 spot 120W	9500 cd
Lámpara dicroica 12V/50W/10°	16000 cd
Lámpara PAR 56 spot 300W	40000 cd
Lámpara halógena Super Spot 12V/50W/ 4°	50000 cd
Proyector spot NEMA 1 mercurio halogenado 2000W	170000 cd

1.2.3. Iluminación o iluminancia

La iluminancia se representa con la letra (**E**), y esta representa la cantidad de luz que recibe una superficie, su unidad de medida es el **Lux (Lx)**, el cual representa la cantidad de flujo luminoso recibido por unidad de superficie (**Lux = lumen/m²**).

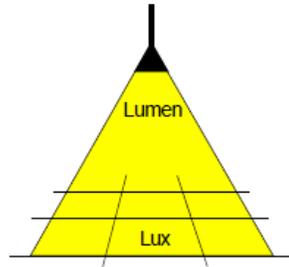


Figura 5: Representación de la iluminación, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

En luminotecnia es muy útil aplicar la **Ley de Lambert o Ley del cuadrado de la distancia** para conocer el valor de la iluminación:

$$E = \frac{I \cos \varphi}{d^2} \quad (3)$$

Dónde:

- **E**: iluminancia [Lx] lux
- **I**: intensidad luminosa [cd] candelas
- **φ**: ángulo de incidencia sobre la superficie [°] grados
- **d**: distancia entre la fuente y la superficie [m] metros

En la siguiente tabla se expresan algunos de niveles de iluminación dependiendo de la tarea que se realiza en el local.

TABLA IV: Niveles de iluminación, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

1.2.4. Luminancia

La luminancia o más conocida como brillo está representado por la letra (**L**), la cual expresa el efecto que produce una superficie sobre el ojo humano, sus unidades son el **Stilb (cd/cm²)** y el **Lambert (Lm/cm²)**. Sus ecuaciones dependen de los siguientes casos:

- a) Si se trata de una fuente luminosa:

$$Lf = \frac{I}{S} \tag{4}$$

Dónde:

- **Lf**: luminancia [cd/cm^2] Stilb o [cd/m^2] Nit
- **I**: intensidad luminosa [cd] candela
- **S**: superficie [m^2 o cm^2]

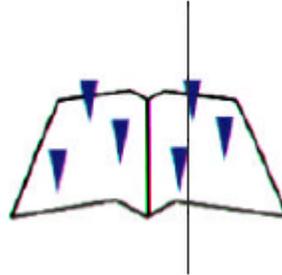


Figura 6: Rayos emitidos de una fuente luminosa sobre una superficie, fuente: Manual de iluminación Ícaro

b) Si se trata de un flujo reflejado sobre una superficie iluminada:

$$Lf = \frac{E}{r} \tag{5}$$

Dónde:

- **Lf**: luminancia [lm/cm^2] o [lm/m^2] Lambert
- **E**: iluminancia [lx] lux [lm/m^2]
- **r**: coeficiente de reflexión

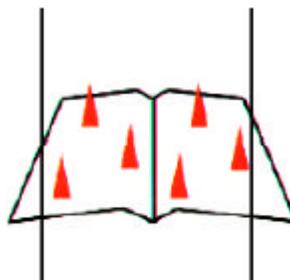


Figura 7: Rayos reflejados sobre una superficie, fuente: Manual de iluminación Ícaro

A continuación se presenta una tabla con algunos valores de luminancia

TABLA V: Niveles de luminancia, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Calle bien iluminada	2 cd/m ²
Papel blanco iluminado con 400 lux	100 cd/m ²
Papel blanco iluminado con 1000 lux	250 cd/m ²
Papel negro iluminado con 400 lux	15 cd/m ²
Luminancia ideal para las paredes de oficina	50 a 100 cd/m ²
Luminancia ideal para el cielorraso de oficinas	100 a 300 cd/m ²
Máxima luminancia admitida para pantallas de video	200 cd/m ²

1.2.5. Rendimiento luminoso

El rendimiento luminoso se representa con la letra (**R**), este expresa el flujo emitido por las fuentes luminosas por unidad de potencia, su unidad es (**Lm/W**).

Su ecuación es la siguiente:

$$R = \frac{\Phi}{P} \tag{6}$$

Dónde:

- **R**: rendimiento luminoso [Lm/W]
- **Φ**: flujo luminoso [Lm] lúmenes
- **P**: potencia de la fuente [W] watts

En la siguiente tabla se ven reflejados algunos valores de rendimiento luminoso en función del tipo de lámpara.

TABLA VI: Rendimiento luminoso, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Tipo de lámpara	Potencia	Rendimiento luminoso
	nominal [W]	lm/W
Incandescente común 40 W/220V	40	11
Fluorescente L 40 W/20	40	80
Mercurio de alta presión 400 W	400	58
Halogenuros metálicos 400 W	360	78
Sodio a alta presión 400 W	400	120
Sodio a baja presión 180 W	180	183

1.2.6. Reflectancia

El poder reflectante sobre las superficies que rodean un local es muy importante al momento de hacer el estudio de iluminación.

Las iluminarias emiten luz de diversas formas según el tipo de distribución luminosa, por ejemplo cuando esta emisión luminosa es del tipo abierta, un gran parte de la luz llegara de forma directa a la superficie o plano de trabajo (sin ningún tipo de obstáculo); pero también habrá otra porción de luz que caerá sobre las paredes que rodean el recinto, esta parte de la luz que cae sobre las paredes, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor o menor proporción según el poder reflectante que posea esas superficies.

TABLA VII: Valores de reflectancia, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Color	Coef. de reflexión	Material	Coef. de reflexión
Blanco	0.7-0.85	Mortero Claro	0.35-0.55
Techo acústico	0.5-0.65	Mortero oscuro	0.2-0.3
Gris claro	0.4-0.5	Hormigón claro	0.3-0.5
Gris oscuro	0.1-0.2	Hormigón oscuro	0.15-0.25
Negro	0.03-0.07	Arenisca clara	0.3-0.4
Crema	0.5-0.75	Arenisca oscura	0.15-0.25

1.2.7. Rendimiento de color

Es la capacidad de una fuente de luz artificial para reproducir los colores, siendo referencia la luz del sol, se mide por medio de un porcentaje, donde el 100% lo posee la luz natural del sol,

este porcentaje se mide por medio del **Índice de Reproducción Cromática (IRC)**, el cual es un factor que se determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada con el que presentan iluminados por una luz de referencia. A continuación se provee de un cuadro con algunas aplicaciones significativas del **IRC**:

TABLA VIII: Apariencia de color y rendimiento en color, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Grupo	IRC	Apariencia	Aplicaciones
1	$IRC \geq 85$	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	$70 \leq IRC < 85$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales (en climas fríos)
3	IRC < 70 y propiedades de rendimientos en color aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimientos en color fuera de los normal		Aplicaciones especiales

Las lámparas tienen distintos niveles de **reproducción cromática (IRC)**:

- IRC óptimo (entre 85 y 100)

- IRC bueno (entre 70 y 85)
- IRC discreto (entre 50 y 70)

1.2.8. Temperatura de color

La temperatura del color se mide en **Grados Kelvin (K)**, el cual es tomado como referencia para indicar el color de las distintas fuentes luminosas, salvo las que ya tienen de por sí un color señalado. Dentro de la temperatura de color se habla de un **radiante teórico perfecto** el cual se denomina **cuerpo negro**. La temperatura de color de una fuente de luz se obtiene comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada.

- Las lámparas incandescentes tienen una temperatura de color comprendida entre 2700 y 3200K
- Las lámparas fluorescentes tienen una gama de temperaturas de color más amplias que las incandescentes, estas van desde los 2700K hasta los 6500K

A continuación se presenta un cuadro con temperaturas de color de algunas fuentes:

TABLA IX: Temperaturas de color de algunas fuentes, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Cielo azul	10000 a 30000
Cielo nublado	7000
Luz solar al mediodía	5200
Luna	4100
Lámparas fluorescentes:	
Luz día	6500
Blanco neutro	4000
Blanco cálido	3000
Blanco cálido de lujo	2700
Lámparas incandescentes:	
Luz día 500 w	4000
Standard	2700 a 3200
Luz de una vela	1800

1.2.9. Índice de deslumbramiento unificado

Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{0,25}{L_B} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{P^2} \right] \quad (7)$$

Dónde:

- L_B : Luminancia de fondo [cd/m^2]
- L : Luminancia de las partes de cada luminaria en la dirección del ojo del observador
- ω : Ángulo solido trazado por las partes luminosa de cada luminaria en el ojo del observador
- P : Índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión

1.2.10. Factor de uniformidad

Es un factor que relaciona la iluminancia mínima con la iluminancia media. Para conseguir un buen valor del factor de uniformidad, evitando un alto riesgo de deslumbramiento, las luminarias deben distribuirse manteniendo una determinada altura sobre el plano de trabajo y la pertinente distancia entre luminarias. El valor del factor de uniformidad oscila entre 0 y 1, se recomienda que este valor sea mayor igual a 0,5.

$$F_{uniformidad} = \frac{E_{min}}{E_{med}} \quad (8)$$

Dónde:

- E_{min} : Iluminancia mínima [Lx]
- E_{med} : Iluminancia media [Lx]

1.2.11. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

El grado de eficiencia energética de la instalación proyectada para un local se expresa mediante el Valor de Eficiencia Energética (VEEI).

Este factor que por un lado mide la eficiencia energética de la instalación de alumbrado y por otro permite al proyectista un autocontrol de su trabajo.

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}} \quad (9)$$

Dónde:

- **VEEI**: Valor de la eficiencia energética [W/m²] por cada 100 Lx
- **P**: Potencia total instalada en lámparas más equipos auxiliares [W]
- **S**: Superficie iluminada [m²]
- **E_{med}**: Iluminancia media [Lx]

El valor de VEEI se debe calcular para cada tipología del recinto al 100% de flujo si hubiera un sistema de regulación y considerando en los consumos el conjunto lámpara-equipo.

1.3. Métodos de alumbrado

Este método nos indicara la distribución de la luz en las zonas a iluminar, dependiendo del grado de uniformidad deseado se contemplan tres casos:



Figura 8: Tipos de alumbrado, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

1.3.1. Alumbrado general localizado

Este alumbrado brinda una distribución no uniforme del flujo luminoso, es decir la luz se centra en áreas de trabajo, el resto del local se iluminara con una luz tenue; consiguiendo un ahorro energético significativo.

Por otra parte este método presenta algunas desventajas como es producir deslumbramiento (si el área de trabajo tiene una iluminación mucho mayor que el resto del local), si se desea mover el sitio de trabajo se tiene que mover toda la instalación de alumbrado general localizado o crear una nueva instalación en el nuevo sitio de trabajo, esto hace que este método no sea versátil a los cambios.

1.3.2. Alumbrado general

Este tipo de alumbrado facilita una iluminación uniforme a lo largo de toda un área a iluminar, este es un método usado muy comúnmente para la iluminación de oficinas, centros educativos, comercios, fábricas, aeropuertos, parqueaderos techados, etc.

La distribución de las luminarias es alrededor de todo el local, estas pueden ir empotradas o colgadas sobre el techo, es muy importante no colocar demasiadas luminarias a fin de evitar la contaminación visual.

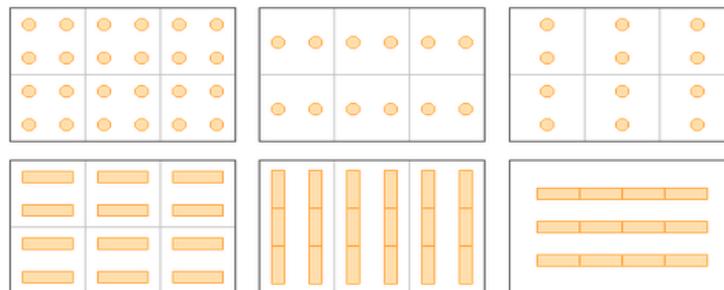


Figura 9: Distribución de luminarias para el alumbrado general, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

1.3.3. Alumbrado localizado

Este tipo de iluminación se utiliza en casos muy específicos donde se necesite una mayor iluminación, por ejemplo talleres de relojería, quirófanos, etc. Se utiliza este método siempre y

cuando el nivel de iluminación sea mayor que 1000 lux, también cuando existan obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general o para personas que poseen problemas visuales.

Es muy importante tener en cuenta la relación entre la cantidad de luxes utilizados para el alumbrado general y la cantidad de luxes usados para el alumbrado localizado porque si esta relación es muy grande produce deslumbramientos molestos.

1.4. Cálculo de la iluminación para interiores

Es difícil obtener de forma exacta el alumbrado de una zona o área a iluminar, debido a que intervienen distintas variables o factores, algunos de estos ni siquiera se relacionan con el método de cálculo usado, ya que estas variables o factores están relacionados con los cambios en las condiciones físicas del sitio, el tiempo operativo de las lámparas y la temperatura; además hay que tener en cuenta los factores adicionales como son por ejemplo, el polvo acumulado en las luminarias, el polvo acumulado en las paredes, las prácticas y nivel de mantenimiento utilizado, etc.

1.4.1. Método de los lúmenes

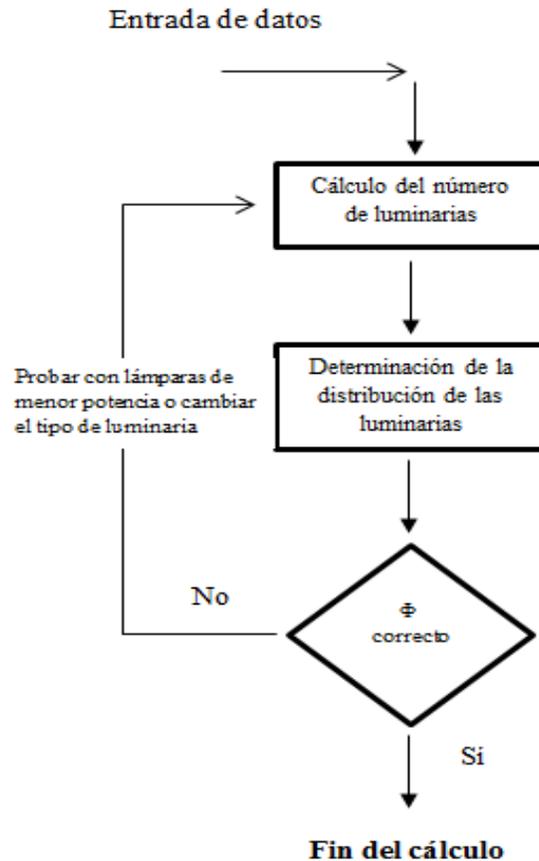


Figura 10: Diagrama de flujo del método de los lúmenes, fuente: elaboración propia

El objetivo de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia de un local.

Este método es muy utilizado en la iluminación de interiores cuando no se necesita una precisión muy alta. A continuación se realizara una explicación de este método:

I. Entrada de datos:

- a) **Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo** (es la altura desde el piso hasta la superficie de la mesa de trabajo, normalmente se toma este valor como 0,85m)

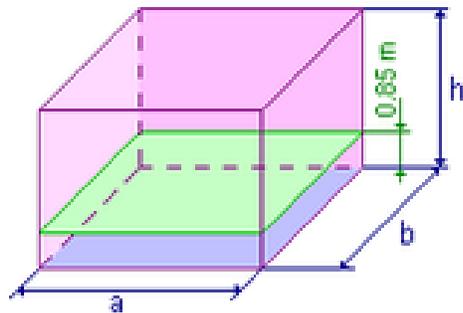


Figura 11: Determinación del plano de trabajo, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

- b) Determinar el nivel de **iluminancia media (E)** [lux]. Este valor va a depender del tipo de actividad que se realiza dentro del local a iluminar, este valor se encuentra tabulado en normas.
- c) Elegir el **tipo de lámpara** más adecuado (incandescente, fluorescente, LED, etc.)
- d) Escoger el tipo de **sistema de iluminación** y las correspondientes **luminarias**
- e) Establecer la **altura de suspensión de las luminarias**, esto va a depender del tipo de sistema de iluminación elegido.



Figura 12: Altura de suspensión de las luminarias, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Dónde:

- **h**: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
- **h'**: altura del local
- **d**: altura del plano de trabajo al techo
- **d'**: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Ecuaciones para la determinación de la altura de las luminarias:

- **Para locales de altura normal** (oficinas, viviendas, aulas, etc.): las luminarias se deben colocar lo más altas posibles.
- **Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa:**

$$h = \frac{2}{3}(h' - 0,85) \text{ mínimo} \tag{10}$$

$$h = \frac{4}{5}(h' - 0,85) \text{ óptimo} \tag{11}$$

- **Locales con iluminación indirecta:**

$$d' \approx \frac{1}{4}(h' - 0,85) \tag{12}$$

$$h \approx \frac{3}{4}(h' - 0,85) \tag{13}$$

- f) Cálculo del **índice del local (k)**, se considera la geometría que posee el local. El valor de (**k**) oscila entre el 1 y 10, se pueden obtener valores mayores a 10 pero para los fines de cálculo este valor superior es despreciable

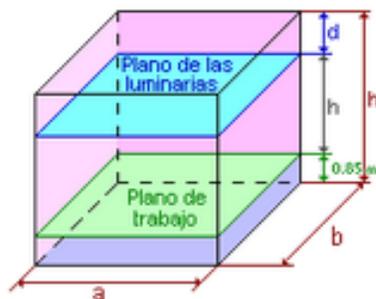


Figura 13: Índice del local, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Si el sistema de iluminación es del tipo: *directo, semi – directo, directa – indirecta y general difusa* se aplica la siguiente ecuación:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \tag{14}$$

Si el sistema de iluminación es del tipo: *indirecta y semi – indirecta* se utiliza la siguiente ecuación:

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0,85) \cdot (a + b)} \tag{15}$$

g) Determinación de los **coeficientes de reflexión** de techo, paredes y suelo. Estos valores están normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados utilizados en el local, si no se dispone de estos valores se puede utilizar la siguiente tabla:

TABLA X: Coeficientes de reflexión, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Color	Coef. de reflexión	Material	Coef. de reflexión
Blanco	0.7-0.85	Martero Claro	0.35-0.55
Techo acústico	0.5-0.65	Martero oscuro	0.2-0.3
Éris claro	0.4-0.5	Hormigón claro	0.3-0.5
Éris oscuro	0.1-0.2	Hormigón oscuro	0.15-0.25
Negro	0.03-0.07	Arenisca clara	0.3-0.4
Crema	0.5-0.75	Arenisca oscura	0.15-0.25
Marmón claro	0.3-0.4	Ladrillo claro	0.3-0.4
Marmón oscuro	0.1-0.2	Ladrillo oscuro	0.15-0.25
Rosa	0.45-0.55	Mármol blanco	0.8-0.7
Rojo claro	0.3-0.5	Granito	0.15-0.25
Rojo oscuro	0.1-0.2	Madera clara	0.3-0.5

Se puede tomar por defecto los siguientes valores:

- **Techo: 0,5**
- **Paredes: 0,3**
- **Suelo: 0,1**

h) Determinación del **factor de utilización (η)** a partir del índice del local y los factores de reflexión. Los factores de utilización se encuentran tabulados y son suministrados por los fabricantes, en las tablas se encuentra tabulado para cada luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local, en algunos casos es necesario realizar una interpolación de valores

TABLA XI: Factor de utilización, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

i) Determinación del **factor de mantenimiento (f_m)** de la instalación, este factor es dependiente del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de aseo del local, los valores típicos se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA XII: Valores típicos de factor de mantenimiento, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Factor de mantenimiento bueno	Ambiente limpio con mantenimiento frecuente y reposición periódica de las lámparas	0,7-0,8
Factor de mantenimiento regular	Ambiente con poca contaminación, mantenimiento regular, reposición de lámparas	0,65-0,7
Factor de mantenimiento malo	Ambiente contaminado con poca reposición	0,6-0,65

II. Cálculos:

Cálculo del flujo luminoso total:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot fm} \quad (16)$$

Dónde:

- Φ_T : flujo luminoso total [Lm] lúmenes
- E : iluminancia media deseada [Lx] lux
- S : superficie de trabajo (a x b) [m^2]
- η : factor de utilización
- fm : factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias (siempre se redondea por exceso)

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (17)$$

Dónde:

- N : número de luminarias
- Φ_T : flujo luminoso total [Lm] lúmenes
- n : número de lámparas por luminaria
- Φ_L : flujo luminoso de una lámpara [Lm] lúmenes

III. Distribución de las luminarias en el local:

Luego de haber calculado el número mínimo de luminarias y lámparas se procede a la distribución de estas sobre el local. En los locales que poseen forma rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local para esto se utilizan las siguientes formulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)} \tag{18}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

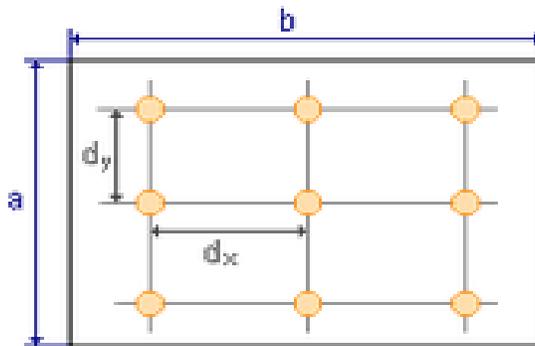


Figura 14: Distribución de las luminarias sobre un local, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

La distancia máxima de separación entre las luminarias depende del ángulo de apertura del haz de luz que posean estas y de la altura de colocación de las luminarias en referencia al plano de trabajo

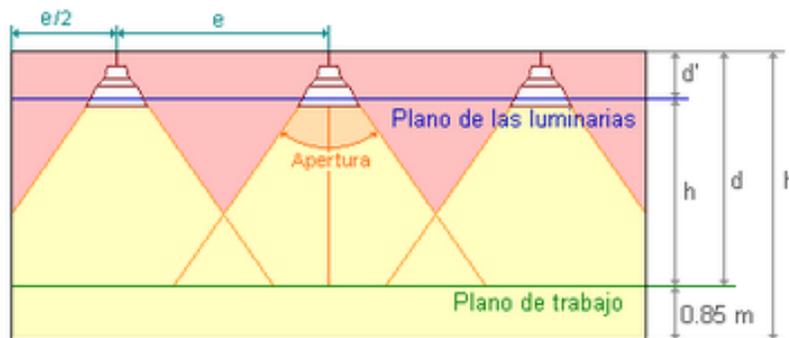


Figura 15: Ángulo de apertura del haz de luz de una lámpara, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Se puede concluir que mientras más grande sea el ángulo de apertura del haz de luz y más alto se coloque se iluminara más superficie pero se sacrifica el nivel de iluminancia el cual se ve disminuido.

Además en el dibujo anterior se ve que las luminarias más próximas a la pared necesitan estar más cerca de ella para iluminar, estas conclusiones se ven reflejadas en la siguiente tabla:

TABLA XIII: Valores típicos de distancia máxima entre luminarias, fuente: Luminotecnia, Iluminación para interiores

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancias máxima entre luminarias
Intensiva	> 10m	$e \leq 1,2 h$
Extensiva	6 – 10 m	$e \leq 1,5 h$
Semiextensiva	4 – 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1,6 h$
Distancia pared – luminaria: $e/2$		

Si una vez calculada la posición de las luminarias se ve que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida, quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede suceder porque las potencias de las lámparas utilizadas es muy excesiva, si se está frente a este caso conviene rehacer el cálculo cambiando el tipo de lámpara por una menos potente o si se desea mantener la lámpara original se deberá emplear luminarias que lleven menos número de lámparas.

IV. Comprobación del resultado:

Para la comprobación del resultado se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot fm}{S} \geq E_{tablas} \quad (19)$$

Dónde:

- **E**: iluminancia media deseada [Lx] lux
- **n**: número de lámparas por luminaria
- **Φ_L** : flujo luminoso de una lámpara [Lm] lúmenes
- **η** : factor de utilización
- **fm**: factor de mantenimiento
- **S**: superficie de trabajo (a x b) [m^2]

CAPITULO II

FUENTES LUMINOSAS

2.1 Introducción

Las fuentes luminosas son todas aquellas que emiten radiaciones visibles para el ojo humano. Pueden dividirse en naturales y artificiales, las fuentes luminosas poseen características generales, estas se clasifican en cinco grupos:

- I. **Fotométricas:** en el anterior capítulo se habló ampliamente acerca de las magnitudes fotométricas.
- II. **Calorimétricas:** en el anterior capítulo se dio un amplio tratamiento de este tema.
- III. **Eléctricas:**

Cada lámpara posee las siguientes características eléctricas:

- **Arranque:** es un elemento de encendido exclusivo para las lámparas de descarga, este elemento se utiliza porque cuando la lámpara de descarga está desconectada, la resistencia interna del tubo de descarga es demasiado alta como para que la lámpara arranque con la tensión nominal de la red.
- **Periodo de encendido:** es el tiempo que demora una lámpara desde su encendido hasta su estado de régimen de funcionamiento. En muchas lámparas de descarga, los elementos de emisión están en estado sólido o líquido cuando la lámpara está fría, bajo estas condiciones la tensión de vapor es insuficiente para que se pueda realizar el encendido, esto sucede en las lámparas de mercurio, sodio y halogenuros metálicos. Para poder encender estas lámparas se necesita un gas auxiliar el cual debe poseer una ruptura muy baja.
- **Reencendido:** esto se realiza en algunas lámparas de descarga de alta presión, cuando la lámpara está funcionando, la presión del gas en el tubo es más alta que cuando está fría o apagada. Cuando se apaga la lámpara los electrones libres desaparecen de manera casi inmediata pero la presión del gas se va a mantener hasta que se enfríe la lámpara. La tensión

pico del arrancador puede ser insuficiente para reencender una lámpara caliente debido a que la resistencia de un gas no ionizado aumenta de forma gradual con la presión.

- IV. Duración:** para determinar la duración o vida de una lámpara es difícil ya que intervienen muchos factores, por lo que sólo es posible estimar un valor medio de vida en base a una muestra representativa, este valor va a depender directamente del número de encendidos, la posición de funcionamiento, tensión de alimentación, vibraciones, temperatura, factores ambientales.

Hay distintas formas de definir la vida de una lámpara, a continuación se explica algunas:

- **Vida individual:** número de horas de funcionamiento acumulado por la lámpara hasta que esta queda inservible.
- **Vida promedio o nominal:** tiempo transcurrido hasta que falle el 50% de las lámparas de la muestra bajo condiciones específicas.
- **Vida útil o económica:** es el número de horas que puede funcionar correctamente la lámpara hasta que sea necesario su cambio.
- **Vida media:** valor medio estadístico sobre la base de una muestra.

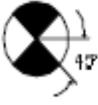
V. Otros factores importantes:

Otros factores que influyen en el funcionamiento de las lámparas son los siguientes:

- **Temperatura ambiente:** las lámparas se construyen para que trabajen a temperaturas ambientes, es decir entre -30°C y 50°C , algunas lámparas disipan calor lo cual produce una elevación en la temperatura de trabajo este es el caso de las lámparas incandescentes o lámparas dentro de luminarias cerradas.
- **Variaciones de la tensión nominal de red:** las desviaciones de la tensión nominal afectan a la tensión de la lámpara, potencia, corriente y flujo luminoso, estos efectos van a depender del tipo de lámpara que se utilice.

- **Números de encendido:** es un dato muy importante ya que cada vez que se enciende una lámpara se produce la eliminación de sustancias emisoras que contienen los electrodos, lo cual da como resultado una disminución paulatina de su vida o duración.
- **Posición de funcionamiento:** es un factor a tener en cuenta ya que este influye sobre la cantidad de luz entregada así como su tiempo de vida. En la mayoría de los catálogos se especifica el flujo luminoso para las diferentes posiciones de funcionamiento (vertical u horizontal).

TABLA XIV: Posiciones comunes de funcionamiento de una lámpara, fuente: Manual de alumbrado WESTHINHOUSE

<i>Diagrama</i>	<i>Posición de funcionamiento</i>
	Cualquier posición
	Horizontal, inclinada hacia arriba o abajo hasta 45°
	Vertical, inclinada hasta 30° hacia derecha o izquierda.

2.2 Clasificación de las fuentes luminosas artificiales

Las fuentes de iluminación artificiales se clasifican según los fenómenos que participan en la generación de luz.

A continuación se presenta un cuadro con la clasificación de las fuentes luminosas y después se realiza una descripción breve de los fenómenos generadores de luz en las fuentes luminosas.

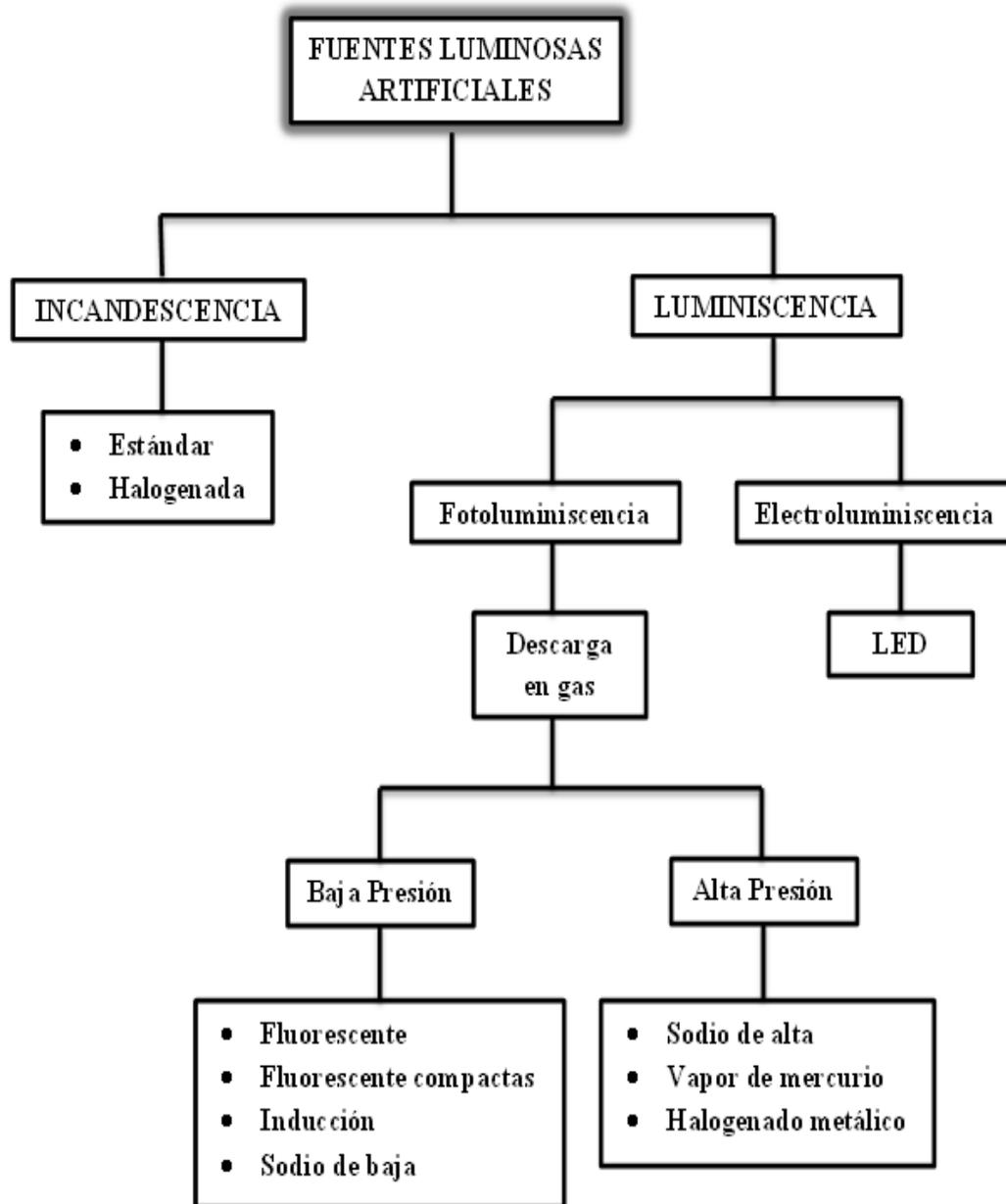


Figura 16: Clasificación de las fuentes luminosas artificiales, fuente: elaboración propia

2.2.1 Fuentes Luminosas de Incandescencia

El fenómeno de incandescencia ocurre cuando un cuerpo adquiere una temperatura determinada, produciendo la excitación de los átomos con su debida desexcitación lo cual produce ondas electromagnéticas dentro del rango visible, es decir luz.

2.2.1.1 Lámparas incandescentes

Desde su invención se han mejorado sensiblemente sus características constructivas como los elementos utilizados a fin de aumentar su eficacia y vida, estas lámparas poseen las siguientes características de funcionamiento:

- **Características cromáticas:** el espectro emitido es continuo, y posee un IRC de 100, esto es por definición. Gran parte de la energía se encuentra en la zona de los colores rojos, mientras que una pequeña parte se encuentra en la zona del color violeta, de esto se puede deducir que las lámparas incandescentes se asemejan a la luz solar.

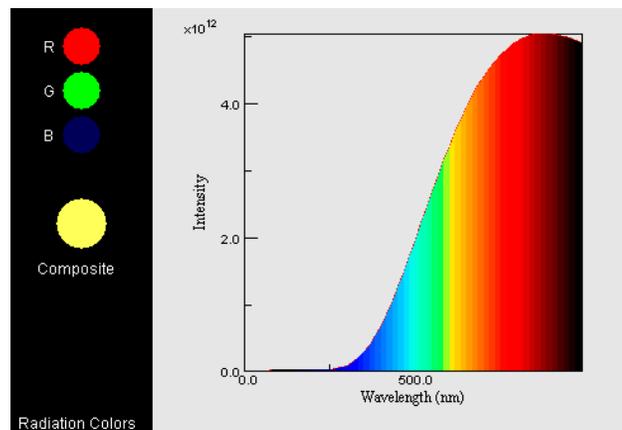


Figura 17: Espectro visible de emisión de una lámpara incandescente, fuente: Manual de Iluminación Ícaro

- **Variaciones de la tensión nominal de red:** la temperatura del filamento está determinada por la *tensión aplicada (V)*, la *corriente (I)*, la *potencia (P)*, el *flujo luminoso (Φ)* y la *vida*, todas estas variables son dependientes de la temperatura, y por tanto de la tensión aplicada.

Todo lo dicho anteriormente se recoge en el siguiente gráfico:

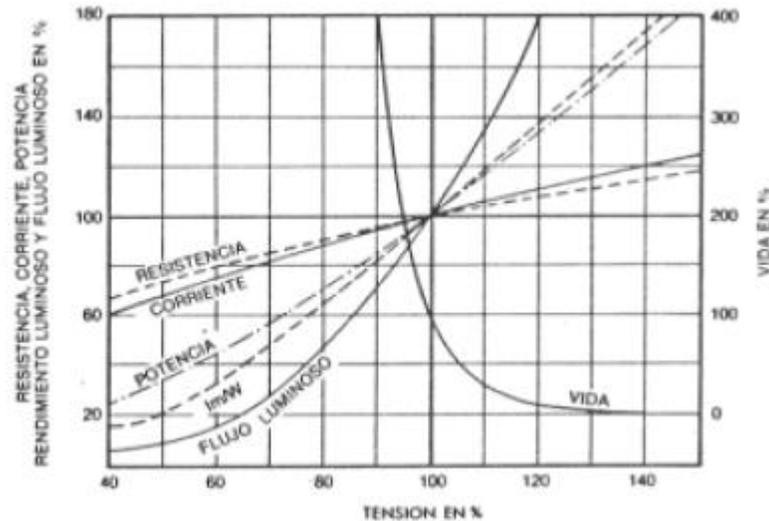


Figura 18: Variables de la lámpara incandescente, , fuente: Manual de alumbrado WESTHINHOUSE

Para entender mejor este grafico se explicara por medio de un ejemplo.

Si se considera un aumento en la tensión de un 30% se puede observar que la lámpara prácticamente se queda sin vida, mientras que una disminución del 10% aumentara la vida de la lámpara en casi un 400%. Se puede concluir que la vida de la lámpara crece o decrece de forma exponencial.

Por otra parte es interesante observar que el valor de la resistencia eléctrica del filamento de la lámpara no es constante con la tensión, esto se debe a que al aumentar la tensión aumenta su temperatura y también su resistencia.

- **Vida y eficacia luminosa:**

Tipo de lámpara	Eficacia luminosa (Lm/W)	Vida promedio (horas)
Incandescente de filamento	De 12 a 15	Alrededor de las 2000
Incandescente halógena	De 17 a 25	1000

2.2.1.2 Lámparas de incandescencia estándar

Si se le aplica a un filamento una corriente eléctrica, se produce una transformación de energía eléctrica en energía radiante (infrarroja, visible y violeta), esto sucede debido al fenómeno de incandescencia.

El filamento además produce energía calórica, esto condiciona notablemente la vida del filamento ya que se produce el *“fenómeno de evaporación”*, el cual se debe al adelgazamiento paulatino y finalmente la rotura del filamento debido a la emisión de partículas por causas de la elevada temperatura alcanzada en el material.

Para evitar que ocurra este fenómeno los filamentos se arrollan en forma espiral y se los confina en una ampolla la cual está llena de un gas inerte a presión.

Debido a las elevadas temperaturas que debe soportar el filamento este debe ser construido de materiales que posean puntos de fusión altos para garantizar la vida de la lámpara, en la actualidad estos filamentos son hechos de tungsteno o wolframio los cuales posee un punto de fusión alrededor de los 3400°C.

Las lámparas incandescentes se componen de los siguientes elementos:

- **Bulbo o ampolla:** determina la forma de la lámpara, en general se presentan en formas de pera u hongos. Los bulbos por lo general se construyen con diferentes vidrios ya sea de sodocalcio o vidrio blanco, además se usa sílice o cuarzo cuando las lámparas deben soportar elevadas temperaturas.
- **Casquillo:** la misión de este elemento es la de soportar los dos hilos que salen del filamento hacia el exterior, además sirve como elemento de unión con la red de alimentación.
- **Filamento:** este elemento mide la eficacia de la lámpara, se deben construir de materiales que posean elevados punto de fusión a fin de evitar, en lo más posible, el fenómeno de evaporación, además los materiales elegidos deben presentar baja presión de vapor, alta ductilidad, una selectiva emisividad y una baja resistencia. eléctrica.
- **Gas de relleno:** es importante con el tipo de gas que se rellene la lámpara ya que este también es un factor que se encarga de prolongar la vida de esta. Es gas con el que se debe rellenar el bulbo tiene que ser no reactivo y de baja conductividad del calor con el fin de

evitar el ennegrecimiento de las paredes del bulbo, mejorando la calidad de vida y eficacia de la lámpara, el gas de relleno consiste en una mezcla de argón y nitrógeno.

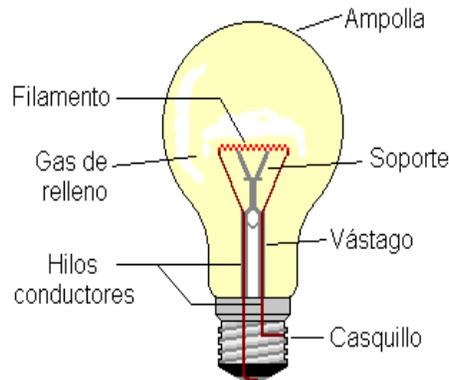


Figura 19: Partes de una lámpara incandescente, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.1.3 Lámparas incandescentes halógenas

Estas lámparas se crearon a partir de la necesidad de mejorar la relación eficacia – vida, esto llevó a que se incorporara un gas haluro aditivo como lo son: **bromo, cloro, flúor y yodo**, los cuales se encargan de producir un ciclo regenerativo del filamento. Cabe resaltar que el yodo hoy en día ya no se utiliza para la construcción de las lámparas halogenadas, al contrario como sucede con el bromo el cual es de mayor uso. Estas lámparas basan su funcionamiento en el ciclo halógeno.

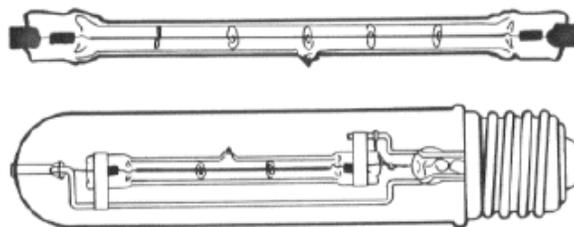


Figura 20: Lámparas halógenas, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

Ciclo halógeno: como se aprecia en la figura 20, inicialmente se tiene el filamento de tungsteno apagado (A), luego el filamento encendido (B), esto se debe a las altas temperaturas alcanzadas en el filamento. Luego el tungsteno se vaporiza (C), al igual que ocurre con el bromo formando bromuro de tungsteno (WBr₂), el cual permanece en estado gaseoso impidiendo que el

metal se deposite en el cristal. Finalmente el bromuro de tungsteno (D), al entrar en contacto con el filamento a muy alta temperatura, se descompone a su vez en tungsteno (que se deposita sobre el filamento, regenerándolo) y en bromo, libre para iniciar un nuevo ciclo de regeneración.

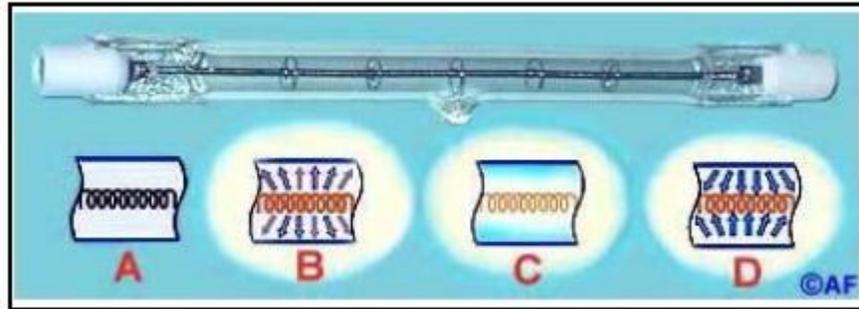


Figura 21: Ciclo halógeno, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

Debido al aumento de temperatura de funcionamiento en esta lámpara, se hace necesario sustituir el cristal de la ampolla por cuarzo.

Este tipo de lámpara presenta la ventaja que la potencia luminosa es muy superior a la de una lámpara convencional, con un pequeño aumento del consumo de corriente, la ausencia casi total de ennegrecimiento de la ampolla, hace que su potencia luminosa sea sensiblemente igual durante toda la vida. Las lámparas halógenas presentan las siguientes ventajas sobre las lámparas de filamento:

- La vida media es mayor (aproximadamente 2000 horas), esto se debe al ciclo de regeneración del tungsteno
- El flujo luminoso es mayor, esto se da porque el filamento puede trabajar a mayores temperaturas
- Poco ennegrecimiento de la ampolla de cuarzo, esto se debe al poquísimo depósito de tungsteno sobre está, lo cual resulta beneficioso ya que la depreciación del flujo luminoso es mayor que las lámparas de filamento

A continuación se enumerara algunas consideraciones importantes a tener en cuenta para la manipulación de estas lámparas:

- Evitar el contacto de grasa sobre la ampolla de cuarzo, ya que a elevadas temperaturas se puede producir la desvitrificación del vidrio

- Su posición de trabajo debe ser siempre horizontal con una tolerancia máxima de 4°, una mayor inclinación afecta su ciclo de regeneración afectando la vida de la lámpara.

TABLA XV: Ventajas y desventajas de las lámparas incandescentes, fuente: elaboración propia

Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Bajo rendimiento eléctrico
No necesitan balastro	Necesitan elevadas temperaturas para operar
Mantenimiento sencillo	No permiten gran distribución de luz
Se encuentran de distintas formas y tamaños	Corta vida

2.2.2 Fuentes Luminosas de Luminiscencia

La luminiscencia es un proceso por el cual la energía es absorbida por la materia y luego emitida en forma de fotones, se puede apreciar dos casos:

- **Fluorescencia:** ocurre cuando no existe ningún tipo de retardo entre el proceso de excitación y el de emisión
- **Fosforescencia:** ocurre cuando existe un retardo entre los dos procesos

En este fenómeno se destaca la no utilización de una fuente de excitación como sucede en el fenómeno de incandescencia.

2.2.2.1 Fotoluminiscencia

El fenómeno de fotoluminiscencia se produce por medio de una energía activadora de origen electromagnético (rayos, rayos ultravioleta, rayos X o rayos catódicos), este fenómeno se produce en los minerales fotoluminiscentes, en donde la luz se absorbe por un determinado tiempo y posteriormente se realiza la emisión la cual posee una longitud de onda mucho menor que la que posee la energía activadora.

2.2.2.1.1 Lámparas de descarga en gas a baja presión

A continuación se da una breve introducción de las distintas lámparas que trabajan por el método de descarga a baja presión:

2.2.2.1.1.1 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes o lámparas de vapor de mercurio a baja presión, se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente es cilíndrico, el cual está cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y recubierto de polvos fluorescentes llamados fósforos, este último facilita el encendido y control de la descarga de los electrones.

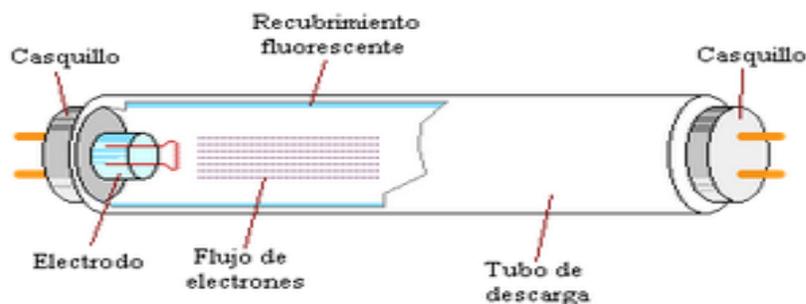


Figura 22: Lámpara fluorescente, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

Este tipo de lámparas necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares; balastro el cual será el encargado de limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga y se utilizara un cebador o no al momento del arranque. Si estamos en el caso de poseer un cebador, este último será el encargado de calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque.

Si estamos en el caso de que la lámpara no posee cebador se tiene la siguiente clasificación:

- Lámpara de arranque rápido, ya que los electrodos se calientan continuamente.
- Lámpara de arranque instantáneo, el encendido se obtiene aplicando una tensión elevada

La eficacia de las lámparas fluorescentes ronda los 38 y 91 Lm/W esto depende de las características que posea, la duración de estas lámparas están alrededor de 5.000 y 7.000 horas.

Su vida termina con el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, este desgaste se incrementa con el número de encendidos. Otro punto a tener en cuenta es la depreciación del flujo esto es provocado por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes utilizados y además del ennegrecimiento producido en las paredes del tubo ya que se depositan en éste las sustancias emisoras.

2.2.2.1.1.2 Lámparas fluorescentes compactas

El funcionamiento de una lámpara fluorescente compacta es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manejable.

Cuando se enciende la lámpara, la corriente eléctrica alterna pasa por el balasto electrónico, donde un rectificador de onda completa la convierte en corriente continua; luego un circuito oscilador, que puede estar compuesto de una bobina, un condensador de flujo o un transformador y un condensador, es el encargado de generar una corriente alterna con una frecuencia de entre 20 y 60 kHz., el objetivo de esa alta frecuencia es disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico producido dentro de la lámpara cuando está encendida, así anulando el efecto.

Los filamentos de la lámpara se calientan debido al paso de la corriente, esto produce un aumento de la temperatura la cual ioniza al gas contenido en el tubo, esto forma un flujo de electrones los cuales contribuyen a que se genere una chispa en el balastro electrónico iniciando así el arco eléctrico entre los filamentos.

Los filamentos se apagan pero su misión es mantener el arco eléctrico durante el tiempo que permanezca encendida la lámpara, el objetivo del arco eléctrico es el de mantener ionizado al gas inerte, de esta forma los iones que se desprenden del gas inerte chocan contra los átomos de vapor de mercurio produciendo una luz ultravioleta la cual no es visible para el hombre, para volverla visible al ojo humano se recurre a cubrir el tubo con una capa fluorescente obteniendo así luz visible.



Figura 23: Lámpara fluorescente compacta, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.1.1.3 Lámparas de inducción

Son lámparas que no poseen electrodos sino que utilizan un campo electromagnético exterior al tubo. Se clasifican según su tipo de campo electromagnético y son:

Lámparas con descarga de microondas: en este tipo de lámpara se produce un bombardeo a una capsula que contiene sulfuro por medio de radio frecuencias (microondas), esto causa un calentamiento del sulfuro, convirtiéndose el sulfuro en plasma emitiendo luz, el magneto utilizado en estas lámparas tiene una duración aproximada entre 15000 y 20000 horas, luego de este periodo se lo debe reemplazar de manera tal que los costos por mantenimiento son mucho más elevados que los de las lámparas comunes. Una ventaja que posee este tipo de lámparas es que su intensidad luminosa se aproxima a la luz del día.

Lámparas con descarga inductiva: se las conoce comúnmente como lámparas de inducción. Su principio de funcionamiento es el siguiente: un equipo de radio frecuencia envía una corriente eléctrica a una bobina de inducción, la corriente pasa a través de esta bobina generando un campo electromagnético el cual excita al gas mercurio contenido dentro de la ampolla, emitiendo radiación ultravioleta, esta radiación excita a la capa de fosforo que cubre la ampolla del bulbo produciendo así radiación visible. Estas lámparas poseen una eficacia de alrededor de 48 a 70 Lm/W, una vida nominal de 10.000 hasta 100.000 horas, su índice de reproducción de color es de 80, su apariencia de color es blanco cálido y la temperatura de color está entre un valor de 2.700 y 4.000 K



Figura 24: Lámparas de inducción, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.1.1.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión

El tubo de estas lámparas es de vidrio, en forma de U, para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño. Contiene sodio que se evapora a 98°C con una presión de unos pocos Pascales (N/m^2) consiguiendo así una tensión de encendido baja, el tiempo de arranque está alrededor de unos diez minutos, tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz.

La descarga eléctrica en el tubo relleno de vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática, la eficacia de estas lámparas va desde los 160 a 180 Lm/W, brinda una buena percepción de contrastes además brindan una gran comodidad y agudeza visual.

La vida media es muy elevada está alrededor de unas 15.000 horas, y la depreciación del flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de 6.000 y 8.000 horas; esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrecen la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, también se utiliza para fines decorativos.

La vida útil de esta lámpara termina por el agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga, además puede producirse un deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

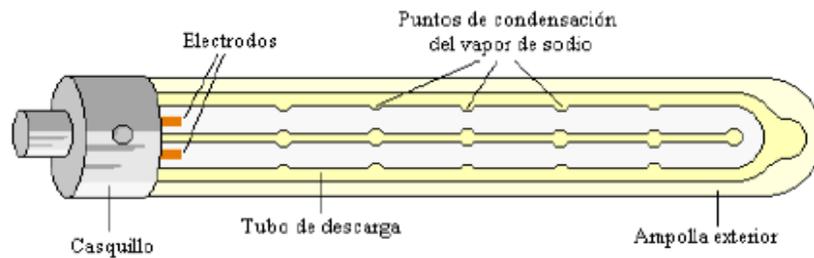


Figura 25: Lámpara de vapor de sodio de baja presión, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.1.2 Lámparas de descarga en gas a alta presión

A continuación se da una breve introducción de las distintas lámparas que trabajan por el método de descarga a alta presión:

2.2.2.1.2.1 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Estas lámparas poseen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las condiciones de funcionamiento de este tipo de lámparas es muy exigente debido a las altas temperatura con las que trabaja (alrededor de 1000°C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En el interior del tubo hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio (actúa como amortiguador de la descarga) y xenón (contribuye a un fácil arranque y reduce las pérdidas térmicas); el tubo está rodeado de una ampolla a la cual se le ha realizado vacío, la tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

La vida media de estas lámparas es de alrededor de 20.000 horas y su vida útil está entre 8.000 y 12.000 horas, las causas que limitan su duración se deben a la depreciación del flujo pero la causa más importante es el fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria (alcanzando valores que impiden su correcto funcionamiento).

El uso de estas lámparas es muy variado ya que puede ir desde una iluminación de interiores hasta una de exteriores, a continuación se presentan algunos lugares donde se puede utilizar este tipo de lámparas:

- Naves industriales
- Alumbrado publico
- Iluminación decorativa, etc.

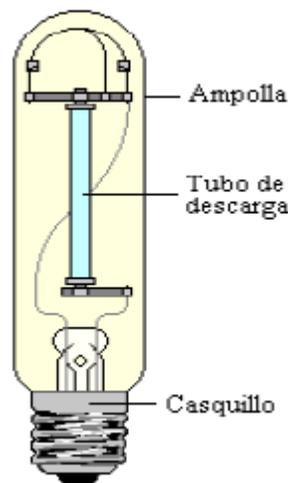


Figura 26: Lámpara de vapor de sodio de alta presión, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.1.2.2 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

En estas lámparas la descarga se realiza en un tubo de descarga el cual contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte el cual contribuye al encendido; éstas poseen una tensión de encendido entre 150 y 180 V. esto conlleva a una conexión directa a la red de 220 V. sin la necesidad de elementos auxiliares.

Para realizar su encendido se recurre a un electrodo auxiliar el cual está próximo a uno de los electrodos principales el cual es el encargado de ionizar el gas inerte facilitando así el inicio de la descarga entre los electrodos principales, luego se pasa a un estado transitorio alrededor de unos 4 minutos el cual se caracteriza porque la luz emitida por la lámpara pasa de un tono violeta a un tono blanco azulado, este cambio de tono se debe al incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta que alcanza su valor normal y se estabiliza la luz de la lámpara

La vida útil de estas lámparas esta alrededor de unas 15.000 horas, su eficacia oscila entre un 40 y 60 Lm/W y esta aumenta con la potencia, aunque se puede aumentar la eficacia manteniendo la potencia para hacer posible esto, se recurre a añadir un recubrimiento de polvos fosforescentes con lo cual se transforma la luz ultravioleta en visible.

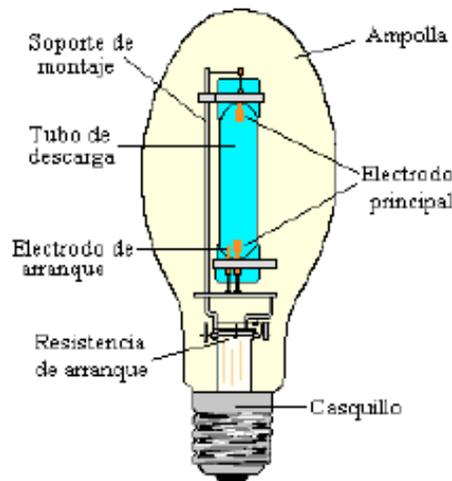


Figura 27: Lámpara de vapor de mercurio de alta presión, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.1.2.3 Lámparas de halogenuro metálico

Estas lámparas se crearon aproximadamente en 1960, pertenecen al grupo de las lámparas llamadas HID "*High Intensity Discharge*". Se concibieron en un inicio para fines industriales, pero debido a las buenas prestaciones cromáticas que presentan las hacen más adecuadas para la iluminación deportiva, estudios de cine, proyectores, etc.

En general poseen una potencia alta y además ofrecen una buena reproducción de colores, esto se debe a la introducción de los halogenuros metálicos (disproseo, talio, holmio o tulio); la eficiencia de estas lámparas esta alrededor de los 60 y 90 Lm/W y su vida media es de unas 10.000 horas, tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, el cual es el tiempo necesario hasta que se establezca la descarga.

Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido (arranque), esto se debe a las elevadas tensiones de arranque (1500 – 5000 V), a este tipo de lámparas no es necesario colocar la capa fluorescente ya que estas no emiten radiaciones ultravioletas, por este motivo las lámparas se suelen construir en ampollas cilíndricas y transparentes

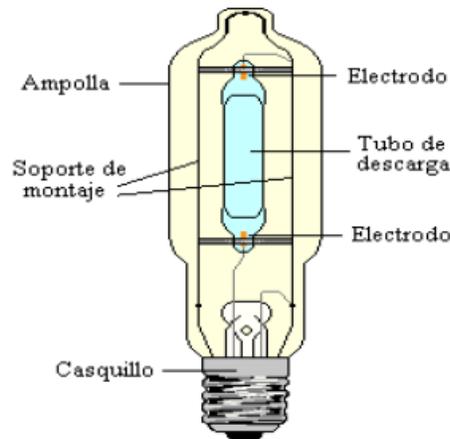


Figura 28: Lámpara de Halogenuro Metálico, fuente: "Lighting" León, Adrian Javier

2.2.2.2 Electroluminiscencia

El fenómeno de la electroluminiscencia consiste en la conversión de la energía eléctrica en luz de forma directa, acá no intervienen ninguno de los fenómenos anteriores, esta conversión se produce a través de dos mecanismos:

- Recombinación de portadores de carga en ciertos semiconductores
- Excitación de centros luminiscentes en fósforos

2.2.2.2.1 Lámparas tipo LED

Las siglas LED provienen de idioma americano (Light Emitting Diode), que traducido al español sería (Diodo Emisor de Luz), este es un componente electrónico de estado sólido el cual se comenzó a producir en la década del 60.



Figura 29: Símbolo eléctrico de un LED, fuente: wikipedia

El LED es un semiconductor que pertenece a la familia de los diodos, estos tienen una particularidad en la forma de conducción de la corriente eléctrica ya que estos conducen con mayor facilidad en un sentido que en el otro; este tipo de semiconductores son del **tipo p-n**.

- **Semiconductor del tipo-n:** se obtiene adicionando impurezas debidamente seleccionadas a un cristal semiconductor produciendo un exceso de electrones libres en la banda de conducción. En el material del **tipo-n**, los agujeros son conductores de carga minoritarias mientras que los electrones son conductores mayoritarios.
- **Semiconductor del tipo-p:** se obtiene por adicionando impurezas las cuales contribuyen a la formación de agujeros (ausencia de un electrón) en la banda de valencia, un agujero tiene una carga igual y contraria a la un electrón. En el material del **tipo-p**, los electrones son conductores de carga minoritaria y los agujeros son conductores mayoritarios.

Existen diversas técnicas para preparar un cristal que produce el cambio de conductividad entre la zona **tipo-p** y la zona **tipo-n**, a esto se lo conoce con el nombre de **unión p-n**.

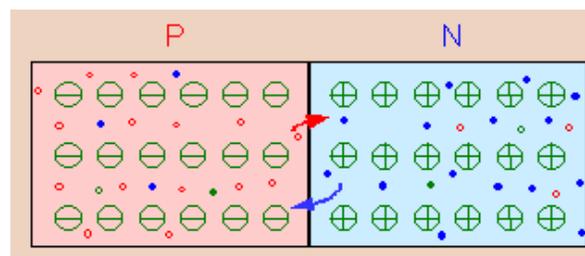


Figura 30: Unión P-N, fuente: wikipedia

Cuando a esta unión se le aplica una diferencia de potencial o tensión, desde la **región p** a la **n** (polarización inversa del diodo), los agujeros fluyen hacia la **región-n** y los electrones se dirigen hacia la **región-p**.

Un electrón que se encuentra en la banda de conducción se combina con un agujero que se encuentra en la banda de valencia produciendo la emisión de un fotón de energía electromagnética, el tipo de materiales que conforman la unión p-n determinarán el salto de energía y consecuentemente la eficacia del LED.

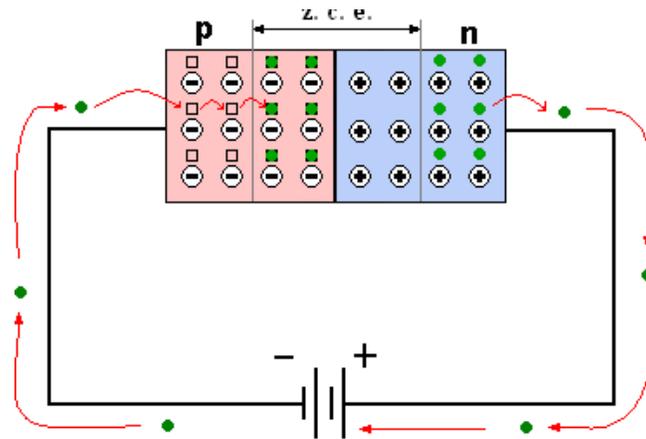


Figura 31: Polarización inversa del Diodo, fuente: wikipedia

2.2.2.2.2 Características constructivas de un LED

El LED está compuesto por una lente la cual puede ser clara o difusa, esta está hecha con una resina epoxi, la lente se encarga de cubrir el chip semiconductor y de sellar al LED en forma de capsula.

La lente también se encarga de realizar el control óptico de la luz emitida, ya que este incrementa o disminuye el flujo luminoso y reduce las reflexiones en la superficie del semiconductor, produciendo una variedad de distribuciones angulares.

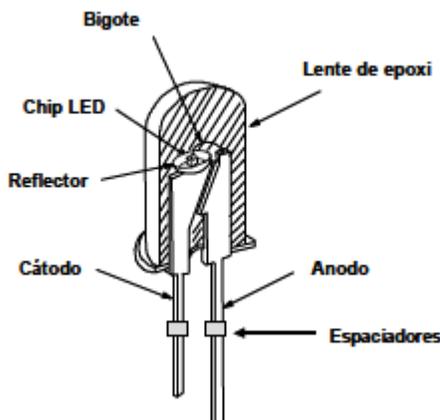


Figura 32: Elementos de un LED, fuente: wikipedia

Los primeros LED se fabricaron a partir de *arseniuro de galio (GaAs)* y *fosfuro de galio (GaP)*, en la actualidad los materiales han evolucionado y estos componentes anteriores se fueron reemplazando por *fosfuro de aluminio indio galio (AlInGaP)* y *nitruro de indio galio (InGaN)*.

El (*AllnGaP*) se utiliza para producir longitudes de ondas largas en el color rojo, ámbar y amarillo (590 a 630nm), estos valores dependen fuertemente de la cantidad de elementos utilizados, mientras que con el (*InGaN*) se obtienen longitudes de ondas cortas para el color azul y el color verde (470 a 525nm).

Cabe destacar que el LED tiene una distribución espectral pequeña con anchos de banda de 17nm para los LED fabricados de (*AllnGaP*) y de 35nm para los fabricados de (*InGaN*), con esto se puede concluir que los LED's producen luz altamente saturada y casi monocromática, el color de un LED se especifica por medio de su longitud de onda dominante, a continuación se presenta un diagrama cromático para los diferentes colores de LED's.

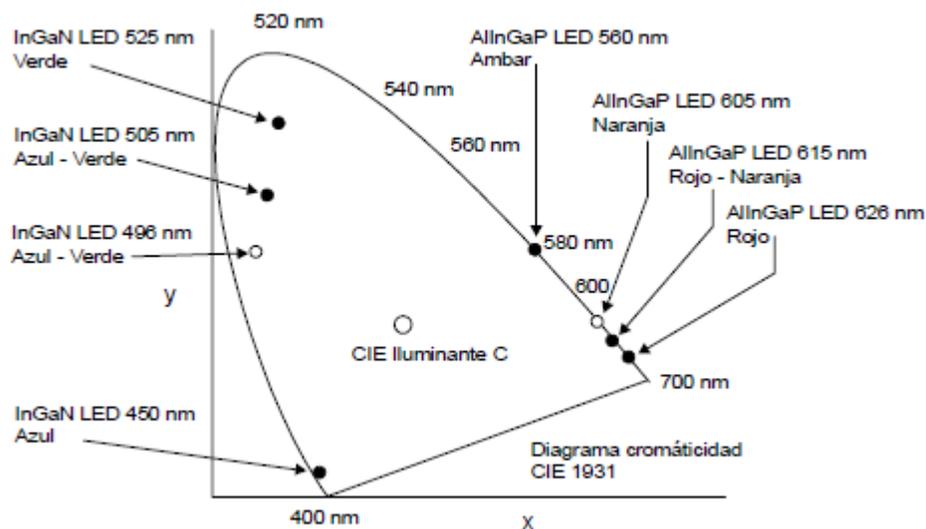


Figura 33: Diagrama cromático de las LEDs, fuente: Fuentes Luminosas, O'Donell, Beatriz

2.2.2.2.3 Beneficios de un LED

Baja temperatura: el LED emite poco calor debido al elevado rendimiento que posee, además para operar este no requiere de calor como sucede en las lámparas incandescentes donde para operar necesitan indefectiblemente calor.

Mayor duración: esto se debe a la evolución de los materiales utilizados, los cuales elevan el rendimiento de operación y además contribuyen a alargar la degradación del LED.

La vida media de un LED está alrededor de las 100.000 horas, a comparación de una lámpara fluorescente 20.000 horas, un halógeno 4.000 horas y una lámpara incandescente 1.000 horas

No presenta fallas al momento de iluminar: esto se debe a que los LEDs absorben bien los golpes ya que estos no poseen filamentos, lo cual asegura la operación, evitando las variaciones de luminosidad y su rotura.

Baja tensión: estos se alimentan en corriente continua generalmente a 24 V, esto es una ventaja ya que reduce el peligro de electrocución y además brinda un amplio rango de utilización en equipos ya que por su baja tensión se adapta muy bien a la mayoría de fuentes de alimentación.

Bajo consumo: una LED requiere menor cantidad de potencia para producir la misma cantidad de luz, esto es muy importante ya que una reducción de la potencia requerida se ve reflejado en un ahorro energético y por ende económico para el usuario.

2.3 Criterios para la correcta elección de lámparas

Los criterios de elección de una lámpara se dividen en:

I. Criterios cromáticos:

Las lámparas que presentan el mayor índice de reproducción cromática IRC son las *incandescentes halógenas y convencionales* (IRC = 100), pero estas presentan el inconveniente de no tener una alta eficacia. En la actualidad gracias a los avances tecnológicos tanto de materiales como de procesos de fabricación se han obtenido lámparas fluorescentes llamadas **trifosforadas** y también se encuentran las lámparas de **mercurio halogenado** las cuales poseen un ICR aproximado de 80, este índice no es igual al que poseen las incandescentes, pero estas sin duda poseen una eficacia relativamente superior en comparación a las incandescentes, pero inferior en comparación a las **lámparas de sodio a alta presión**. Se eligen estas lámparas para la iluminación de interiores y exteriores donde el IRC es tan importante como la eficacia.

II. Criterios de eficacia:

Es la característica fotométrica más importante en lo referente a consideraciones energéticas, ya que cuanto más eficiente es una lámpara menor será la energía demandada para producir la misma cantidad de luz.

TABLA XVI: Criterios de eficacia para seleccionar una lámpara, fuente: elaboración propia

Tipo de Lámpara	Eficiencia (Lm/W)	Criterios de elección
Sodio de baja presión	Hasta 200	De uso escaso debido a su luz monocromática sin capacidad de reproducción de colores, es decir un IRC malo
Sodio de alta presión	Hasta 130	Para casos donde el rendimiento es más importante que el IRC. Por ejemplo en alumbrado público, iluminación exterior e interior, en lugares donde se requiere altos niveles de iluminación
Fluorescentes lineales	Hasta 100	-
Fluorescentes compactas	-	Cuando se necesita una lámpara compacta con aceptable nivel de reproducción de colores. Estas se utilizan con frecuencia en casa y algunas aplicaciones comerciales. Estas están limitadas a potencias menores a 26W
Halogenuros metálicos	Hasta 100	Cuando se requiere alta eficacia y excelente reproducción de colores con un elevado flujo luminoso

III. Criterios de duración:

TABLA XVII: Criterios de duración para seleccionar una lámpara, fuente: elaboración propia

Tipos de lámparas	Vida promedio (horas)
Inducción	De 16.000 a 24.000
Mercurio de alta presión	
Sodio de alta presión	
Lámparas fluorescentes	De 6.000 a 10.000
Mercurio halogenado	
Incandescentes comunes	Nominal de 1000

IV. Potencial nominal:

Ese parámetro condiciona el flujo luminoso y el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico (sección del conductor, dispositivos de protección, etc.)

V. Eficiencia luminosa y decaimiento del flujo lumínico:

Se debe tomar en cuenta la eficiencia luminosa y el decaimiento del flujo lumínico durante el funcionamiento, la vida media de la lámpara y el costo de esta, todos estos factores condicionan la economía de operación de la instalación

VI. Temperatura de los colores:

Condiciona la tonalidad de la luz. Se dice que una lámpara proporciona una luz caliente o fría, esto se refiere a que prevalecen radiaciones luminosas de colores rosa o azul, a continuación se presenta un cuadro comparativo entre las lámparas existentes en el mercado

TABLA XVIII: Tabla comparativa entre lámparas, fuente: Fuentes Luminosas, O'Donell, Beatriz

Lámpara	Potencia (W)	Temperatura de color (K)	Eficacia (lm/W)	Índice de rendimiento de color	Vida útil (h)	Tiempo de encendido (min)
Incandescente convencional	100	2700	15	100	1000	0
Inc. halógena lineal	300	2950	18	100	2000	0
Inc. halógena reflectora	100	2850	15	100	2500	0
Inc. halógena de baja tensión	50	3000 - 3200	18	100	3000	0
Fluorescente lineal T5 alta frecuencia	28	3000 - 4100	104	85	12000	0
Fluorescente lineal T8 alta frecuencia	32	3000 - 4100	75	85	12000	0
Fluorescente compacta	36	2700 - 4000	80	85	12000	0 - 1
Fluorescente compacta doble	26	2700 - 4100	70	85	12000	0 - 1
Vapor de mercurio	125	6500	50	45	16000	< 10
Mercurio halogenado (baja potencia)	100	3200	80	75	12000	< 5

CAPITULO III

LUMINARIAS, EQUIPOS AUXILIARES Y ACCESORIOS

3.1. Introducción a las luminarias

Se denomina luminaria a la unidad de luz destinada a albergar una o varias lámparas, además puede alojar equipos auxiliares para el correcto funcionamiento de la fuente emisora de luz.

De acuerdo a la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE, por sus siglas en francés, Commission Internationale de L'éclairage) la definición internacional para luminaria es: *“dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación”*.

Las luminarias deben satisfacer los objetivos propuestos por la CIE, para lograr esto las luminarias deben poseer las siguientes funciones:

- Distribución adecuada de la luz en el espacio.
- Evitar el deslumbramiento o brillo excesivo, ya que esto provoca molestias.
- Optimizar el rendimiento energético, esto se consigue aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso dotado por las lámparas.
- Satisfacer las necesidades estéticas como las de ambientación del sitio donde se va a realizar la iluminación.

Las luminarias deben presentar los siguientes aspectos de diseño:

- Montaje seguro y fácil de la instalación eléctrica y también su mantenimiento
- Protección contra descargas eléctricas

- Alojamiento de los equipos auxiliares, esto quiere decir que las luminarias deben disponer del espacio suficiente para la locación de componentes y además brindar los accesorios necesarios para su fijación.

3.2. Partes de una luminaria

Se tiene una amplia gama de luminarias, esto se debe a las diversas aplicaciones y diseños que se han desarrollado a lo largo del tiempo, este aporte se debe en gran medida al continuo perfeccionamiento de los materiales utilizados para su fabricación y la búsqueda constante de entregar al mercado luminarias que posean cada vez mayores rendimientos energéticos contribuyendo al ahorro energético, ahorro de mantenimiento y reduciendo los costos de inversión inicial.

Las luminarias se componen de las siguientes partes:

- **Cuerpo:** parte de la luminaria que contiene el portalámparas y los equipos auxiliares.
- **Compartimiento porta-equipos:** es el lugar o espacio donde se alojan los equipos auxiliares, el compartimiento porta-equipos tiene que ser removible para facilitar las tareas de mantenimiento e inspección
- **Cubierta:** su objetivo es el de proteger a las partes internas del polvo proveniente del exterior de la luminaria.
- **Controles óptico:** las luminarias pueden disponer de un dispositivo reflector, elemento refractor o difusor y sistemas de apantallamiento o filtro. El dispositivo reflector se ubica por lo general entre el cuerpo de la luminaria y la(s) lámpara(s). los elementos refractores y los sistemas de apantallamiento o filtro se ubican en la boca de la lámpara

Los restantes componentes de la luminaria deben disponer de elementos de fijación mecánica y de conexión eléctrica removibles sin necesidad de herramientas para así facilitar la inspección y mantenimiento del mismo.

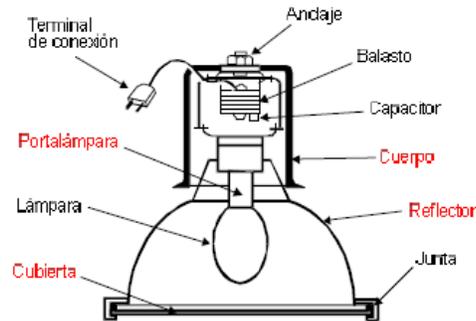


Figura 34: Partes de una luminaria, fuente: Luminarias para interiores, O'Donell, Beatriz

3.2.1. Materiales usados para la fabricación de luminarias

Los materiales utilizados para la fabricación de luminarias se distinguen según la función que cumplen:

- Mecánica
- Eléctrica
- Óptica

Los materiales más comunes utilizados en la fabricación de luminarias son los que presentan una terminación estable (mecánica y eléctrica) y buenas propiedades óptica, estos materiales son:

- Hierro en forma de chapa lisas o perforadas, plegadas y soldadas
- Aluminio en forma de perfiles o chapas plegadas o láminas
- Plásticos moldeados o en forma de lentes
- Fibras ópticas, para canalizar los haces de luz

Es importante tener en cuenta el tipo de tratamiento que se realiza a la superficie de la luminaria ya que este influirá directamente sobre las propiedades ópticas, las terminaciones más utilizadas son:

Para aluminio:

- **Pulido:** acabado del tipo mecánico, este produce un aumento en la reflexión especular.
- **Anodizado:** acabado del tipo químico, este consiste en crear una capa superficial de óxido de aluminio, esto genera un incremento de la reflexión especular
- **Abrillantado:** acabado del tipo químico, se realiza una oxidación superficial por medio de la adhesión de compuestos brillantes, esto produce un aumento predominante de la reflexión especular
- **Gofrado:** acabado del tipo mecánico, este consiste en dotar a la superficie de múltiples relieves convexos con la finalidad de incrementar la reflexión difusa

Para plásticos y metales:

- **Plateado**
- **Dorado**
- **Niquelado**
- **Cromado**

Pintado:

- **Orgánico:** adecuado para interiores
- **Cerámico (a 500°C):** ofrece una elevada resistencia a los agentes atmosféricos

3.3. Clasificación de las luminarias

La selección del tipo de luminaria es muy importante para el correcto diseño de un sistema de iluminación; hay diversos criterios de clasificación que se debe tener en cuenta al momento de proyectar el diseño, a continuación se presenta la clasificación más utilizada:

- Clasificación según la distribución luminosa
- Clasificación según su tipo de aplicación
- Clasificación según su grado de protección
- Clasificación según su grado de seguridad eléctrica

3.3.1. Distribución luminosa según la CIE (1986)

La CIE brinda esta clasificación en base al porcentaje de flujo luminoso total emitido por encima o por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. La CIE presenta cinco tipos de distribuciones de intensidad luminosa para los artefactos de iluminación interior:

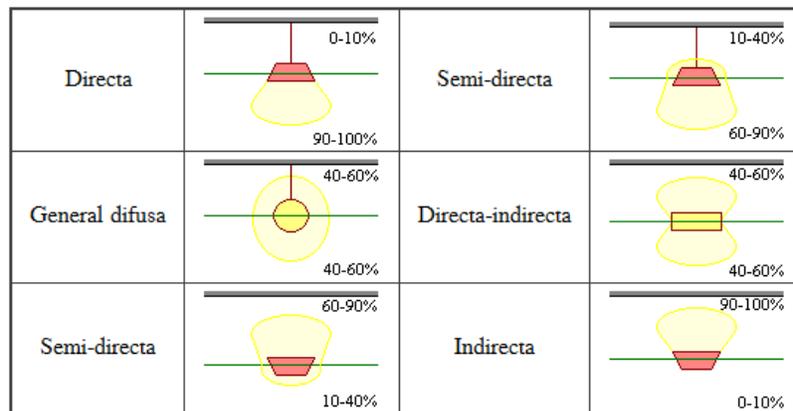


Figura 35: Distribución luminosa según CIE (1986), fuente: Manual de Luminotecnia para interiores

Iluminación directa: se da cuando el porcentaje de luz emitida hacia abajo es del 90 al 100%. Para realizar la iluminación directa se debe disponer de luminarias de gran eficiencia, estas poseen la gran desventaja que pueden provocar un deslumbramiento.

Se tienen dos tipos de luminarias, **las de haz estrecho y las de haz ancho**, estas características dependerán de la óptica, terminación forma de apantallado, etc.; las **luminarias de haz estrecho** proveen de poca iluminancia vertical. Esta iluminación se utiliza casi de forma obligatoria en locales de baja altura.

Iluminación semi-directa: cuando entre el 60 al 90% del flujo luminoso es emitido hacia abajo y el restante se dirige hacia el techo o paredes superiores. Para lograr este tipo de iluminación se utilizan luminarias suspendidas, no es recomendable suspender las luminarias a poca distancia del techo ya que produciría manchas luminosas

Iluminación general difusa: cuando entre el 40 al 60% del flujo luminoso es emitido en igual cantidad hacia arriba o hacia abajo. La luminaria utilizada para este tipo de iluminación es de menor rendimiento que la utilizada para la iluminación general o semi-directa, no obstante esta

luminaria es apropiada para lugares con elevadas reflectancias. Para evitar los casos de deslumbramiento se recomienda ubicarlas a una mayor altura, o sino elegir una luminaria de menor potencia.

Iluminación semi-indirecta: cuando entre el 60 al 90% de su flujo luminoso es emitido hacia arriba. Es similar al sistema de iluminación indirecto pero con la diferencia que en este caso una parte del haz se dirige hacia abajo. Esta luminaria se debe colocar a una altura correcta y además se debe controlar el deslumbramiento

Iluminación indirecta: cuando entre el 90 al 100% del flujo luminoso es emitido hacia arriba sobre techos o paredes superiores. Esta iluminación se logra con luminarias que aprovechan el cielo raso como amplio difusor, para la aplicación de esto se necesita que el local sea lo más claro posible a fin de aprovechar al máximo la difusión, este sistema es el de menor eficacia. Se debe tener en cuenta que todo el haz de luz se dirige hacia el techo o paredes por lo tanto se debe tener cuidado que las luminarias no provoquen manchas de luz, esto se logra por medio de una regulación conveniente de la altura de montaje; este tipo de iluminación es utilizado en lugares donde se quiere limitar al máximo los reflejos, por ejemplo en salas de computación, para personas de edad, las cuales tienen mayor sensibilidad al deslumbramiento.

3.3.2. Según su tipo de aplicación

Las luminarias para interiores se clasifican según su tipo de aplicación, una clasificación general sería:

- **Luminarias para iluminación industrial**
- **Luminarias para iluminación comercial u oficinas**
- **Luminarias para iluminación residencial**

Debido a que este presente trabajo se centra en el diseño de un sistema de iluminación para el área industrial se va a explicar solamente las *luminarias para iluminación industrial*.

Luminarias para iluminación industrial: en áreas industriales en general se utilizan luminarias con lámparas fluorescentes lineales o de alta intensidad, esto dependerá de las

características del área a iluminar. Las luminarias que contienen lámparas fluorescentes, en la mayoría de casos poseen reflectores pero no poseen elementos refractores.

Cuando la luminaria va a trabajar en lugares de alta exposición al polvo o en ambientes húmedos, estas poseen cubiertas herméticas para proteger la lámpara.

Cuando la luminaria va a trabajar en lugares donde se necesitan elevados niveles de iluminación general difusa y las exigencias de protección contra polvo y humedad no son necesarias, se puede instalar luminarias con fluorescentes lineales sin reflector

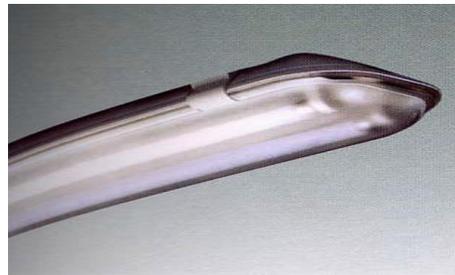


Figura 36: Luminaria con tubos fluorescentes, fuente: Philips®

Las luminarias con lámparas de alta intensidad, del tipo campana, se instalan en sitios donde la relación *espacio/altura de montaje* es menor o igual a 1; en general estas son luminarias suspendidas del techo, estas pueden ser abiertas o cerradas. Estas luminarias poseen elementos reflectores y refractores con diversos tipos de distribuciones de intensidad luminosa.

Cuando se tiene una relación *espacio/altura de montaje* mayor que 1 las luminarias deben ofrecer distribuciones de intensidad luminosa abiertas con el objetivo de lograr elevados valores de iluminancia vertical como horizontal.



Figura 37: Luminaria del tipo campana, fuente: Philips®

3.3.3. Según su grado de protección

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés, International Electrotechnical Commission) ha establecido una clasificación que se ha impuesto de forma universal; esta establece que el “grado de protección” de la luminaria, mediante la sigla IP seguida por dos dígitos, de acuerdo a la capacidad de la misma contra el ingreso de cuerpos extraños y agua, el primer dígito indica el grado de protección contra cuerpos extraños y el segundo dígito indica el grado de protección contra el agua. A continuación se presentan dos tablas con los distintos grados de protección

TABLA XIX: Grado de protección contra sólidos extraños, fuente: Luminarias para interiores, O’Donell, Beatriz

Primer dígito	Símbolo	Denominación	Comentarios
0		No-protegida	Sin ninguna protección
1		Protegida contra el ingreso de objetos sólidos mayores de 50 mm	por ejemplo una mano
2		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 12 mm	por ejemplo un dedo
3		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 2.5 mm	por ejemplo herramientas
4		Protegida contra el ingreso de objetos mayores de 1.0 mm	por ejemplo cables o alambres
5		Antipolvo	
6		Hermética al polvo	

TABLA XX: Grado de protección contra el ingreso de agua, fuente: Luminarias para interiores, O’Donell, Beatriz

Segundo dígito	Símbolo	Denominación	Comentarios
0		No protegida	
1		Contra goteo	Si el agua cae verticalmente no provoca daño
2		Contra goteo con inclinaciones de hasta 15 grados	
3		Contra lluvia	Para lluvia con ángulos no mayores de 60°
4		Contra salpicaduras	Cualquier salpicadura no provoca daño
5		Contra chorro de agua	El chorro de una manguera desde cualquier dirección no daña
7		Contra inmersión	Breves inmersiones a determinada presión no provocan daño
8	 ...m	Contra sumersión	Luminaria herméticamente sellada

3.3.4. Según su grado de seguridad eléctrica

La IEC presenta la siguiente tabla, la cual abarca cuatro tipos de luminarias

TABLA XXI: Grado de protección eléctrica de una luminaria, fuente: Luminarias para interiores, O'Donell, Beatriz

Clase	simbolo	Comentarios
0		Eléctricamente aisladas, sin puntos para conexión a tierra.
I		Además de estar aisladas eléctricamente disponen de una conexión a tierra
II		Diseñadas de tal modo que las partes metálicas expuestas no puedan llegar a estar bajo tensión, lo que se logra por un aislamiento doble reforzado
III		Aquellas en las que la protección contra descargas eléctricas se encuentra en la tensión de seguridad extrabaja y en las que no se generen tensiones superiores a 50V c.a. eficaces. No debe tener ningún medio de conexión a tierra de protección.

La IEC también recomienda la especificación de la distancia de seguridad en las lámparas reflectoras y distribuciones de haz estrecho, en las cuales se debe mantener una distancia mínima entre la fuente luminosa y la superficie a iluminar para evitar daños por elevadas temperaturas.

3.4. Equipos auxiliares y accesorios

Para que una lámpara tenga un correcto funcionamiento, es decir que se aproveche al máximo sus bondades, es necesario que esta disponga de un equipo auxiliar y de accesorios para realizar el montaje. Los equipos auxiliares son utilizados fundamentalmente en las lámparas de descarga, mientras que los accesorios son necesarios para todos los tipos de lámparas

Los equipos auxiliares son:

Arrancadores: conocido también como *cebador*, estos pueden ser de dos tipos constructivos; *electromecánicos o electrónicos*.

El objetivo de los arrancadores es el de encender una lámpara fluorescente; los cebadores del tipo eléctrico también protegen a la lámpara, ya que en el caso de que no arranque en forma inmediata se desconecta evitando el molesto parpadeo que se produce cuando quiere encender y por alguna razón no lo puede hacer, otra ventaja que brinda el cebador del tipo eléctrico es que permite un encendido inmediato de la lámpara.



Figura 38: Cebador electrónico, Fuente: Osram®

Balastos: es un equipo que sirve para mantener un flujo de corriente estable en la lámpara, técnicamente es un reactor que está constituido por una bobina de alambre de cobre esmaltado, enrollada sobre un núcleo de chapas de hierro o de acero eléctrico. Son de dos tipos bien definidos; *electromagnéticos* y los *electrónicos*.

Los balastos electrónicos, presentan las siguientes ventajas: *ahorran energía, hacen que las lámparas tengan una mayor vida útil, desconectan la lámpara defectuosa o agotada, no emite ruidos y algunos permiten variar del flujo luminoso*, como único inconveniente que presenta es la producción de algunas interferencias.



Figura 39: Balastro electrónico, fuente: Philips®

Condensadores: se utilizan para la corrección del factor de potencia o $\cos \varphi$, en todos los tipos de lámparas de descarga, el valor de la capacidad debe ser adecuado con la potencia de la lámpara.



Figura 40: Condensador, fuente: Osram®

Ignitores: es un dispositivo que provee por sí mismo o en combinación con otros componentes del circuito las condiciones eléctricas apropiadas necesarias para el arranque de lámparas de descarga gaseosa; se utilizan en los siguientes tipos de lámpara de descarga: *sodio de alta presión, sodio de baja presión y mercurio halogenado.*

Los ignitores pueden generar pulsos de tensión entre los 1 y 5 KV durante un periodo de tiempo entre 0,5 y 2 microsegundos. Se fabrican para conectarse en serie, en paralelo o en derivación, de acuerdo al tipo de lámpara a utilizar.

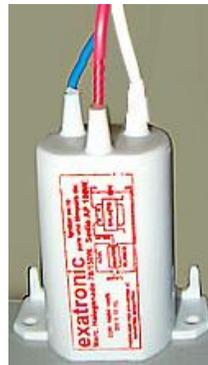


Figura 41: Ignitor, fuente: Exatronic®

Regulador de flujo: se utilizan para controlar el flujo emitido por las lámparas de descarga entre los valores preestablecidos, el valor de referencia puede ser dado manualmente (mediante un potenciómetro), o bien automáticamente (utilizando una fotocélula). Se utilizan de diversas formas: fines decorativos o bien para ahorrar energía eléctrica, ya que mediante una fotocélula se va censando la luz diurna y en función de ella se gradúa el flujo de las lámparas.



Figura 42: Regulador de flujo lumínico, fuente: Philips®

Transformadores: se utilizan para lámparas del tipo halógena de baja tensión. La alimentación al primario se hace con 220 V; 50 Hz y tienen un secundario cuya tensión es de 6 V para potencia de 10 y 35 W, de 12 V para 20, 50 y 75 W, en cambio para 24 V la potencia es de 20 W; a través de estos transformadores se pueden regular el flujo luminoso de la lámpara.



Figura 43: Transformador, fuente: Philips®

Los accesorios para el montaje son:

Portaarrancador: como su nombre lo indica se utilizan para soportar y conectar al circuito el arrancador de forma tal que si es necesario reponer el mismo no haya que hacer conexiones de cables.

Portalámpara: es un elemento fundamental para la vida de la lámpara y de la luminaria, sirve para conectar y sostener a la lámpara dentro de la luminaria; es muy importante que este sea de buena calidad y además la conexión debe ser lo más precisa ya que una mala conexión acarrea una innumerable cantidad de problemas.

Otros: en este grupo se encuentran accesorios tales como; *borneras, fichas para su conexión y soportes de las luminarias.*

CAPITULO IV

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

4.1. Introducción

En el presente capítulo se van a presentar los cálculos realizados de forma manual y su corroboración por medio del software **DIALux© versión 4.10**.

En el presente trabajo se va a realizar dos propuestas de iluminación:

- Iluminación general de altura utilizando **lámparas de mercurio compactas**, las cuales iluminarán las naves industriales y **lámparas fluorescentes** las cuales van a iluminar las bodegas y los baños y cambiadores; este sistema de iluminación se lo va a llamar convencional ya que es el más común para este tipo de proyectos.
- Iluminación general de altura utilizando **lámparas del tipo LED**, las cuales van a iluminar todas las áreas pertenecientes a las naves industriales, bodegas y baños y cambiadores.

En primera instancia cabe recalcar que el proyecto a iluminar está conformada por:

- 2 Naves industriales (en este espacio físico se realiza el proceso de trefilado)
- 2 Bodegas
- 2 Baños y cambiadores

A continuación se describe brevemente las características físicas de las áreas a iluminar:

TABLA XXII: Características generales del proyecto a iluminar, fuente: elaboración propia

Características	Nave Industrial	Bodega	Baños y Cambiadores
Área total (m²)	675	50	15
Largo (m)	75	10	5
Ancho (m)	9	5	3

Altura (m)	10	3	3
Color paredes	aluminio mate	crema	crema
Color techo	aluminio mate	hormigón	hormigón
Color piso	hormigón claro	hormigón claro	hormigón claro
Presencia de luz solar	buena	buena	buena
Suciedad	regular	regular	mínima

4.2. Iluminación general del tipo convencional

En este apartado se realizarán los cálculos de iluminación general de altura utilizando lámparas de descarga de mercurio compacta, la cual se utilizará únicamente en la nave industrial; para el área de bodega, baño y cambiadores se utilizarán lámparas fluorescentes ya que estas son las que mejor se acomodan para este fin.

4.2.1. Cálculo de iluminación de la nave industrial

Tabla. XXIII – Nivel de iluminación mínimo para el proceso de trefilado, fuente: Código Técnico de la Edificación

13. Trabajo y tratamiento de metales		E_m lux	UGR_L	R_a
13.1	Forja en troquel abierto	200	25	60
13.2	Estampación en caliente y soldadura	300	25	60
13.3	Mecanización basta y media (tolerancias $\geq 0,1$ mm)	300	22	60
13.4	Mecanización de precisión (tolerancias $< 0,1$ mm)	500	19	60
13.5	Trazado, inspección	750	19	60
13.6	Talleres de estirado de hilos y tubos, conformado en frío	300	25	60

De la tabla anterior se obtienen los siguientes datos relevantes:

- **E_m :** 300 Lx
- **UGR_L :** 25
- **R_a :** 60

Como la nave tiene una altura de 10 metros, esta se considera una nave de gran altura, la disposición de las luminarias será acorde al siguiente gráfico, además se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Se deben utilizar lámparas de descarga casi exclusivamente
2. Las luminarias y lámparas que se utilicen deben requerir un muy bajo mantenimiento.
3. Al momento de realizar el montaje de las luminarias, estas deben colocarse por encima de los rieles o puentes grúas si estos existiesen.
4. Se debe seleccionar luminarias con ópticas adecuadas a la distribución luminosa requerida.

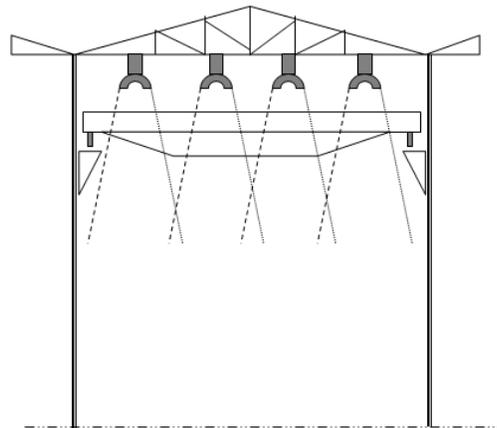


Figura 44: Disposición de luminarias para una altura mayor igual a 10 metros, fuente: “Ligthing” León, Adrian Javier

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, el modelo de la luminaria es **PerformaLux MPK 380** la cual utiliza una lámpara modelo **MasterColour CDM – TP**, el sistema elegido presenta las siguientes características relevantes para el cálculo de iluminación.

TABLA XXIV: Características generales- sistema de iluminación PerformaLux MPK 380, fuente: elaboración propia

Sistema PerformaLux MPK 380 + MasterColour CDM - TP	
Potencia del sistema (Watts)	157
Flujo luminoso (Lm)	13000
IRC	86 Ra8
Eficacia luminosa (Lm/Watts)	87
Temperatura del color (K)	3000



Figura 45: Lámpara MasterColour CDM – TP, fuente: Philips®



Figura 46: Luminaria PerfomaLux MPK 380, fuente: Philips®

Para ampliar la información de las características técnicas de esta sistema de iluminación dirigirse al anexo A

4.2.1.1. Iluminación por el métodos de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (10 - 0,85)m$$

$h = 8m$ Redondeado hacia arriba

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- **h** (óptimo): 8 m
- **d'**: 1 m
- **d**: 9 m
- **h'**: 10 m

Se concluye que las luminarias se deben colocar suspendidas a 1 m de altura respecto del techo.

2) Determinación del índice del local (**k**)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(9 * 75)m^2}{8 * (9 + 75)m^2}$$

$$\boxed{k = 1}$$

3) Determinación del factor de utilización (**η**)

Para determinar el valor del factor de utilización se necesita conocer los coeficientes de reflexión que hay en las paredes, techo y piso de local a iluminar como también se requiere el valor del índice del local.

Datos:

- Índice del local (**k**): 1
- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,7
 - Techo (ceilling): 0,7
 - Piso (working plane): 0,3

Una vez obtenidos estos valores se ingresa a la tabla del factor de utilización, la cual es única para cada tipo de luminaria, estos datos son experimentales y varían entre fabricantes.

Tabla. XXV – Factor de utilización para Luminaria PerformaLux MPK 380, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.58	0.56	0.57	0.56	0.55	0.52	0.51	0.49	0.51	0.49	0.48
0.80	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.57	0.57	0.54	0.56	0.54	0.52
1.00	0.70	0.68	0.69	0.68	0.66	0.62	0.61	0.59	0.61	0.58	0.57
1.25	0.75	0.71	0.74	0.72	0.70	0.66	0.66	0.63	0.65	0.63	0.61
1.50	0.79	0.74	0.78	0.76	0.73	0.70	0.69	0.66	0.68	0.66	0.64
2.00	0.86	0.79	0.84	0.81	0.78	0.75	0.74	0.71	0.72	0.70	0.69
2.50	0.91	0.82	0.89	0.85	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.72
3.00	0.94	0.84	0.92	0.87	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74
4.00	0.98	0.87	0.96	0.90	0.86	0.84	0.82	0.80	0.80	0.79	0.76
5.00	1.01	0.89	0.98	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.77

El factor de utilización para la luminaria PerformaLux MPK 380 es:

$$F.U(\eta) = 0,69$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

Este factor depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de aseo del local, en este caso la suciedad ambiental es regular, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \text{fm}}$$

$$\Phi_T = \frac{300Lx \cdot (9 \cdot 75)m^2}{0,69 \cdot 0,7}$$

$$\Phi_T = 419254,66 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

$$N = \frac{419254,66 \text{ Lm}}{(1 * 13000) \text{ Lm}}$$

$$N = 32,2503583$$

$$\boxed{N = 32 \text{ luminarias}}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 32 luminarias como mínimo para iluminar la nave industrial.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{32 \left(\frac{9m}{75m} \right)}$$

$$\boxed{N_{ancho} = 2 \text{ luminarias}}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 2 \left(\frac{75m}{9m} \right)$$

$$\boxed{N_{largo} = 17 \text{ luminarias}}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

TABLA XXVI: Distribución de las luminarias en la nave industrial, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	4,6 m
	Separación entre la luminaria y la pared	2,3 m
Largo	Nro. de luminarias	17
	Separación entre luminarias	4,4 m
	Separación entre la luminaria y la pared	2,2 m
Número total de luminarias		34

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial es: **2 luminarias a lo ancho y 17 luminarias a lo largo dando un total de 34 luminarias instalada.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(1 * 442000 * 0,69 * 0,7) Lm}{(75 * 9) m^2} \geq 300 Lux$$

316 ≥ 300 (Se comprueba el resultado)

Se concluye que para un total de 34 luminarias *PerformaLux MPK380* con su respectiva lámpara *MasterColour CDM – TP de 150W* se obtiene una luminancia de 316 Lux la cual es mayor a la mínima requerida para el proceso metalúrgico de trefilado.

4.2.1.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total a régimen} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 157 W * 34$$

$P_{total-instalada} = 5338 W$

4.2.1.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

$$VEEI = \frac{P.100}{S.E_{med}}$$

$$VEEI = \frac{5338W.100}{(75 * 9)m^2 * 316Lx}$$

$$\boxed{VEEI = 2,50 W/m^2/100Lx}$$

4.2.1.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®

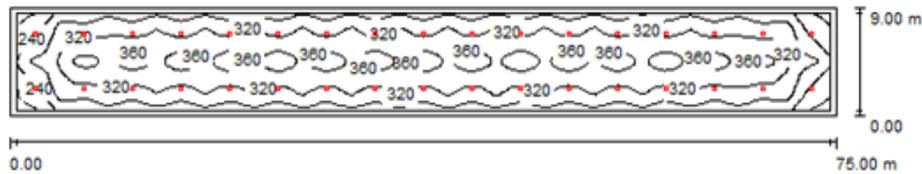
Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema.

La zona marginal es un valor muy importante ya que por medio de este se puede calcular la iluminancia sobre cualquier área del local, en este caso se tomo una zona marginal de 0,500 m esto se hizo simplemente para que coincidan los resultados tanto de forma manual como por medio del software DIALux®.

El software utiliza dos tipos de cálculos, primero realiza el cálculo por el *método de los lúmenes* y luego realiza el cálculo por el *método punto a punto* con el cual se realiza un ajuste más fino dando resultados más exactos.

Un punto a tener en cuenta en este resumen es el índice de deslumbramiento E_{min}/E_m , el cual debe ser lo más próximo a 1, en este caso tenemos un valor de 0,592 el cual es relativamente bueno dado el área total del local y la cantidad de luminarias que están colocadas..

NAVE INDUSTRIAL / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 9.000 m, Factor mantenimiento: 0.70 Valores en Lux, Escala 1:537

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	315	186	385	0.592
Suelo	30	292	170	360	0.580
Techo	70	90	57	131	0.637
Paredes (4)	50	140	67	271	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.500 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	34	Philips MPK380 1xCDM-TP150W P-MB +GPK380 AR D394 (1.000)	11570	13000	157.0
			Total: 393380	Total: 442000	5338.0

Valor de eficiencia energética: $7.91 \text{ W/m}^2 = 2.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 675.00 m²)

4.2.2. Cálculo de iluminación de la bodega

La iluminación de este espacio se realizará por medio de una lámpara del tipo fluorescente. el local a iluminar se utilizará como depósito de herramientas y elementos destinados al mantenimiento preventivo de la nave industrial.

Tomando como base este requerimiento se ingresa a la siguiente tabla, obteniendo los valores de iluminación mínimo, estándar, bueno y además los tonos de luz necesarios, para este caso se va a tomar un nivel de iluminación estándar y un tono de luz del tipo blanco.

Tabla. XXVII – Nivel de iluminación requerido para una bodega, fuente: Luminotecnia, Iluminación de interiores

RECOMENDACIONES ILUMINACIÓN	NIVEL ILUMINACIÓN			TONOS DE LUZ		
	MÍNIMO	ESTÁNDAR	BUENO	LUZ DIA 6500K	BLANCA 4100-5000K	BLANCA CALIDO 3500K
LOCALES INDUSTRIALES						
Alumbrado general	100	200	400	X	X	
Depósitos	50	200	400		X	
Embalajes	100	200	400	X	X	

De la tabla anterior se obtienen los siguientes datos relevantes:

- **Em:** 200 Lx
- **Tono de luz:** Blanca (4100 – 5000K)

Como el local a iluminar tiene una altura de 3 metros, la disposición de las luminarias será acorde al siguiente gráfico, además se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Las luminarias se deben colocar adosadas al techo del local
2. Se utiliza casi exclusivamente lámparas fluorescentes tubulares con pantallas del tipo industrial.
3. Se debe evitar un índice de deslumbramiento excesivo.
4. Se debe seleccionar luminarias con ópticas adecuadas a la distribución luminosa requerida.

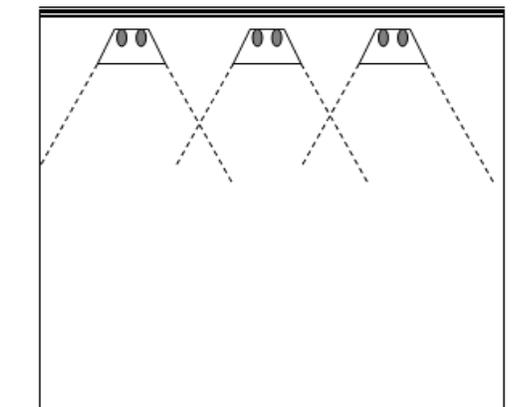


Figura 47: Disposición de luminarias para una altura comprendida entre 3 y 4 metros, fuente: “Ligthing” León, Adrian

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, el modelo de la luminaria es **Arano TCS 640** la cual utiliza una lámpara modelo **Master TL5**, el sistema elegido presenta las siguientes características relevantes para el cálculo de iluminación.

TABLA XXVIII: Características generales- sistema de iluminación Arano TCS640, fuente: elaboración propia

Sistema Arano TCS 640 + Master TL5	
Potencia del sistema (Watts)	32
Flujo luminoso (Lm)	2600
IRC	85 Ra8
Eficacia luminosa (Lm/Watts)	114
Temperatura de color (K)	4000



Figura 48: Lámpara Master TL5 High Efficiency Eco, fuente: Philips®



Figura 49: Luminaria Arano TCS640, fuente: Philips®

Para ampliar la información de las características técnicas de esta sistema de iluminación dirigirse al anexo A

4.2.2.1. Iluminación por el método de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (3 - 0,85)m$$

$$\boxed{h = 1,72m} \text{ Redondeado hacia arriba}$$

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- h (óptimo): 1,72 m
- d': 0 m
- d: 2,15 m
- h': 3 m

Las luminarias se deben colocar adosadas al techo ya que es un requerimiento necesario dado la altura del local.

2) Determinación del índice del local (k)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(10 * 5)m^2}{1,72 * (10 + 5)m^2}$$

$$\boxed{k = 1,94}$$

3) Determinación del factor de utilización (η)

Datos:

- Índice del local (k): 1,94
- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,7

- Techo (ceilling): 0,7
- Piso (working plane): 0,3

TABLA XXIX: Factor de utilización para Luminaria Arano TCS640, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.41	0.40	0.39	0.35	0.35	0.33	0.35	0.33	0.32	0.32
0.80	0.48	0.45	0.47	0.46	0.44	0.41	0.40	0.38	0.40	0.38	0.37	0.37
1.00	0.53	0.49	0.52	0.50	0.49	0.45	0.45	0.43	0.44	0.42	0.41	0.41
1.25	0.58	0.53	0.57	0.54	0.52	0.49	0.49	0.47	0.48	0.46	0.45	0.45
1.50	0.61	0.56	0.60	0.57	0.55	0.52	0.52	0.50	0.51	0.49	0.48	0.48
2.00	0.66	0.59	0.65	0.62	0.59	0.57	0.56	0.54	0.55	0.54	0.52	0.52
2.50	0.70	0.62	0.68	0.64	0.61	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.55
3.00	0.72	0.63	0.70	0.66	0.63	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.57	0.57
4.00	0.75	0.65	0.73	0.68	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	0.59
5.00	0.77	0.66	0.74	0.69	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.60

Al no estar tabulado el valor del factor de utilización que se requiere recurrimos a realizar una aproximación lineal para obtener el valor del factor de utilización de la luminaria.

$$F.U(\eta) = 0,644$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

En este caso la suciedad ambiental es regular, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**.

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot fm}$$

$$\Phi_T = \frac{200Lx \cdot (10 \cdot 5)m^2}{0,644 \cdot 0,7}$$

$$\Phi_T = 22182,79 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

$$N = \frac{22182,79 \text{ Lm}}{(1 * 2600) \text{ Lm}}$$

$$N = 8,5318$$

$$\boxed{N = 9 \text{ luminarias}}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 9 luminarias como mínimo para iluminar el local destinado al uso de bodega.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{9 \left(\frac{5m}{10m} \right)}$$

$$\boxed{N_{ancho} = 2 \text{ luminarias}}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 2 \left(\frac{10m}{5m} \right)$$

$$\boxed{N_{largo} = 5 \text{ luminarias}}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

TABLA XXX: Distribución de las luminarias en la bodega, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	2,5 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,25 m
Largo	Nro. de luminarias	5
	Separación entre luminarias	2 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1 m
Número total de luminarias		10

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior de la bodega es: **2 luminarias a lo ancho y 5 luminarias a lo largo dando un total de 10 luminarias instalada.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(1 * 26000 * 0,644 * 0,7) Lm}{(10 * 5) m^2} \geq 200 Lux$$

$$\boxed{234 \geq 200} \text{ (Se comprueba el resultado)}$$

Se concluye que para un total de 10 luminarias *Arano TCS640* con su respectiva lámpara *Master TL5 High Efficiency Eco de 32W* se obtiene una luminancia de 243 Lux la cual es mayor a la mínima requerida para iluminar el local destinado a bodega.

4.2.2.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total\ del\ sistema} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 32\ W * 10$$

$$\boxed{P_{total-instalada} = 320\ W}$$

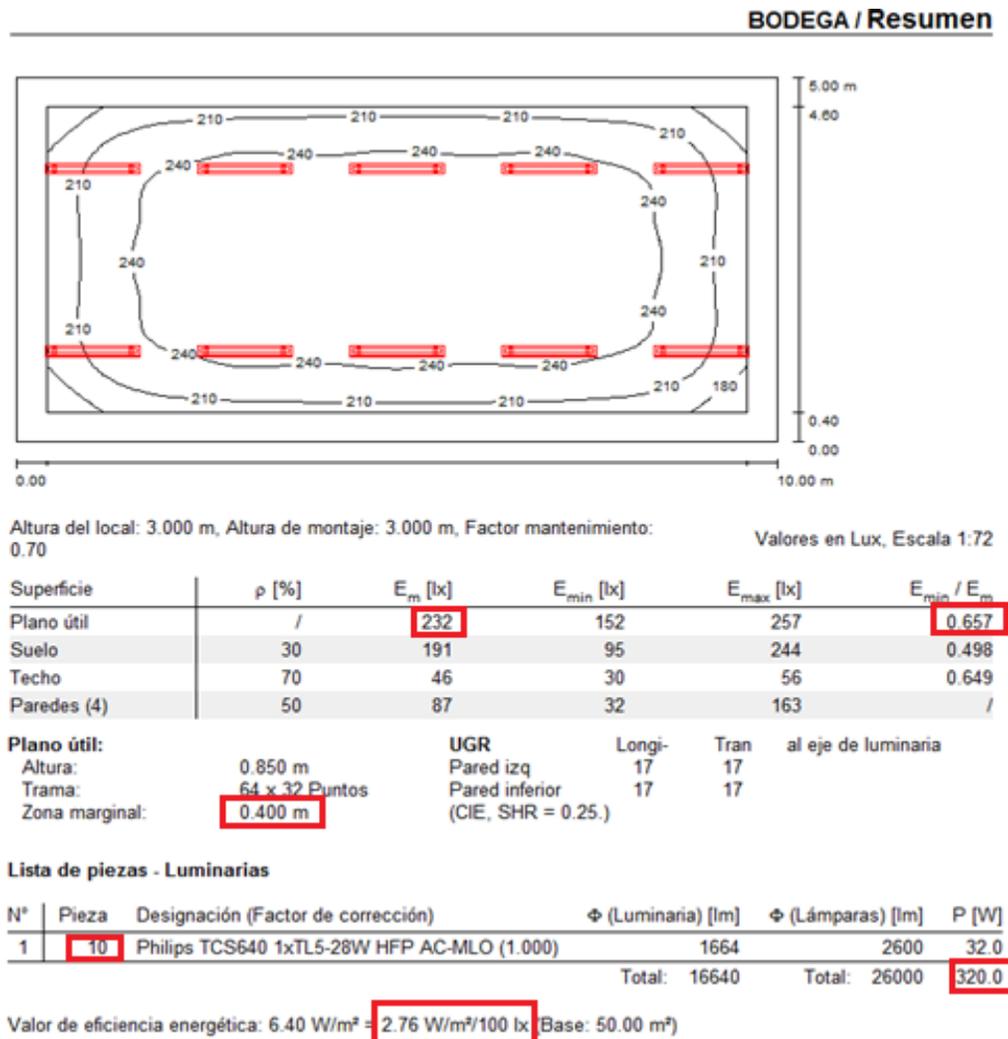
4.2.2.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}}$$

$$VEEI = \frac{320W \cdot 100}{(10 * 5)m^2 * 234Lx}$$

$$VEEI = 2,74 W/m^2/100Lx$$

4.2.2.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®



Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema, el índice de deslumbramiento es de 0,667 el cual es bueno con relación al área total a iluminar y la cantidad de luminarias que están colocadas.

4.2.3. Cálculo de iluminación del baño y cambiadores

La iluminación de este espacio se realizará por medio de una lámpara del tipo fluorescente, el local a iluminar está destinado al uso de baños y cambiadores para el personal que labora en la nave industrial. Tomando como base este requerimiento se ingresa a la siguiente tabla, obteniendo los valores de iluminación mínimo, estándar, bueno y además los tonos de luz necesarios, para este caso se va a tomar un nivel de iluminación estándar y un tono de luz del tipo blanco.

TABLA XXXI: Nivel de iluminación requerido para baño y cambiadores, fuente: Luminotecnia, Iluminación de interiores

RECOMENDACIONES ILUMINACIÓN ACTIVIDAD	NIVEL ILUMINACIÓN			TONOS DE LUZ		
	MÍNIMO	ESTÁNDAR	BUENO	LUZ DIA 6500K	BLANCA 4100-5000K	BLANCA CALIDO 3500K
ASCENSORES	en Lux			K = Kelvin		
Interior	300	500	700		X	X
Reflano	50	100	200		X	X
HABITACIONES						
Cuartos de baños: alumbrado gen.	50	100	250		X	X

De la tabla anterior se obtienen los siguientes datos relevantes:

- **Em:** 100 Lx
- **Tono de luz:** Blanca (4100 – 5000K)

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, el modelo de la luminaria es **Arano TCS 640** la cual utiliza una lámpara modelo **Master TL5 Lámpara Master**.

4.2.3.1. Iluminación por el método de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (3 - 0,85)m$$

$$\boxed{h = 1,72m} \text{ Redondeado hacia arriba}$$

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- h (óptimo): 1,72 m
- d': 0 m
- d: 2,15 m
- h': 3 m

Las luminarias se deben colocar adosadas al techo ya que es un requerimiento necesario dado la altura del local.

2) Determinación del índice del local (k)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(5 * 3)m^2}{1,72 * (5 + 3)m^2}$$

$$\boxed{k = 1,09}$$

3) Determinación del factor de utilización (η)

Datos:

- Índice del local (k): 1,09
- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,5

- Techo (ceilling): 0,7
- Piso (working plane): 0,3

TABLA XXXII: Factor de utilización para Luminaria Arano TCS640, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.41	0.39	0.41	0.40	0.39	0.35	0.35	0.33	0.35	0.33	0.32	
0.80	0.48	0.45	0.47	0.46	0.44	0.41	0.40	0.38	0.40	0.38	0.37	
1.00	0.55	0.49	0.52	0.50	0.49	0.45	0.45	0.43	0.44	0.42	0.41	
1.25	0.58	0.53	0.57	0.54	0.52	0.49	0.49	0.47	0.48	0.46	0.45	
1.50	0.61	0.56	0.60	0.57	0.55	0.52	0.52	0.50	0.51	0.49	0.48	
2.00	0.66	0.59	0.65	0.62	0.59	0.57	0.56	0.54	0.55	0.54	0.52	
2.50	0.70	0.62	0.68	0.64	0.61	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	
3.00	0.72	0.63	0.70	0.66	0.63	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.57	
4.00	0.75	0.65	0.73	0.68	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	
5.00	0.77	0.66	0.74	0.69	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	

Al no estar tabulado el valor del factor de utilización que se requiere recurrimos a realizar una aproximación lineal para obtener el valor del factor de utilización de la luminaria.

$$F.U(\eta) = 0,538$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

En este caso la suciedad ambiental es mínima, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**.

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

$$\Phi_T = \frac{100Lx * (5 * 3)m^2}{0,538 * 0,7}$$

$$\Phi_T = 3983,01 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

$$N = \frac{3983,01 \text{ Lm}}{(1 * 2600) \text{ Lm}}$$

$$N = 1,5319$$

$$\boxed{N = 2 \text{ luminarias}}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 2 luminarias como mínimo para iluminar el local destinado al uso de baño y cambiador.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{2 \left(\frac{3m}{5m} \right)}$$

$$\boxed{N_{ancho} = 1 \text{ luminarias}}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 1 \left(\frac{5m}{3m} \right)$$

$$\boxed{N_{largo} = 2 \text{ luminarias}}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

TABLA XXXIII: Distribución de las luminarias en el baño y cambiadores, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	1
	Separación entre luminarias	3 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,5 m
Largo	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	2,5 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,25 m
Número total de luminarias		2

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior del baño y cambiadores es: **1 luminaria a lo ancho y 2 luminarias a lo largo dando un total de 10 luminarias instalada.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(1 * 5200 * 0,538 * 0,7) Lm}{(5 * 3) m^2} \geq 100 Lux$$

$$\boxed{131 \geq 100} \text{ (Se comprueba el resultado)}$$

Se concluye que para un total de 2 luminarias *Arano TCS640* con su respectiva lámpara *Master TL5 High Efficiency Eco de 32W* se obtiene una luminancia de 131 Lux la cual es mayor a la mínima requerida la iluminación de un local destinado al uso de cambiadores y baños para el personal que labora en la nave industrial.

4.2.3.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total\ del\ sistema} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 32 W * 2$$

$$\boxed{P_{total-instalada} = 64 W}$$

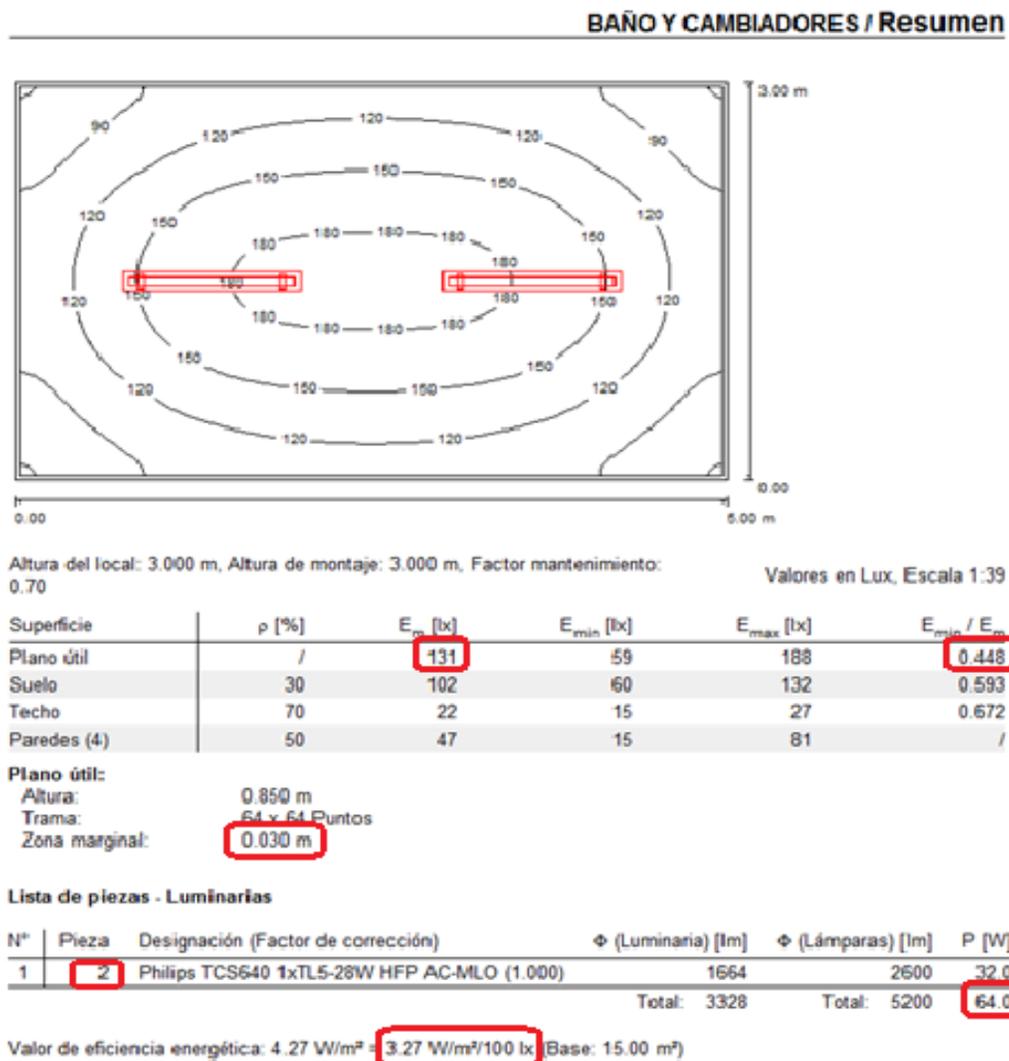
4.2.3.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}}$$

$$VEEI = \frac{64W \cdot 100}{(5 * 3)m^2 * 131Lx}$$

$$VEEI = 3,25 W/m^2/100Lx$$

4.2.3.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®



Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema, el índice de deslumbramiento es de 0,448 el cual es bueno con relación al área total a iluminar y la cantidad de luminarias que están colocadas.

4.3. Iluminación general del tipo LED

En este apartado se realizarán los cálculos de iluminación general de altura utilizando lámparas del tipo LED, las cuales se utilizarán en la nave industrial, el área de bodega, baño y cambiadores

4.3.1. Cálculo de iluminación de la nave industrial

La iluminación de este espacio se realizará por medio de una lámpara modular del tipo LED, la cual posee 64 LED's distribuidos en dos módulos, cada uno con 32 LED's.

Datos extraídos de la Tabla XX:

- **Em:** **300 Lx**
- **UGR_L:** **25**
- **Ra:** **60**

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, modelo **GentleSpace**, el sistema elegido presenta las siguientes características relevantes para el cálculo de iluminación.

TABLA XXXIV: Características generales - sistema de iluminación GentleSpace LED, fuente: elaboración propia

Sistema GentleSpace LED	
Potencia del sistema (Watts)	145
Flujo luminoso (Lm)	12000
IRC	76 Ra8
Temperatura de color (K)	4000



Figura 50: Equipo de iluminación GentleSpace, fuente: Philips®

Para ampliar la información de las características técnicas de esta sistema de iluminación dirigirse al anexo A.

4.3.1.1. Iluminación por el método de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (10 - 0,85)m$$

$h = 8m$ Redondeado hacia arriba

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- h (óptimo): 8 m
- d': 1 m
- d: 9 m
- h': 10 m

Las luminarias se deben colocar suspendidas a 1 m respecto del techo

2) Determinación del índice del local (k)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(9 * 75)m^2}{8 * (9 + 75)m^2}$$

$$k = 1$$

3) Determinación del factor de utilización (η)

Datos:

- Índice del local (k): 1
- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,7
 - Techo (ceilling): 0,7
 - Piso (working plane): 0,3

TABLA XXXV: Factor de utilización para equipo de iluminación GentleSpace, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.69	0.67	0.69	0.68	0.67	0.62	0.62	0.59	0.62	0.59	0.58
0.80	0.77	0.74	0.77	0.75	0.74	0.69	0.69	0.66	0.69	0.66	0.65
1.00	0.81	0.83	0.83	0.81	0.80	0.76	0.75	0.72	0.75	0.72	0.71
1.25	0.90	0.85	0.89	0.87	0.85	0.81	0.80	0.78	0.80	0.78	0.76
1.50	0.95	0.89	0.94	0.91	0.88	0.85	0.84	0.82	0.84	0.81	0.80
2.00	1.03	0.94	1.01	0.97	0.93	0.90	0.90	0.88	0.89	0.87	0.86
2.50	1.08	0.97	1.05	1.01	0.97	0.94	0.93	0.91	0.92	0.91	0.89
3.00	1.11	1.00	1.09	1.04	0.99	0.97	0.96	0.94	0.95	0.93	0.92
4.00	1.15	1.02	1.13	1.07	1.01	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.94
5.00	1.18	1.03	1.15	1.08	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95

$$F.U(\eta) = 0,83$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

En este caso la suciedad ambiental es regular, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**.

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

$$\Phi_T = \frac{300Lx \cdot (9 \cdot 75)m^2}{0,83 \cdot 0,7}$$

$$\Phi_T = 348537,01 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

$$N = \frac{348537,01 \text{ Lm}}{(64 \cdot 187,5) \text{ Lm}}$$

$$N = 29,0447504$$

$$N = 29 \text{ luminarias}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 29 luminarias como mínimo para iluminar la nave industrial.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{29 \left(\frac{9m}{75m} \right)}$$

$$N_{ancho} = 2 \text{ luminarias}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 2 \left(\frac{75m}{9m} \right)$$

$$N_{largo} = 17 \text{ luminarias}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

Tabla. XXXVI – Distribución de las luminarias del tipo LED en la nave industrial, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	4,8 m
	Separación entre la luminaria y la pared	2,4 m
Largo	Nro. de luminarias	17
	Separación entre luminarias	4,4 m
	Separación entre la luminaria y la pared	2,2 m
Número total de luminarias		34

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior del baño y cambiadores es: **2 luminarias a lo ancho y 17 luminarias a lo largo dando un total de 34 luminarias instaladas.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(64 * 6375 * 0,83 * 0,7) Lm}{(9 * 75)m^2} \geq 300Lux$$

$$351 \geq 300 \text{ (Se comprueba el resultado)}$$

Se concluye que para un total de 34 sistemas de iluminación *GentleSpace* del tipo *BYP460P LED120S/740 PSD 1P65 NB GC SI* de 145W se obtiene una luminancia de 351 Lux la cual es mayor a la mínima requerida para el proceso metalúrgico de trefilado.

4.3.1.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 145 \text{ W} * 34$$

$$P_{total-instalada} = 4930 \text{ W}$$

4.3.1.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

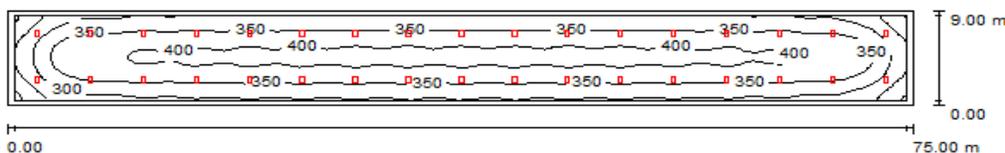
$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}}$$

$$VEEI = \frac{4930 \text{ W} \cdot 100}{(9 * 75) \text{ m}^2 * 351 \text{ Lx}}$$

$$VEEI = 2,08 \text{ W/m}^2/100 \text{ Lx}$$

4.3.1.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®

NAVE INDUSTRIAL / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 9.000 m, Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux, Escala 1:537

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	353	193	411	0.547
Suelo	30	328	164	389	0.500
Techo	70	73	43	83	0.594
Paredes (4)	50	135	41	221	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.500 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	34	Philips BY460P 1xLED120S/740 MB GC (1.000)	12000	12000	145.0
			Total: 408000	Total: 408000	4930.0

Valor de eficiencia energética: $7.30 \text{ W/m}^2 = 2.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 675.00 m²)

Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema, el índice de deslumbramiento es de 0,547 el cual es bueno con relación al área total a iluminar y la cantidad de luminarias que están colocadas.

4.3.2. Cálculo de iluminación de la bodega

La iluminación de este espacio se realizará por medio de una lámpara modular del tipo LED, la cual posee 1 luminaria, que está conformada por 24 unidades LED.

Datos extraídos de la Tabla XXIII:

- **Em:** **200 Lx**
- **Tono de luz:** **Blanca (4100 – 5000K)**

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, modelo **Celino LED**, el sistema elegido presenta las siguientes características relevantes para el cálculo de iluminación.

Tabla. XXXVII – Características generales – sistema de iluminación Celino LED, fuente: elaboración propia

Sistema Celino LED	
Potencia del sistema (Watts)	28
Flujo luminoso (Lm)	2030
IRC	80 Ra8
Temperatura de color (K)	4000
Eficacia luminosa (Lm/Watts)	73



Figura 51: Equipo de iluminación Celino LED, fuente: Philips®

Para ampliar la información de las características técnicas de esta sistema de iluminación dirigirse al anexo A.

4.3.2.1. Iluminación por el método de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (3 - 0,85)m$$

$$\boxed{h = 1,72m} \text{ Redondeando hacia arriba}$$

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- h (óptimo): 1,72 m
- d': 0 m
- d: 2,15 m
- h': 3 m

Las luminarias se deben colocar adosadas al techo debido a la altura del local

2) Determinación del índice del local (k)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(10 * 5)m^2}{1,72 * (10 + 5)m^2}$$

$$\boxed{k = 1,94}$$

3) Determinación del factor de utilización (η)

Datos:

- Índice del local (k): 1,94
- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,7
 - Techo (ceiling): 0,7
 - Piso (working plane): 0,3

TABLA XXXVIII: Factor de utilización para equipo de iluminación Celino LED, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
0.60	0.58	0.55	0.48	0.56	0.55	0.49	0.48	0.44	0.48	0.44	0.42	0.42
0.80	0.69	0.65	0.68	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.57	0.53	0.51	0.51
1.00	0.77	0.72	0.76	0.74	0.71	0.65	0.64	0.60	0.64	0.60	0.58	0.58
1.25	0.85	0.78	0.84	0.80	0.77	0.72	0.71	0.67	0.70	0.67	0.65	0.65
1.50	0.91	0.83	0.89	0.86	0.82	0.77	0.76	0.72	0.75	0.72	0.70	0.70
2.00	1.00	0.93	0.98	0.93	0.89	0.84	0.83	0.80	0.82	0.79	0.77	0.77
2.50	1.06	0.94	1.03	0.98	0.93	0.89	0.88	0.85	0.86	0.84	0.82	0.82
3.00	1.10	0.96	1.07	1.01	0.95	0.92	0.91	0.88	0.89	0.87	0.85	0.85
4.00	1.15	0.99	1.11	1.04	0.98	0.96	0.94	0.92	0.93	0.91	0.89	0.89
5.00	1.18	1.01	1.14	1.07	1.00	0.98	0.96	0.95	0.95	0.93	0.91	0.91

Al no estar tabulado el valor del factor de utilización que se requiere recurrimos a realizar una aproximación lineal para obtener el valor del factor de utilización de la luminaria.

$$F.U(\eta) = 0,9692$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

En este caso la suciedad ambiental es regular, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**.

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

$$\Phi_T = \frac{200Lx \cdot (10 \cdot 5)m^2}{0,9692 \cdot 0,7}$$

$$\Phi_T = 14739,70 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

$$N = \frac{14739,70 \text{ Lm}}{(24 \cdot 84,583333) \text{ Lm}}$$

$$N = 7,2609$$

$$N = 7 \text{ luminarias}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 7 luminarias como mínimo para iluminar el local destinado al uso de bodega.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{7 \left(\frac{5m}{10m} \right)}$$

$$N_{ancho} = 2 \text{ luminarias}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 2 \left(\frac{10m}{5m} \right)$$

$$N_{largo} = 4 \text{ luminarias}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

Tabla. XXXXIX – Distribución de las luminarias del tipo LED en la bodega, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	2,5 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,25 m
Largo	Nro. de luminarias	4
	Separación entre luminarias	2,5 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,25 m
Número total de luminarias		8

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior del baño y cambiadores es: **2 luminarias a lo ancho y 4 luminarias a lo largo dando un total de 8 luminarias instaladas.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(24 * 676,6667 * 0,9692 * 0,7)Lm}{(10 * 5)m^2} \geq 200Lux$$

$$220 \geq 200 \text{ (Se comprueba el resultado)}$$

Se concluye que para un total de 8 sistemas de iluminación *Celino LED* del tipo *BCS680 LED 24/840 PSD W7L122 LIN - PC* de 28W se obtiene una luminancia de 220 Lux la cual es mayor a la mínima requerida para iluminar el local destinado al uso de bodega.

4.3.2.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total\ del\ sistema} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 28\ W * 8$$

$$\boxed{P_{total-instalada} = 224\ W}$$

4.3.2.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}}$$

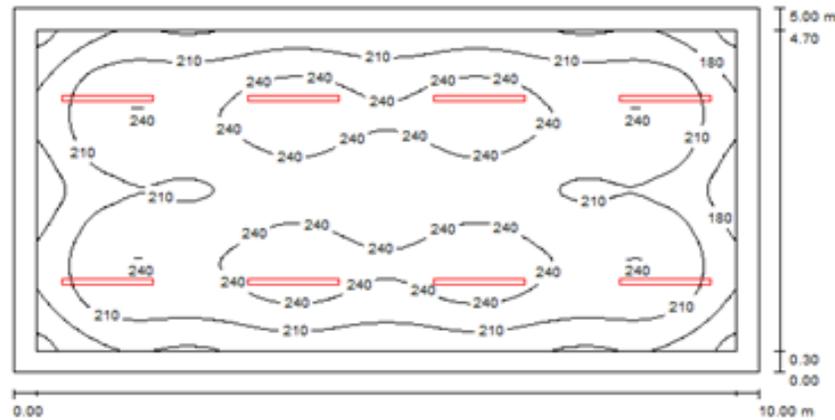
$$VEEI = \frac{224W \cdot 100}{(10 * 5)m^2 * 220Lx}$$

$$\boxed{VEEI = 2.04\ W/m^2/100Lx}$$

4.3.2.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®

Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema, el índice de deslumbramiento es de 0,629 el cual es bueno con relación al área total a iluminar y la cantidad de luminarias que están colocadas.

BODEGA / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux, Escala 1:72

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	220	138	256	0.629
Suelo	30	182	98	224	0.538
Techo	70	47	30	55	0.634
Paredes (4)	50	92	31	141	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	19	20	
Trama: 64 x 128 Puntos	Pared inferior	19	19	
Zona marginal: 0.300 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips BCS680 W7L122 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2030	2030	28.0
			Total: 16240	Total: 16240	224.0

Valor de eficiencia energética: 4.48 W/m² = 2.04 W/m²/100 lx (Base: 50.00 m²)

4.3.3. Cálculo de iluminación del baño y cambiadores

La iluminación de este espacio se realizará por medio de una lámpara modular del tipo LED, la cual posee 1 luminaria, que está conformada por 24 unidades LED.

Datos extraídos de la Tabla XXVI:

- **Em:** 100 Lx
- **Tono de luz:** Blanca (4100 – 5000K)

El equipo de iluminación seleccionado para esta área es de la marca **Philips®**, modelo **Celino LED**, el sistema elegido presenta las siguientes características relevantes para el cálculo de iluminación.

4.3.3.1. Iluminación por el método de los lúmenes

1) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

$$h = \frac{4}{5} * (h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5} * (3 - 0,85)m$$

$$\boxed{h = 1,72m} \text{ Redondeado hacia arriba}$$

Con el dato de **h** ya calculado se obtienen las demás alturas del local:

- h (óptimo): 1,72 m
- d': 0 m
- d: 2,15 m
- h': 3 m

Las luminarias se deben colocar adosadas al techo debido a la altura del local

2) Determinación del índice del local (k)

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

$$k = \frac{(5 * 3)m^2}{1,72 * (5 + 3)m^2}$$

$$\boxed{k = 1,09}$$

3) Determinación del factor de utilización (η)

Datos:

- Índice del local (k): 1,09

- Coeficientes de reflexión:
 - Paredes (walls): 0,5
 - Techo (ceilling): 0,7
 - Piso (working plane): 0,3

TABLA XL: Factor de utilización para equipo de iluminación Celino LED, fuente: DiaLux®

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.58	0.55	0.58	0.56	0.55	0.49	0.48	0.44	0.48	0.44	0.42
0.80	0.69	0.65	0.68	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.57	0.53	0.51
1.00	0.77	0.72	0.76	0.74	0.71	0.65	0.64	0.60	0.64	0.60	0.58
1.25	0.85	0.78	0.84	0.80	0.77	0.72	0.71	0.67	0.70	0.67	0.65
1.50	0.91	0.83	0.89	0.86	0.82	0.77	0.76	0.72	0.75	0.72	0.70
2.00	1.00	0.89	0.98	0.93	0.89	0.84	0.83	0.80	0.82	0.79	0.77
2.50	1.06	0.94	1.03	0.98	0.93	0.89	0.88	0.85	0.86	0.84	0.82
3.00	1.10	0.96	1.07	1.01	0.95	0.92	0.91	0.88	0.89	0.87	0.85
4.00	1.15	0.99	1.11	1.04	0.98	0.96	0.94	0.92	0.93	0.91	0.89
5.00	1.18	1.01	1.14	1.07	1.00	0.98	0.96	0.95	0.95	0.93	0.91

Al no estar tabulado el valor del factor de utilización que se requiere recurrimos a realizar una aproximación lineal para obtener el valor del factor de utilización de la luminaria.

$$F.U(\eta) = 0,7888$$

4) Determinación del factor de mantenimiento

En este caso la suciedad ambiental es mínima, y el aseo del local es bueno; entonces de acuerdo a la tabla nos encontramos dentro del factor de mantenimiento regular. Según un criterio optimista se tomará el valor del **factor de mantenimiento = 0,7**

5) Determinación del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot \text{fm}}$$

$$\Phi_T = \frac{100Lx * (5 * 3)m^2}{0,7888 * 0,7}$$

$$\Phi_T = 2716,60 \text{ Lm}$$

6) Determinación del número mínimo de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

$$N = \frac{2716,60 \text{ Lm}}{(24 * 84,583333) \text{ Lm}}$$

$$N = 1,338$$

$$N = 2 \text{ luminarias}$$

En una primera aproximación se obtiene un valor de 2 luminarias como mínimo para iluminar el local destinado al uso de baño y cambiadores.

7) Distribución de las luminarias en el local

- **Número de luminarias a lo ancho:**

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \left(\frac{ancho}{largo} \right)}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{2 \left(\frac{3m}{5m} \right)}$$

$$N_{ancho} = 1 \text{ luminarias}$$

- **Número de luminarias a lo largo:**

$$N_{largo} = N_{ancho} \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{largo} = 1 \left(\frac{5m}{3m} \right)$$

$$N_{largo} = 2 \text{ luminarias}$$

A continuación se presenta una tabla con la distribución de las luminarias en el interior de la nave industrial:

TABLA XLI: Distribución de las luminarias del tipo LED en el baño y cambiadores, fuente: elaboración propia

Distribución de las luminarias		
Ancho	Nro. de luminarias	1
	Separación entre luminarias	3 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,5 m
Largo	Nro. de luminarias	2
	Separación entre luminarias	2,5 m
	Separación entre la luminaria y la pared	1,25 m
Número total de luminarias		2

Como se puede observar la distribución de las luminarias en el interior del baño y cambiadores es: **1 luminaria a lo ancho y 2 luminarias a lo largo dando un total de 2 luminarias instaladas.**

8) Comprobación del resultado

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f \cdot m}{S} \geq E_{tablas}$$

$$E = \frac{(24 * 169,16667 * 0,7888 * 0,7) Lm}{(5 * 3) m^2} \geq 100 Lux$$

149 ≥ 100 (Se comprueba el resultado)

Se concluye que para un total de 2 sistemas de iluminación *Celino LED* del tipo *BCS680 LED 24/840 PSD W7L122 LIN - PC* de 28W se obtiene una luminancia de 149 Lux la cual es mayor a la mínima requerida la iluminación de un local destinado al uso de cambiadores y baños para el personal que labora en la nave industrial

4.3.3.2. Cálculo de la potencia instalada

$$P_{total-instalada} = P_{total\ del\ sistema} * \text{Número total de lámparas}$$

$$P_{total-instalada} = 28\ W * 2$$

$$\boxed{P_{total-instalada} = 56\ W}$$

4.3.3.3. Cálculo del Valor de Eficiencia Energética (VEEI)

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_{med}}$$

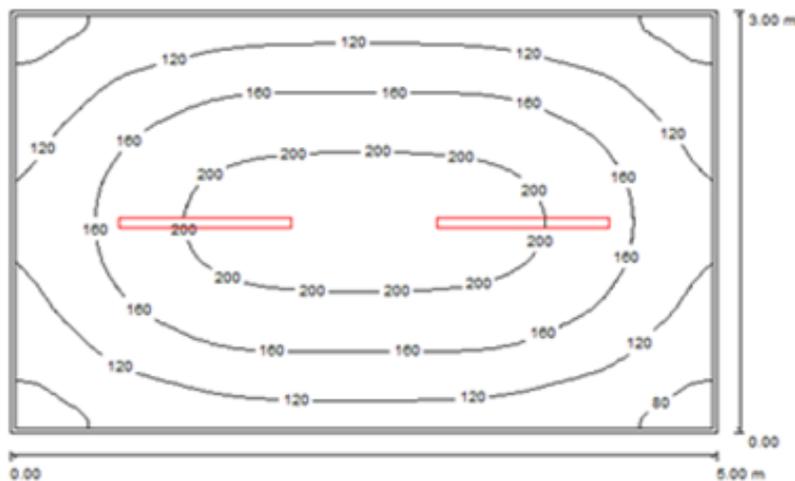
$$VEEI = \frac{56W \cdot 100}{(5 * 3)m^2 * 149Lx}$$

$$\boxed{VEEI = 2,51\ W/m^2/100Lx}$$

4.3.3.4. Comprobación del resultado por medio de DIALux®

Como se puede observar el resultado obtenido manualmente de la luminancia media es corroborado por medio del software, al igual que el valor de la eficiencia energética, la cantidad de luminarias a utilizar y la potencia que demandará el sistema, el índice de deslumbramiento es de 0,430 el cual es bueno con relación al área total a iluminar y la cantidad de luminarias que están colocadas.

BAÑO Y CAMBIADORES / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.70

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	$E_{mín}$ [lx]	$E_{máx}$ [lx]	$E_{mín} / E_m$
Plano útil	/	149	64	218	0.430
Suelo	30	117	66	153	0.560
Techo	70	29	19	34	0.657
Paredes (4)	50	61	19	104	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.030 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips BCS680 W7L122 1xLED24/840 LIN-PC (1.000)	2030	2030	28.0
			Total: 4060	Total: 4060	56.0

Valor de eficiencia energética: 3.73 W/m² 2.50 W/m²/100 lx (Base: 15.00 m²)

CAPITULO V

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

5.1. Consideraciones de la Norma CPE INEN 019:01 CEN – Código Eléctrico Nacional

La norma CPE INEN 019:01 CEN, es la encargada de regular las instalaciones eléctricas de baja tensión en la república del Ecuador, esta brinda las siguientes consideraciones a tener presente al momento de diseñar este tipo de instalaciones:

1. La tensión adoptada para baja tensión en la república del Ecuador es de 110/220V, 60Hz.
2. Secciones mínimas de conductores eléctricos

Tabla XLII: Secciones mínimas permitidas, fuente: Norma CPE INEN 019:01 CEN

Líneas principales	4,00 mm ²
Circuitos seccionales	2,50 mm ²
Circuitos terminales para iluminación de usos generales (con conexión fija o a través de tomacorrientes)	1,50 mm ²
Circuitos terminales para tomacorrientes de usos generales	2,50 mm ²
Circuitos terminales para iluminación de usos generales que incluyen tomacorrientes de usos generales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para usos especiales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para uso específico (excepto MBTF)	2,50 mm ²
Líneas de circuito para uso específico (alimentación a MBTF)	1,50 mm ²
Alimentaciones a interruptores de efecto	1,50 mm ²
Retornos de los interruptores de efecto	1,50 mm ²
Conductor de protección	2,50 mm ²

3. Para circuitos de iluminación conformados por lámparas de descarga o lámparas del tipo fluorescente, su potencia total debe estar afectada por un factor de corrección igual a 1,8
4. Un circuito destinado a iluminación no debe poseer más de 12 bocas
5. La caída de tensión máxima admisible para circuitos destinados a iluminación no debe ser mayor a un 3%

6. Los conductores eléctricos estarán debidamente identificados por medio de los siguientes colores:

Tabla XLIII: Colores permitidos de los conductores eléctricos, fuente: Norma CPE INEN 019:01 CEN

Línea 1 (fase R); símbolo L1	Marrón
Línea 2 (fase S); símbolo L2	Negro
Línea 3 (fase T); símbolo L3	Rojo
Neutro; símbolo N	Celeste
Conductor de protección; símbolo PE	Verde –Amarrillo (bicolor)

7. El conductor destinado a la protección o comúnmente llamado conductor de tierra, se seleccionará en función de la siguiente tabla proporcionada por la norma

Tabla XLIV: Secciones mínimas de los conductores de protección, fuente: Norma CPE INEN 019:01 CEN

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

5.2.Cálculo de conductores eléctricos

Los conductores eléctricos constituyen un elemento fundamental en toda instalación eléctrica, de su correcto dimensionamiento depende la efectividad en el funcionamiento de la red eléctrica y la duración de su vida útil.

Para el cálculo de la sección de conductores eléctricos se emplean los siguientes métodos de verificación:

- Verificación de la sección a la máxima corriente admisible
- Verificación de la sección al cortocircuito
- Verificación a la caída de tensión.

Una vez realizada las tres verificaciones el conductor eléctrico a adoptar para la protección de cada circuito será el de mayor sección (mm²) que se obtengan de las tres verificaciones. Con esto se garantiza un diseño seguro, confiable y económico de la instalación.

Antes de proseguir con el cálculo es menester definir el concepto de **corriente de proyecto**, la cual es la máxima corriente que va a demandar el circuito en pleno funcionamiento; se calcula de manera monofásica, bifásica y trifásica, según las siguientes ecuaciones:

$$P=V.I_b \quad \text{Monofásica} \quad (20)$$

$$P=\sqrt{2}.V. I_b.\cos\varphi \quad \text{Bifásica} \quad (21)$$

$$P=\sqrt{3}.V. I_b.\cos\varphi \quad \text{Trifásica} \quad (22)$$

Dónde:

- **V**: tensión [V]
- **I_B**: corriente de proyecto [A]
- **P**: potencia [W]
- **cos φ**: factor de potencia

5.2.1. Verificación de la sección a la máxima corriente admisible

La corriente transportada por un conductor siempre produce pérdidas de energía térmica por efecto Joule. Esa energía se emplea, en parte, para elevar la temperatura del conductor, y el resto se disipa hacia el medio ambiente como calor. Luego de circular corriente durante un cierto tiempo, la temperatura del conductor deja de crecer produciéndose el “equilibrio térmico del mismo”

La corriente que circulando continuamente por el conductor, produce el equilibrio térmico a la temperatura máxima de servicio continuo, se denomina **I_Z** (capacidad de conducción de corriente).

Una vez conocida esta, se determina la sección por el criterio de **intensidad máxima admisible por calentamiento** o bien, dada la complejidad de estos cálculos, se recurre a las tablas incluidas en las hojas técnicas proporcionadas por los fabricantes de cables.

Para obtener el valor de I_Z , se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$I_Z = I_n * ft * fa \quad (23)$$

Dónde:

- I_Z : capacidad de conducción de corriente [A]
- I_n : corriente nominal del conductor [A]
- ft : factor de corrección por temperatura
- fa : factor de corrección por agrupación de conductores en una misma canalización

Una vez calculado el I_Z , se procede a verificar la siguiente desigualdad:

$$I_Z \geq I_B \quad (24)$$

Dónde:

- I_Z : capacidad de conducción de corriente [A]
- I_B : corriente de proyecto [A]

5.2.2. Verificación de la sección al cortocircuito

Las causas de cortocircuito pueden ser un defecto del aislamiento o una conexión incorrecta. Los cortocircuitos están vinculados, por lo general, con un arco voltaico.

Los arcos debidos a cortocircuitos pueden destruir las instalaciones y poner en peligro al personal de servicio. La intensidad de la corriente de un cortocircuito produce una considerable sobrecarga térmica y dinámica en los conductores por los que circula y también en los demás componentes de la instalación. Las fuerzas dinámicas dependen del I^2t ; para realizar el cálculo de la sección al cortocircuito se lo realiza por medio de:

Regla del tiempo de corte: toda corriente causada por un cortocircuito que ocurra en cualquier punto de la instalación debe ser interrumpida en un tiempo tal que no exceda aquel que lleva al conductor a su temperatura límite admisible. Para cortocircuitos de muy corta duración (<0,1 seg), donde la asimetría de la corriente es importante, se debe verificar que:

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K} \quad (25)$$

Dónde:

- **S:** sección del conductor [mm²]
- **I_k:** corriente de cortocircuito aguas arriba [KA]
- **t:** tiempo de desconexión del circuito [s]
- **K:** factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo, estos valores están tabulados en la siguiente tabla:

Tabla XLV: Factor K, fuente: Norma CPE INEN 019:01 CEN

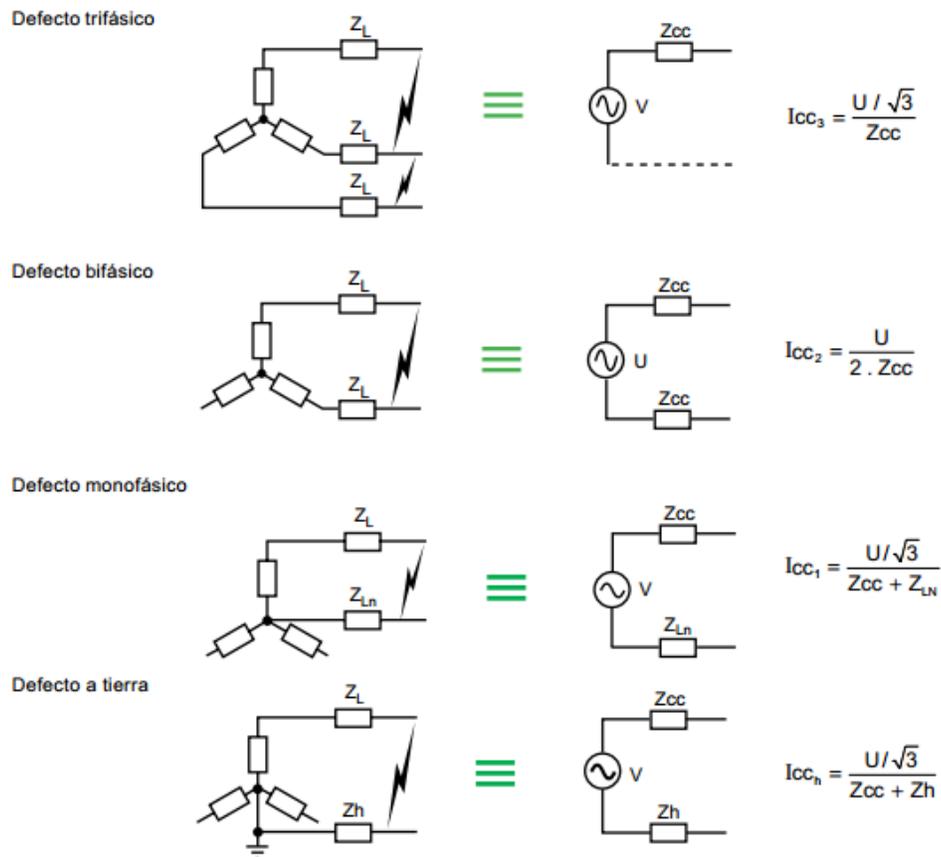
<i>k</i>							
Aislación de los conductores	PVC ≤ 300 mm ²	PVC > 300 mm ²	EPR / XLPE	Goma 60 °C	Mineral		
					PVC	Desnudo	
Temperatura inicial °C	70	70	90	60	70	105	
Temperatura final °C	160	140	250	200	160	250	
Material conductor	Cobre	115	103	143	141	115	135 / 115 ^a
	Aluminio	76	68	94	93	--	93
	Uniones estañadas en conductor de cobre	115	--	--	--	--	--

^a Este valor debe ser empleado para cables desnudos expuestos al contacto

Si la sección calculada al cortocircuito es mayor a la adoptada hasta ahora se procede a tomar esta como nueva sección del conductor

Para determinar la corriente de cortocircuito presunta en cualquier punto de la instalación eléctrica se procede a utilizar las siguientes ecuaciones:

Tabla XLVI: Tipos de cortocircuitos, fuente: Norma CPE INEN 019:01 CEN



Dónde:

- I_{CC} : corriente de cortocircuito presunta [KA]
- U : tensión nominal [V]
- Z : impedancia de la red [Ω]

Para calcular el valor de la impedancia de la red se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$R = \rho \frac{L}{S} \tag{26}$$

Dónde:

- R : resistencia del conductor [Ω]
- ρ : resistividad del cobre (0,017 Ω mm²/m)

- **L:** longitud del conductor [m]
- **S:** sección del conductor [mm²]

$$Z_C = \sqrt{R_c^2 + X_c^2} \quad (27)$$

Dónde:

- **Z_C:** impedancia del conductor [Ω]
- **R_C:** resistencia del conductor [Ω]
- **X_C:** reactancia del conductor [Ω]

5.2.3. Verificación de la sección a la caída de tensión

La caída de tensión se origina porque el conductor presenta una resistencia al pasaje de la corriente que es función del material, la longitud y la sección; por ello, la sección calculada debe verificarse por caída de tensión en la línea, en base a las siguientes ecuaciones aproximadas:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi) \quad (\text{para circuitos trifásicos}) \quad (28)$$

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi) \quad (\text{para circuitos monofásicos y bifásicos}) \quad (29)$$

Dónde:

- **I_B:** corriente de proyecto [A]
- **L:** longitud del conductor [m]
- **R:** resistencia del conductor [m Ω /m]
- **X:** reactancia del conductor [m Ω /m]
- **cos φ :** factor de potencia

La caída de tensión provocada por el pasaje de la corriente en los conductores debe mantenerse dentro de los límites prefijados por la **Norma CPE INEN 019:01 CEN**.

A los efectos prácticos se debe considerar el valor de la reactancia **X** sólo para conductores de sección mayor a 25mm².

5.3. Selección de elementos de protección

En una instalación se pueden presentar dos condiciones: **Condición Normal y Condición de Falla**, a su vez, la condición de falla se puede dividir, para el caso de fallas de sobrecorrientes, en condición de sobrecarga y en condición de cortocircuito.

Para evitar que las condiciones de falla mencionadas puedan dañar la instalación, se deben utilizar elementos de protección que cumplan con ciertas características de funcionamiento.

5.3.1. Protección contra corrientes de sobrecarga

Una instalación eléctrica debe estar siempre provista de dispositivos de protección para interrumpir toda la corriente de sobrecarga en los conductores de un circuito antes que ella pueda provocar un daño por calentamiento a la aislación, a las conexiones, a los terminales o al ambiente que rodea a los conductores.

La característica de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un conductor contra las sobrecargas debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (30)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (31)$$

Dónde:

- I_B : corriente de proyecto [A]
- I_n : corriente asignada o nominal del dispositivo de protección [A]
- I_Z : intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los conductores [A]
- I_2 : intensidad de corriente que asegure el efectivo funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo convencional en las condiciones definidas.

5.3.2. Protección contra las corrientes de cortocircuito

Los elementos de protección deben estar preparados para soportar elevadas corrientes de cortocircuito sin que su funcionamiento se vea afectado. Los fabricantes garantizan que dichos elementos van a soportar como máximo dos aperturas al cortocircuito, luego de esto los elementos deben ser reemplazados ya que sus componentes mecánicos se verán afectados. Los elementos de protección deben responder a la siguiente regla:

Regla de poder de corte (PdC_{cc}): la capacidad de ruptura del elemento de protección, será por lo menos igual a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito presunta en el punto donde el dispositivo este instalado. También se pueden instalar un dispositivo de menor capacidad de ruptura con la condición que otro dispositivo con la suficiente capacidad de ruptura sea instalado aguas arriba del mismo y siempre que la coordinación de los mismos limite la cantidad de energía que pudiera pasar a los elementos instalados aguas debajo de manera que no sufran daños en caso de un cortocircuito.

$$PdC_{cc} \geq I_{cc} \quad (32)$$

Dónde:

- **PdC_{cc}:** poder de corte de cortocircuito [KA]
- **I_{cc}:** corriente presunta de cortocircuito [KA]



Figura 52: Interruptor termomagnético, fuente: Schneider®

5.4. Selección de elementos de maniobra

El contactor es el aparato de maniobra más utilizado en la industria y en las instalaciones eléctricas de edificios, ya sean estos públicos o privados.

Este es un componente del tipo electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de la corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina. Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.



Figura 53: Contactor, fuente: Schneider®

Los contactores se seleccionan en función de la corriente y categoría de servicio para el cual va a estar destinado. La norma DIN EN 60947-4 presenta la siguiente tabla de categorías de servicio de los contactores

Tabla XLVII: Categoría de servicio - contactores, fuente: cuadernillo técnico Schneider®

Categoría de Servicio	Aplicación Típica	Categoría de Servicio	Aplicación Típica
AC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas: hornos de resistencia	AC-3	Motores con rotor jaula: arranque, desconexión durante la marcha
AC-12	Control de cargas óhmicas y semiconductores en circuitos de entrada con optoacopladores	AC-4	Motores con rotor jaula: arranque, frenado por contracorriente, contramarcha, servicio intermitente

AC-13	Control de cargas de semiconductores con separación por transformación	AC-5a	Conexión de lámparas de descarga gaseosa
AC-14	Control para pequeñas cargas electromagnéticas (máximo 72A)	AC-5b	Conexión de lámparas incandescentes
AC-15	Control de cargas electromagnéticas (mayores que 72VA)	AC-6a	Conexión de transformadores
AC-2	Motores con rotor de anillos rozantes; arranque, desconexión	AC-6b	Conexión de batería de condensadores
AC-20	Cierre y apertura en vacío	AC-7a	Cargas ligeramente inductivas en electrodomésticos u otras aplicaciones similares
AC-21	Conexión de cargas óhmicas inclusive sobrecargas moderadas	AC-7b	Cargas de motores de electrodomésticos
AC-22	Conexión de cargas mixtas óhmicas e inductivas, inclusive sobrecargas moderadas	AC-8a	Conexión de compresores herméticos para refrigeración con reposición manual del disparador por sobrecargas
AC-23	Conexión de motores u otras cargas muy inductivas	AC-8b	Conexión de compresores herméticos para refrigeración con reposición automática del disparador por sobrecargas

5.5. Red de tierra

En toda instalación eléctrica debe existir una adecuada conexión a tierra, que permita brindar protección a personas y equipos que estén en contacto con dicha instalación; esta conexión puede realizarse a través de una toma de tierra que consiste en un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor o bien mediante un sistema de tierras, que consiste en una red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse puntos de la instalación.

La empresa eléctrica de Ecuador, en sus normas para acometidas de servicio eléctrico, establece que el conductor de tierra no será menor que el calibre No. 10 AWG cobre y los electrodos de tierra podrán ser varillas de cobre con una longitud mínima de 2,5 metros y 5/8" de diámetro o bien varillas de acero galvanizado de 6 pies de largo y diámetro de 5/8".

Cabe recalcar que la nave industrial actualmente posee un sistema de tierras que van acorde a lo establecido por la **empresa eléctrica del Ecuador** en sus normas **CPE INEN 019:01 CEN**.

5.6. Cálculo de tuberías

El número de conductores que pueden conducirse por un sistema de canalización debe ser limitado con el fin de facilitar el alojamiento y manipulación de los conductores durante la instalación, y una vez instalados cuenten con una adecuada ventilación que permita disipar el calor generado por los conductores en operación.

Para determinar el diámetro de tubería se debe emplear la siguiente ecuación que establece una relación entre la suma del área de los conductores dentro de ella y un área de la tubería, conocida como factor de relleno.

$$F = \frac{a}{A} \quad (33)$$

Donde:

F: factor de relleno

- 0,53 para un conductor
- 0,31 para dos conductores
- 0,40 para tres o más conductores

a: área de la sección transversal del conjunto de conductores

A: área de la sección transversal de la canalización

Para poder determinar el diámetro correspondiente de la tubería se utiliza la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (34)$$

Donde:

- **d:** diámetro de la tubería en pulgadas
- **A:** área de la tubería a utilizar

A continuación se presenta una tabla con la cual se selecciona el diámetro de la tubería del tipo EMT en función de la cantidad de conductores que puede albergar

TABLA XLVIII: Cantidad de conductores que alberga una tubería EMT, fuente: Electrofer S.A

Calibre AWG o MCM	Tipo de aislante TW o THW	Diámetro de tubería en pulgadas					
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
		Cantidad de conductores					
14	0.0206	4	6	10	18	25	41
12	0.0251	3	5	8	15	21	34
10	0.0311	1	4	7	13	17	29
8	0.0526	1	3	4	7	10	17
6	0.0819	1	1	3	4	6	10
4	0.1087	1	1	1	3	5	8
2	0.1473		1	1	3	3	6
1/0	0.2367			1	1	2	4
2/0	0.2781			1	1	1	3
3/0	0.3288			1	1	1	3
4/0	0.3904				1	1	2

5.7. Selección de cajas metálicas de derivación o de empalme

Las cajas de derivación o de empalme constituyen una parte importante de las instalaciones eléctricas ya que aseguran la continuidad de la corriente, además brinda protección frente a accidentes, mejora el aislamiento y permite una fácil y rápida verificación ya que cuentan con una tapa desmontable.

En su interior, albergan todas las conexiones necesarias para iluminar un espacio (empalmes y derivaciones), además contienen bornes de conexión individual o regletas de conexión, estos dispositivos plásticos permiten conectar los diferentes cables necesarios para mantener la continuidad de corriente hacia un punto determinado.

Para seleccionar las cajas de derivación o de empalme se utiliza la siguiente tabla:

TABLA XLIX: Número máximo de conductores que soporta una caja de derivación, fuente: Electrofer S.A

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ²	Número máximo de conductores						
		0,82 mm ² (18 AWG)	1,3 mm ² (16 AWG)	2,08 mm ² (14 AWG)	3,3 mm ² (12 AWG)	5,2 mm ² (10 AWG)	8,3 mm ² (8 AWG)	13,3 mm ² (6 AWG)
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4



Figura 54: Caja de derivación, fuente: Electrofer S.A

5.8. Memoria de cálculos – sistema convencional

5.8.1. Seccionamiento de las luminarias

El seccionamiento de las luminarias consiste en repartir las cargas lo más equilibradas posibles, en la siguiente tabla se indica la cantidad de circuitos con su respectiva cantidad de luminarias que posee cada una de las áreas a iluminar en este proyecto.

Cabe recalcar que se van a diseñar dos naves gemelas, cada una posee igual seccionamiento y esta comandado por dos tableros eléctricos de similares características.

TABLA L: Seccionamiento de circuitos para sistema de iluminación convencional, fuente: elaboración propia

Circuito N°	Descripción	Tensión	Potencia	Potencia Corregida (factor 1,8)	cosφ	Longitud
1A	Nave Industrial 1	220V	942W	1695,6W	1	70m
1B		220V	942W	1695,6W	1	80m
1C		220V	785W	1413W	1	40m
1D		220V	785W	1413W	1	50m
1E		220V	942W	1695,6W	1	70m
1F		220V	942W	1695,6W	1	80m
1G	Baño y Cambiadores	220V	64W	115,2W	1	90m
1H	Bodega	220V	320W	576W	1	100m
1I	Reserva (25%)	220V	1431W	2576W	-	-
Potencia total a instalarse – Tablero Seccional 1				12,90KW		

Circuito N°	Descripción	Tensión	Potencia	Potencia Corregida (factor 1,8)	cosφ	Longitud
2A	Nave Industrial 2	220V	942W	1695,6W	1	70m
2B		220V	942W	1695,6W	1	80m
2C		220V	785W	1413W	1	40m
2D		220V	785W	1413W	1	50m
2E		220V	942W	1695,6W	1	70m
2F		220V	942W	1695,6W	1	80m
2G	Baño y Cambiadores	220V	64W	115,2W	1	90m
2H	Bodega	220V	320W	576W	1	100m
2I	Reserva (25%)	220V	1431W	2576W	-	-
Potencia total a instalarse – Tablero Seccional 2				12,90KW		
Potencia total de la Instalación				25,8KW		

2) Circuito seccional Nave 1

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_B \cdot \cos\varphi$$

$$I_B = \frac{12900W}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 1}$$

$$\boxed{I_B = 33,85 A}$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$37A \geq 33,85A$$

Para la corriente de proyecto igual a 33,85A, le corresponde una sección de 6mm² el cual admite una tensión de 37A, verificando la sección del conductor a la corriente máxima admisible

Nota: las luminarias trabajan con una tensión de 220V, como se explico anteriormente en la republica del Ecuador la tensión de trabajo en baja tensión es de 110/220V, esto quiere decir que las luminarias se van a conectar de manera bifásica.

3) Circuito 1A – 1B – 1E – 1F

$$P = \sqrt{2} \cdot V \cdot I_b \cdot \cos\varphi$$

$$I_B = \frac{1695,6W}{\sqrt{2} \cdot 220V \cdot 1}$$

$$\boxed{I_B = 5,50 A}$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$22A \geq 5,50A$$

Para el caso de los circuitos de consumos la corriente I_Z , estará afectada por el factor de corrección por agrupamiento (**fa**) ya que dentro de la tubería EMT se colocaran dos conductores multiconductor, los cuales corresponderán a dos circuitos de consumos. Por lo tanto la corriente

I_B disminuirá la corriente máxima admisible ya que el calor que genera este agrupamiento hace que el conductor presente mayor resistencia al paso de la corriente.

En la siguiente tabla se encuentran los valores para el factor de corrección en función del tipo de canalización y en la cantidad de conductores eléctricos que pasaran por la misma.

TABLA LII: Factor de agrupamiento, fuente: Prisma®

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto) o grapados sobre una superficie al aire	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Para el caso de todos los circuitos de consumos se afectara a la corriente I_Z un coeficiente de $f_a = 0,8$

$$I_Z = I_n * f_t * f_a$$

$$I_Z = 22A * 1 * 0,8$$

$$I_Z = 17,6 A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm²

4) Circuito 1C – 1D

$$I_B = \frac{1413W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 4,54 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 4,54A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm²

5) Circuito 1G

$$I_B = \frac{115,2W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 0,37 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 0,37A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm²

6) Circuito 1H

$$I_B = \frac{576W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 1,85 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 4,54A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm²

TABLA LIII: Sección de conductor a la corriente admisible máxima, fuente: elaboración propia

Circuito	I_B	Sección del conductor	I_Z
Alimentación general	67,1A	16mm ²	70A
Seccional Nave 1	33,85A	6mm ²	37A
Seccional Nave 2	33,85A	6mm ²	37A

Circuito N°	I _B	Sección del conductor	I _n	I _Z
1A	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
1B	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
1C	4,54A	2,5mm ²	22A	17,6A
1D	4,54A	2,5mm ²	22A	17,6A
1E	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
1F	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
1G	0,37A	2,5mm ²	22A	17,6A
1H	1,85A	2,5mm ²	22A	17,6A

Circuito N°	I _B	Sección del conductor	I _n	I _Z
2A	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
2B	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
2C	4,54A	2,5mm ²	22A	17,6A
2D	4,54A	2,5mm ²	22A	17,6A
2E	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
2F	5,50A	2,5mm ²	22A	17,6A
2G	0,37A	2,5mm ²	22A	17,6A
2H	1,85A	2,5mm ²	22A	17,6A

5.8.3. Verificación de la sección al cortocircuito

Para calcular las corrientes de cortocircuito presuntas en cada punto de la instalación eléctrica se procederá a colocar un esquema unifilar en el cual se representa la alimentación desde el transformador de potencia hasta los circuitos de consumos.

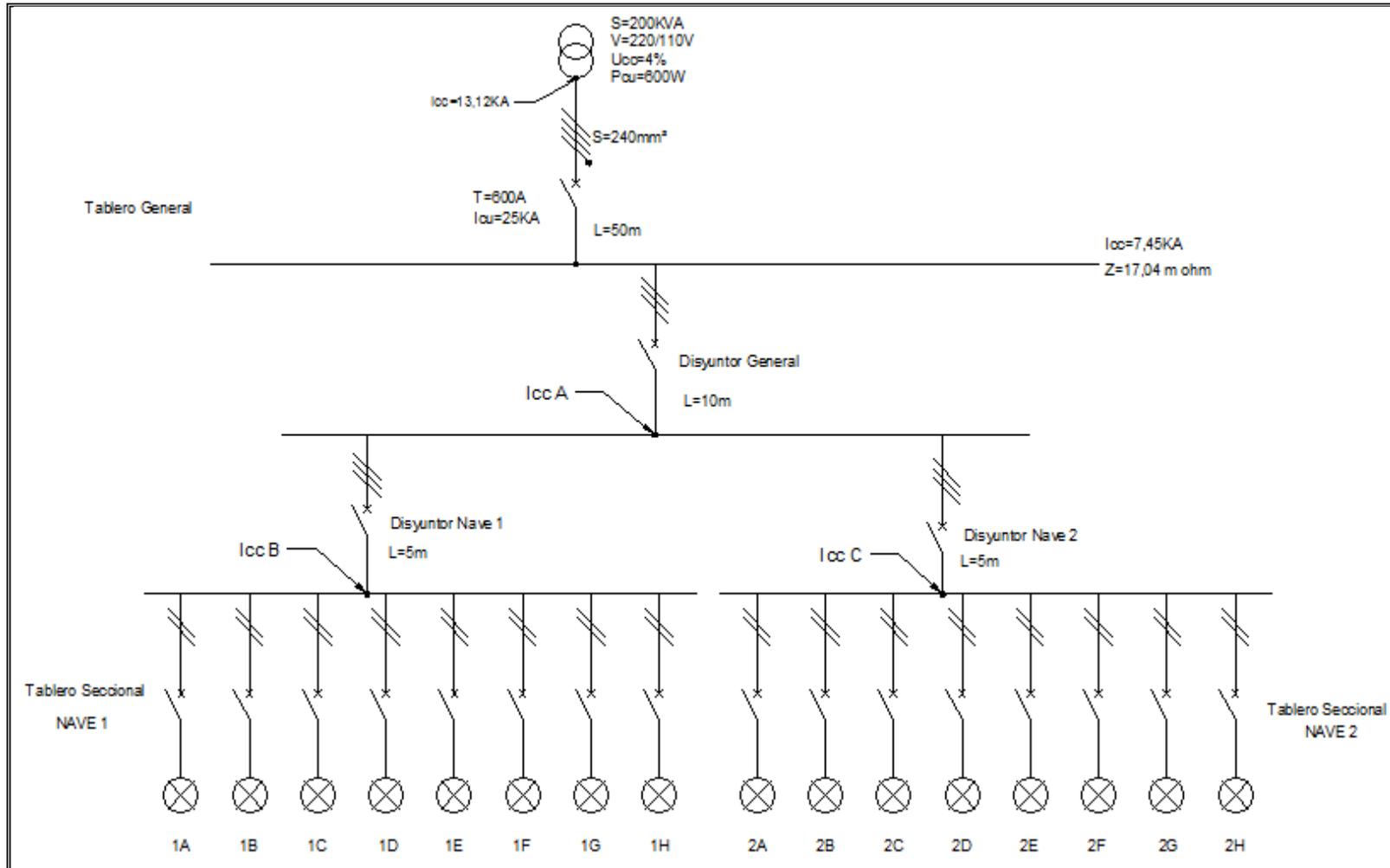


Figura 55: Unifilar sistema de iluminación convencional, fuente: elaboración propia

1) Circuito de alimentación general

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{7,45KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 28,54mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **35mm²**, la cual posee una corriente admisible de **110A**

2) Circuito seccional Nave 1

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$R = 0,017 \frac{\Omega mm^2}{m} * \frac{10m}{35mm^2}$$

$$\boxed{R = 4,86m\Omega}$$

$$Z_C = \sqrt{R_c^2 + Z_c^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(4,86)^2 + (0,00007)^2}m\Omega$$

$$\boxed{Z_C = 4,86m\Omega}$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z + Z_c)}$$

$$I_{cc} = \frac{220V}{\sqrt{3} * (17,04 + 4,86)m\Omega}$$

$$\boxed{I_{cc} = 5,8KA}$$

La corriente de cortocircuito presunta en el punto A es igual a 5,8KA, con esta I_{CC} se procede a verificar la sección del conductor a la corriente de cortocircuito.

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{5,8KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 22,22mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **25mm²**, la cual posee una corriente admisible de **88A**

3) Circuitos de consumos

Para calcular la sección de los conductores para los circuitos de consumos basta con conocer la I_{CC} en el punto B, ya que aguas abajo están conectados únicamente los consumos

$$R_C = \rho \frac{L}{S}$$

$$R_C = 0,017 \frac{\Omega mm^2}{m} * \frac{5m}{25mm^2}$$

$$\boxed{R_C = 3,4m\Omega}$$

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + Z_c^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(3,4)^2 + (0,00007)^2}m\Omega$$

$$\boxed{Z_C = 3,4m\Omega}$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z + Z_c)}$$

$$I_{cc} = \frac{220V}{\sqrt{3} * (21,9 + 3,4)m\Omega}$$

$$I_{cc} = 5,02KA$$

La corriente de cortocircuito presunta en el punto B es igual a 5,02KA, con esta I_{CC} se procede a verificar la sección del conductor a la corriente de cortocircuito.

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{5,02KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 19,22mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **25mm²**, la cual posee una corriente admisible de **88A**.

TABLA LIV: Sección de conductor a la corriente de cortocircuito, fuente: elaboración propia

Circuito	I_B	I_{CC}	Sección del conductor
Alimentación general	67,1A	7,45KA	35mm ²
Seccional Nave 1	33,85A	5,8KA	25mm ²
Seccional Nave 2	33,85A	5,8KA	25mm ²

Circuito N°	I_B	I_{CC}	Sección del conductor
1A	5,50A	5,02KA	25mm ²
1B	5,50A	5,02KA	25mm ²
1C	4,54A	5,02KA	25mm ²
1D	4,54A	5,02KA	25mm ²

1E	5,50A	5,02KA	25mm ²
1F	5,50A	5,02KA	25mm ²
1G	0,37A	5,02KA	25mm ²
1H	1,85A	5,02KA	25mm ²

Circuito N°	I _B	I _{CC}	Sección del conductor
2A	5,50A	5,02KA	25mm ²
2B	5,50A	5,02KA	25mm ²
2C	4,54A	5,02KA	25mm ²
2D	4,54A	5,02KA	25mm ²
2E	5,50A	5,02KA	25mm ²
2F	5,50A	5,02KA	25mm ²
2G	0,37A	5,02KA	25mm ²
2H	1,85A	5,02KA	25mm ²

5.8.4. Verificación de la sección a la caída de tensión

La verificación de la caída de tensión se va a realizar a las secciones obtenidas por la verificación al cortocircuito ya que estas secciones son superiores a las obtenidas por la verificación a la corriente admisible

1. Circuito de alimentación general

Datos:

- ΔU (3%) = 6,6V (según norma)
- I_B = 67,1A
- L = 10m (distancia entre el tablero general y los tableros seccionales de cada nave)
- S = 35mm²
- R = 0,55mΩ/m (resistencia del conductor)

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 67,1 \text{ A} * 10\text{m} * (0,55 * 1)\text{m}\Omega/\text{m}$$

$$\boxed{\Delta U = 0,7\text{V}} \leq 6,6\text{V} \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

2. Circuito seccional Nave 1

Datos:

- $\Delta U (3\%) = 6,6\text{V}$ (según norma)
- $I_B = 33,85\text{A}$
- $L = 5\text{m}$
- $S = 25\text{mm}^2$
- $R = 0,78 \text{ m}\Omega/\text{m}$ (resistencia del conductor)

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 33,85\text{A} * 5\text{m} * (0,78 * 1)\text{m}\Omega/\text{m}$$

$$\boxed{\Delta U = 0,23\text{V}} \leq 6,6\text{V} \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

3. Circuito 1A – 1E

Datos:

- $\Delta U (3\%) = 6,6\text{V}$ (según norma)
- $I_B = 5,50\text{A}$
- $S = 25\text{mm}^2$
- $L = 70\text{m}$
- $R = 0,78 \text{ m}\Omega/\text{m}$ (resistencia del conductor)

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 5,5A * 70m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,6V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

4. Circuito 1B -1F

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 5,5A * 80m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,7V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

5. Circuito 1C

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 4,54A * 40m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,3V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

6. Circuito 1D

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 4,54A * 50m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,4V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

7. Circuito 1G

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 0,37A * 90m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,01V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

8. Circuito 1H

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 1,85A * 100m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\Delta U = 0,3V \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

TABLA LV: Sección de conductor a la caída de tensión, fuente: elaboración propia

Circuito	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
Alimentación general	67,1A	10m	35mm ²	110A
Seccional Nave 1	33,85A	5m	25mm ²	88A
Seccional Nave 2	33,85A	5m	25mm ²	88A

Circuito N°	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
1A	5,50A	70m	25mm ²	88A
1B	5,50A	80m	25mm ²	88A
1C	4,54A	40m	25mm ²	88A
1D	4,54A	50m	25mm ²	88A
1E	5,50A	70m	25mm ²	88A
1F	5,50A	80m	25mm ²	88A
1G	0,37A	90m	25mm ²	88A
1H	1,85A	100m	25mm ²	88A

Circuito N°	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
2A	5,50A	70m	25mm ²	88A
2B	5,50A	80m	25mm ²	88A
2C	4,54A	40m	25mm ²	88A
2D	4,54A	50m	25mm ²	88A
2E	5,50A	70m	25mm ²	88A
2F	5,50A	80m	25mm ²	88A
2G	0,37A	90m	25mm ²	88A
2H	1,85A	100m	25mm ²	88A

5.8.5. Selección de los elementos de protección y maniobra

1) Disyuntor General del circuito de alimentación

Se debe cumplir la siguiente igualdad

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$67, 1A \leq 80A \leq 110A$$

Una vez obtenido el valor de I_n del disyuntor se procede a verificar la actuación del mismo contra sobrecarga. Al ser la I_n mayor a 63A por lo expresado en la norma anteriormente, se procede a calcular la I_2 con la siguiente ecuación:

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 80A$$

$$I_2 = 104A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$104A \leq 1,45 * 110A$$

$$104A \leq 159,5A \text{ (se verifica la actuación del disyuntor contra la sobrecarga)}$$

A partir de la corriente de cortocircuito I_{cc} se determina la capacidad de ruptura del disyuntor, esta verificación se realiza de acuerdo a la siguiente desigualdad

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 7,45KA$$

Se elegirá un disyuntor de las siguientes características:

- $I_n = 80A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

2) Disyuntor Nave 1

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$33,85A \leq 40A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 40A$$

$$\boxed{I_2 = 52A}$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$52A \leq 1,45 * 88A$$

$$52A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación del disyuntor contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,8KA$$

Se elegirá un disyuntor de las siguientes características:

- $I_n = 40A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

3) Termomagnética y contactores de los circuitos 1A – 1B – 1E – 1F

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$5,5A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 10A$$

$$\boxed{I_2 = 13A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección termomagnética de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

Los contactores a utilizar en cada uno de los circuitos

- Clase: AC-5a
- Potencia máxima: 6KW
- Corriente: 15A

4) Termomagnética y contactores de los circuitos 1C – 1D

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$5,54A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

$$I_2 = 1,3 \cdot 10A$$

$$\boxed{I_2 = 13A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

Los contactores a utilizar en cada uno de los circuitos

- Clase: AC-5a
- Potencia máxima: 6KW
- Corriente: 15A

5) Termomagnética circuito 1G

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$0,37A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 10A$$

$$I_2 = 13A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$13A \leq 1,45 * 88A$$

13A ≤ 127,6A (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

6) Termonagnética circuito 1H

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$1,85A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 10A$$

$$I_2 = 13A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$13A \leq 1,45 * 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

5.8.6. Sistema de control

Este sistema está diseñado para controlar el encendido y apagado de las luminarias que se encuentran únicamente en la nave industrial de forma automática usando una fotocélula/fotocontrol o de forma manual utilizando llaves selectoras de 2 posiciones.

Si se elige la opción automático, el sistema encenderá o apagará de manera automática las luminarias, esto se logra gracias a la colocación de una fotocélula de la **marca SICA, modelo Sunshine III de 6 A y una frecuencia de 50/60 Hz** ubicada a una altura de 10 metros.

El funcionamiento de este control automático es sencillo ya que la fotocélula enviará una señal eléctrica a la bobina del relé auxiliar el cual envía una señal a los contactos NC los cuales se cierran enviando una señal a la bobina del contactor de cada uno de los circuitos permitiendo el encendido de las luminarias.



Figura 56: Fotocélula, fuente: SICA®

Si se elige la opción manual, el sistema se gestiona de forma manual, es decir que para realizar el encendido o el apagado de las luminarias se requiere el uso de 6 llaves selectoras de 2 posiciones distribuidas en la parte frontal del tablero eléctrico.

El funcionamiento de este control es el siguiente, si el operario desea prender únicamente 1 circuito de los 6 existentes, este debe accionar la llave selectora de dicho circuito, enviando una señal eléctrica a la bobina del contactor permitiendo el encendido de las luminarias seleccionadas.

Las luminarias que se encuentran en la bodega, baño y cambiadores se controlarán por medio de una llave selectora de 2 posiciones, además en cada uno de estos locales se colocará un interruptor para el encendido y apagado de las luminarias. Dirigirse al anexo B donde se encuentra el diagrama de control.

5.8.7. Resumen sistema de iluminación convencional

A continuación se presenta una tabla en la cual se reflejan las secciones de conductores, tipo de protecciones eléctricas y elementos de maniobra a utilizar en el proyecto

TABLA LVI: Resumen sistema de iluminación convencional, fuente: elaboración propia

Circuito	Voltaje	Potencia	I _B	Conductor		Protección			Contactor	
				Longitud	Sección	Nro. Polos	I _n	PdC _{CC}	Nro. Polos	Amperios
Alimentación General	220V	25,8KW	67,1A	10m	3x35mm ²	3	80A	10KA	-	-
Seccional Nave 1	220V	12,9KW	33,85A	5m	3x25mm ²	3	40A	10KA	-	-
Seccional Nave 2	220V	12,9KW	33,85A	5m	3x25mm ²	3	40A	10KA	-	-

Circuitos de Iluminación – Sistema Convencional – Tablero 1										
1A	220V	1695,6W	5,50A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1B	220V	1695,6W	5,50A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1C	220V	1413W	4,54A	40m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1D	220V	1413W	4,54A	50m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1E	220V	1695,6W	5,50A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1F	220V	1695,6W	5,50A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1G	220V	115,2W	0,37A	90m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
1H	220V	576W	1,85A	100m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
Reserva 25%	220V	2576W	8,3A	-	-	-	-	-	-	-

Circuitos de Iluminación – Sistema Convencional – Tablero 2										
2A	220V	1695,6W	5,50A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2B	220V	1695,6W	5,50A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2C	220V	1413W	4,54A	40m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2D	220V	1413W	4,54A	50m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2E	220V	1695,6W	5,50A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2F	220V	1695,6W	5,50A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2G	220V	115,2W	0,37A	90m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
2H	220V	576W	1,85A	100m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	10A
Reserva 25%	220V	2576W	8,3A	-	-	-	-	-	-	-

5.9. Memoria de cálculos – sistema LED

El sistema de iluminación LED se diferencia del sistema convencional por su tipo de conexionado, ya que el sistema LED utiliza un centro de cargas, el cual simplifica el conexionado y reduce espacio dentro del tablero.

5.9.1. Seccionamiento de las luminarias

La potencia consumida por cada uno de los circuitos no se verá afectada por el factor de corrección ya que las lámparas del tipo LED son de encendido rápido, esto quiere decir que no poseen ningún elemento auxiliar para el encendido, como sucedía en la iluminación convencional en la cual se debía afectar la potencia por un factor igual a 1,8 debido a la elevada corriente de arranque que necesitan.

TABLA LVII: Seccionamiento de circuitos para sistema de iluminación convencional, fuente: elaboración propia

Circuito N°	Descripción	Tensión	Potencia	cosφ	Longitud
1A	Nave Industrial 1	220V	870W	1	70m
1B		220V	870W	1	80m
1C		220V	725W	1	40m
1D		220V	725W	1	50m
1E		220V	870W	1	70m
1F		220V	870W	1	80m
1G	Baño y Cambiadores	220V	56W	1	90m
1H	Bodega	220V	224W	1	100m
1I	Reserva (25%)	220V	1303W	-	-
Potencia total a instalarse – Tablero Seccional 1				6,513KW	

Circuito N°	Descripción	Tensión	Potencia	cosφ	Longitud
2A	Nave Industrial 2	220V	870W	1	70m
2B		220V	870W	1	80m
2C		220V	725W	1	40m
2D		220V	725W	1	50m
2E		220V	870W	1	70m
2F		220V	870W	1	80m
2G	Baño y Cambiadores	220V	56W	1	90m
2H	Bodega	220V	224W	1	100m
2I	Reserva (25%)	220V	1303W	-	-
Potencia total a instalarse – Tablero Seccional 2				6,513KW	
Potencia total de la Instalación				13,03KW	

5.9.2. Verificación de la sección a la máxima corriente admisible

El conductor eléctrico elegido para este proyecto es de la marca Prysmian, modelo Afumex 100V (AS), se utiliza monoconductores para los circuitos de alimentación y seccionales, mientras que para los circuitos de consumos se utiliza cables multiconductores, este modelo de cable conductor posee un aislamiento del tipo XLPE.

El cable estará distribuido dentro de una canalización tipo tubo EMT de montaje superficial, esta instalación es del tipo B2 según la norma. (Anexo B)

1) Circuito de alimentación general

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_B \cdot \cos\phi$$

$$I_B = \frac{13030W}{\sqrt{3} * 220V * 1}$$

$$I_B = 34,2A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$37A \geq 34,2A$$

Para la corriente de proyecto igual a 34,2A, le corresponde una sección de 6mm² la cual admite una corriente de 37A, verificando la sección del conductor a la corriente máxima admisible.

2) Circuito seccional Nave 1

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_B \cdot \cos\varphi$$

$$I_B = \frac{6513W}{\sqrt{3} * 220V * 1}$$

$$I_B = 17,1A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$22A \geq 17,1A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

3) Circuito Centro de Carga

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_B \cdot \cos\varphi$$

$$I_B = \frac{4930W}{\sqrt{3} * 220V * 1}$$

$$I_B = 12,94A$$

$$I_z \geq I_B$$

$$22A \geq 12,94A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

Nota: las luminarias trabajan con una tensión de 220V, como se explico anteriormente en la republica del Ecuador la tensión de trabajo en baja tensión es de 110/220V, esto quiere decir que las luminarias se van a conectar de manera bifásica.

4) Circuito 1A – 1B – 1E – 1F

$$P = \sqrt{2} \cdot V \cdot I_b \cdot \cos\varphi$$

$$I_B = \frac{870W}{\sqrt{2} \cdot 220V \cdot 1}$$

$$\boxed{I_B = 2,8 A}$$

$$I_z \geq I_B$$

$$22A \geq 5,50A$$

Para el caso de los circuitos de consumos la corriente **I_z**, estará afectada por el factor de corrección por agrupamiento (**fa**) ya que dentro de la tubería EMT se colocaran dos conductores multiconductor, los cuales corresponderán a dos circuitos de consumos.

Para el caso de todos los circuitos de consumos se afectara a la corriente **I_z** un coeficiente de **fa = 0,8**

$$I_z = I_n \cdot ft \cdot fa$$

$$I_z = 22A \cdot 1 \cdot 0,8$$

$$\boxed{I_z = 17,6 A}$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

5) Circuito 1C – 1D

$$I_B = \frac{725W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 2,33 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 2,33A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

6) Circuito 1G

$$I_B = \frac{56W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 0,18 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 0,18A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

7) Circuito 1H

$$I_B = \frac{224W}{\sqrt{2} * 220V * 1}$$

$$I_B = 0,8 A$$

$$I_Z \geq I_B$$

$$17,6A \geq 0,8A$$

Se adopta una sección de conductor igual a 2,5mm².

TABLA LVIII: Sección de conductor a la corriente admisible máxima, fuente: elaboración propia

Circuito	I_B	Sección del conductor	I_Z
Alimentación general	34,2A	6mm ²	37A
Seccional Nave 1	17,1A	2,5mm ²	22A
Seccional Nave 2	17,1A	2,5mm ²	22A
Centro de Carga Nave 1	12,94A	2,5mm ²	22A
Centro de Carga Nave 2	12,94A	2,5mm ²	22A

Circuito N°	I_B	Sección del conductor	I_n	I_Z
1A	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
1B	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
1C	2,3A	2,5mm ²	22A	17,6A
1D	2,3A	2,5mm ²	22A	17,6A
1E	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
1F	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
1G	0,18A	2,5mm ²	22A	17,6A
1H	0,8A	2,5mm ²	22A	17,6A

Circuito N°	I_B	Sección del conductor	I_n	I_Z
2A	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
2B	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
2C	2,3A	2,5mm ²	22A	17,6A
2D	2,3A	2,5mm ²	22A	17,6A
2E	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
2F	2,8A	2,5mm ²	22A	17,6A
2G	0,18A	2,5mm ²	22A	17,6A
2H	0,8A	2,5mm ²	22A	17,6A

5.9.3. Verificación de la sección al cortocircuito

En la siguiente figura se indica un diagrama unifilar, en el cual se indica los puntos a calcular de la corriente de cortocircuito presunta.

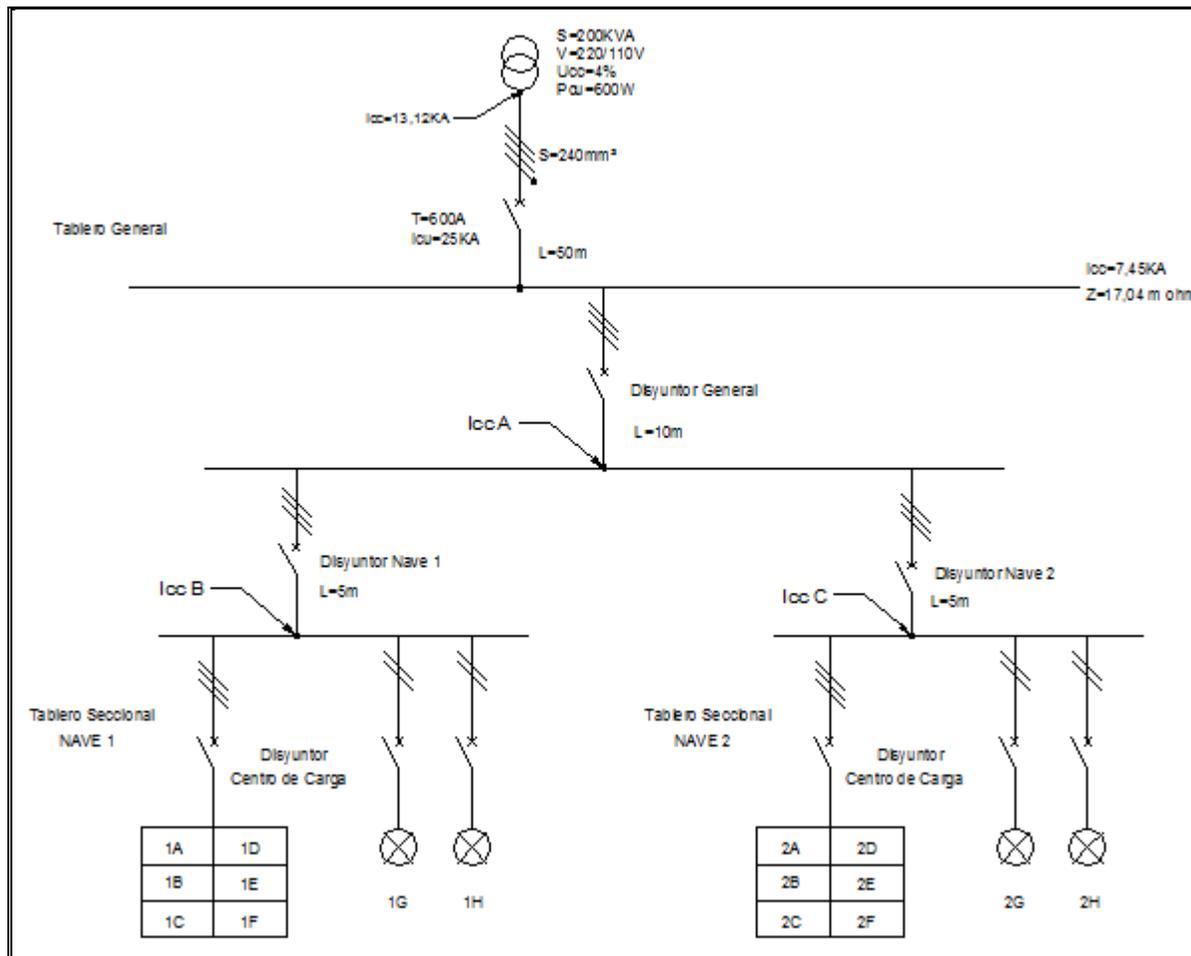


Figura 57: Unifilar sistema de iluminación LED, fuente: elaboración propia

1) Circuito de alimentación general

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{7,45KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 28,54mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **35mm²**, la cual posee una corriente admisible de **110A**

2) Circuito seccional Nave 1

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$R = 0,017 \frac{\Omega mm^2}{m} * \frac{10m}{35mm^2}$$

$$\boxed{R = 4,86m\Omega}$$

$$Z_C = \sqrt{R_c^2 + Z_c^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(4,86)^2 + (0,00007)^2}m\Omega$$

$$\boxed{Z_C = 4,86m\Omega}$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z + Z_c)}$$

$$I_{cc} = \frac{220V}{\sqrt{3} * (17,04 + 4,86)m\Omega}$$

$$\boxed{I_{cc} = 5,8KA}$$

La corriente de cortocircuito presunta en el punto A es igual a 5,8KA, con esta I_{CC} se procede a verificar la sección del conductor a la corriente de cortocircuito.

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{5,8KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 22,22mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **25mm²**, la cual posee una corriente admisible de **88A**

3) Circuitos de consumos

Para calcular la sección de los conductores para los circuitos de consumos basta con conocer la I_{CC} en el punto B, ya que aguas abajo están conectados únicamente los consumos

$$R_C = \rho \frac{L}{S}$$

$$R_C = 0,017 \frac{\Omega mm^2}{m} * \frac{5m}{25mm^2}$$

$$\boxed{R_C = 3,4m\Omega}$$

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + Z_c^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(3,4)^2 + (0,00007)^2}m\Omega$$

$$\boxed{Z_C = 3,4m\Omega}$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z + Z_c)}$$

$$I_{cc} = \frac{220V}{\sqrt{3} * (21,9 + 3,4)m\Omega}$$

$$I_{cc} = 5,02KA$$

La corriente de cortocircuito presunta en el punto B es igual a 5,02KA, con esta I_{CC} se procede a verificar la sección del conductor a la corriente de cortocircuito.

$$S \geq \frac{I_K * \sqrt{t}}{K}$$

$$S \geq \frac{5,02KA * \sqrt{0,3s}}{143}$$

$$S \geq 19,22mm^2$$

La sección comercial más próxima a la calculada es la de **25mm²**, la cual posee una corriente admisible de **88A**.

Tabla LIX: Sección de conductor a la corriente de cortocircuito, fuente: elaboración propia

Circuito	I_B	I_{CC}	Sección del conductor
Alimentación general	34,2A	7,45KA	35mm ²
Seccional Nave 1	17,1A	5,8KA	25mm ²
Seccional Nave 2	17,1A	5,8KA	25mm ²
Centro de Carga Nave 1	12,94A	5,02KA	25mm ²
Centro de Carga Nave 2	12,94A	5,02KA	25mm ²

Circuito N°	I_B	I_{CC}	Sección del conductor
1A	2,8A	5,02KA	25mm ²
1B	2,8A	5,02KA	25mm ²

1C	2,3A	5,02KA	25mm ²
1D	2,3A	5,02KA	25mm ²
1E	2,8A	5,02KA	25mm ²
1F	2,8A	5,02KA	25mm ²
1G	0,18A	5,02KA	25mm ²
1H	0,8A	5,02KA	25mm ²

Circuito N°	I _B	I _{CC}	Sección del conductor
2A	2,8A	5,02KA	25mm ²
2B	2,8A	5,02KA	25mm ²
2C	2,3A	5,02KA	25mm ²
2D	2,3A	5,02KA	25mm ²
2E	2,8A	5,02KA	25mm ²
2F	2,8A	5,02KA	25mm ²
2G	0,18A	5,02KA	25mm ²
2H	0,8A	5,02KA	25mm ²

5.9.4. Verificación de la sección a la caída de tensión

La verificación de la caída de tensión se va a realizar a las secciones obtenidas por la verificación al cortocircuito ya que estas secciones son superiores a las obtenidas por la verificación a la corriente admisible

1. Circuito de alimentación general

Datos:

- ΔU (3%) = 6,6V (según norma)
- I_B = 34,2A
- L = 10m (distancia entre el tablero general y los tableros seccionales de cada nave)
- S = 35mm²
- R = 0,55mΩ/m (resistencia del conductor)

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 34,2 \text{ A} * 10\text{m} * (0,55 * 1)\text{m}\Omega/\text{m}$$

$$\boxed{\Delta U = 0,3\text{V}} \leq 6,6\text{V} \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

2. Circuito seccional Nave 1

Datos:

- $\Delta U (3\%) = 6,6\text{V}$ (según norma)
- $I_B = 17,1\text{A}$
- $L = 5\text{m}$
- $S = 25\text{mm}^2$
- $R = 0,78 \text{ m}\Omega/\text{m}$ (resistencia del conductor)

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 17,1\text{A} * 5\text{m} * (0,78 * 1)\text{m}\Omega/\text{m}$$

$$\boxed{\Delta U = 0,12\text{V}} \leq 6,6\text{V} \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

3. Circuito 1A – 1E

Datos:

- $\Delta U (3\%) = 6,6\text{V}$ (según norma)
- $I_B = 2,8\text{A}$
- $S = 25\text{mm}^2$
- $L = 70\text{m}$
- $R = 0,78 \text{ m}\Omega/\text{m}$ (resistencia del conductor)

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 2,8A * 70m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,31V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

4. Circuito 1B -1F

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 2,8A * 80m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,35V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

5. Circuito 1C

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 2,3A * 40m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,14V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

6. Circuito 1D

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 2,3A * 50m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,18V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

7. Circuito 1G

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \sen\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 0,18A * 90m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\boxed{\Delta U = 0,03V} \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

8. Circuito 1H

$$\Delta U = 2 * I_B * L * (R * \cos\varphi + X * \text{sen}\varphi)$$

$$\Delta U = 2 * 0,8A * 100m * (0,78 * 1)m\Omega/m$$

$$\Delta U = 0,12V \leq 6,6V \text{ (se verifica la sección elegida a la caída de tensión)}$$

Tabla LX: Sección de conductor a la caída de tensión, fuente: elaboración propia

Circuito	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
Alimentación general	34,2A	10m	35mm ²	110A
Seccional Nave 1	17,1A	5m	25mm ²	88A
Seccional Nave 2	17,1A	5m	25mm ²	88A

Circuito N°	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
1A	2,8A	70m	25mm ²	88A
1B	2,8A	80m	25mm ²	88A
1C	2,3A	40m	25mm ²	88A
1D	2,3A	50m	25mm ²	88A
1E	2,8A	70m	25mm ²	88A
1F	2,8A	80m	25mm ²	88A
1G	0,18A	90m	25mm ²	88A
1H	0,8A	100m	25mm ²	88A

Circuito N°	I _B	Longitud	Sección del conductor	I _Z
2A	2,8A	70m	25mm ²	88A
2B	2,8A	80m	25mm ²	88A
2C	2,3A	40m	25mm ²	88A
2D	2,3A	50m	25mm ²	88A
2E	2,8A	70m	25mm ²	88A
2F	2,8A	80m	25mm ²	88A
2G	0,18A	90m	25mm ²	88A
2H	0,8A	100m	25mm ²	88A

5.9.5. Selección de los elementos de protección y maniobra

1) Disyuntor General del circuito de alimentación

Se debe cumplir la siguiente igualdad

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$34, 2A \leq 40A \leq 110A$$

Una vez obtenido el valor de I_n del disyuntor se procede a verificar la actuación del mismo contra sobrecarga. Al ser la I_n menor a 63A por lo expresado en la norma anteriormente, se procede a calcular la I_2 con la siguiente ecuación:

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 40A$$

$$\boxed{I_2 = 52A}$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$52A \leq 1,45 * 110A$$

$$52A \leq 159,5A \text{ (se verifica la actuación del disyuntor contra la sobrecarga)}$$

A partir de la corriente de cortocircuito I_{cc} se determina la capacidad de ruptura del disyuntor, esta verificación se realiza de acuerdo a la siguiente desigualdad

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 7,45KA$$

Se elegirá un disyuntor de las siguientes características:

- $I_n = 40A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

2) Disyuntor Nave 1

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$17, 1A \leq 20A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 20A$$

$$\boxed{I_2 = 26A}$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

$$26A \leq 1,45 * 88A$$

$$26A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación del disyuntor contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,8KA$$

Se elegirá un disyuntor de las siguientes características:

- $I_n = 20A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

4) Centro de Carga

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$12, 94A \leq 20A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 * I_n$$

$$I_2 = 1,3 * 20A$$

$$I_2 = 26A$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$26A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$26A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección termomagnética de las siguientes características:

- $I_n = 20A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

El contactor a utilizar posee las siguientes características:

- Clase: AC-5a
- Potencia máxima: 5,5KW
- Corriente: 32A

5) Termomagnética y contactores de los circuitos 1A – 1B – 1E – 1F

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$2,8A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

$$I_2 = 1,3 \cdot 10A$$

$$I_2 = 13A$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección termomagnética de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10KA$

4) Termomagnética y contactores de los circuitos 1C – 1D

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$2,3A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

$$I_2 = 1,3 \cdot 10A$$

$$\boxed{I_2 = 13A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

5) Termomagnética circuito 1G

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$0,18A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

$$I_2 = 1,3 \cdot 10A$$

$$\boxed{I_2 = 13A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

6) Termomagnética circuito 1H

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$0,8A \leq 10A \leq 88A$$

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n$$

$$I_2 = 1,3 \cdot 10A$$

$$\boxed{I_2 = 13A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$13A \leq 1,45 \cdot 88A$$

$$13A \leq 127,6A \text{ (se verifica la actuación de la protección termomagnética contra la sobrecarga)}$$

$$PdC_{cc} \geq I_{cc}$$

$$10KA \geq 5,02KA$$

Se elegirá una protección de las siguientes características:

- $I_n = 10A$
- $PdC_{cc} = 10Ka$

Para los circuitos de alimentación **G** y **H** se utilizarán contactores con las siguientes características:

- Clase: AC-5a
- Potencia máxima: 6KW
- Corriente: 15^a

5.9.6. Sistema de control

Este sistema está diseñado para controlar el encendido y apagado de las luminarias que se encuentran únicamente en la nave industrial, de forma automática usando una fotocélula/fotocontrol o de forma manual utilizando una llave selectora de 3 posiciones.

Si se elige la opción automático, el sistema encenderá o apagará de manera automática las luminarias, esto se logra gracias a la colocación de 1 fotocélula de la *marca SICA, modelo Sunshine III de 6 A y una frecuencia de 50/60 Hz* ubicada a una altura de 10 metros.

El funcionamiento de este control automático es sencillo ya que la fotocélula enviará una señal eléctrica a la bobina del contactor permitiendo el encendido de las luminarias seleccionadas por medio de los breakers del centro de carga.

Si se elige la opción manual, el sistema se gestiona de forma manual, es decir que para realizar el encendido o el apagado de las luminarias se requiere el uso de una llave selectora de 3 posiciones que se encuentra en la parte frontal del tablero eléctrico.

El funcionamiento de este control es el siguiente, si el operario desea prender únicamente 2 circuitos de los 6 existentes, este debe accionar los breakers del centro de carga de dichos circuitos, la señal eléctrica a la bobina del contactor llega desde la llave selectora permitiendo el encendido de las luminarias seleccionadas.

Las luminarias que se encuentran en la bodega, baño y cambiadores se controlarán por medio de una llave selectora de 2 posiciones, además en cada uno de estos locales se colocará un interruptor para el encendido y apagado de las luminarias. Dirigirse al anexo B donde se encuentra el diagrama de control.

5.9.7. Resumen sistema de iluminación LED

A continuación se presenta una tabla en la cual se reflejan las secciones de conductores, tipo de protecciones eléctricas y elementos de maniobra a utilizar en el proyecto

Tabla LXI: Resumen sistema de iluminación LED, fuente: elaboración propia

Circuito	Voltaje	Potencia	I _B	Conductor		Protección			Contactor	
				Longitud	Sección	Nro. Polos	I _n	PdC _{CC}	Nro. Polos	Amperios
Alimentación General	220V	13,03KW	34,2A	10m	3x35mm ²	3	40A	10KA	-	-
Seccional Nave 1	220V	6,51KW	17,1A	5m	3x25mm ²	3	20A	10KA	-	-
Seccional Nave 2	220V	6,51KW	17,1A	5m	3x25mm ²	3	20A	10KA	-	-
Centro de Carga 1	220V	4,93KW	12,94A	1m	3x25mm ²	3	20A	10KA	3	32A
Centro de Carga 2	220V	4,93KW	12,94A	1m	3x25mm ²	3	20A	10KA	3	32A

Circuitos de Iluminación – Sistema Convencional – Tablero 1										
1A	220V	870W	2,8A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1B	220V	870W	2,8A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1C	220V	725W	2,3A	40m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1D	220V	725W	2,3A	50m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1E	220V	870W	2,8A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1F	220V	870W	2,8A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
1G	220V	56W	0,18A	90m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	15A
1H	220V	224W	0,8A	100m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	15A
Reserva 25%	220V	1303W	4,18A	-	-	-	-	-	-	-

Circuitos de Iluminación – Sistema Convencional – Tablero 2										
2A	220V	870W	2,8A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2B	220V	870W	2,8A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2C	220V	725W	2,3A	40m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2D	220V	725W	2,3A	50m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2E	220V	870W	2,8A	70m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2F	220V	870W	2,8A	80m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	-	-
2G	220V	56W	0,18A	90m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	15A
2H	220V	224W	0,8A	100m	2x25mm ² + 1x16mm ²	2	10A	10KA	2	15A
Reserva 25%	220V	1303W	4,18A	-	-	-	-	-	-	-

CAPITULO VI

COTIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

6.1. Resumen de materiales eléctricos y de iluminación a utilizar en el proyecto

ILUMINACIÓN NAVE INDUSTRIAL – SISTEMA CONVENCIONAL	
DESCRIPCION	CANTIDAD
Luminarias Philips, PerformaLux, MPK380 – MasterColour CDM – TP – 150W	68 uds.
Luminarias Philips, Arano, TCS640 1x32W/840 HFP AC – MLO ALU	24 uds.
Disyuntor Schenider, EasyPact, 3P, 80A / 25KA	1 ud.
Disyuntor Schenider, EasyPact, 3P, 40A / 25KA	2 ud.
Interruptor termomagnético Schneider, DOMAE, 2P, 10A / 10KA	16 uds.
Interruptor diferencial Schneider, Multi 9 ID, 4P, 40A / 30mA (sensibilidad)	2 uds.
Contactador Schneider, GC2502M, 2P, 220V, 25A	16 uds.
Fotocélula SICA, modelo Sunshine III de 6A	2 uds.
Fusible de 2A	4 uds.
Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 3x35mm ²	30 mts.
Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 3x25mm ²	30 mts.
Conductor bipolar Afumex 1000 V [AS], sección: 2x25mm ²	1200 mts.
Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 1x16mm ²	1200 mts.
Conductor bipolar Afumex 1000 V [AS], sección: 2x1,5mm ²	25 mts.
Tubería metálica EMT 2"	5 uds. x 3 mts.
Unión metálica para tubería EMT 2"	5 uds.
Conector metálico para tubería EMT 2"	2 uds.
Tubería metálica EMT 2 ½"	400 uds. x 3mts.
Unión metálica para tubería EMT 2 ½"	400 uds

Conector metálico para tubería EMT 2 ½"	8 uds.
Caja de derivación octogonal 10,2x3,8 cm – cuadrada	46 uds.
Relé auxiliares	6 uds.
Contacto NA	28 uds.
Interruptor bticino	4 uds.
Llave selectora de 3 posiciones	2 uds.
Llave selectora de 2 posiciones	16 uds.
Luz piloto color verde	20 uds.
Bornera	2 uds.
Gabinete eléctrico Argos, modelo AEM128/300PM de 1200x800mm	2 uds.
Riel din 35mmx1mt	3 mts.
Cable canal ranurado 15x30xmt	3 mts.
Rotuladores de cable	50 uds.

ILUMINACIÓN NAVE INDUSTRIAL – SISTEMA TIPO LED	
DESCRIPCION	CANTIDAD
Luminarias Philips, GentleSpace, BYP460P LED120S/740 PSD 1P65 NB GC SI, 145W	68 uds.
Luminarias Philips, Celino LED, BCS680 LED24/840 PSD W7L122 LIN-PC, de 28 W	20 uds.
Centro de Cargas Trifásico Schneider, QOL – 406F, 3 hilos, 125A de 8 espacios	2 uds.
Disyuntor Schenider, EasyPact, 3P, 40A / 25KA	1 ud.
Disyuntor Schenider, EasyPact, 3P, 20A / 25KA	4 ud.
Interruptor termomagnético Schneider, QO216VSC6, 2P, 16A/10KA	12 uds.
Interruptor termomagnético Schneider, DOMAE, 2P, 10A / 10KA	4 uds.
Interruptor diferencial Schneider, Multi 9 ID, 4P, 20A / 30mA (sensibilidad)	2 uds.
Contactador Schneider, LC1D096M7, 3P, 220V, 40A	2 uds.
Contactador Schneider, GC250M5, 2P, 220V, 25A	2 uds.
Fotocélula SICA, modelo Sunshine III de 6A	2 uds.
Fusible de 2A	4 uds.

Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 3x35mm ²	30 mts.
Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 3x25mm ²	30 mts.
Conductor bipolar Afumex 1000 V [AS], sección: 2x25mm ²	1200 mts.
Conductor monopolar Afumex 1000 V [AS], sección: 1x16mm ²	1200 mts.
Conductor bipolar Afumex 1000 V [AS], sección: 2x1,5mm ²	25 mts.
Tubería metálica EMT 2"	5 uds. x 3 mts.
Unión metálica para tubería EMT 2"	5 uds.
Conector metálico para tubería EMT 2"	2 uds.
Tubería metálica EMT 2 ½"	400 uds. x 3mts.
Unión metálica para tubería EMT 2 ½"	400 uds
Conector metálico para tubería EMT 2 ½"	8 uds.
Caja de derivación octogonal 10,2x3,8 cm – cuadrada	46 uds.
Relé auxiliares	6 uds.
Contacto NA	8 uds.
Interruptor bticino	4 uds.
Llave selectora de 3 posiciones	2 uds.
Llave selectora de 2 posiciones	4 uds.
Luz piloto color verde	8 uds.
Bornera	2 uds.
Gabinete eléctrico Argos, modelo AEM128/300PM de 1200x800mm	2 uds.
Riel din 35mmx1mt	3 mts.
Cable canal ranurado 15x30xmt	3 mts.
Rotuladores de cable	50 uds.

6.2. Análisis de precios unitario (APU)

6.2.1. Sistema de iluminación convencional

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : TABLERO ELÉCTRICO

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Disyuntor EasyPact, 3P, 80A/25KA	---	1	67,53	67,53
Disyuntor EasyPact, 3P, 40A/25KA	---	2	61,88	123,76
Interruptor DOMAE, 2P, 10A/10KA	---	16	11,19	179,04
Interruptor Diferencial Multi 9, 40 ^a	---	2	58,25	116,15
Contacto GC2502M5, 2P, 25A	---	16	15,00	240,00
Fotocélula Sica, Sunshine III	---	2	10,00	20,00
Fusible 2 ^a	---	4	0,25	1,00
Relé auxiliares	---	6	2,00	12,00
Contactos NA	---	28	0,50	14,00
Llave selectora de 3 posiciones	---	2	15,00	30,00
Llave selectora de 2 posiciones	---	16	7,50	120,00
Luz piloto color verde	---	20	2,00	40,00
Bornera	---	2	10,00	20,00
Gabinete Argos 1200x800mm	---	2	100,00	200,00
Riel din 35mmx1mt	mts	3	2,50	7,50
Cable canal ranurado 15x30xmt	mts	3	1,00	3,00
Rotuladores de cable	---	50	0,01	0,50
Conductor monopolar Afumex 3x35mm ²	mts	30	7,32	219,60
Conductor monopolar Afumex 3x25mm ²	mts	30	5,49	164,70
Conductor monopolar Afumex 2x1,5mm ²	mts	50	1,34	67,00
Tubería EMT 2"	3mts	5	5,00	75,00
Uniones metálicas 2"	---	5	2,50	12,5
Conectores metálicos 2"	---	2	2,50	5,00
				----- 1708,63 USD
B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS		HORAS – EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
Alicate		8	0,40	3,20
Pinzas y pela alambres		8	0,40	3,20
Desarmadores		8	0,40	3,20
Taladro		8	1,80	14,40
				----- 24,00 USD
C.- MANO DE OBRA		HORAS – EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
Instalador		12	7	84,00
				----- 84,00 USD
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)				1816,63 USD
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)				217,99 USD
PRECIO TOTAL				2034,63 USD

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : ILUMINACIÓN NAVE INDUSTRIAL

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Luminaria Performalux MPK380 150W	---	68	500,00	34000,00
Conductor bipolar Afumex 2x25mm ²	mts	800	5,49	4392,00
Conductor monopolar Afumex 1x16mm ²	mts	800	3,59	2872,00
Tubería EMT 2 ½"	3mts	267	5,50	1452,00
Uniones metálicas 2 ½"	---	89	2,60	231,40
Conectores metálicos 2 ½"	---	6	2,60	15,60
Cajas de derivación octogonal 10,2x3,8cm	---	34	1,50	51,00
				43014,00 USD
B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL	
Alicate	0,40	68	27,20	
Pinzas y pela alambres	0,40	68	27,20	
Desarmadores	0,40	68	27,20	
Taladro	1,80	68	122,40	
				204,00 USD
C.- MANO DE OBRA	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL	
Instalador	10,00	68	680,00	
				680,00 USD
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)			43898,00 USD	
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)			5267,76 USD	
PRECIO TOTAL			49165,76 USD	

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : BODEGA, BAÑOS Y CAMBIADORES

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Luminaria Arano TCS640 28W	---	24	280,00	6720,00
Conductor bipolar Afumex 2x25mm ²	mts	400	5,49	2196,00
Conductor monopolar Afumex 1x16mm ²	mts	200	3,59	718,00
Tubería EMT 2 ½"	3mts	133	5,50	731,50
Uniones metálicas 2 ½"	---	44	2,60	114,40
Conectores metálicos 2 ½"	---	2	2,60	5,20
Cajas de derivación octogonal 10,2x3,8cm	---	12	1,50	18,00
Interruptor bticino	---	4	3,50	14,00
				10517,1 USD
B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN		SUBTOTAL
Alicate	0,40	24		9,60
Pinzas y alambres	0,40	24		9,60
Desarmadores	0,40	24		9,60
Taladro	1,80	24		43,20
				72,00 USD
C.- MANO DE OBRA	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN		SUBTOTAL
Instalador	10	24		240,00
				240,00 USD
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)				10829,1 USD
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)				1299,50 USD
PRECIO TOTAL				12128,60 USD

El costo total del proyecto utilizando luminarias del tipo convencional seria de **63.328,87 usd**, es decir que el costo unitario por nave industrial sería de **31.664,43 usd**.

6.2.2. Sistema de iluminación del tipo LED

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : TABLERO ELÉCTRICO

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Disyuntor EasyPact, 3P, 40A/25KA	---	1	61,88	61,88
Disyuntor EasyPact, 3P, 20A/25KA	---	4	61,88	247,52
Centro de Cargas QOL-406F, 8 espacios	---	2	50,48	100,96
Interruptor QOU216VSC6, 2P, 16A/10KA	---	12	11,82	141,84
Interruptor DOMAE, 2P, 10A/10KA	---	4	11,19	44,76
Interruptor Diferencial Multi 9, 20 ^a	---	2	55,06	110,12
Contacto LC1-D25, 3P, 220V, 40A	---	2	61,30	122,60
Contacto GC2502M5, 2P, 25A	---	4	15,00	60,00
Fotocélula Sica, Sunshine III	---	2	7,50	15,00
Fusible 2 ^a	---	4	0,25	1,00
Relé auxiliares	---	6	1,00	6,00
Contactos NA	---	8	0,50	4,00
Llave selectora de 3 posiciones	---	2	15,00	30,00
Llave selectora de 2 posiciones	---	4	7,50	30,00
Luz piloto color verde	---	8	2,00	16,00
Bornera	---	2	10,00	20,00
Gabinete Argos 1200x800mm	---	2	100,00	200,00
Riel din 35mmx1mt	mts	3	2,50	7,50
Cable canal ranurado 15x30xmt	mts	3	1,00	3,00
Rotuladores de cable	---	50	0,10	5,00
Conductor monopolar Afumex 3x35mm ²	mts	30	7,32	219,60
Conductor monopolar Afumex 3x25mm ²	mts	30	5,49	164,70
Conductor monopolar Afumex 2x1,5mm ²	mts	50	1,34	67,00
Tubería EMT 2"	3mts	5	5,00	75,00
Uniones metálicas 2"	---	5	2,50	12,5
				----- 1765,98 USD
B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS		HORAS – EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
Alicate		8	0,40	3,20
Pinzas y pela alambres		8	0,40	3,20
Desarmadores		8	0,40	3,20
Taladro		8	1,80	14,40
				----- 24,00 USD
C.- MANO DE OBRA		HORAS – EQUIPO	COSTO X HORA	SUBTOTAL
Instalador		12	7	84
				----- 84,00 USD
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)				1873,98 USD
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)				224,88 USD
PRECIO TOTAL				2098,86 USD

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : ILUMINACIÓN NAVE INDUSTRIAL

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Luminaria GentleSpace LED, 145W	---	68	650,00	44200,00
Conductor bipolar Afumex 2x25mm ²	mts	800	5,49	4392,00
Conductor monopolar Afumex 1x16mm ²	mts	800	3,59	2872,00
Tubería EMT 2 ½"	3mts	267	5,50	1452,00
Uniones metálicas 2 ½"	---	89	2,60	231,40
Conectores metálicos 2 ½"	---	6	2,60	15,60
Cajas de derivación octogonal 10,2x3,8cm	---	34	1,50	51,00
				53214,00 USD
B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL	
Alicate	0,40	68	27,20	
Pinzas y pela alambres	0,40	68	27,20	
Desarmadores	0,40	68	27,20	
Taladro	1,80	68	122,40	
				204,00 USD
C.- MANO DE OBRA	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL	
Instalador	10,00	68	680,00	
				680,00 USD
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)			54098,00 USD	
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)			6491,76 USD	
PRECIO TOTAL			60589.76 USD	

PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

RUBRO : BODEGA, BAÑO Y CAMBIADORES

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	SUBTOTAL
Luminaria Celino LED, 28W	---	20	350,00	7000,00
Conductor bipolar Afumex 2x25mm ²	mts	400	5,49	2196,00
Conductor monopolar Afumex 1x16mm ²	mts	200	3,59	718,00
Tubería EMT 2 ½"	3mts	133	5,50	731,50
Uniones metálicas 2 ½"	---	44	2,60	114,40
Conectores metálicos 2 ½"	---	2	2,60	5,20
Cajas de derivación octogonal 10,2x3,8cm	---	12	1,50	18,00
Interruptor bticino	---	4	3,50	14,00
				10797,10 USD

B.- MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL
Alicate	0,40	20	8,00
Pinzas y alambres	0,40	20	8,00
Desarmadores	0,40	20	8,00
Taladro	1,80	20	36,00
			60,00 USD

C.- MANO DE OBRA	COSTO X PUNTO	CANTIDAD DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN	SUBTOTAL
Instalador	10	20	200,00
			200,00 USD

COSTOS DIRECTOS (A+B+C)	11057,10 USD
COSTOS INDIRECTOS 12% (IVA)	1326,85 USD
PRECIO TOTAL	12383,95 USD

El costo total del proyecto utilizando luminarias del tipo LED sería de **75.072,57 usd**, es decir que el costo unitario por nave industrial sería de **37.536,29 usd**.

6.3. Análisis económico – comparativo entre sistema de iluminación convencionales y LED

Se procederá a realizar un análisis económico – comparativo entre los dos sistemas de iluminación propuestos, con la finalidad de conocer cuál de ellos es el que mejor se adapta al proyecto de iluminación tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista de ahorro y eficiencia energética.

6.3.1. Eficiencia Energética

Para ponderar la eficiencia energética entre los sistemas de iluminación propuestos, se debe partir de las siguientes consideraciones:

Tabla LXII: Características Técnicas Sistemas de Iluminación, fuente: elaboración propia

Sistema de iluminación	Local a iluminar	Tipo de lámpara	Eficacia luminosa (Lm/W)	Flujo luminoso (Lm)	Vida útil lámpara (Hrs)	Potencia Eléctrica (W)
Convencional	Nave Industrial	Master Colour CDM-TP	87	13000	16000	150
	Baño, Bodega y Cambiadores	Master TL5 High Efficiency Eco	91	2900	12000	32
LED	Nave Industrial	Module LED 120S	83	12000	23000	145
	Baño, Bodega y Cambiadores	Module LED 24	86	2400	18000	28

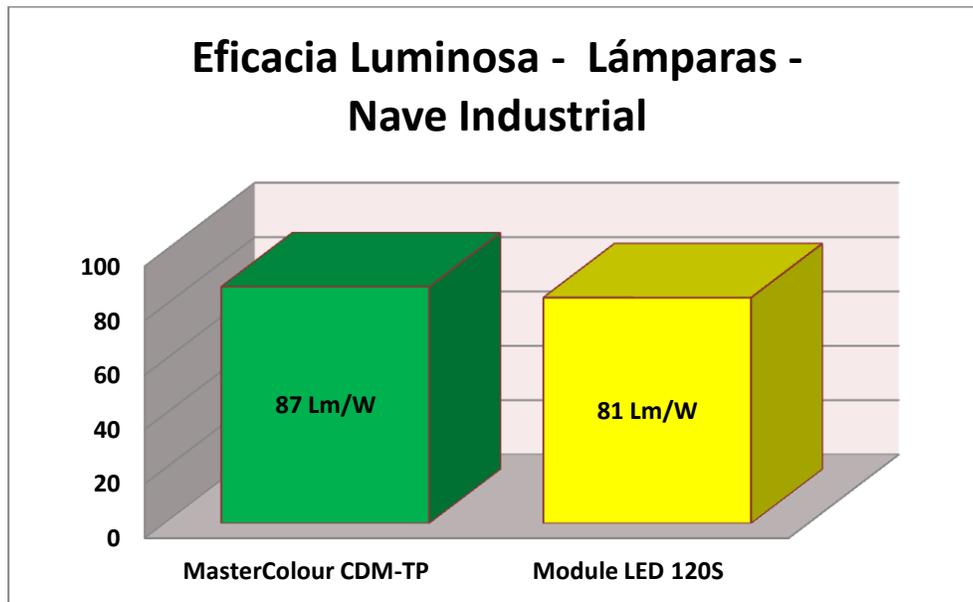


Figura 58: Eficacia Luminosa – Lámparas Nave Industrial, fuente: elaboración propia

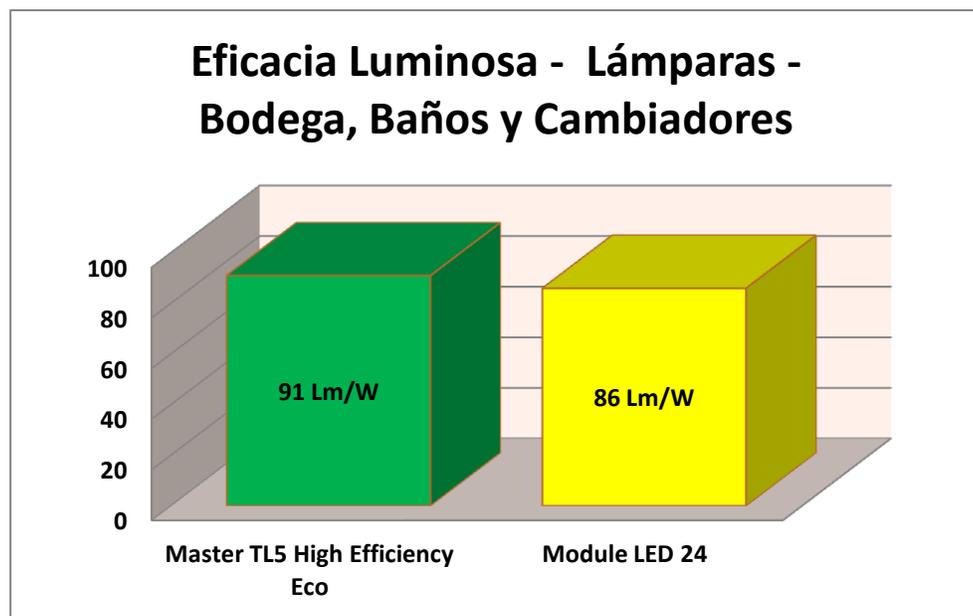


Figura 59: Eficacia Luminosa – Lámparas Bodega, Baño y Cambiadores, fuente: elaboración propia

De las figuras anteriores se puede observar que las lámparas del tipo convencional presentan valores de eficacia luminosa mayores a los brindados por las lámparas LED, lo cual se traduce a un mejor aprovechamiento del flujo luminoso otorgado por la lámpara sobre la potencia consumida por la misma.

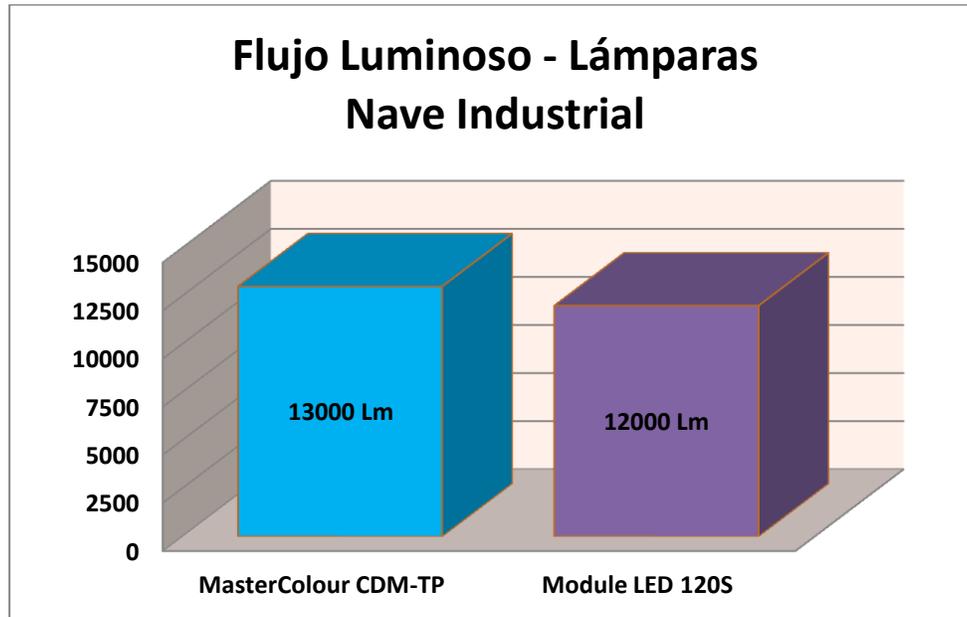


Figura 60: Flujo Luminoso – Lámparas Nave Industrial, fuente: elaboración propia

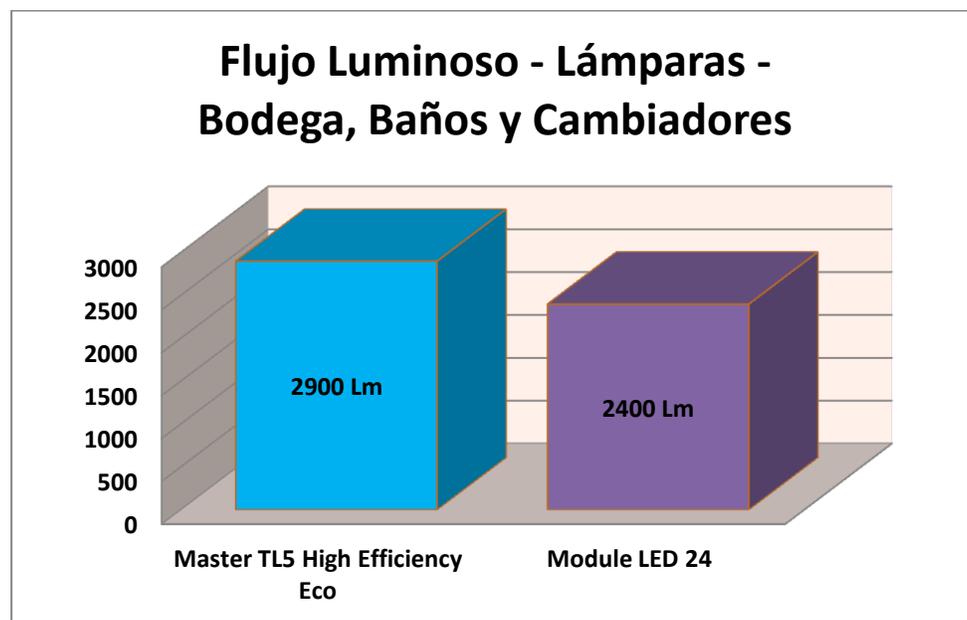


Figura 61: Flujo Luminoso – Lámparas Bodega, Baño y Cambiadores, fuente: elaboración propia

Las luminarias del tipo convencional presentan un mayor flujo luminoso que las LED, esto se debe a que el flujo luminoso está directamente ligado a la eficacia luminosa por la potencia de la lámpara.

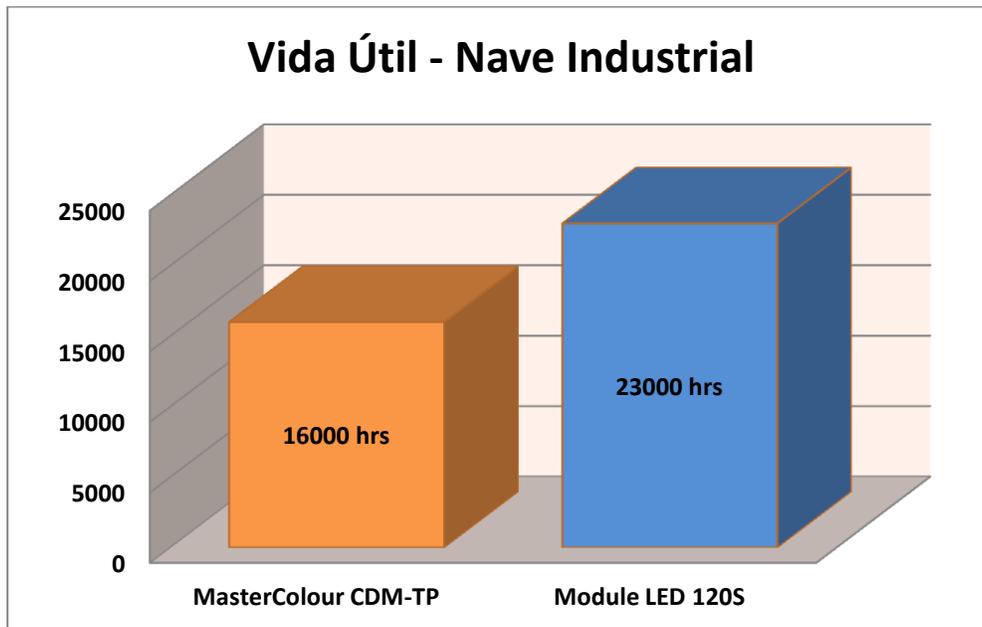


Figura 62: Vida Útil – Lámparas Nave Industrial, fuente: elaboración propia

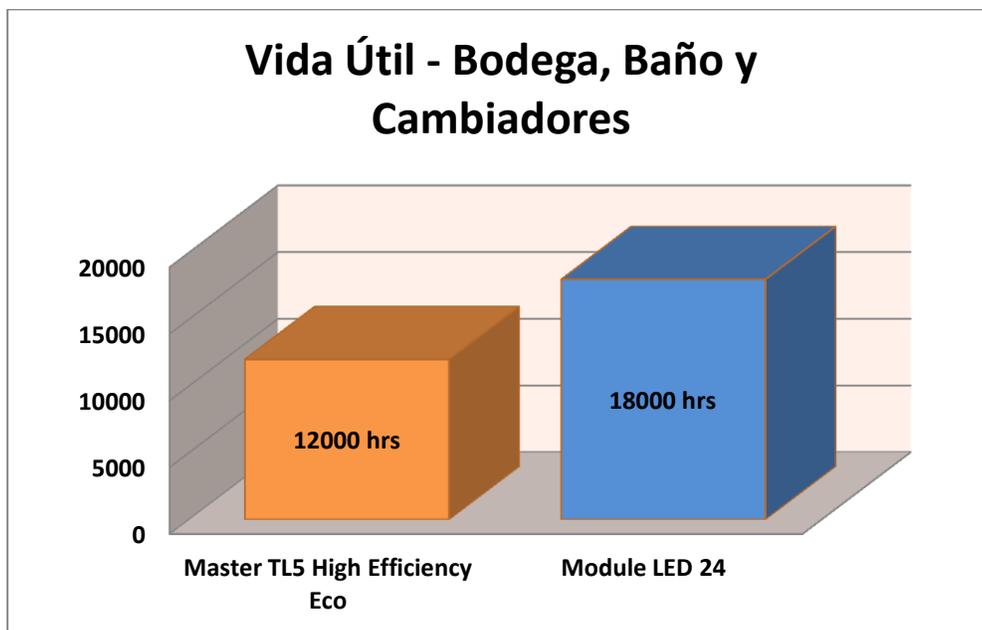


Figura 63: Vida Útil – Lámparas Bodega, Baño y Cambiadores, fuente: elaboración propia

Se observa que las lámparas del tipo LED presentan una vida útil mayor con relación a las lámparas del tipo convencional, esto se debe a que la tecnología LED emplea técnicas y

materiales mejorados que ayudan a reducir significativamente el desgaste de la lámpara con el tiempo.

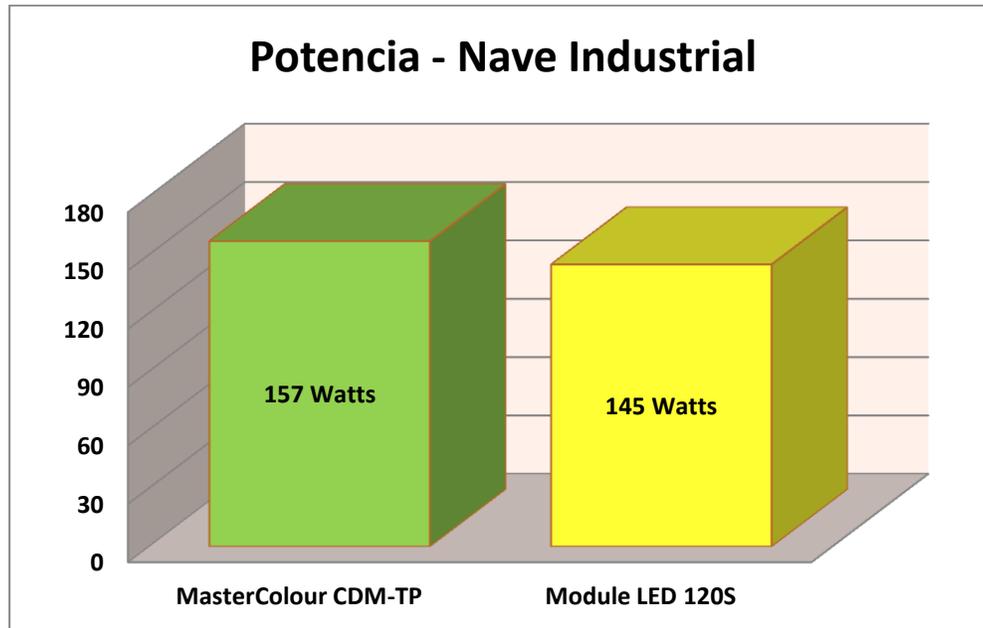


Figura 64: Potencia – Lámparas Nave Industrial, fuente: elaboración propia

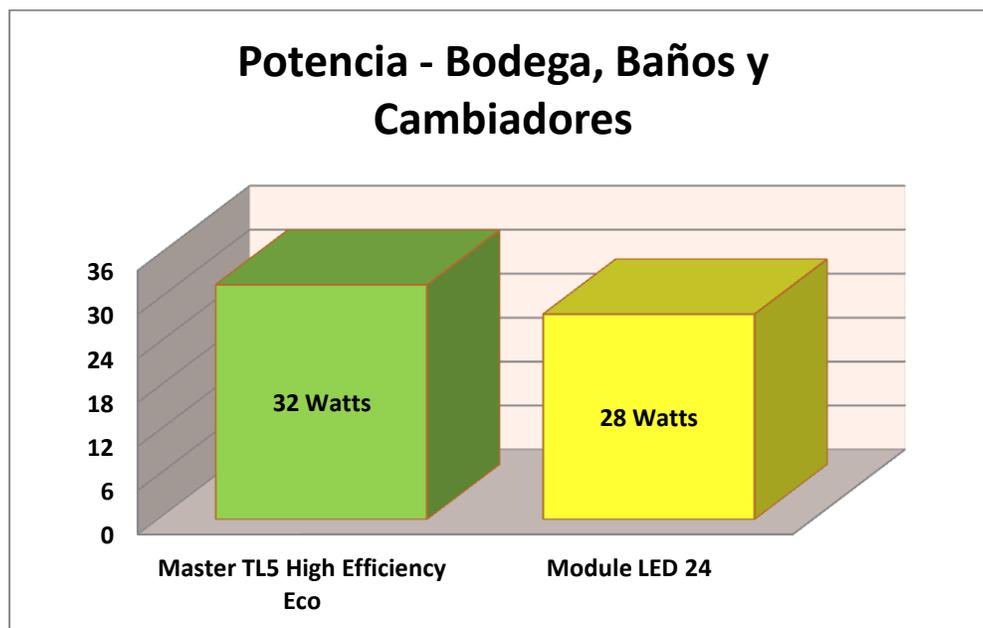


Figura 65: Potencia – Lámparas Bodega, Baño y Cambiadores, fuente: elaboración propia

Del análisis de los gráficos anteriores se concluye que si bien las lámparas del tipo convencional propuestas para la iluminación de la nave industrial, bodega, baño y cambiadores presentan una mayor eficacia luminosa y un mayor flujo luminoso, en cambio, las luminarias LED presentan valores de vida útil elevados y además un menor consumo eléctrico.

Si bien las lámparas convencionales presentan buenas características de iluminación, las lámparas con tecnología LED brindan ahorro en consumo eléctrico y además al poseer una vida útil mayor a las convencionales, se alargan los tiempos de recambio de las lámparas, lo cual genera un ahorro económico.

6.3.2. Ahorro de Energía Eléctrica

Para realizar el análisis de ahorro de energía eléctrica entre ambos sistemas se deberá tener en cuenta los siguientes datos:

Tabla LXIII: Consumo Energía Eléctrica y Costo de Kw/Hrs, fuente: elaboración propia

Sistema Iluminación	Local	Potencia (W)	Cantidad Luminarias (Uds)	Horas funcionamiento anual (Hrs/año)	Costo Kw/hrs (Ctvs)
Convencional	Nave Industrial	150	68	4400	15
	Bodega, Baño y Cambiadores	32	24	3300	
LED	Nave Industrial	145	68	4400	
	Bodega, Baño y Cambiadores	28	20	3300	

Con los datos expuestos en la tabla anterior se procederá a realizar el cálculo del costo total de energía eléctrica consumido en un año por cada uno de los sistemas de iluminación.

Para realizar este cálculo se supuso que las luminarias que se encuentran dentro de la nave industrial van a trabajar 16 horas al día durante 275 días, mientras que las luminarias que se

encuentran dentro de la bodega, baños y cambiadores, van a trabajar 12 horas al día durante 275 días.

Tabla LXIV: Ahorro de Energía Eléctrica Anual, fuente: elaboración propia

Sistema Iluminación	Potencia Total (Kw)	Potencia consumida (Kw hrs/año)	Costo Energía (USD)	Costo Total (USD)	Ahorro anual (USD)
Convencional	10,20	44880	6732	7112,16	327,36
	0,768	2534,40	380,16		
LED	9,86	43384	6507,60	6784,80	
	0,56	1848	277,20		

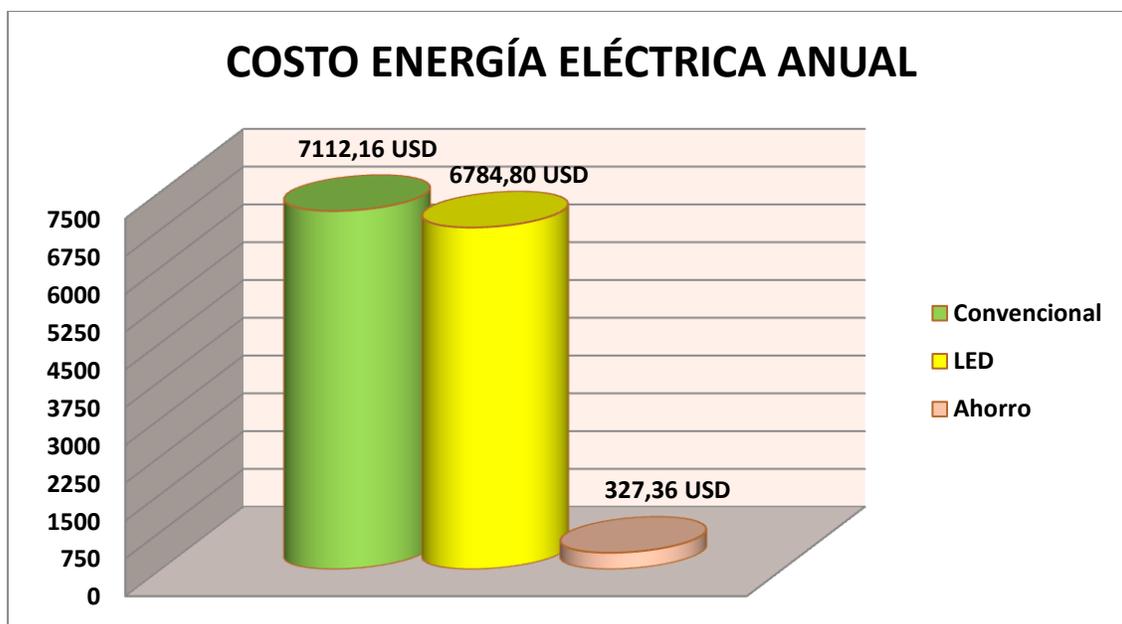


Figura 66: Costo de Energía Eléctrica Anual fuente: elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico anterior, el sistema de iluminación convencional consume anualmente **7112,16 USD**, mientras que el sistema LED **6784,80 USD**, en vista de estos datos obtenidos se puede concluir que el sistema de iluminación LED otorga un ahorro energético del orden del **4,60%** es decir **327,36 USD al año frente al sistema de iluminación convencional.**

6.3.3. Análisis Económico – Financiero – Implementación Sistema LED o Convencional

En los cuadros siguientes se enlista los costos incurridos para la implementación de cada uno de los sistemas de iluminación. Los costos de puesta en marcha como los costos por capital de operación son iguales para ambas implementaciones.

Tabla LXV: Costos de Implementación, fuente: elaboración propia

Iluminación Convencional	Valor US\$
Adquisición de luminarias y materiales necesarios (Nave)	49.132,51
Adquisición de luminarias y materiales necesarios (Bodega, Baños y Cambiadores)	12.735,98
Mano de obra de instalación inicial	1.460,48
Gasto de puesta en marcha	500,00
Capital de Operación	1.000,00
Adquisición de lámparas para recambio (Nave)	8.758,40
Mano de obra para recambio (Nave)	990,08
Adquisición de lámparas para recambio (Bodega, Baños y Cambiadores)	1.344,00
Mano de obra para recambio (Bodega, Baños y Cambiadores)	349,44

Iluminación LED	Valor US\$
Adquisición de luminarias y materiales necesarios (Nave)	60.588,63
Adquisición de luminarias y materiales necesarios (Bodega, Baños y Cambiadores)	13.081,70
Mano de obra de instalación inicial	1.402,24
Gasto de puesta en marcha	500,00
Capital de Operación	1.000,00
Adquisición de lámparas para recambio (Nave)	14.470,40
Mano de obra para recambio (Nave)	990,08
Adquisición de lámparas para recambio (Bodega, Baños y Cambiadores)	1.568,00
Mano de obra para recambio (Bodega, Baño y Cambiadores)	291,20

Financiamiento:

Antes de proseguir con el análisis se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Los costos financieros/operativos, son todos los costos que se deben financiar para la realización del proyecto; en la Republica del Ecuador la tasa de crédito empresarial actual es del 11,23%.

- Los costos administrativos, son los gastos que se deben realizar para el normal funcionamiento del sistema de iluminación, en la Republica del Ecuador el salario básico unificado es de 314 US\$.

En el siguiente cuadro se indica los costos financieros y administrativos incurridos por cada uno de los sistemas de iluminación.

El primer cuadro corresponde al sistema de iluminación del tipo convencional se observa en el año 1 y en el año 4 un endeudamiento, esto se debe a que en el año 1 se realiza la implementación del sistema y en el año 4 se realiza el recambio de las lámparas.

El segundo cuadro corresponde al sistema de iluminación del tipo LED, se observa que en el año 1 se realiza un endeudamiento por la implementación del sistema, se puede observar que dentro de los 5 años no se realiza ningún otro tipo de inversión, esto se debe a que las lámparas del tipo LED poseen una vida útil mayor a las convencionales.

Tabla LXVI: Costos Financieros y Administrativos, fuente: elaboración propia

Iluminación Convencional	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Financieros / Operativo	6.947,83	0,00	0,00	1.134,50	0,00
Costos Administrativos	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00

Iluminación LED	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Financieros / Operativo	8.273,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos Administrativos	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00

Inversiones:

En los siguientes cuadros se pueden apreciar las inversiones que se deben realizar en los distintos años para cada uno de los sistemas de iluminación.

Se observa claramente que para el sistema de iluminación convencional se debe realizar dos inversiones, año 3 y año 5; mientras que para el sistema de iluminación del tipo LED solamente se debe realizar una inversión en el año 5, esto se debe a que las lámparas del sistema LED poseen una mayor vida útil que las lámparas convencionales.

Tabla LXVII: Inversiones, fuente: elaboración propia

Iluminación Convencional	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Luminarias convencionales y materiales (Nave)	49.132,51	0,00	0,00	8.758,40	0,00	8.758,40
Luminarias LED y materiales (Bodega, Baños y Cambiadores)	12.735,98	0,00	0,00	1.344,00	0,00	1.344,00
Mano de obra instalación	1.460,48	0,00	0,00	990,08	0,00	990,08
Puesta en marcha	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de Operación	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	64.828,97	0,00	0,00	11.092,48	0,00	11.092,48

Iluminación LED	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Luminarias LED y materiales (Nave)	60.588,63	0,00	0,00	0,00	0,00	14.470,40
Luminarias LED y materiales (Bodega, Baños y Cambiadores)	13.081,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1.568,00
Mano de obra instalación	1.402,24	0,00	0,00	0,00	0,00	990,08
Puesta en marcha	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de Operación	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	76.572,57	0,00	0,00	0,00	0,00	17.028,48

Depreciación de Activos

La depreciación de un activo es la disminución en el valor del bien debido al uso, deterioro y la caída en desuso.

Para realizar la depreciación de los sistemas de iluminación se recurre a las pautas suministradas por el **Servicio de Rentas Internas** del Ecuador en su **Ley de Régimen Tributario Interno** en su **artículo 28.- Gastos generales deducibles**, el cual dice:

“La depreciación de los activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y la técnica contable. Para que este gasto sea deducible, no podrá superar los siguientes porcentajes:

- Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares 5% anual.
- Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10% anual.
- Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil 20% anual.
- Equipos de cómputo y software 33% anual.

En casos de obsolescencia, utilización intensiva, deterioro acelerado u otras razones debidamente justificadas, el respectivo Director Regional del Servicio de Rentas Internas podrá autorizar depreciaciones en porcentajes anuales mayores a los indicados, los que serán fijados en la resolución que dictará para el efecto. Para ello, tendrá en cuenta las Normas Ecuatorianas de Contabilidad y los parámetros técnicos de cada industria y del respectivo bien. Podrá considerarse la depreciación acelerada exclusivamente en el caso de bienes nuevos, y con una vida útil de al menos cinco años, por tanto, no procederá para el caso de bienes usados adquiridos por el contribuyente. Tampoco procederá depreciación acelerada en el caso de bienes que hayan ingresado al país bajo regímenes suspensivos de tributos, ni en aquellos activos utilizados por las empresas de construcción que apliquen para efectos de sus registros contables y declaración del impuesto el sistema de "obra terminada", previsto en la Ley de Régimen Tributario Interno."

En el caso del sistema de iluminación convencional se aplica un porcentaje de depreciación del 10% anual del monto inicial de inversión, dando como resultado una depreciación anual de 6.186,85 US\$, a partir del tercer año se realiza el recambio de las lámparas, esto conlleva a una depreciación acelerada del activo, ya que las lámparas poseen una vida útil de alrededor de 3 años, el porcentaje de depreciación será del 33% anual, lo cual nos da un total de 9.520,64 US\$ anual. Esta depreciación acelerada presenta una ganancia contable para el empresario ya que estos se convierten en gastos deducibles de impuestos y de repartición de utilidades

Tabla LXVIII: Depreciación de Activos, fuente: elaboración propia

Activo Iluminación Convencional	Valor del Activo	Deprec. Año 1	Deprec. Año 2	Deprec. Año 3	Deprec. Año 4	Deprec. Año 5	Valor en Libros
Luminarias convencionales y materiales (Nave)	49.132,51	4.913,25	4.913,25	4.913,25	4.913,25	4.913,25	24.566,26
Luminarias convencionales y materiales (Bodega, Baños y Cambiadores)	12.735,98	1.273,60	1.273,60	1.273,60	1.273,60	1.273,60	6.367,99
Adquisición de lámparas para recambio (Nave)	8.758,40	0,00	0,00	2.890,27	2.890,27	2.890,27	87,58
Adquisición de lámparas para recambio (Bodega, Baños y Cambiadores)	1.344,00	0,00	0,00	443,52	443,52	443,52	13,44
TOTAL	71.970,89	6.186,85	6.186,85	9.520,64	9.520,64	9.520,64	31.035,27

En el caso del sistema de iluminación LED se aplica un porcentaje de depreciación del 10% anual del monto inicial de inversión, dando como resultado una depreciación anual de 7.367,03 US\$, a partir del quinto año se realiza el recambio de las lámparas, el porcentaje de depreciación será del 20% anual, lo cual nos da un total de 10.574.71 US\$ anual.

Activo Iluminación LED	Valor del Activo	Deprec. Año 1	Deprec. Año 2	Deprec. Año 3	Deprec. Año 4	Deprec. Año 5	Valor en Libros
Luminarias LED y materiales (Nave)	60.588,63	6.058,86	6.058,86	6.058,86	6.058,86	6.058,86	30.294,32
Luminarias LED y materiales (Bodega, Baños y Cambiadores)	13.081,70	1.308,17	1.308,17	1.308,17	1.308,17	1.308,17	6.540,85
Adquisición de lámparas para recambio (Nave)	14.470,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2.894,08	11.576,32
Adquisición de lámparas para recambio (Bodega, Baños y Cambiadores)	1.568,00	0,00	0,00	0,00	0,00	313,60	1.254,40
TOTAL	89.708,73	7.367,03	7.367,03	7.367,03	7.367,03	10.574,71	49.665,89

Además se puede observar que los valores en libros difieren entre los dos sistemas de iluminación, esto se debe al tipo de depreciación utilizado en cada uno, (convencional: 3 años), (LED: 5 años), esto da como resultado un valor en libros superior, ya que el capital adquirido menos la depreciación acumulada es mayor para el sistema LED que para el convencional.

Costos de Operación Totales

En los siguientes cuadros se presentan los costos totales que se incurrir para la implementación de los sistemas de iluminación.

Tabla LXIX: Costos Operativos Totales, fuente: elaboración propia

Iluminación Convencional	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Financiero/ Operativo	6.947,83	0,00	0,00	1.134,50	0,00
Depreciación	6.186,85	6.186,85	9.520,64	9.520,64	9.520,64
Costo de Administración	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00
Total Costo Operación	16.902,68	9.954,85	13.288,64	14.423,14	13.288,64

Iluminación LED	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Financiero / Operativo	8.273,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación	7.367,03	7.367,03	7.367,03	7.367,03	10.574,71
Costo de Administrativo	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00	3.768,00
Total Costo Operación	19.408,21	11.135,03	11.135,03	11.135,03	14.342,71

Flujo de Caja

El flujo de caja o cash flow, es un análisis de los distintos flujos de entrada y salida de caja o efectivo en un periodo dado, en este caso el periodo es de 5 años.

En los siguientes cuadros se presenta el análisis de flujo de cada uno de los sistemas de iluminación.

Tabla LXX: Flujo de Caja, fuente: elaboración propia

SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL						
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	61.868,49	0,00	0,00	10.102,40	0,00	10.102,40
Capital de Trabajo	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación y amortización	0,00	-6.186,85	-6.186,85	-9.520,64	-9.520,64	-9.520,64
Valor salvamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.035,27
Flujo de caja	62.868,49	-6.186,85	-6.186,85	581,76	-9.520,64	31.617,03
Factor de descuento	8,00%					
VAN	61.868,13	Ingreso del Activo	0,00			
		Costo del Activo	3.949,09			

SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL TIPO LED						
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	73.670,33	0,00	0,00	0,00	0,00	16.038,40
Capital de Trabajo	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación y amortización	0,00	-7.367,03	-7.367,03	-7.367,03	-7.367,03	-10.574,71
Valor salvamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49.665,89
Flujo de caja	74.670,33	-7.367,03	-7.367,03	-7.367,03	-7.367,03	55.129,57
Factor de descuento	8,00%					
VAN	81.287,08	Ingreso del Activo	0,00			
		Costo del Activo	13.119,71			

Un flujo de efectivo normalmente tiene ingresos y egresos, en este caso en particular no existe ingresos, ya que no es un proyecto que genere un valor agregado, por lo cual las inversiones van con signo positivo y las depreciaciones con signo negativo.

La tasa de descuento o costo de oportunidad para el cálculo de la VAN y del Costo del Activo es del 8%, porque es la tasa más adecuada sobre los rendimientos financieros.

En el análisis económico no se tomo en cuenta las perdidas o gastos impredecibles como por ejemplo un cortocircuito, un incendio o mala manipulación por parte del personal, porque esto afectaría por igual a ambos sistemas de iluminación, es por ello que es preferible no considerar los imprevistos.

El costo del activo es superior para el sistema de iluminación LED ya que este es más costoso de implementar que el sistema de iluminación convencional.

El sistema de iluminación convencional presenta una VAN igual a 61.868,13 US\$, mientras que el sistema de iluminación LED posee una VAN de 81.287,08 US\$, esto quiere decir que al cabo de 5 años la inversión inicial se ha amortizado y además se ha obtenido una rentabilidad neta, que en este caso es mayor para el sistema LED ya que al final de los 5 años se tendría 19.418,95 US\$ más que si optáramos por el sistema de iluminación convencional.

Tomando en cuenta las anteriores aclaraciones, se puede concluir que el sistema de iluminación más conveniente de implementar es el sistema LED ya que este ofrece una VAN positiva y superior al sistema de iluminación convencional

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado un completo estudio de la iluminación general de altura que se desea implementar podemos concluir:

1. El uso del sistema de iluminación LED de 145 W en el área de la nave industrial sería la mejor opción ya que este ofrece una iluminación media de 351 lux demandando una potencia total de 9,86 KW, mientras que el sistema de iluminación PerformaLux MPK380 de 150 W ofrece una iluminancia media de 316 lux demandando una potencia total de 10,20 KW. El principal inconveniente de realizar esta implementación es el elevado costo del sistema de iluminación LED frente al sistema de iluminación PerformaLux MPK 380.
2. El uso de la luminaria Celino LED de 28 W en el área de bodega sería la opción más conveniente ya que ofrece una iluminación media de 220 lux demandando una potencia de 0,56 KW, mientras que la luminaria Arano TCS 640 de 32 W ofrece una iluminación media de 234 lux y una potencia de 0,768 KW. Si bien la luminaria Arano brinda una iluminación mayor, presenta la desventaja del mayor consumo eléctrico que demanda con relación a la luminaria Celino.
3. El sistema de iluminación más económico de implementar es el convencional, lámparas fluorescentes y de descarga, con un costo total de 63.328,87 US\$ en total; mientras que la implementación del sistema LED tendría un costo total de 75.072,57 US\$. Sin embargo invertir en el sistema de iluminación LED presenta ventajas técnico – económicas, ya que al poseer las lámparas una elevada vida útil con relación a las convencionales, se obtiene un ahorro de energía del 4,60% anual es decir 327,36 US\$.

Si bien el sistema de iluminación LED es más costoso de implementar que el sistema de iluminación convencional, financieramente hablando el sistema LED presenta una VAN positiva y mayor que la VAN obtenida por el convencional, esto quiere decir que invertir en lámparas LED es la mejor opción al largo plazo tanto por ahorro de energía como por ahorro por recambio y mantenimiento de las instalaciones.

4. El gran avance tecnológico en el ámbito de la iluminación, específicamente en el área de lámparas, ha motivado a los fabricantes a ofertar cada vez más lámparas con mayor eficiencia energética, menor consumo eléctrico, mejores temperaturas de colores, mayor vida útil, etc., desatancándose especialmente las lámparas del tipo LED.

5. Al utilizar un centro de cargas para el comando de las luminarias que se encuentran dentro de la nave industrial, la implementación del sistema de control es más simple, con esto se disminuyen los tiempos de mantenimiento y fallas que puedan existir posteriormente.

6. El uso de las lámparas LED en la industria ecuatoriana es prácticamente escaso debido a los elevados costos de implementación, la falta de incentivos económicos por parte del Estado para las industrias que optan por esta tecnología, otro factor importante es la falta de una cultura del ahorro energético y en algunos casos el desconocimiento de los beneficios que presenta esta tecnología.

BIBLIOGRAFIA

1. García Trasancos, José; "Electrotecnia"; Editorial Paraninfo, 1996.
2. Sobrevila, Marcelo Antonio; "Instalaciones Eléctricas"; Editorial Alsina, 2002.
3. Harper, Enrique; "Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas 2da edición"; Editorial Limusa, 2004.
4. Chapa Carreón, Jorge; "Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría"; Editorial Limusa, 2004.
5. Conдумex Cables; "Manual de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión"; ISBN 968-7987-13-8; quinta edición, 2009.
6. Manuales de Diseño ÍCARO; "Manual de Iluminación"; ISBN 84-609-0893-5, 2006
7. Manual de Alumbrado WESTHINHOUSE; Editorial Dossat, 1979
8. García Fernández, Javier; Boix, Oriol; "Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores"; ISBN 84-600-9647-5; <http://edison.upc.edu/curs/llum/> , (12/05/2012)
9. Laszlo Carlos; "Manual de Luminotecnia para Interiores";
http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF , (23/05/2012)
10. O'Donell, Beatriz; Sandoval, José; Paukste Fernando; "Capítulo 4 – Fuentes Luminosas";
<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf> , (05/07/2012)
11. Assaf, Leonardo; Colombo, Elisa; O'Donell, Beatriz; "Capítulo 5 – Luminarias para Iluminación de Interiores"; <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap05.pdf> ,(25/07/2012)
12. León, Adrian Javier; "Lighting"; Atlantic International University Honolulu, Hawaii, 2007;
<http://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Lighting%20Adrian%20Leon.pdf> ,
(07/06/2012).
13. <http://carlosdisena.blogspot.es/1254258736/>,(16/05/2012)
14. <http://es.wikipedia.org/wiki/Estereorradi%C3%A1n>, (16/05/2012)
15. Código Eléctrico Nacional "CPE INEN 019:01 CEN"
16. "Código Técnico de la Edificación, Philips®"
17. Manual de usuario "Autocad Electrical®"
18. Manual de usuario "DiaLux®"

19. Catálogo “Conductores Eléctricos, ElectroCables C.A”
20. Catálogo “Lámparas y Luminarias, Philips®”
21. Catálogo “Distribución eléctrica IEC, Schneider®”
22. Catálogo “Centros de carga QOL, Breakers enchufables y sobrepuestos QO vs. QOU, Schneider®”
23. www.sri.gov.ec, Servicio de Rentas Internas del Ecuador

ANEXOS

ANEXO A

Nave Industrial – Sistema Convencional:



PerformaLux

MPK380 1xCDM-TP150W EB

MPK380 - 1 pc - MASTER Colour CDM-TP - 150 W -
Electrónico

La campana industrial PerformaLux está diseñada para ofrecer el mejor rendimiento luminotécnico del mercado, en cuanto a este tipo de luminarias se refiere. Cumple todos los requisitos necesarios para soportar las estrictas condiciones del entorno industrial. Posee el mejor rendimiento (LOR) de su clase, lo cual significa que se requieren menos luminarias para conseguir el nivel de iluminación deseado y, en consecuencia, el coste total de propiedad es menor. PerformaLux permite ajustar el haz de luz, hecho que le confiere mayor flexibilidad cuando se alteran los escenarios o las distribuciones de planta. La apertura del haz puede ampliarse fácilmente de estrecho a medio o ancho accionando una asa integrada. Aunque esta gama ha sido concebida en principio para aplicaciones industriales, su robusto diseño combinado con una amplia variedad de lámparas y con reflectores tanto de aluminio como traslúcidos decorativos, permiten extender su uso a otras aplicaciones de iluminación general, por ejemplo, tiendas o grandes almacenes. PerformaLux está disponible en tres tamaños: grande, mediano y pequeño.

Datos del producto

• Información general

Código de familia de producto	MPK380 [MPK380]
Número de lámparas	1 [1 pc]
Tipo de la lámpara	CDM-TP [MASTER Colour CDM-TP]
Potencia de lámpara	150 W [150 W]
Lámpara auxiliar	No [-]
Kombi	No [-]
Compensación	No [-]
Equipo	EB [Electrónico]
Sistema óptico	No [-]
Cubierta óptica	No [-]
Alumbrado de emergencia	No [-]
Clase de seguridad	CLI [Seguridad clase I]
Código IP	IP23 [Protegido contra los dedos, protegido contra lluvia o agua pulverizada]
Temperatura ambiente	NT [Temperatura normal]
Test del hilo incandescente	850/5 [850 °C, duración 5 s]
Protección contra inflamación	F [Adecuada para el montaje en superficies normalmente inflamables]
Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]

• Datos Eléctricos

Arrancador	No [-]
Tensión de red	220-240 V [220 to 240 V]

• Datos Producto

Código de pedido	725109 00
Código de producto	871155972510900
Nombre de Producto	MPK380 1xCDM-TP150W EB
Nombre de pedido del producto	MPK380 1xCDM-TP150W EB
Piezas por caja	0
Cajas por caja exterior	1
Código de barras de la caja exterior	8711559725109
Código logístico - 12NC	910403083912
Peso neto por pieza	8.000 kg





MASTERCcolour CDM-TP

MASTERCcolour CDM-TP 150W/830 PGX12-2 1CT

Lámparas de descarga compactas protegidas (TP) con color de luz estable durante toda la vida de la lámpara

Datos del producto

• Características Generales

Base/Casquillo	PGX12-2
Forma de la lámpara	T31 [T 31mm]
Acabado de la Lámpara	Clara
Posición de Funcionamiento	any [Cualquiera o Universal (U)]
Vida al 5% de Fallos	9000 hr
Vida al 20% de Fallos	13000 hr
Vida al 50% de Fallos	16000 hr

• Características de la Fuente de Luz

Código de Color	830 [CCT of 3000K]
Índice Reproducción Cromática	86 Ra8
Designación de Color	Blanco Cálido
Temperatura de Color	3000 K
Temperatura Técnica de Color	3000 K
Flujo Lum.Lámpara.c.Bal.Conv	13000 Lm
Efic.Luminosa Lámp.c.Bal.Conv.	87 Lm/W
Mantenimiento	80 %
Lúmenes a 2000h Mantenimiento	70 %
Lúmenes a 5000h Mantenimiento	60 %
Lúmenes a 10000h Mantenimiento	55 %
Lúmenes a 15000h	
Coordenada Cromática X	438 -

Coordenada Cromática Y 402 -

• Características Eléctricas

Potencia del Sistema Conv.	165 W
Potencia del Sistema Elec.	170 W
Pot. de la Lámpara Estimada	150 W
Pot. de Lámpara con Bal. Conv.	149.0 W
Voltaje de la Lámpara	98 V
Cor. Lámpara con Bal. Convenc.	1.8 A
Tiempo de Arranque	30 (max) s
Tiempo Caldeo para un Flujo90%	3 (max) min
Tiempo de Re-encendido	15 (max) min
Regulable	No

• Características Medioambientales

Contenido de mercurio (Hg)	15 mg
----------------------------	-------

• Características relativas a UV

PET (NIOSH)	1140 h.klx
Factor de Daño (D/fc)	0.13 -

PHILIPS
sense and simplicity

Bodega, Baños y Cambiadores – Sistema Convencional:

Arano TCS640

TCS640 1x28W/840 HFP AC-MLO ALU



TCS640 - 1 pc - 28 W - HF Actuador - Lentes de micro-
óptica acrílica

Arano es una gama de luminarias para lámparas fluorescentes TL5, que incorpora las novedosas micro-ópticas de Philips. Las micro-ópticas patentadas con lamas tridimensionales combinan su diseño minimalista con un óptimo rendimiento en términos de distribución de luz, confort visual y eficiencia. Cumplen totalmente la normativa en vigor en cuanto a alumbrado de interiores (EN12464-1). Hay disponibles versiones para montaje adosado, suspendido, luminaria de pie o aplique de pared –algunas con alumbrado directo/indirecto– para crear un ambiente luminoso y acogedor. Se pueden unir varias luminarias Arano para formar líneas de luz.

Datos del producto

• Información general

Código de familia de producto	TCS640 [TCS640]
Número de lámparas	1 [1 pc]
Tipo de la lámpara	TL5 [TL5]
Potencia de lámpara	28 W [28 W]
Color de luz	840 [Blanco frío 840]
Kombi	K [Lámpara incluida]
Equipo	HFP [HF Actuador]
Sistema óptico	No [-]
Cubierta óptica	AC-MLO [Lentes de micro-óptica acrílica]
Alumbrado de emergencia	No [-]
Control de iluminación	No [-]
Fusible	No [-]
Cable	No [-]
Clase de seguridad	CL1 [Seguridad clase I]
Código IP	IP40 [Protegido contra cables]
Placa de relleno	No [-]
Color	ALU [Aluminio]
Test del hilo incandescente	650/5 [650 °C, duración 5 s]
Protección contra inflamación	F [Adecuada para el montaje en superficies normalmente inflamables]

Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]

• Datos Producto

Código de pedido	754772 00
Código de producto	871155975477200
Nombre de Producto	TCS640 1x28W/840 HFP AC-MLO ALU
Nombre de pedido del producto	TCS640 1x28W/840 HFP AC-MLO ALU
Piezas por caja	0
Cajas por caja exterior	1
Código de barras de la caja exterior	8711559754772
Código logístico - 12NC	910501310103
Peso neto por pieza	3.400 kg

PHILIPS
sense and simplicity



MASTER TL5 High Efficiency Eco

MASTER TL5 HE Eco 25=28W/840 UNP

Esta lámpara TL5 extraordinariamente eficiente (16 cm de diámetro de tubo) ahorra una cantidad considerable de energía mediante una sencilla sustitución lámpara por lámpara. La lámpara TL5 HE Eco ofrece un mantenimiento lumínico y una reproducción de color excelentes. Las zonas de aplicación pueden variar desde oficinas e industrias a escuelas y entornos minoristas.

• Características Generales

Base/Casquillo	G5
Forma de la lámpara	T5 [16 mm]
Vida 10% fall c/ precald EL 3 h	21000 hr
Vida Media	25000 hr
Bal.Elec.Precaldeo	
LSF HF precald	99 %
2.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
4.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
6.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
8.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
12.000h nom, 3h	
LSF HF precald	99 %
16.000h nom, 3h	
LSF HF precald	94 %
20.000h nom, 3h	

• Características de la Fuente de Luz

Código de Color	840 [CCT of 4000K]
Índice Reproducción Cromática	85 Ra8
Designación de Color	Blanco Frío
Temperatura de Color	4000 K
Flujo lum EL 25°C, nominal	2600 Lm
Flujo lum EL 25°C, nominal	2600 Lm

Flujo Lum.Lámp.c.Bal.Elec. 35°C	2900 Lm
Eficacia lum nominal HF 25°C	103 Lm/W
Eficacia lum nominal HF 35°C	114 Lm/W
LLMF HF 2.000 h nominal	96 %
LLMF HF 4.000 h nominal	95 %
LLMF HF 6.000 h nominal	94 %
LLMF HF 8.000 h nominal	93 %
LLMF HF 12.000 h nominal	92 %
LLMF HF 16.000 h nominal	91 %
LLMF HF 20.000 h nominal	90 %
Temperatura de diseño	35 C
Coordenada Cromática X	380 -
Coordenada Cromática Y	380 -

• Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	25 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	25.3 W
Potencia lámpara EL 25°C, nom	25 W
Lamp Wattage EL 35°C	25.5 W
Volt.Lámpara con Bal.Elec 25°C	143 V
Volt.Lámpara con Bal.Elec 35°C	154 V
Cor. Lámpara con Bal.Elec.25°C	0.180 A
Cor. Lámpara con Bal.Elec.35°C	0.170 A
Regulable	Sí



asimpleswitch.com

PHILIPS
sense and simplicity

Nave Industrial – Sistema LED:



GentleSpace

BY460P LED120S/740 PSD IP65 NB GC SI

BY460P - LED Module, system flux 12,000 lm - Power supply unit with DALI interface - Haz estrecho - Cristal transparente

Los clientes de aplicaciones industriales y de almacén buscan constantemente formas de reducir la cantidad de energía requerida para iluminar sus instalaciones. GentleSpace es la primera luminaria LED para gran altura capaz de sustituir directamente HID para naves de gran altura de hasta 400 W, lo que permite un notable ahorro de energía. Los LED proporcionan además luz instantánea y ofrecen la posibilidad de regular el nivel de luz. Y GentleSpace se puede regular mediante DALI, lo que permite ahorros de energía adicionales. La luminaria se presenta en dos tamaños y ofrece una opción de ópticas especiales de gran calidad que otorgan al espacio una luz confortable y suave. Todas las versiones incluyen sólidos colgadores en Y que soportan hasta 45 kg para una instalación fácil y segura. GentleSpace también está dotado de un cierre de cristal extrablancos, endurecido térmicamente y de alta calidad para una gran transparencia. Su diseño plano ahorra espacio en la parte alta del edificio, dejando espacio a otras aplicaciones como, por ejemplo, rociadores

Datos del producto

• Información general

Código de familia de producto	BY460P [BY460P]
Número de lámparas	64 [64 pcs]
Tipo de la lámpara	LED120S [LED Module, system flux 12,000 lm]
Apertura de haz de la lámpara	125 D [125°]
Color de luz	740 [740 cool white]
Temperatura de Color	4000 [4000 K]
Light source replaceable	true [Yes]
Transformador	PSD [Power supply unit with DALI interface]
Driver incluido	true [Si]
Sistema óptico	NB [Haz estrecho]
Cubierta óptica	GC [Cristal transparente]
Control de iluminación	No [-]
Regulable	true [Si]
Clase de seguridad	CLI [Seguridad clase I]
Código IP	IP65 [Protegido contra penetración de polvo, protegido contra chorros de agua]
Código IK	IK08 [5] protegida contra vandalismo]
Temperatura ambiente	-30 to +45°C [-30 to +45 °C]

Color	SI [Plata]
Test del hilo incandescente	650/5 [650 °C, duración 5 s]
Protección contra inflamación	No [Adecuada para el montaje en superficies no inflamables]
Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]
Ball Impact Resistance mark	BIR [Ball Impact Resistance mark]
Vida al 50% del flujo luminoso	90000 hr
Vida al 70% del flujo luminoso	75000 hr
Vida al 90% del flujo luminoso	40000 hr
Failure rate at 5000 hrs	0.05 %

• Datos Técnicos

Índice reproducción cromática	76 [76]
Flujo luminoso	11720 Lm
Eficiencia luminosa	81 Lm/W

• Datos Eléctricos

Potencia del sistema	145 W [145 W]
Tensión de red	220-240 V [220 to 240 V]
Frecuencia de línea	50-60 Hz [50 to 60 Hz]



PHILIPS
sense and simplicity

Bodega, Baños y Cambiadores – Sistema LED:

Celino LED

BCS680 LED24/840 PSD W7L122 LIN-PC



BCS680 - LED Module 2400 lm - Power supply unit with DALI interface - Linear-lens array in polycarbonate cover

Celino is a complete luminaire range that reflects the market trend towards miniaturization and architectural integration, while delivering a significant advance in optical performance. Celino features Philips' aluminum micro optic with 3D lamellae, which ensures optimum visual comfort and efficiency in compliance with the latest office-lighting norm (EN 12464-1). Made of natural anodized aluminum, the housing of Celino is a mere 71 mm wide and has die-cast-aluminum end caps. The design allows multiple luminaires to be connected in a line arrangement. Celino is available as a full range – suspended, surface-mounted, free-standing and wall-mounted, with a choice of T15, T15 Eco or LED light sources – for maximum freedom in application.

Datos del producto

• Información general

Código de familia de producto	BCS680 [BCS680]
Tipo de la lámpara	LED24 [LED Module 2400 lm]
Color de luz	840 [Blanco frío 840]
Temperatura de Color	4000 [4000 K]
Light source replaceable	false [No]
Transformador	PSD [Power supply unit with DALI interface]
Driver incluido	true [Si]
Cubierta óptica	LIN-PC [Linear-lens array in polycarbonate cover]
Control de iluminación	No [-]
Regulable	true [Si]
Clase de seguridad	CL1 [Seguridad clase I]
Código IP	IP40 [Protegido contra cables]
Código IK	IK07 [2 J Reforzado]
Temperatura ambiente	+10 to +40°C [+10 to +40 °C]
Placa de relleno	No [-]
Color	ALU [Aluminio]
Test del hilo incandescente	850/5 [850 °C, duración 5 s]
Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]
Vida al 70% del flujo luminoso	50000 hr
Vida al 90% del flujo luminoso	30000 hr
Failure rate at 5000 hrs	0.75 %

• Datos Técnicos

Índice reproducción cromática	≥80 [≥80]
Flujo luminoso	2030 Lm
Eficiencia luminosa	73 Lm/W

• Datos Eléctricos

Potencia del sistema	28 W [28 W]
Tensión de red	220-240 V [220 to 240 V]
Frecuencia de línea	50-60 Hz [50 to 60 Hz]
Tensión señal de control	0-16 V [0-16 V DC DALI]

• Mecánico

Geometry	W7L122 [Width 0.07 m, length 1.22 m]
Housing material	ALU [Aluminum]
Optical cover material	PC [Polycarbonate]

• Datos Producto

Código de pedido	915224 00
Código de producto	871794391522400
Nombre de Producto	BCS680 LED24/840 PSD W7L122 LIN-PC
Nombre de pedido del producto	BCS680 LED24/840 PSD W7L122 LIN-PC
Piezas por caja	0
Cajas por caja exterior	1
Código de barras de la caja exterior	8717943915224
Código logístico - 12NC	910504074803



ANEXO B

B-1) Especificaciones y tablas técnicas de los conductores utilizados en el proyecto

INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS AL AIRE (40 °C)

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento													
A1			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1					PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2				PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
D*		VER SIGUIENTE TABLA											
E							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
Cobre	mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	86	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	109	118	130	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	130	143	156	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	150	164	188	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	171	188	205	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	194	213	233	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	227	249	272	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	259	285	311	360	396	423	481	525	565	630	674	713	
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
	4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
	6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
	10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
	16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82
	25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
	35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
	50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
	70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
	95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
	120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
	150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
	185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558	

baja tensión cables para instalaciones interiores o receptoras

AFUMEX 1000 V (AS) 

0,6/1 kV UNE 21123-4 RZ1-E (AS)



CARACTERÍSTICAS CABLE



- Norma constructiva: UNE 21123-4.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 3500 V.

Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- No propagación del incendio: UNE EN 50266-2-4; IEC 60332-3; NFC 32070-C1.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: NES 713; NFC 20454; $h \leq 1,5$.
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Muy baja emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-3; IEC 60754-2; NFC 20453; BS 6425-2; $pH \geq 4,3$; $C \leq 10 \mu S/mm$.

DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.
Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.
Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.
(Ver tabla de colores según número de conductores).

CUBIERTA

Material: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.
Color: Verde, con franja de color identificativa de la sección y que permite escribir sobre la misma para identificar circuitos (ver colores en página siguiente).



APLICACIONES

- Cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente adecuado para instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia: (salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.)
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parking, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable (instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc.) o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.
 - Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14). - Derivaciones individuales (ITC-BT 15). - Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
 - Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
 - Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
 - Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

Baja tensión cables para instalaciones interiores o receptoras

AFUMEX 1000 V (AS) 

Tensión nominal: **0,6/1 kV** Norma: **UNE 21123-4** Configuración: **RZ1-K (AS)**



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (I) A	Intensidad admisible sobrecarga (I _s) A	Costo de instalación IVA Inc	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	5,7	42	13,3	21	No Permitido	26,5	21,38
1 x 2,5	0,7	6,2	60	7,98	29	No Permitido	15,92	12,88
1 x 4	0,7	6,8	74	4,95	38	No Permitido	9,96	8,1
1 x 6	0,7	7,3	96	3,3	49	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	8,4	140	1,91	68	58	4	3,31
1 x 16	0,7	9,4	195	1,21	91	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	11	290	0,78	116	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	12,6	395	0,55	144	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14,2	550	0,38	175	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	15,8	750	0,27	224	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	17,9	970	0,20	271	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	19	1200	0,16	314	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	21,2	1480	0,12	363	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	23,9	1866	0,10	415	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	26,9	2350	0,08	490	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	29,5	3063	0,06	630	380	0,14	0,19
2 x 1,5	0,7	8,7	105	13,3	24	No Permitido	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	9,6	136	7,98	33	No Permitido	18,66	15,07
2 x 4	0,7	10,5	175	4,95	45	No Permitido	11,68	9,46
2 x 6	0,7	11,7	230	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	14	345	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	16,9	503	1,21	105	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	20,4	780	0,78	123	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	23,4	1060	0,55	154	140	1,34	1,16
2 x 50	1	26,8	1448	0,38	188	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	9,2	120	13,3	24	No Permitido	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	10,1	160	7,98	33	No Permitido	18,66	15,07
3 G 4	0,7	11,1	215	4,95	45	No Permitido	11,68	9,46
3 G 6	0,7	12,3	282	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	14,7	430	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	17,8	650	1,21	105	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	21,4	946	0,78	110	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	24,9	1355	0,55	137	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28,6	1869	0,38	167	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	32,1	2530	0,27	214	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	36,4	3322	0,20	259	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	40,3	4301	0,16	301	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	44,9	5332	0,12	343	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	49,8	6521	0,10	391	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	56,1	8576	0,08	468	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	61,8	10633	0,06	565	380	0,14	0,18

(1) Instalación en bandeja al aire (40°C).
 → XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
 → XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G mono-fásicas).
 → XLPE3 con instalación tipo E → columna 10 (3x, 4G, 4x, 5G trifásicas).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K-m/W.
 → XLPE3 con instalación tipo Método D (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásicas.
 → XLPE2 con instalación tipo D (Cu) → 2x, 3G mono-fásicas. (Ver página 23).



B-2) Especificaciones y tablas técnicas de las protecciones eléctricas, centro de cargas y contactores utilizados en el proyecto

Interruptores de Baja Tensión Norma IEC

EasyPact Tecnología de clase mundial

2

Marco de 100 A, Tipo N
Capacidad de interrupción

25 KA a 220/240 VAC
10 KA a 440/480 VAC
5 KA a 125/250 VDC



EasyPact N 3P

CATALOGO	DESCRIPCIÓN		PRECIO USD
	CORRIENTE NOMINAL AMP.	NÚMERO DE POLOS	
EZC100N3015	15	3	61,88
EZC100N3020	20	3	61,88
EZC100N3030	30	3	61,88
EZC100N3040	40	3	61,88
EZC100N3050	50	3	61,88
EZC100N3060	60	3	61,88
EZC100N3075	75	3	67,53
EZC100N3080	80	3	67,53
EZC100N3100	100	3	67,53

EasyPact es identificado por su catálogo, no existe referencia numérica.

Precios sujetos a cambios sin previo aviso. Adicionar IVA vigente

Sistema Multi 9

Interruptores diferenciales gama ID/IDsi IEC1008



ID

Interruptores diferenciales "ID" (Clase AC)

Nº Polos	Corriente nominal (A)	Sensibilidad (mA)	Referencias
2	25	10	16200
2	25	30	16201
2	25	300	16202
2	40	30	16204
2	40	300	16206
2	63	30	16208
2	63	300	16210
2	80	30	16212
2	80	300	16214
4	25	30	16251
4	25	300	16252
4	40	30	16254
4	40	300	16256
4	63	30	16258
4	63	300	16260
4	80	300	16263

Distribución Terminal Norma IEC

Interruptor Termomagnético para riel DIN DOMAE

Capacidad de interrupción según norma IEC 947.2 (Icu)

1 polo:	110 V, 10 KA
	220 V, 5 KA
2 y 3 polos:	220 V, 10 KA
	400 V, 5 KA

2



REFERENCIA	PARTE	DESCRIPCIÓN	ANCHO EN PASO DE 9mm	PRECIO USD
12479		1 polo 6A	2	5,14
12480		1 polo 10A	2	5,14
12481		1 polo 16A	2	5,14
12482		1 polo 20A	2	5,14
12483		1 polo 25A	2	5,14
12484		1 polo 32A	2	5,14
12485		1 polo 40A	2	5,66
12615		1 polo 50A	2	5,66
12616		1 polo 63A	2	5,66
12493		2 polos 6A	4	11,19
12494		2 polos 10A	4	11,19
12495		2 polos 16A	4	11,19
12496		2 polos 20A	4	11,19
12497		2 polos 25A	4	11,19
12498		2 polos 32A	4	11,19
12499		2 polos 40A	4	12,30
12617		2 polos 50A	4	12,30
12618		2 polos 63A	4	12,30
11050		3 polos 6A	6	17,31
11051		3 polos 10A	6	17,31
11052		3 polos 16A	6	17,31
11053		3 polos 20A	6	17,31
11054		3 polos 25A	6	17,31
11055		3 polos 32A	6	17,31
11056		3 polos 40A	6	17,31
12619		3 polos 50A	6	18,87
12621		3 polos 63A	6	18,87

Precios sujetos a cambios sin previo aviso. Adicionar IVA vigente

Ficha de producto
Características

GC2502M5
contactor GC - 2 NC - 25 A - 220-240 V CA



Principal

Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	TeSys GC
Tipo de producto o componente	Modular contactor
Modelo de dispositivo	GC25
Aplicación de contactor	Calefacción Control del motor Lighting
Categoría de empleo	AC-7A AC-7B
Número de polos	2P
Comp. contacto polo	2 NC
Tensión asignada de empleo	<= 250 V AC
Intensidad asignada de empleo (Ie)	8.5 A AC-7B 25 A AC-7A
Control circuit type	CA 50 Hz
Tensión de circuito de control	220...240 V AC 50 Hz
Tipo de control	Mando a distancia
Modo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN

Complementario

[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV
[Ith] Intensidad térmica convencional	25 A en <= 50 °C para circuito de alimentación
Escuadra universal,	68 A en 400 V AC para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 61095
Capacidad corte nominal	68 kA at 400 V for power circuit conforming to IEC 61095
[Icw] Intensidad de corta curación admisible	62 kA <= 40 °C 30 s power circuit 200 kA <= 40 °C 10 s power circuit
Capacidad de fusible asociado	25 A gL at <= 440 V for power circuit
Impedancia media	2.5 mOhm en 50 Hz - Ith 25 A para circuito de alimentación
Tensión asignada de aislamiento	500 V conforming to VDE 0110 500 V conforming to IEC 61095
Potencia disipada por polo	1.6 W
Normas	IEC 60947-5 IEC 61095 VDE 0637-3

Centros de Carga QOL

QO Load centers de SQUARED , Han sido diseñados para cumplir los requerimientos de protección de los sistemas industriales, residenciales y comerciales, el gabinete es tipo NEMA 1 para usos generales, fabricado con lamina de acero estirado en frío, previo tratamientos de fosfatizado en caliente y curado al horno

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- construcción para 1 o 3 fases
- de 1 a 42 polos con o sin puerta al frente
- montaje sobrepuesto o empotrado
- de 30 a 400 A en los terminales principales on el breaker principal
- bus de cobre para paneles modificables
- bus de aluminio para paneles fijos



INTERIOR CENTRO DE CARGA

REFERENCIA			PRECIO
	ESPACIOS	AMPERIOS (A)	USD
monofásicos, 240/120 voltios, con terminales para alimentación, 3 hilos			
QOL-1S (s/neutro)	1	100	9,62
QOL-1S (c/neutro)	1	100	12,33
QOL-2F	2	100	17,05
QOL-2PT (Econ.)	2	100	9,30
QOL-4F	4	100	26,07
QOL-4PT (Econ.)	4	100	15,81
QOL-6F	6	125	31,86
QOL-8F	8	125	34,65
QOL-12F	12	125	50,27
QOL-16F	16	125	57,20
QOL-20F	20	125	70,20
QOL-30F	30	225	120,65
Trifásicos, 240/120 voltios, con terminales para alimentación, 3 hilos			
QOL-403F	3	100	34,08
QOL-406F	8	125	50,48
QOL-412F	12	125	87,13
QOL-420F	20	125	124,33
QOL-430F	30	225	167,34
QOL-442F	42	225	248,34

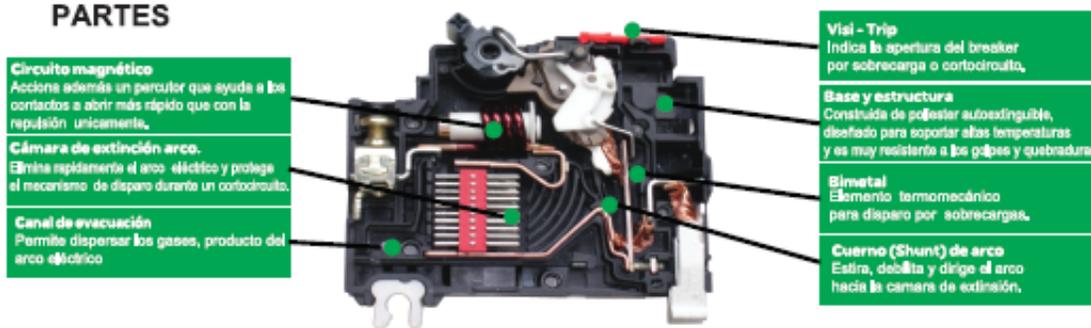
Breakers QOVs EL PODER DE LA LIMITACIÓN

El breaker limitador QOVs representa una familia completa de interruptores para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales brindan protección térmica y magnética contra corto circuito y sobrecarga adicionalmente el QOVs, nos permite utilizarlo para mando y seccionamiento, es tipo enchufable para ser instalado en los centros de carga QOL o en las bases unipolares de Square D.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- **conformidad con las normas:** bajo la Norma IEC 60898
- **tropicalización:** soporta una humedad relativa de 95% a 55°C según las pruebas prescritas en la norma IEC68 tropicalización ejecución 2
- **curva de disparo:** Tipo C para protección de conductores y cargas estándar los umbrales magnéticos actúan entre 5 y 10 In.
- **capacidad:** de 10 a 63 A. En 1,2,3 polos
- **indicador de disparo visi trip:** indicación del breaker disparado mediante la visualización de una lengüeta naranja
- **poder de limitación:** gracias a su poder de limitación el QOVs protege eficazmente la instalación y la carga ante los efectos térmicos, efectos electromagnéticos y efectos mecánicos

PARTES



QO110VSC6



QO216VSC6

REFERENCIA	POLOS	AMPERIOS (A)	PRECIO USD
CON CAPACIDAD DE INTERRUPCIÓN DE 10K A 120/208 V PARA CENTROS DE CARGA			
QO110VSC6	1	10	4,89
QO116VSC6	1	16	4,89
QO120VSC6	1	20	4,89
QO132VSC6	1	32	4,89
QO140VSC6	1	40	5,37
QO150VSC6	1	50	5,37
QO163VSC6	1	63	5,37
QO216VSC6	2	16	11,82
QO220VSC6	2	20	11,82
QO232VSC6	2	32	12,03
QO240VSC6	2	40	12,03
QO250VSC6	2	50	12,03
QO263VSC6	2	63	12,03

Ficha de producto
Características

LC1D096M7
contactor TeSys LC1D - 3 P - AC-3 440V 9 A -
220 V AC

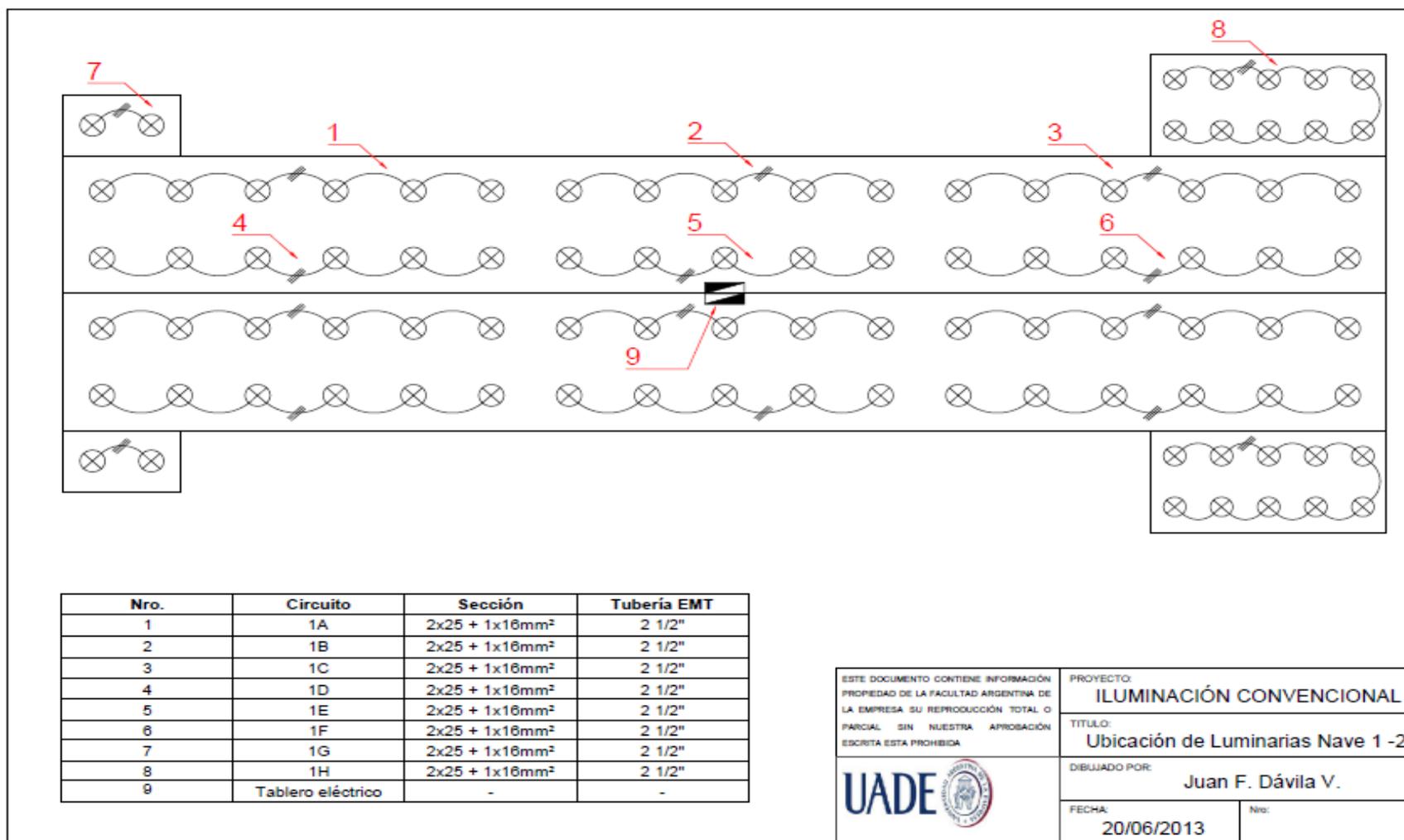


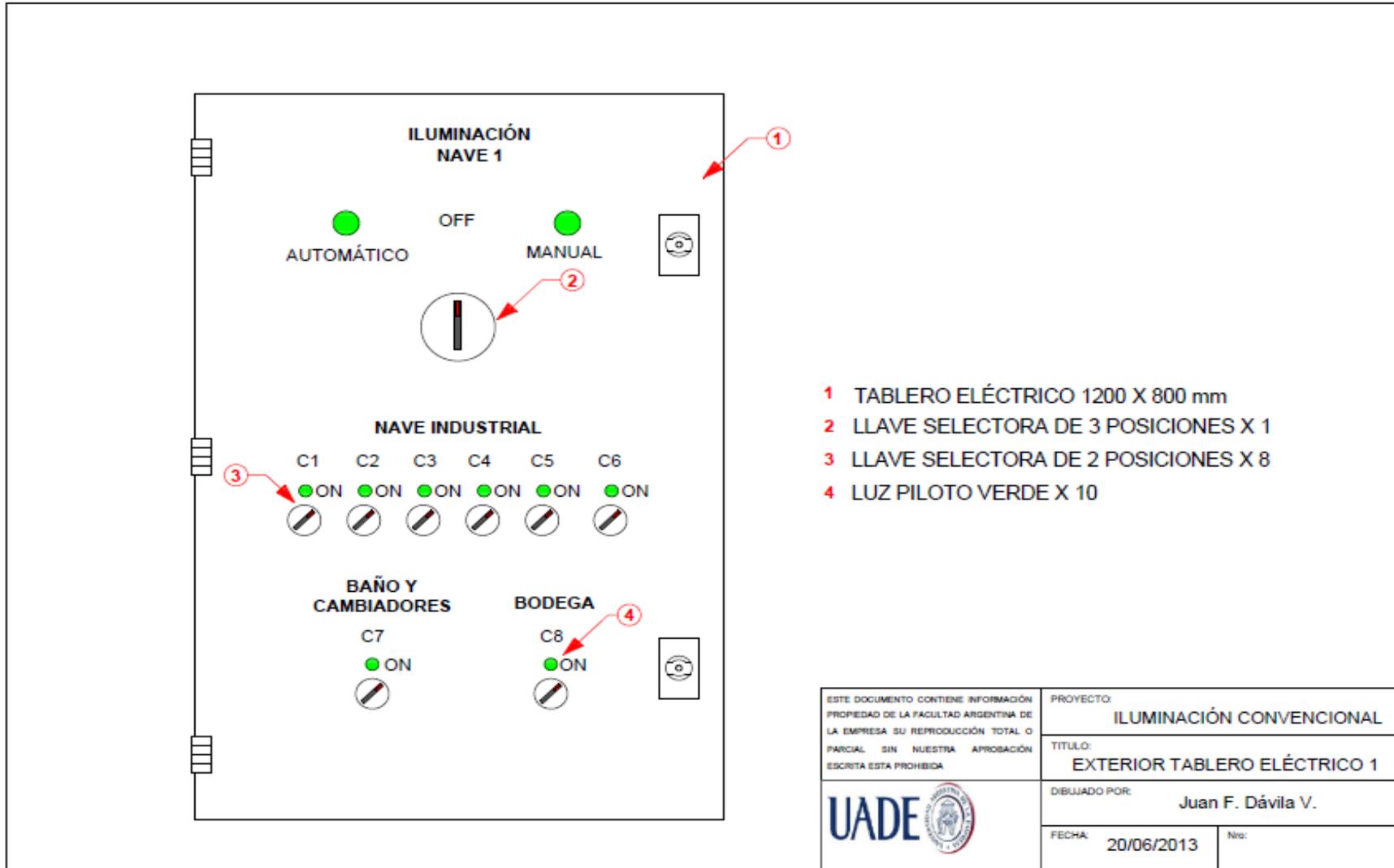
Principal

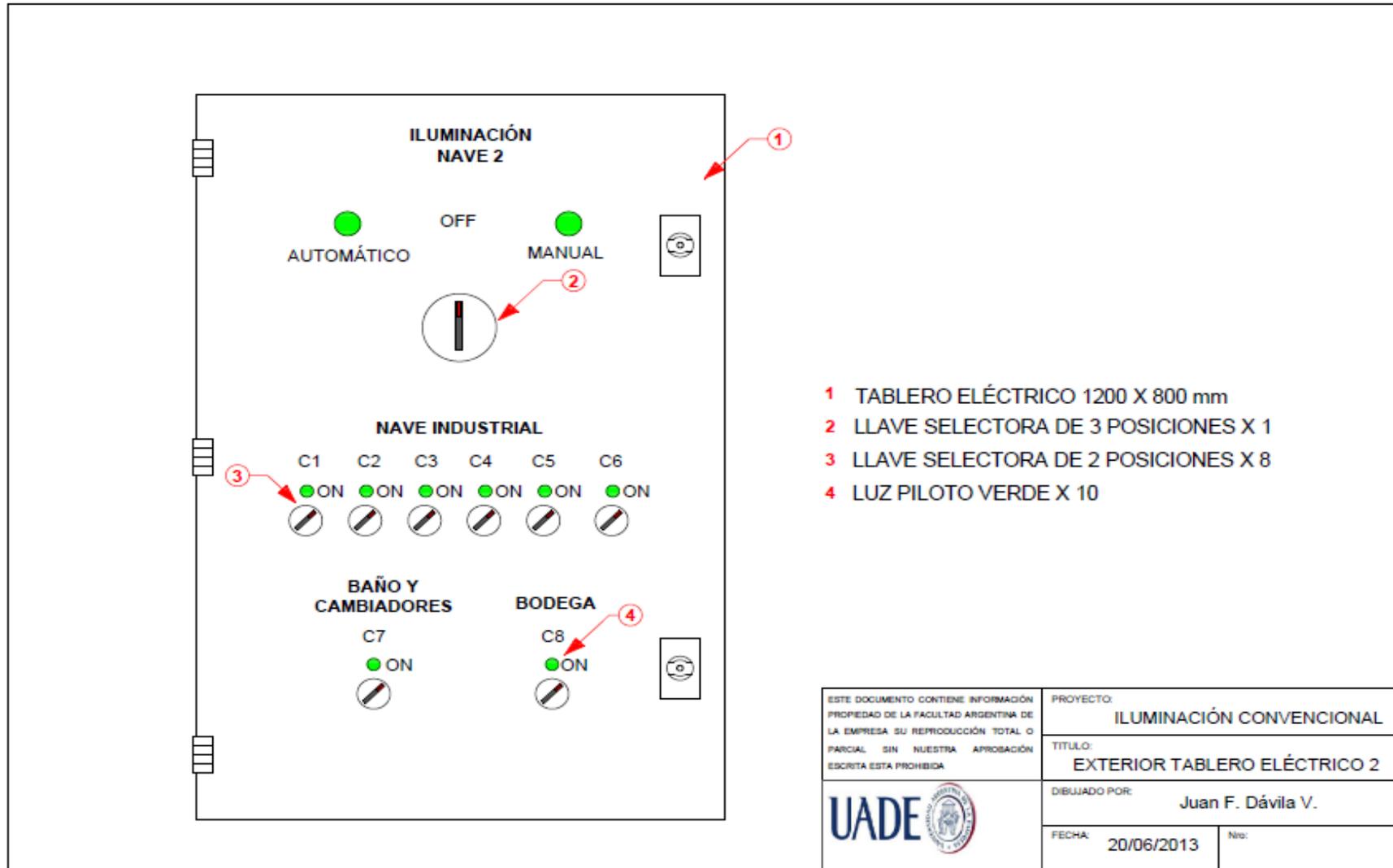
Exhibita comercial	Comercializado
Gama de producto	TeSys D
Tipo de producto o componente	Conector
Modelo de dispositivo	LC1D
Aplicación de contactor	Control del motor Carga reactiva
Categoría de empleo	AC-1 AC-3
Número de polos	3P
Comp. contacto polo	3 NO
Tensión asignada de empleo	≤ 300 V DC for power circuit ≤ 690 V AC 25...400 Hz para circuito de alimentación
Intensidad asignada de empleo (Ie)	9 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 V AC AC-3 para circuito de alimentación 25 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 V AC AC-1 para circuito de alimentación
Potencia del motor en kW	5.5 kW en 660...690 V AC 50/60 Hz 5.5 kW en 500 V AC 50/60 Hz 4 kW en 415...440 V AC 50/60 Hz 4 kW en 380...400 V AC 50/60 Hz 2.2 kW en 220...230 V AC 50/60 Hz
Potencia del motor en CV	7.5 hp en 575/600 V AC 50/60 Hz para 3 fases motores 5 hp en 480/480 V AC 50/60 Hz para 3 fases motores 2 hp en 230/240 V AC 50/60 Hz para 3 fases motores 2 hp en 200/208 V AC 50/60 Hz para 3 fases motores 1 hp en 230/240 V AC 50/60 Hz para 1 fase motores 0.5 hp en 115 V AC 50/60 Hz para 1 fase motores
Control circuit type	CA 50/60 Hz
Tensión de circuito de control	220 V CA 50/60 Hz
Composición contacto auxiliar	1 NA + 1 NC
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV de acuerdo con IEC 60947
Categoría de sobretensión	III
[Ith] Intensidad térmica convencional	10 A en ≤ 60 °C para circuito de señalización 25 A en ≤ 60 °C para circuito de alimentación
Ejecución universal,	250 A DC para circuito de señalización de acuerdo con IEC 60947-5-1 140 A AC para circuito de señalización de acuerdo con IEC 60947-5-1 250 A en 440 V para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 60947
Capacidad corte nominal	250 A en 440 V para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 60947

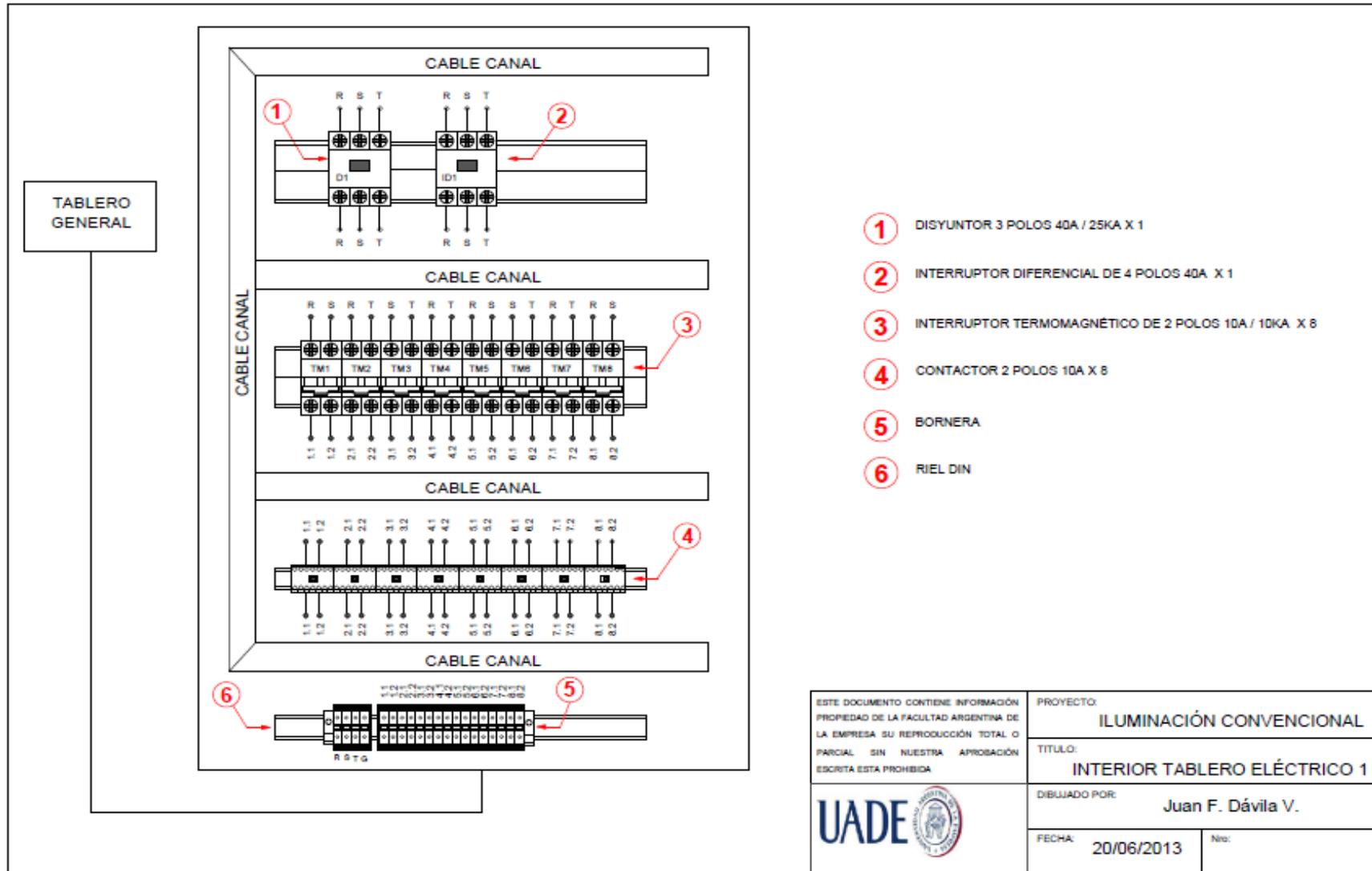
La información descrita en este documento constituye un consejo de Schneider Electric. No debe ser utilizada como base para la toma de decisiones. El usuario debe verificar la información técnica de los productos de Schneider Electric antes de utilizarlos. El fabricante de los productos de Schneider Electric no se responsabiliza de los daños o lesiones causados por el uso de los productos de Schneider Electric.

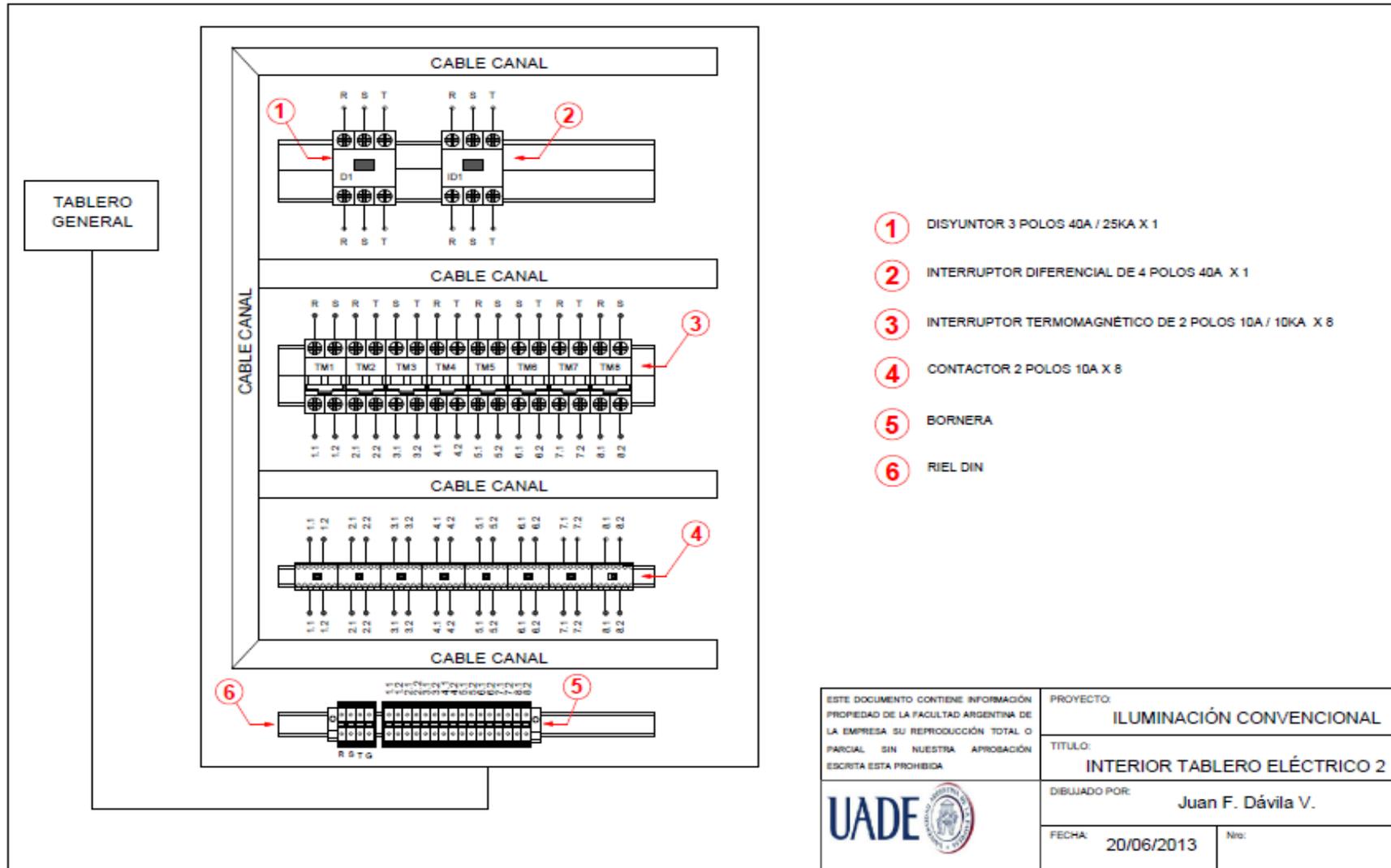
B-3) Esquemas eléctricos

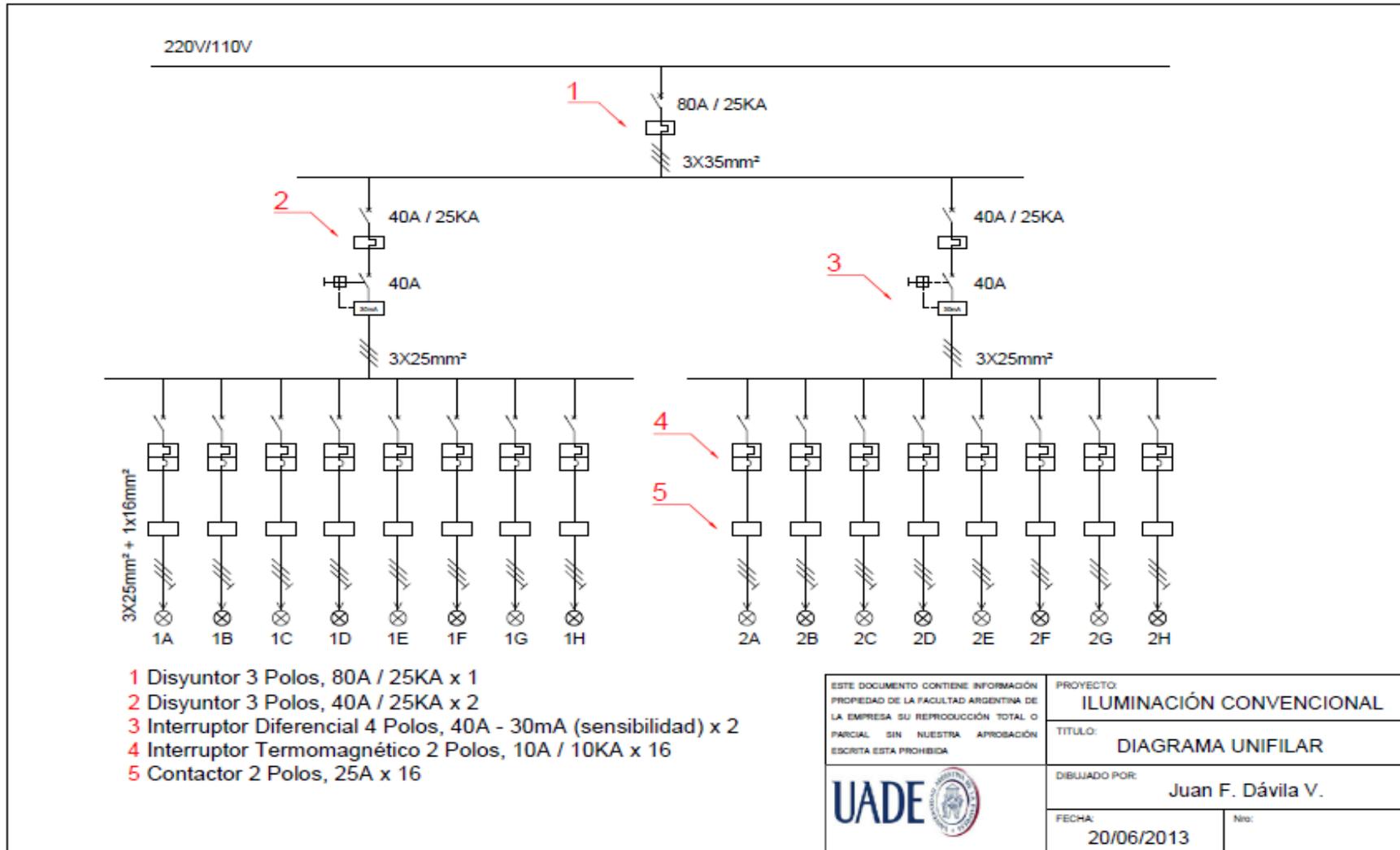


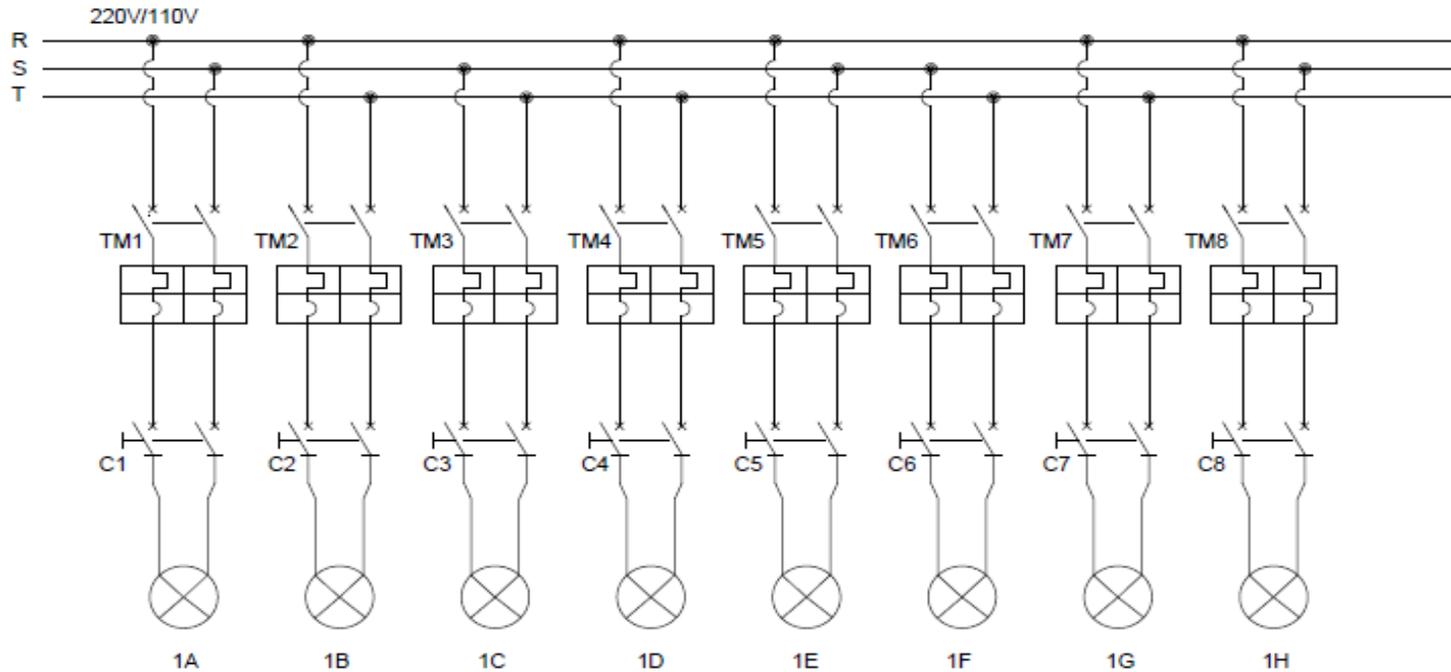






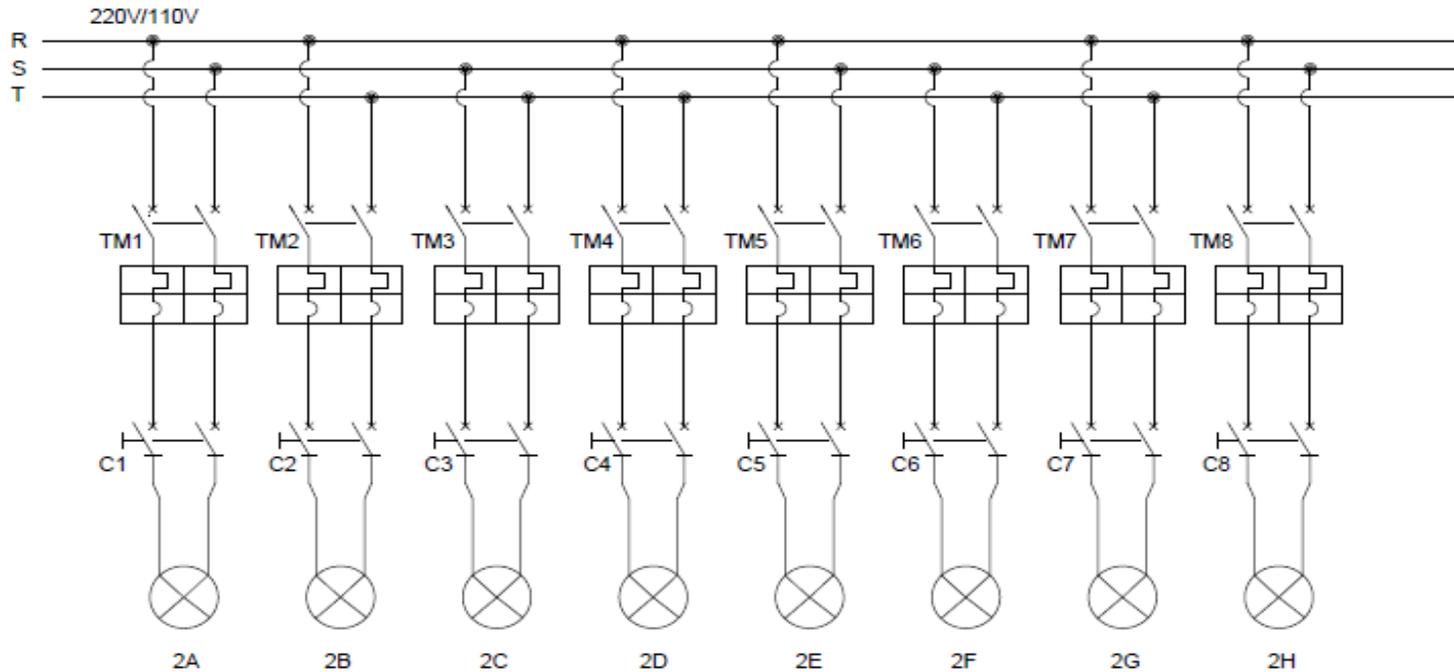






Sección de los conductores eléctricos a colocar: 2x25mm² + 1x16mm²

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIEDAD DE LA FACULTAD ARGENTINA DE LA EMPRESA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN NUESTRA APROBACIÓN ESCRITA ESTA PROHIBIDA	PROYECTO: ILUMINACIÓN CONVENCIONAL
	TÍTULO: DIAGRAMA TRIFILAR NAVE 1
	DIBUJADO POR: Juan F. Dávila V.
	FECHA: 20/06/2013
No:	

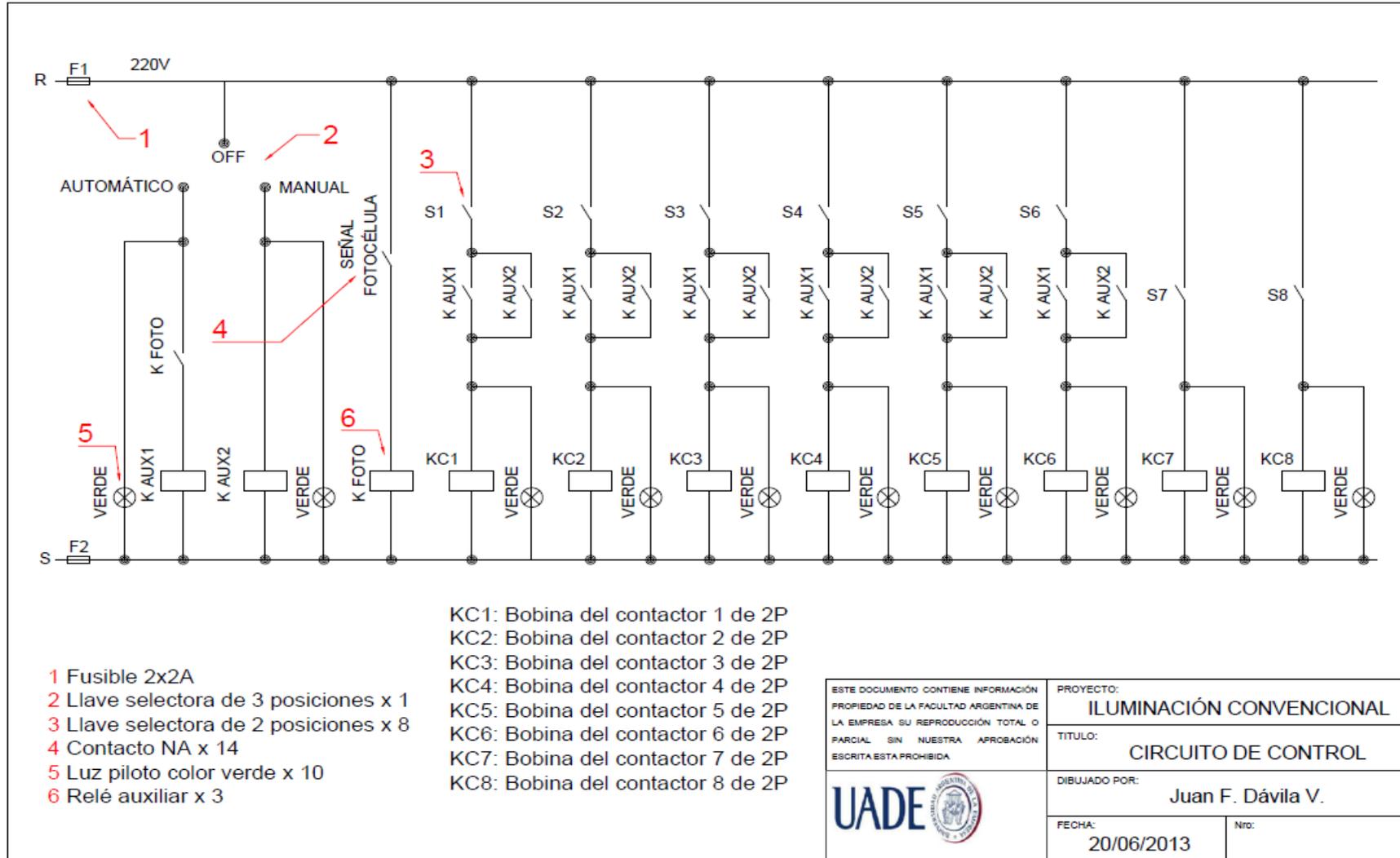


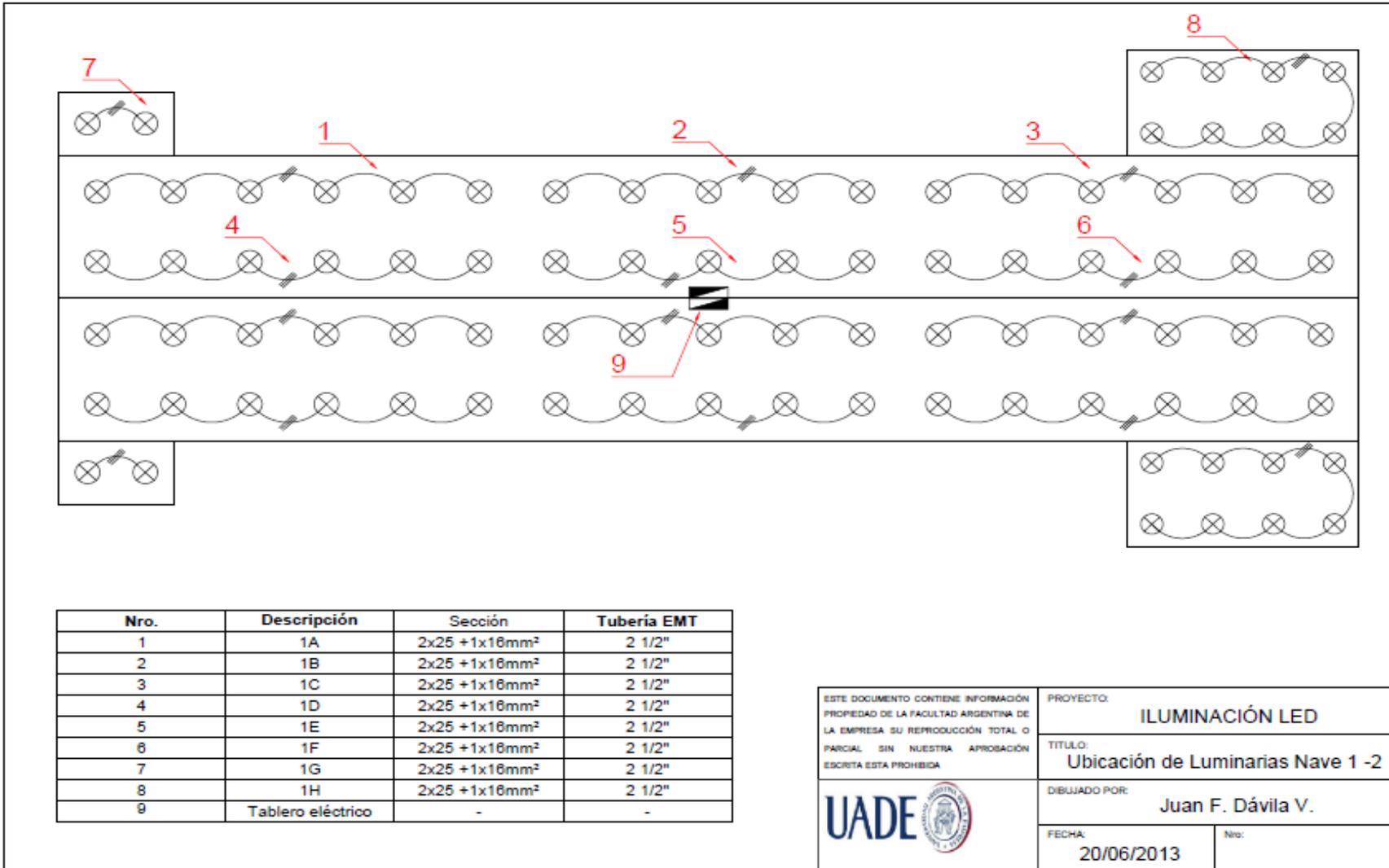
Sección de los conductores eléctricos a colocar: 2x25mm² + 1x16mm²

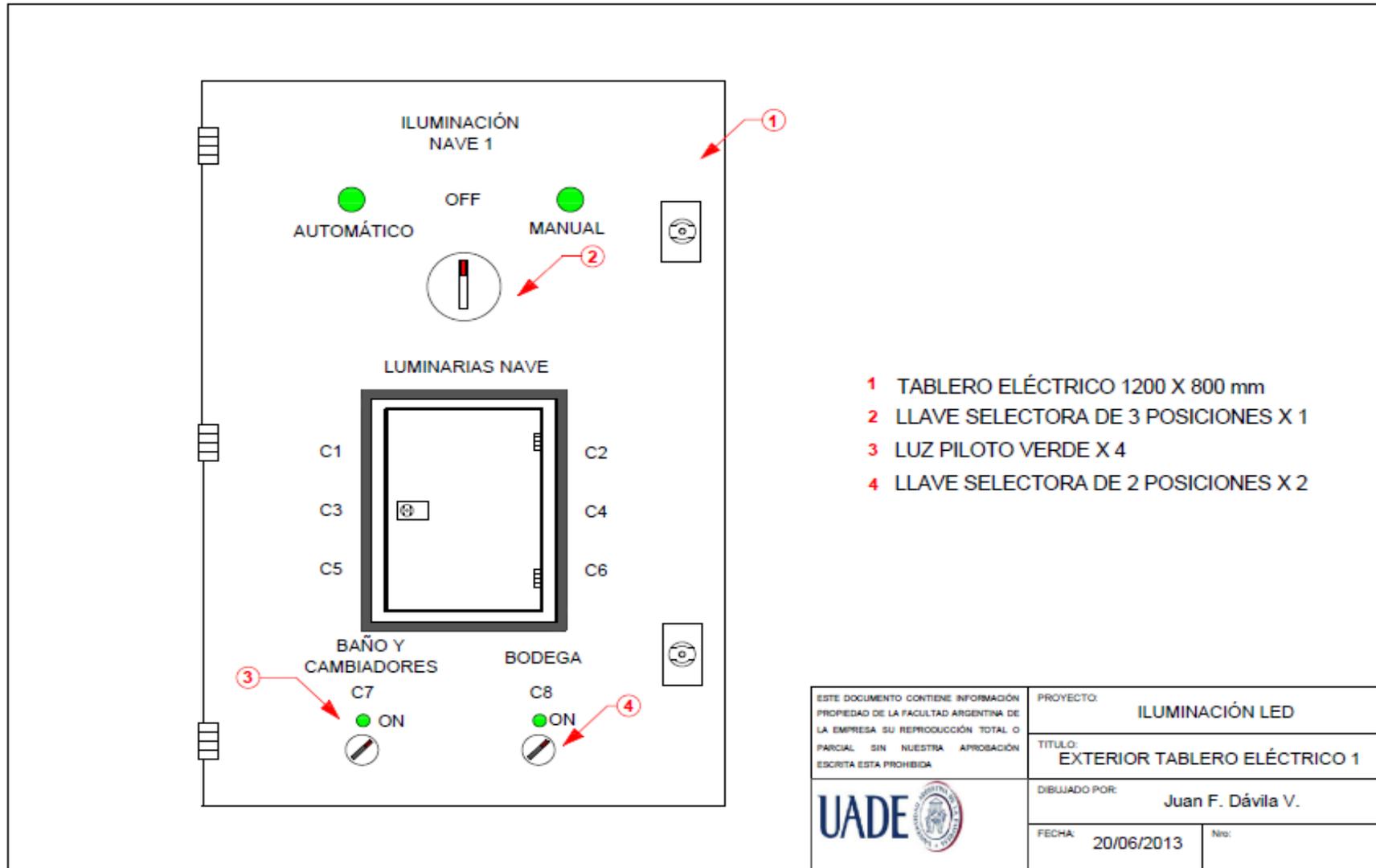
ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN
PROPIEDAD DE LA FACULTAD ARGENTINA DE
LA EMPRESA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL SIN NUESTRA APROBACIÓN
ESCRITA ESTA PROHIBIDA

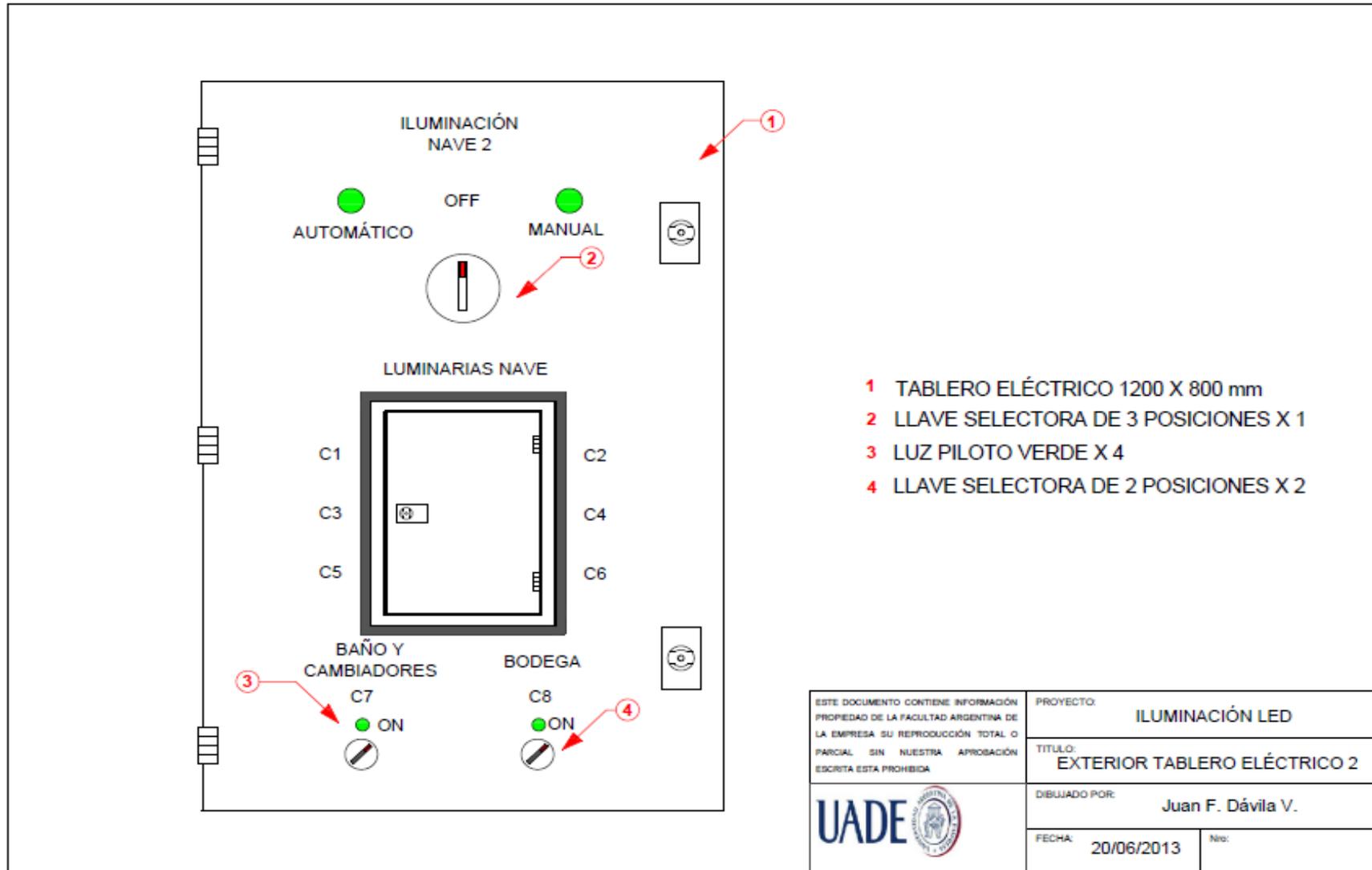


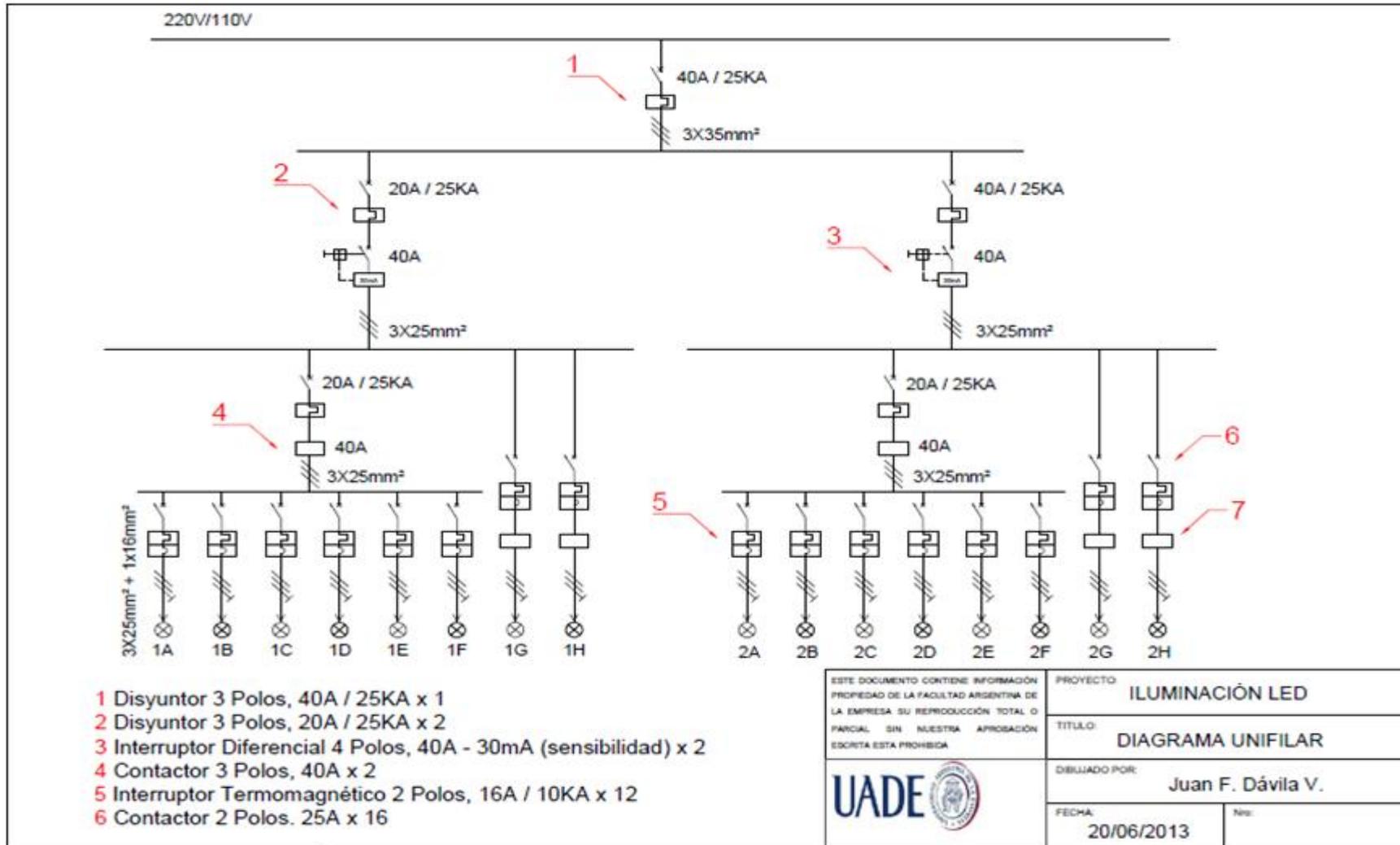
PROYECTO: ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	
TÍTULO: DIAGRAMA TRIFILAR NAVE 2	
DIBUJADO POR: Juan F. Dávila V.	
FECHA: 20/06/2013	Nro:

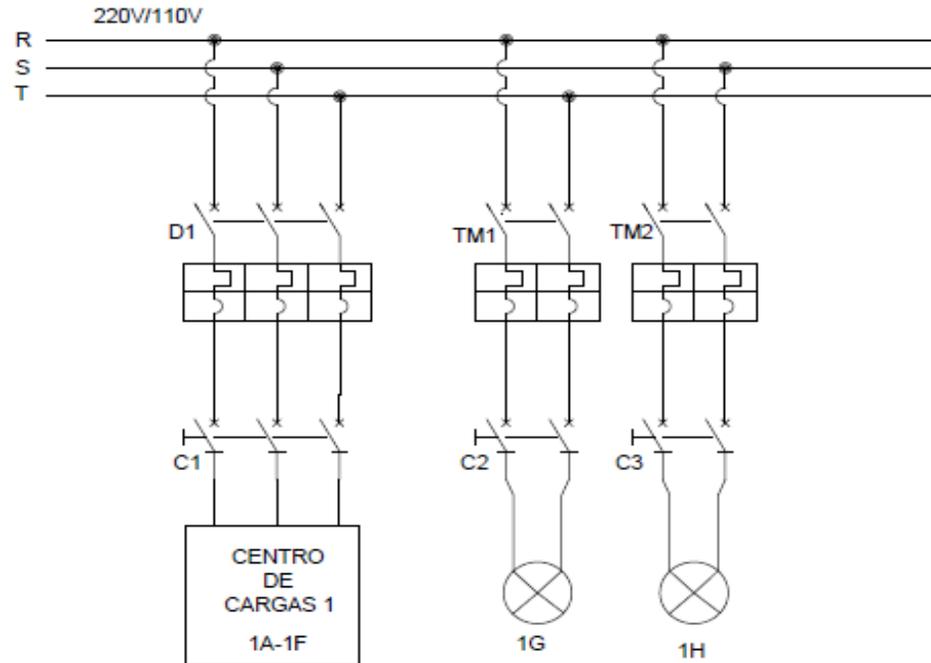






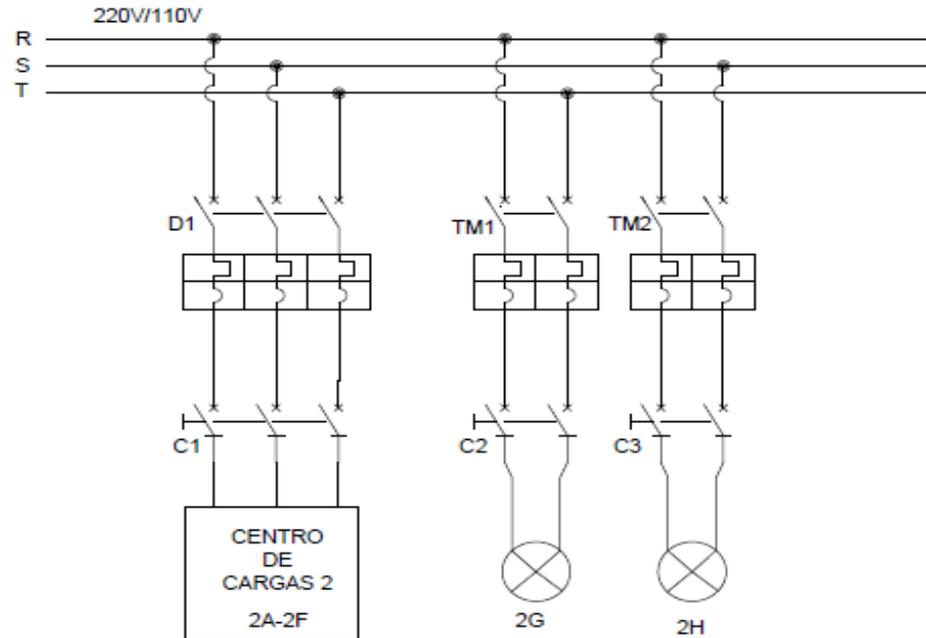






Sección de los conductores eléctricos a colocar: 2x25mm² + 1x16mm²

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIEDAD DE LA FACULTAD ARGENTINA DE LA EMPRESA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN NUESTRA APROBACIÓN ESCRITA ESTA PROHIBIDA	PROYECTO: ILUMINACIÓN LED
	TÍTULO: DIAGRAMA TRIFILAR NAVE 1
	DIBUJADO POR: Juan F. Dávila V.
	FECHA: 20/06/2013
Nro:	



Sección de los conductores eléctricos a colocar: 2x25mm² + 1x16mm²

ESTE DOCUMENTO CONTIENE INFORMACIÓN PROPIEDAD DE LA FACULTAD ARGENTINA DE LA EMPRESA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN NUESTRA APROBACIÓN ESCRITA ESTA PROHIBIDA



PROYECTO:	ILUMINACIÓN LED
TÍTULO:	DIAGRAMA TRIFILAR NAVE 2
DIBUJADO POR:	Juan F. Dávila V.
FECHA:	20/06/2013
Nro:	

