

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.”

FASE 1: AUDITORIA TÉCNICA Y REDISEÑO.

ALEXANDRA MAGALY CABASCANGO QUILUMBA

EDITH EVELYN LIMA ACOSTA

SANGOLQUI – ECUADOR

ENERO 2005

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado ‘Optimización del sistema de iluminación de la planta industrial NOVOPAN del Ecuador S.A.’ ha sido desarrollado en su totalidad por la Srta. Alexandra Magaly Cabascango Quilumba y la Srta. Edith Evelyn Lima Acosta.

ATENTAMENTE

Ing. Fausto Ludeña

DIRECTOR

Ing. Hugo Ortiz

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios y a mis papis por acompañarme y aconsejarme a lo largo de mi vida y mi carrera, a mis amigos por su cariño y comprensión, a Evelyn quien a más de ser mi compañera de tesis ha sido una gran amiga, a mis profesores y directores de tesis quienes me han encaminado académica y moralmente, y al Ing. Ludeña por medio del cual recibimos el apoyo de la fábrica NOVOPAN del Ecuador S.A.

Alexandra

Agradezco a Dios por darme unos padres ejemplares, y por siempre guiarme en todos los momentos de mi vida.

Agradezco a mis padres por darme su apoyo incondicional, y las fuerzas para seguir adelante, ya que gracias a ustedes he podido culminar con éxito mi carrera.

Gracias al Ing. Fausto Ludeña y al Ing. Hugo Ortiz por haber compartido sus conocimientos y por su ayuda absoluta durante el desarrollo de la tesis.

Evelyn

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento de mi vida. Y a Dios por estar siempre a mi lado.

Alexandra

A Dios por ser mi amigo incondicional.

A mis Padres por luchar a mi lado en todo momento, por su sacrificio diario para darme lo mejor; los quiero.

A mis hermanos Sheila y Jonathan, por velar por mí y brindarme su ayuda.

Evelyn

PROLOGO

El presente proyecto tiene como objetivo, establecer y documentar el estado actual del sistema de iluminación, así como el consumo eléctrico de la planta industrial NOVOPAN DEL ECUADOR S.A., dicho estudio permite realizar el rediseño del sistema de iluminación interna y externa en forma automatizada. Como parte complementaria del rediseño se realiza un estudio costo - beneficio, que ayudará a la planta industrial a tener un control de la parte financiera del proyecto.

Para la realización del rediseño se investigo las nuevas tecnologías en iluminación así como también las nuevas tendencias en automatización industrial.

Tomando en cuenta las necesidades lumínicas de cada área de trabajo presente en la planta, se realiza la automatización del sistema de iluminación en tres sectores:

- El sector de las naves industriales, que costa de tres PLC's los cuales controlarán de forma horaria el encendido de las lámparas.
- Las oficinas, están implementados sensores de presencia.
- Y en la parte exterior se ha colocado fotoceldas.

Una vez realizado el rediseño y el estudio costo beneficio se pueden establecer los siguientes beneficios:

- Reducir el consumo de energía eléctrica generando un ahorro en los egresos de la empresa.
- Proporciona un sistema flexible a modificaciones.
- Mejorará las tareas visuales del personal lo cual repercute en un aumento de la producción.

INDICE

INTRODUCCION	i
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>i</i>
<i>OBJETIVOS</i>	<i>ii</i>
Objetivo Principal	ii
Metas Específicas	iii
<i>ALCANCE</i>	<i>iii</i>
<i>CONTENIDO</i>	<i>iv</i>
CAPITULO I	1
1.1. <i>DEFINICIONES BÁSICAS</i>	<i>1</i>
1.1.1. Circuitos de distribución de baja tensión	3
1.1.1.1. Circuitos monofásicos	3
1.1.1.2. Circuitos trifásicos	4
1.2. <i>ILUMINACIÓN</i>	<i>4</i>
1.2.1. Magnitudes y unidades	4
1.2.1.1. Flujo luminoso (Φ)	4
1.2.1.2. Nivel de iluminación (E)	5
1.2.1.3. Intensidad luminosa (I)	5
1.2.1.4. Luminancia (L)	6
1.2.2. Curvas de distribución	6
1.2.2.1. Diagrama polar	7
1.2.2.2. Diagramas isocandela	8
1.2.2.3. Curvas isolux	9
1.2.3. Lámparas y componentes	10
1.2.3.1. Características de las lámparas	10
1.2.3.2. Lámparas Incandescentes	12
1.2.3.3. Lámparas de descarga. Conceptos	16
1.2.3.4. Tipos de lámparas de descarga	19
1.2.4. Luminarias	31
1.2.4.1. Requisitos básicos	31
1.2.4.2. Clasificación	33
CAPITULO II	35
2.1. <i>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCION</i>	<i>35</i>
2.2. <i>CARGA DE ILUMINACIÓN INSTALADA EN LA PLANTA</i>	<i>41</i>
2.2.1. Carga actual de iluminación	41
2.2.2. Distribución de la carga	46
2.2.3. Análisis de la carga instalada	47
2.2.3.1. Pérdidas del sistema de iluminación	47
2.3. <i>NIVELES DE ILUMINACIÓN</i>	<i>52</i>
2.3.1. Lectura de niveles de iluminación	52
2.3.2. Niveles de iluminación recomendados	54

2.3.3.	Análisis de los niveles de iluminación	57
2.3.3.1.	Comparación de niveles de iluminación.....	58

CAPITULO III.....64

3.1.	<i>PROYECTO DE ALUMBRADO</i>	64
3.1.1.	Introducción.....	64
3.1.1.1.	Iluminancias requeridas.....	65
3.1.1.2.	Deslumbramiento	66
3.1.1.3.	Color de la luz y la reproducción cromática	68
3.1.1.4.	Selección de las lámparas y luminarias	70
3.1.1.5.	Selección del sistema de iluminación	71
3.1.2.	Alumbrado de interiores.....	75
3.1.2.1.	Métodos de cálculo.....	76
3.2.	<i>DISEÑO DE ILUMINACIÓN</i>	83
3.2.1.	Predeterminación de niveles de iluminación.....	83
3.2.2.	Selección del sistema de iluminación	86
3.2.3.	Selección de lámparas y luminarias	86
3.2.4.	Cálculos del diseño.....	88
3.2.5.	Resultados luminotécnicos del diseño.....	90
	Administración 1er piso.....	90
	Sala de reuniones	91
	Sala de juntas	92
	Subgerencia de mercadeo.....	93
	Contabilidad.....	94
	Sistemas	95
	Parqueadero	96
	Laboratorio	97
	Bodega de repuestos 2º piso.....	98
	Control secadero	99
	Cuarto eléctrico "B"	100
	Cuarto eléctrico "C"	101
	Cuarto eléctrico "D"	102
	Cuarto eléctrico "E"	103
	Cuarto hidráulico	104
	Konus.....	105
	Taller mantenimiento mecánico	106
	Taller automotriz.....	107
	Pulpito prensa.....	108
	Encolado.....	109
	Lijadora.....	110
	Bodega de tableros.....	111
	Laminadora	112
	Molienda.....	113
	Galpón de aserrín	114
3.3.	<i>DISEÑO ELÉCTRICO</i>	115
3.3.1.	Conductores Eléctricos.....	115
3.3.1.1.	Generalidades.....	115
3.3.1.2.	Conductores	115
3.3.1.3.	Selección de cables.....	117
3.3.2.	Diseño de tableros eléctricos.....	119
3.3.3.	Diseño de conductores eléctricos.....	121
3.3.3.1.	Selección del calibre	122
3.3.4.	Canalización.....	125
3.4.	<i>ALUMBRADO DE EMERGENCIA</i>	127
3.4.1.	Niveles de Iluminación para Alumbrado de Emergencia	128
3.4.2.	Distribución de las Luminarias	129
3.4.3.	Elección del Sistema de Alumbrado de Emergencia	129
3.5.	<i>MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN</i>	130

CAPITULO IV	132
4.1. <i>TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN</i>	<i>132</i>
4.1.1 Equipos de Automatización.....	132
4.1.1.1. Interruptores crepusculares.....	132
4.1.1.2. Sensores de presencia	133
4.1.1.3. Temporizadores	134
4.1.1.4. Otros	135
4.1.2. Sistemas Domóticos.....	136
4.1.2.1. Estándar de control X10.....	138
4.1.2.2. Estándar de control EIBus.....	139
4.2. <i>PROPUESTAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA FÁBRICA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.</i>	<i>141</i>
4.2.1. Automatización con PLC.....	141
4.2.1.1. Selección del Hardware	141
4.2.1.2. Conexión del Hardware	143
4.2.1.3. Software	146
4.2.2. Automatización con estándar EIB	148
4.2.2.1 Selección del Hardware	148
4.3. <i>SIMULACION</i>	<i>151</i>
CAPITULO V	158
5.1. <i>ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO.....</i>	<i>158</i>
5.2. <i>COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO.....</i>	<i>161</i>
5.2.1. Rentabilidad de proyectos.....	161
5.2.2. Costo del proyecto	163
5.2.2.1. Propuesta #1.....	163
5.2.2.2. Propuesta #2.....	165
5.2.3. Análisis de Factibilidad del proyecto NOVOPAN.....	165

INTRODUCCION

JUSTIFICACIÓN

Buena parte de las actividades humanas se realizan en el interior de edificios con una iluminación natural, a menudo insuficiente. Por ello es necesaria la presencia de una iluminación artificial que garantice el desarrollo de estas actividades. La iluminación de interiores es un campo muy amplio que abarca todos los aspectos de nuestras vidas desde el ámbito doméstico al del trabajo o el comercio.

El alumbrado es invariablemente un gran usuario de energía en la mayoría de los edificios comerciales e institucionales y, a menudo, hay oportunidades para obtener grandes ahorros de energía. Sin embargo, se debe tener cuidado en no comprometer el rendimiento visual haciendo cambios en el sistema de alumbrado los cuales puedan reducir el rendimiento de los trabajadores y volver negativo cualquier otro ahorro por una baja productividad, ya que es necesario entender que el objetivo principal de los sistemas de iluminación es proporcionar un nivel de luz adecuado para realizar tareas visuales.

Actualmente, se han establecido “medidas” para reducir la demanda y el consumo de energía eléctrica en sistemas de iluminación a través de utilización de lámparas más eficaces; el uso de reflectores eliminando una lámpara de cada dos y el uso de automatismos para controlar el sistema de alumbrado. El ahorro a través de menor consumo de energía, menos cambios de lámparas y costos relacionados con el mantenimiento, pueden recuperar rápidamente la inversión inicial. Sin embargo, debe mencionarse que es necesario conocer los avances tecnológicos en luminarias y controles de alumbrado para seleccionar la mejor alternativa.

Frecuentemente, las tareas ejecutadas en un área de trabajo cambian con el tiempo, mientras que los sistemas de alumbrado permanecen iguales o son modificados para cubrir las nuevas necesidades. Algunos sistemas pueden haber sido instalados para minimizar costos iniciales sin importar su eficiencia o si fueron diseñados antes del advenimiento de nuevas tecnologías. Además hay que tomar en cuenta que el paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia.

El proyecto de cualquier instalación de alumbrado lleva consigo la consideración de numerosas variables: ¿Qué hace la gente en ese espacio? ¿Estudia, come, opera máquinas, compra o vende? ¿Cuál es la cantidad y calidad del alumbrado necesario para realizar las tareas visuales? Las respuestas a estas preguntas determinan la cantidad de luz necesaria y los mejores medios para conseguirla.

Es por ello que antes de tomar cualquier decisión para modificar un sistema de alumbrado existente, se debe realizar una inspección con el objetivo de identificar donde se encuentra instalada la carga de alumbrado y así conocer los niveles de iluminancia, la eficiencia de las luminarias, su distribución y estado físico; y donde se podrá reducir el uso de alumbrado. Del mismo modo se deberá analizar el tipo de actividades que se desarrollan en el área a iluminar. Y finalmente es necesario efectuar un estudio costo-beneficio del proyecto con el fin de visualizar los beneficios que este aportará.

OBJETIVOS

Objetivo Principal

- Optimizar el sistema de iluminación de las instalaciones de **NOVOPAN del Ecuador S.A.** mediante la realización de una auditoria técnica y el rediseño del mismo.

Metas Específicas

- Realizar una inspección del sistema de alumbrado y del proceso de producción de la planta industrial.
- Analizar y documentar las condiciones actuales del sistema de iluminación interior y exterior.
- Identificar las áreas donde se debe reducir o aumentar el uso de iluminación en base a lecturas del nivel de iluminancia que se tienen en la instalación.
- Rediseñar el sistema de iluminación tanto interno como externo de la planta industrial.
- Investigar los dispositivos electrónicos de iluminación existentes en el mercado que ayuden a reducir el consumo eléctrico.
- Diseñar la automatización del sistema de iluminación mediante el uso de PLC's.
- Realizar una interfaz hombre – máquina (HMI) que permita al personal de la planta controlar el sistema de iluminación.
- Realizar un estudio del consumo eléctrico de la planta industrial y la influencia en sus egresos económicos.
- Proponer la implementación del diseño y automatización del sistema de iluminación basado en un estudio económico.

ALCANCE

El diseño adecuado de un sistema de iluminación a través de utilización de lámparas más eficaces y el uso de controles de alumbrado (automatización) ayudará a reducir la

demanda y el consumo de energía eléctrica. Lo anterior traerá como beneficio la reducción de los egresos de la empresa en cuanto a energía eléctrica.

Otro beneficio de la optimización del sistema de alumbrado es la mejora del rendimiento visual que trae consigo aumento de la productividad (mayor velocidad y menor índice de errores), cambio favorable en el estado de ánimo, prevención de accidentes y mejora en la salud y bienestar de los trabajadores.

Además el proyecto presentará un sistema flexible a modificaciones (aumento de luminarias), característica necesaria en un diseño eléctrico orientado a empresas como es el caso de NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.

CONTENIDO

La realización de la tesis está orientada al rediseño y automatización del sistema de iluminación, sin embargo para llegar a ello se deben tener en cuenta varias consideraciones las cuales se van a ir explicando a lo largo de cada uno de los capítulos.

Capítulo I. Se detalla los conceptos básicos necesarios para comprender todo lo referente acerca de los sistemas eléctricos y sistemas de iluminación, las tecnologías de equipos existentes y un enfoque de las tendencias modernas para el ahorro de energía.

Capítulo II. Se documenta el proceso de producción de la planta, la carga instalada y los niveles de iluminación de cada ambiente de la planta. Además se realiza un análisis del tipo de carga del sistema de iluminación actual y se identifica las áreas que cumplen con los niveles de iluminación establecidos por las normas vigentes en el Ecuador.

Capítulo III. En este capítulo se resume los pasos a seguir para el desarrollo de un proyecto de alumbrado. Conjuntamente se realiza el rediseño del sistema de iluminación (sistema eléctrico, alumbrado de emergencia y canalización) de la fábrica. Además se

explica la necesidad de planificar un programa de mantenimiento para el sistema en estudio.

Capítulo IV. Se describe el tipo de hardware y software que se usará en la automatización del sistema de iluminación, además se detalla la función del interfaz hombre-máquina y los pasos seguidos para su realización. Adjunto a esto se tiene la simulación del interfaz para visualizar su funcionamiento.

Capítulo V. En este capítulo se presenta un estudio del pliego tarifario vigente de la Empresa Eléctrica Quito, se estudia el consumo eléctrico del sistema de iluminación presente en la planta y el propuesto. Posteriormente se realiza un análisis costo-beneficio del proyecto y se toma la decisión final.

CAPITULO I

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

1.1. DEFINICIONES BÁSICAS

En un sistema eléctrico en corriente alterna se hace necesario considerar tres tipos de potencia:

Potencia Aparente. Se define como el producto entre los valores efectivos (RMS) de voltaje y corriente, y su unidad es el Volt-Ampere (VA). La potencia aparente no tiene significado físico y es sólo una figura de mérito que representa la máxima capacidad de transferencia de energía de un sistema. (La potencia aparente no cumple con el principio de conservación de energía)

Potencia Activa. Está asociado con el valor medio de la potencia instantánea que circula en un circuito eléctrico, y es la única componente de la potencia eléctrica capaz de generar trabajo o calor. (La potencia activa es la responsable de las pérdidas en un circuito eléctrico).

Potencia Reactiva. Esta energía también carece de sentido físico, aunque puede asociarse con la energía almacenada en campos eléctricos o magnéticos. Su unidad es el Volt-Ampere-Reactivo (VAr). Esta potencia tampoco cumple con el principio de conservación de la energía.

Carga. Elementos de un sistema que absorben energía eléctrica. Se puede expresar en potencia (KVA), en energía (KWh) o, cuando el nivel de tensión es constante, en corriente (A). Se tiene tres tipos de cargas:

- **Cargas continuas:** Son aquellas que demandan consumo de energía constantemente.
- **Cargas cíclicas:** Son cargas que se conectan y se desconectan del sistema eléctrico.
- **Cargas no esenciales:** Este tipo de cargas pueden sufrir interrupciones en su alimentación.

Consumo. Magnitud de un suministro de electricidad, expresado en KWh. Energía aprovechable para un fin determinado.

Potencia Instalada. Suma de las potencias activas nominales de los aparatos conectados por un cliente.

Potencia Conectada. Parte de la potencia instalada por el cliente que puede ser alimentada por el suministrador.

Demanda. Cantidad de potencia requerida desde el sistema en un intervalo de tiempo dado.

Factor de demanda. Relación entre la demanda máxima y la carga total conectada a una instalación eléctrica o parte de esta. Este factor debe ser menor a 1.

Caída de tensión. Es la diferencia de voltaje entre los terminales de una impedancia pasiva. En las fuentes se define como la diferencia de voltaje de transmisión inicial respecto de su salida.

1.1.1. Circuitos de distribución de baja tensión

1.1.1.1. Circuitos monofásicos

Potencia Activa: $P_{Act} = n V_f I \cos \phi$ (W) Ecuación 1.1

Potencia Reactiva: $Q_{Re act} = n V_f I \text{sen} \phi$ (Var) Ecuación 1.2

Potencia Aparente: $S = n \cdot V_f I$ (VA) Ecuación 1.3

Donde:

V_f	Voltaje de fase (V)
I	Corriente del circuito (A)
ϕ	Ángulo de desfase entre la corriente y el voltaje de fase respectivo

Caída de voltaje : $e\% = m \cdot \frac{\rho \cdot L \cdot I}{A \cdot V_f} \cdot 100$ Ecuación 1.4

Donde:

V_f	Voltaje de fase (V)
I	Corriente del circuito (A)
ρ	Resistividad del material del conductor (cobre o aluminio) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
L	Longitud del conductor (m)
A	Área del conductor (mm^2)
n, m	toman valores dependiendo del tipo de circuito:

$n = 1, m = 2$ para circuitos monofásicos de 2 conductores (1 ϕ , 2H)

$n = 2, m = \frac{1}{2}$ para circuitos monofásicos de 3 conductores (1 ϕ , 3H)

1.1.1.2. Circuitos trifásicos

La definición de potencia activa y reactiva en un sistema trifásico sinusoidal y balanceado es la siguiente:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_f I \cos \phi \quad \text{Ecuación 1.5}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_f I \sin \phi \quad \text{Ecuación 1.6}$$

La caída de voltaje para este tipo de circuitos es:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I}{A \cdot V_f} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 1.7}$$

La nomenclatura de estas ecuaciones fue explicada en la sección anterior.

1.2. ILUMINACIÓN

1.2.1. Magnitudes y unidades

1.2.1.1. Flujo luminoso (Φ).

Es la cantidad de luz radiada o emitida por una fuente de iluminación, en un segundo, en todas las direcciones. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm).

Ejemplos de flujos luminosos:

- Lámpara fluorescente de 65 W. "blanca" 5.100 Lm.
- Lámpara de vapor de mercurio 125 W. 5.600 Lm.
- Lámpara de sodio de 1000 W. 120.000 Lm.

1.2.1.2. Nivel de iluminación (E).

El nivel de iluminación o iluminancia es el flujo luminoso por unidad de superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx). Esto se expresa en la Ecuación 1.8

$$E = \frac{\phi}{S} \quad \text{Lúmen / m}^2 = \text{lux} \quad \text{Ecuación 1.8}$$

A su vez, el lux se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de 1 Lumen.

Ejemplos de niveles de iluminación tomados de:

- | | |
|------------------------------|------------------|
| ▪ Mediodía en verano | 100.000 lux. |
| ▪ Oficina bien iluminada | 400 a 800 lux. |
| ▪ Calle bien iluminada | 20 lux. |
| ▪ Luna llena con cielo claro | 0,25 a 0,50 lux. |

1.2.1.3. Intensidad luminosa (I).

Es el flujo luminoso emitido en una dirección dada por el ángulo sólido¹ que lo contiene. La unidad de la intensidad luminosa es la candela (cd). La candela es la unidad de intensidad luminosa básica del sistema internacional.

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad \text{Candelas} \quad \text{Ecuación 1.9}$$

- | | |
|--------|------------------------------------|
| I | Intensidad luminosa en candelas. |
| ϕ | Flujo luminoso en lúmenes. |
| ? | Ángulo sólido en estereorradianes. |

¹ Ángulo sólido: porción de espacio limitada por una superficie cónica o piramidal

Una fuente luminosa uniforme puede ser identificada por medio de su intensidad ya que en esta es la misma en todas las direcciones.

Ejemplos de intensidad luminosa:

- | | |
|--|---------------|
| ▪ Lámpara para faro de bicicleta sin reflector | 1 cd. |
| ▪ Lámpara PAR-64 muy concentrada | 200.000 cd. |
| ▪ Faro marítimo (Centro del haz) | 2.000.000 cd. |

1.2.1.4. Luminancia (L).

Es la intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada (efecto de “brillo” que una superficie produce en el ojo). La luminancia L suele expresarse indistintamente en candelas/cm² o en candelas/m².

Ejemplos de luminancia:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| ▪ Filamento de lámpara incandescente | 10.000.000 cd./m ² |
| ▪ Arco voltaico | 160.000.000 cd./m ² |
| ▪ Luna llena | 2.500 cd./m ² |

1.2.2. Curvas de distribución

Un equipo de alumbrado se diseña para distribuir la luz de diversas maneras, según su finalidad. Esta distribución de la luz puede representarse gráfica o numéricamente por diferentes métodos, el más común de los cuales es la *curva de distribución luminosa*.

Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz o luminaria y de representarlas en forma gráfica, normalmente en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

A continuación veremos las curvas de distribución mas usadas: diagrama polar, diagramas isocandela y curvas isolux.

1.2.2.1. Diagrama polar

En estos gráficos la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I,C, γ). La primera de ellas I representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y γ mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público.

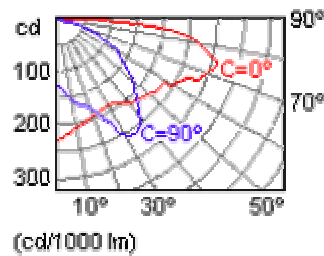


Figura. 1.1. Diagrama polar

En la Figura 1.1, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C, solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos (C = 0° y 90°) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm (Ver ecuación 1.10).

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000} \tag{Ecuación 1.10}$$

1.2.2.2. Diagramas isocandela

La mejor representación de un haz irregular se obtiene mediante un *diagrama isocandela*. En él se representan en grados las distancias al eje del haz, tanto horizontal como verticalmente, y se recoge gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos; las curvas que se dibujan unen puntos de igual intensidad luminosa, de forma similar a como se trazan las isobaras e isotermas en un mapa del tiempo. Los diagramas isocandela que se refieren a haces notablemente dispersos se representan a veces en proyección semiesférica, en la cual las áreas de las zonas estudiadas pueden verse con mayor precisión que empleando coordenadas rectilíneas.

En las luminarias para alumbrado público, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y γ usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las líneas isocandelas. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Para la representación plana del diagrama se recurre a la proyección azimutal de Lambert.

En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo C , los paralelos γ y las intensidades, líneas rojas, se reflejan en tanto por ciento de la intensidad máxima. Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes) por la intensidad luminosa en esta área.

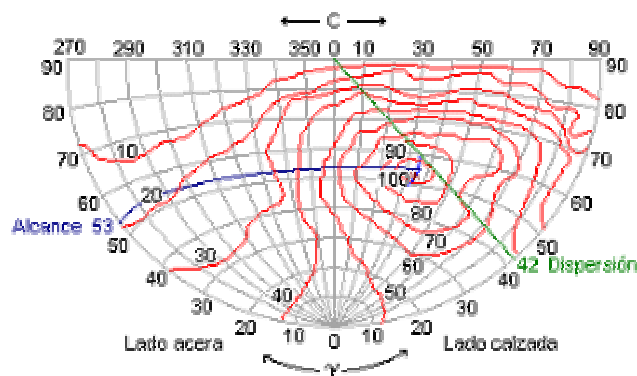


Figura. 1.2. Diagrama isocandela para luminarias de alumbrado público.

Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

1.2.2.3. Curvas isolux

Una curva isolux es un conjunto de curvas que unen puntos del plano de trabajo que reciben la misma iluminación. Con el objeto de que la información pueda ser fácilmente aplicable para distintas alturas de montaje, las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. La iluminación para otras alturas de montaje distintas de la correspondiente a las curvas trazadas se obtiene multiplicando los valores dados por éstas por la relación entre el cuadrado de la altura de montaje y el cuadrado de la nueva altura de montaje.

El diagrama isolux que se ilustra en la Figura. 1.3. corresponde a una sola unidad luminosa pero pueden construirse curvas similares par una instalación sin más que sumar los niveles luminosos de cada punto procedentes de cada una de las luminarias que componen la instalación de iluminación.

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidos para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1 m.

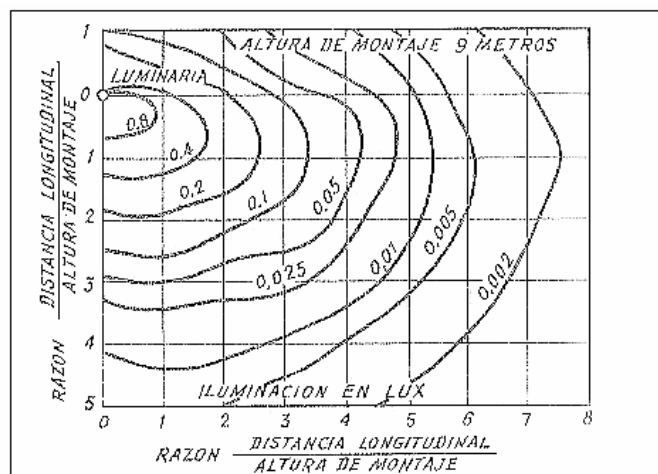


Figura. 1.3. Diagrama isolux de una luminaria para alumbrado público

Cada altura de montaje, o distancia entre la luminaria y el plano de trabajo, da lugar a un diagrama isolux distinto. El diagrama isocandela por otro lado, es una característica fija de la luminaria, independiente de la altura de montaje. Los diagramas isocandela se utilizan quizá con más frecuencia en la representación de haces de faros, focos y proyectores, y los diagramas isolux, por su parte, para instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalaciones de alumbrado.

1.2.3. Lámparas y componentes

1.2.3.1. Características de las lámparas

La lámpara es la parte activa del sistema, es decir, quien nos proporciona la luz. Para poder elegir el tipo de lámpara más adecuado en cada sitio, es necesario saber las siguientes características:

Rendimiento lumínico. La emisión de lúmenes de una lámpara determinará su idoneidad en relación con la escala de la instalación y la cantidad de iluminación necesaria.

Coloración y reproducción del color. Se aplican escalas y valores numéricos independientes a la coloración y a la reproducción del color. Es importante recordar que las cifras sólo son orientativas y que algunas sólo son aproximaciones. Siempre que sea posible, deberán realizarse valoraciones de idoneidad con lámparas reales y con los colores o materiales aplicables a la situación. Estos aspectos se han de tener muy en cuenta, ya que provocarán sensaciones en los usuarios, dependiendo del tipo de color. Como tonalidades tenemos:

- Cálidas. Tonalidades amarillentas sobre los 3000°K.
- Frías. Tonos blancos similares a los que da la luz solar. Entre 5000 °K y 6000 °K.
- Neutra. Tonalidades intermedias cercanas a los 4000 °K.

Vida útil de la lámpara. La mayoría de las lámparas tienen que ser reemplazadas varias veces durante el proceso de la instalación de alumbrado y los diseñadores deben reducir al mínimo los inconvenientes para los ocupantes como consecuencia de las averías esporádicas y del mantenimiento. Las lámparas tienen muy diversas aplicaciones. La previsión de vida útil media suele ser un compromiso entre coste y rendimiento. Por ejemplo, la lámpara de un proyector de diapositivas durará unos cuantos cientos de horas, porque es importante que alcance el máximo rendimiento lumínico para conseguir una imagen de buena calidad. Por el contrario, algunas lámparas de alumbrado de carreteras pueden durar hasta dos años, lo que representa unas 8.000 horas de encendido.

Además, la vida útil de la lámpara se ve afectada por las condiciones de trabajo, por lo que no existe una cifra válida para todas las situaciones. De igual manera, la duración efectiva de la lámpara puede venir determinada por diferentes formas de deterioro. El fallo físico, como la rotura del filamento o de la propia lámpara, puede venir precedido de una reducción del rendimiento lumínico o de cambios en la coloración. La duración de la lámpara resulta afectada por condiciones ambientales externas como la temperatura, la vibración, la frecuencia de encendido, las fluctuaciones de la tensión de alimentación, la orientación, etcétera.

Así, no es probable que esta definición de vida útil sea aplicable a muchas instalaciones comerciales o industriales, por lo que la duración de una lámpara suele ser inferior en la práctica a los valores publicados, que sólo deberán utilizarse a efectos de comparación.

Eficiencia. Como norma general, la eficiencia de un tipo determinado de lámpara será mejor cuanto mayor sea el régimen de potencia, porque la mayoría de las lámparas tienen cierta pérdida fija. Ahora bien, comparando diferentes tipos de lámparas se observan marcadas variaciones de eficiencia. Es conveniente utilizar las lámparas de mayor eficiencia, siempre que se cumplan al mismo tiempo los criterios de tamaño, color y vida útil. No debe ahorrarse energía a expensas del confort visual o del rendimiento de los ocupantes.

En la Tabla. 1.1. se ofrecen algunos valores típicos de eficiencia.

Eficiencia de las lámparas	
Lámpara de filamento de 100 W	14 lúmenes / vatio
Tubo fluorescente de 58 W	89 lúmenes / vatio
Lámpara de sodio de alta presión de 400 W	125 lúmenes / vatio
Lámpara de sodio de baja presión de 131 W	198 lúmenes / vatio

Tabla. 1.1. Rendimientos típicos de las lámparas

1.2.3.2. Lámparas Incandescentes

El principio de funcionamiento de este tipo de lámparas se basa en el paso de corriente eléctrica a través de un filamento de alambre delgado generalmente de tungsteno, hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Este filamento de tungsteno se encuentra dentro de un globo de vidrio al vacío o lleno de un gas inerte que evita la evaporación del tungsteno y reduce el ennegrecimiento del globo.

En la Figura. 1.4. se muestran los componentes de una lámpara típica de iluminación general.

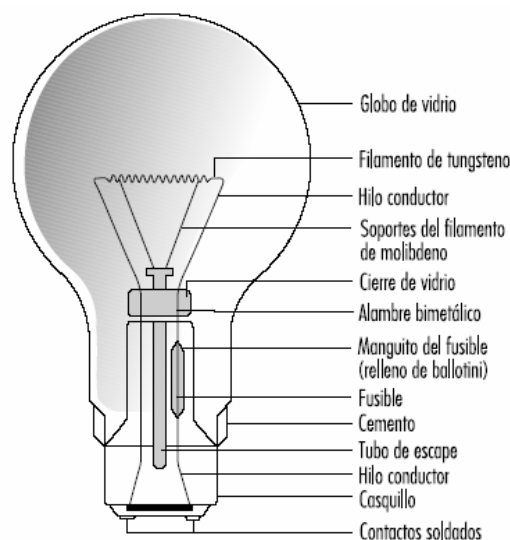


Figura. 1.4. Lámpara incandescente

Estas lámparas siguen teniendo aceptación en la iluminación doméstica debido a su bajo coste y pequeño tamaño. Con todo, su baja eficiencia genera costes de explotación muy altos en la iluminación comercial e industrial, por lo que para estas áreas se prefieren las lámparas de descarga.

Características de funcionamiento

Tanto la duración como el rendimiento luminoso de una lámpara dependen de la temperatura del filamento. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será su eficacia y menor su vida. Además cualquier variación de la tensión de alimentación aplicada a una lámpara incandescente ocasiona cambios en sus características. En la Figura. 1.5. se muestran estos cambios con respecto a la variación de tensión.

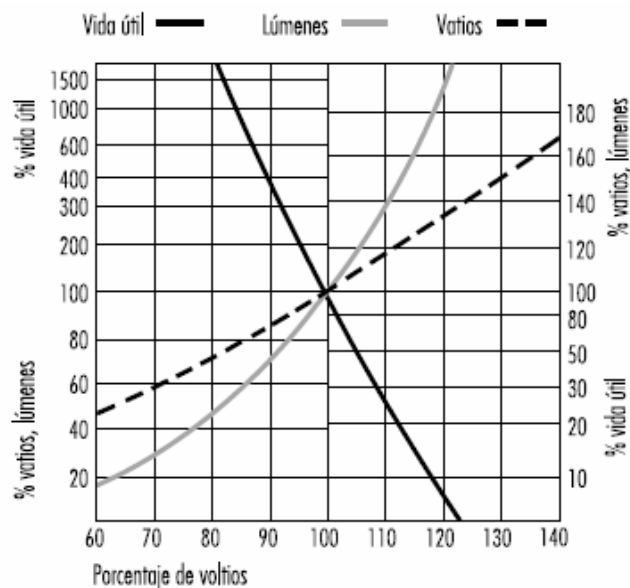


Figura. 1.5. Las lámparas incandescentes y tensión de alimentación

Como se puede observar en la figura el funcionamiento de la lámpara incandescente a una tensión más alta da como resultado un consumo mayor de potencia y una mayor emisión de luz pero acorta la vida de la lámpara. Por el contrario, el funcionamiento por debajo de la tensión nominal incrementa la vida, pero causa una reducción en el consumo de potencia y en la cantidad de luz emitida.

Tipos de lámparas incandescentes

Se las puede separar en dos grandes grupos: lámparas incandescentes tradicionales y lámparas incandescentes halógenas. En ambos grupos se las podrá hallar para funcionamiento en baja tensión (6, 12, 24, 48, 110 V, etc.) y para 220 V.

Incandescentes tradicionales

Las incandescentes tradicionales se fabrican en los tipos Standard clara y opalina, con filamento reforzado, decorativas, reflectoras de vidrio soplado, reflectoras de vidrio prensado PAR 38 y 56, etc. Además son el tipo más familiar de luz con incontables aplicaciones en el hogar, tiendas y otros establecimientos comerciales.

Este tipo de lámparas tiene una vida útil del orden de las 1000 horas y sus ventajas incluyen bajo costo inicial, excelente calidad de calor, buen control óptico y versatilidad.

Incandescentes Halógenas

Las lámparas incandescentes halógenas no son más que lámparas de incandescencia perfeccionadas, las que a diferencia de las estándar, contienen además del gas inerte un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo) en su gas de relleno. Este compuesto da lugar al principio de regeneración yodo-tungsteno permitiendo que los filamentos de la lámpara operen a temperaturas mayores sin ennegrecer las paredes de la ampolla. Todo esto se traduce en una menor depreciación del flujo luminoso, un aumento de la eficiencia (20% más que las estándar) y de la vida media (> 2000 h) de la lámpara. La temperatura de color es también mayor, produciendo luz “más blanca” que las incandescentes estándar.

Debido a que el funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de altas temperaturas para que el ciclo de regeneración pueda realizarse, las ampollas son más pequeñas y compactas que las lámparas normales; además la ampolla se construye de cristal de cuarzo que puede resistir temperaturas elevadas. Para la manipulación de estas lámparas hay que tener presentes dos cuestiones muy importantes:

- Evitar la presencia de grasa sobre la ampolla de cuarzo, es decir, no deben tocarse con las manos, ya que a altas temperaturas se puede originar la desvitrificación del cuarzo con las anomalías consiguientes.
- Su posición de trabajo debe de ser siempre horizontal con una tolerancia máxima de unos 4°. Una mayor inclinación altera el equilibrio térmico de la regeneración, afectando seriamente a la vida de la lámpara.

Las lámparas halógenas se encuentran disponibles en una variedad de formas y tamaños y pueden ser usadas de manera efectiva en una variedad de aplicaciones de iluminación, incluyendo iluminación de acentuación y de mostrador, faros delanteros de coches e iluminación proyectada exterior.

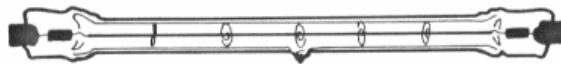


Figura. 1.6. Lámpara halógena lineal de doble contacto

Las halógenas se obtienen en los tipos Bi-pin, dicroica, super-spot con pantalla metálica, lineal de doble contacto, reflectoras de vidrio prensado PAR 16, 20, 30 y 38, todas ellas del grupo del yodo como componente halógeno. La vida útil de este grupo oscila entre las 2000 y 4000 horas según el tipo.

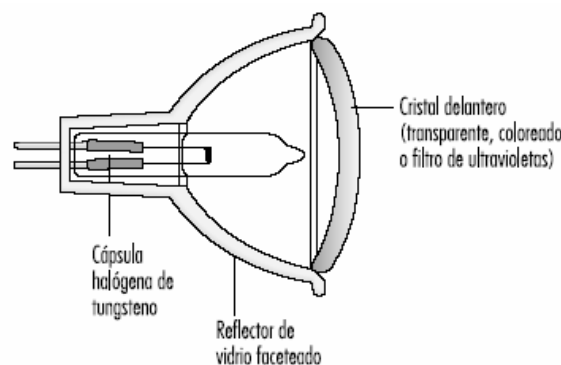


Figura. 1.7. Lámpara reflectora dicroica de baja tensión

También existe una nueva versión de pequeñas lámparas en baja tensión tipo bi-pin y de doble contacto (tipo “fusible”) con gas Xenón como halógeno. Estas lámparas poseen una muy larga vida (10000 a 20000 h).

1.2.3.3. Lámparas de descarga. Conceptos

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes, es por eso que su uso se ha extendido hoy en día.

La luz emitida se consigue por medio de la excitación de gases y vapores metálicos (lámparas luminiscentes) sometidos a descargas eléctricas entre dos electrodos, o de sustancias minerales sólidas fluorescentes activadas por una radiación ultravioleta (lámparas fluorescentes).

Tensión de encendido y corriente

Para que se produzca la descarga eléctrica mencionada anteriormente es necesario una mínima tensión de encendido o cebado. Luego del encendido la corriente que circula por la lámpara aumenta rápidamente debido una gran cantidad de electrones que se liberan dentro del tubo de descarga. Este efecto la llevaría a la autodestrucción si no se colocara en serie con la lámpara algún elemento que limite la intensidad que circula por ella en un valor tal que conserve constante la descarga a través del gas contenido en el tubo; este elemento es una reactancia cuyo nombre específico es "balasto".

Equipos auxiliares

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos equipos auxiliares como son los cebadores y balastos.

Cebadores. Los cebadores o ignitores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos de la lámpara, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. El cebador consiste en una pequeña ampolla de vidrio llena de gas argón a baja presión, y en cuyo interior se encuentran dos electrodos; uno de ellos, o los dos, son laminillas de diferente coeficiente de dilatación que, por la acción del calor, pueden doblarse ligeramente. En paralelo con estos dos electrodos encontramos un condensador cuya misión es la de evitar en lo posible las interferencias en las bandas de radiodifusión y TV, que este interruptor automático pueda ocasionar. Estos dos elementos van alojados en un pequeño recipiente cilíndrico de aluminio o de material aislante.

Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

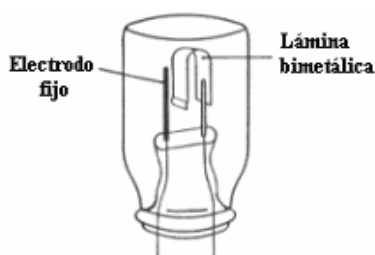


Figura. 1.8. Cebador

Balastos. Toda lámpara de descarga necesita un dispositivo para controlar, limitar o estabilizar la corriente que la atraviesa y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara. La reactancia o balasto está formada por una bobina de hilo de cobre esmaltado con su correspondiente núcleo magnético.

Este dispositivo está diseñado para satisfacer requisitos muy estrictos aparte de estabilizar en forma segura la corriente de la lámpara, por lo que debe tener:

- Alto factor de potencia ($\cos \phi > 0.9$), que asegura el uso económico de la energía suministrada
- Porcentaje reducido de armónicos de la corriente recibida de la red

- Impedancia alta en las frecuencias audibles
- Supresión adecuada de las interferencias de radio causadas por la lámpara
- Condiciones requeridas para el encendido de la lámpara.

Desde el punto de vista del usuario los requerimientos de un balastro son:

- Reducidas pérdidas
- Bajo precio
- Ausencia de zumbido acústico
- Larga vida
- Ausencia de interferencias que afecten la televisión o la radio
- Seguridad.

En la actualidad existen balastos que cumplen con todo estos requerimientos como son los balastos electrónicos; a diferencia de los balastos electromagnéticos tienen un alto factor de potencia lo que con lleva a un menor consumo de energía, además son compactos y de menor tamaño, son silenciosos, y tienen una alta frecuencia de trabajo lo que elimina los efectos estroboscópicos existentes al usar balastro electromagnéticos.

En la Figura. 1.9. se muestra el circuito fundamental de funcionamiento de una lámpara de descarga con su balastro y su cebador.

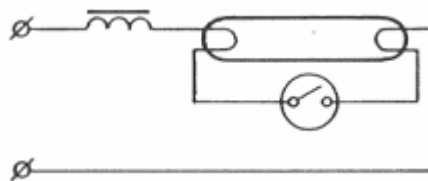


Figura. 1.9. Circuito de funcionamiento de una lámpara de descarga

Factor de potencia de las lámparas de descarga

Como ya hemos visto, son tres los elementos fundamentales en los circuitos con lámparas de descarga: tubo, balastro y cebador. Eléctricamente el tubo equivale a una carga

puramente óhmica, mientras que el balasto supone una carga fuertemente inductiva. Así, pues, el conjunto lámpara-balasto equivale a una carga inductiva con un bajo factor de potencia ($\cos \phi$ entre 0.45 y 0.6). Este factor de potencia puede ser elevado conectando un condensador en paralelo con la red como se muestra en la Figura. 1.10.

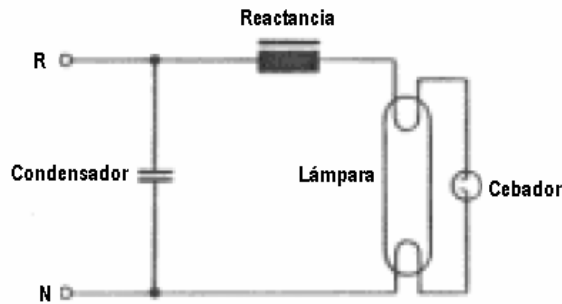


Figura. 1.10. Compensación del factor de potencia de una lámpara de descarga

En ocasiones no interesa llegar a un factor de potencia unidad, quedando fijado en un valor más bajo. Normalmente las casas fabricantes de reactancias dan el valor del condensador necesario para un factor de potencia de 0,90.

1.2.3.4. Tipos de lámparas de descarga

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas contenido en la lámpara (vapor de mercurio o sodio) y/o la presión a la que ésta se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros:

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
- Lámparas de luz de mezcla
- Lámparas con halogenuros metálicos
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Lámparas fluorescentes

Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de mercurio a baja presión donde la luz emitida es generada predominantemente por la fluorescencia del fósforo, activado por la radiación ultravioleta del mercurio. La ampolla es un tubo cilíndrico sellado por dos electrodos, contiene vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de gas inerte (Argón o Kriptón) que facilita el encendido o cebado. Las paredes interiores del tubo están recubiertas con sustancias fluorescentes, o fósforo que transforman la radiación ultravioleta no visible en radiaciones visibles de mayor longitud de onda.

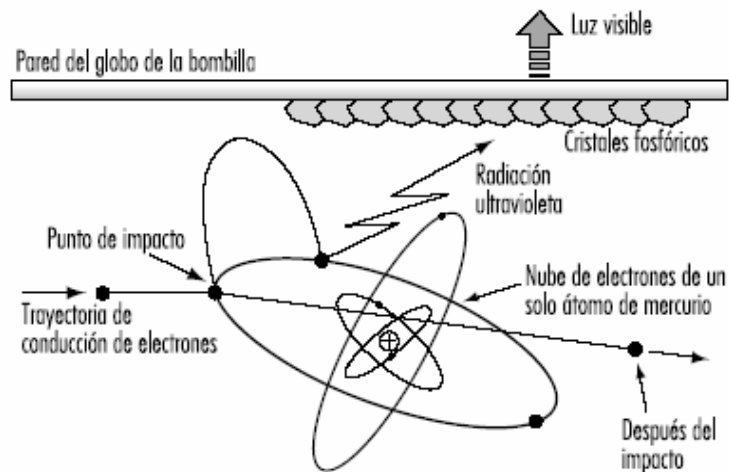


Figura. 1.11. Principio de las lámparas fluorescentes

Al igual que las demás lámparas de descarga, las lámparas fluorescentes requieren para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que circula el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido pueden utilizar cebador o no.

Están disponibles en versiones de “cátodo caliente” y “cátodo frío”. La primera versión es el tubo fluorescente convencional para fábricas y oficinas; “cátodo caliente” se refiere al cebado o encendido de la lámpara por precalentamiento de los electrodos para que la ionización del gas y del vapor de mercurio sea suficiente para realizar la descarga. Las lámparas de cátodo frío se utilizan principalmente en letreros y anuncios publicitarios.

En las lámparas fluorescentes, la cantidad y el color de la luz emitida depende del tipo de cubierta de fósforo aplicada al interior de la lámpara. La amplia gama de materiales fosfóricos hace posible producir muchos tonos de color diferentes (temperaturas de color) y diferentes niveles de calidad del color (IRC) para satisfacer necesidades de aplicación específicas como galerías de arte y la comparación de colores en la industria.

En la actualidad, el uso de fósforos de alto rendimiento como son los trifósforos, en lámparas fluorescentes representa la solución de iluminación más económica por ser más duraderos, mejorar la constancia del flujo luminoso y aumentar la vida útil de la lámpara. Y aunque las lámparas sean más caras, la mayor eficiencia reduce los costes de explotación e instalación.

Debido a las áreas de superficie relativamente largas, la luz producida por las lámparas fluorescentes es más difusa y mucho menos direccional que los “recursos de punto” como los focos incandescentes, lámparas halógenas y HID. Todas estas cualidades hacen que las lámparas fluorescentes sean excelentes para la iluminación en general, iluminación orientada y atenuar paredes para aplicaciones en tiendas de detalle, oficinas, así como en aplicaciones industriales y residenciales.

Se presentan en una amplísima gama de potencias y tamaños. Entre ellas se podrá optar por la línea Standard T12 de 38 mm de diámetro en potencias de 20 y 40 W con balasto electromagnético; la Standard T8 de 26 mm de diámetro y reproducción cromática IRC 65, la línea Trifósforo con un IRC 85 y la Trifósforo de Lujo con IRC 90, estas últimas en potencias de 17 y 32 W con balasto electrónico.

Lámparas fluorescentes compactas

La iluminación con lámparas fluorescentes representa un importante adelanto en la tecnología fluorescente. Debido a sus diámetros más pequeños y sus configuraciones plegadas, las lámparas fluorescentes compactas brindan alto rendimiento de la luz en tamaños mucho más pequeños que las lámparas fluorescentes lineales convencionales.

En todas las lámparas fluorescentes de tamaño reducido se utilizan trifosfóricos para mantener la coherencia de los colores y una vida útil aceptable. Algunas lámparas de tamaño reducido incluyen el equipo de control necesario para crear dispositivos de conversión para lámparas incandescentes.

Se las puede hallar de las más diversas formas y potencias. Desde simples estándar, simples largas, dobles, triples, dobles planas, dobles y triples con rosca E27 y equipo incorporado (ideales para el hogar) hasta circulares. Las potencias van desde 5W hasta 55W y el IRC es en general de 85, salvo en las simples largas que tienen su versión “de lujo” con IRC 90.

Las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de luminarias de la nueva generación a un rango completo de aplicaciones comerciales e industriales, y que permiten actualizar fácilmente las instalaciones de alumbrado ya existentes brindando ahorro en energía y repuestos de vida más larga para los focos incandescentes. De hecho, las lámparas fluorescentes compactas pueden brindar los mismos lúmenes que un foco incandescente a casi cuarto del costo. Por ejemplo una lámpara incandescente de 60W con un flujo luminoso de 700 lúmenes puede ser reemplazada fácilmente por una fluorescente compacta que ofrece aproximadamente la misma cantidad de lúmenes (600 lúmenes) con un menor consumo de potencia (Ver Figura. 1.12).

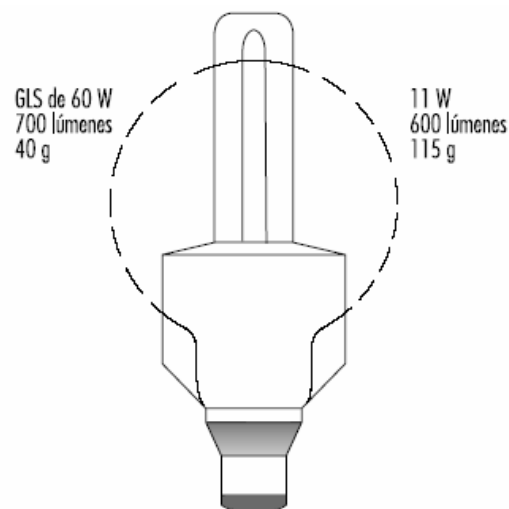


Figura 1.12. Fluorescente compacta

Influencia de la tensión de alimentación:

En estas lámparas, al contrario de lo que sucede con las lámparas incandescentes, la vida y el rendimiento luminoso disminuyen al disminuir la tensión. La tensión de alimentación sólo se puede reducir un 7%, es decir si la tensión nominal de la lámpara es 120 V se podrá reducir hasta máximo 112 V si no se quiere tener problemas de encendido. Además un aumento de tensión produce el calentamiento excesivo de la reactancia, aumenta la intensidad y acelera el proceso de evaporación de los electrodos, con lo que se acorta considerablemente la vida de la lámpara.

Efectos de la temperatura:

Como toda lámpara, el tubo fluorescente también tiene su punto débil que es la temperatura. Ya que se trata de una fuente de luz diseñada para trabajar a una temperatura de 25°C, las temperaturas superiores o inferiores a ese valor la afecta notablemente, reduciendo su emisión de flujo luminoso. Entre las medidas precautorias a tomar en consideración, es recomendable no instalar en una luminaria hermética más de dos lámparas para evitar el recalentamiento. También se deberá evitar el colocar luminarias abiertas en lugares donde pueda haber corrientes de aire frío.

Lámparas de mercurio a alta presión

Las lámparas de mercurio son los miembros más antiguos de la familia de descarga de alta intensidad. Aunque no son tan eficientes en cuanto a energía como las lámparas de haluro metálico y las de sodio a alta presión, éstas siguen siendo usadas en una variedad de aplicaciones. Su funcionamiento se basa en el mismo principio que el de las lámparas fluorescentes. Así, como una lámpara fluorescente de mercurio a baja presión genera casi exclusivamente radiaciones ultravioleta, con altas presiones de vapor el espectro cambia notablemente, emitiendo varias bandas que corresponden a colores violeta (405 m μ), azul (435 m μ), verde (546 m μ) y amarillo (570 m μ), y emitiendo también una pequeña cantidad de radiaciones ultravioleta.

Las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, por lo que para mejorar el color un revestimiento fosfórico es aplicado a la bombilla añadiendo luz roja, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático. Existen versiones de lujo con mayor contenido de rojo, que proporcionan un mayor rendimiento lumínico y reproducen mejor el color.

Ya que las lámparas de descarga de alta presión son más compactas y tienen mayores cargas eléctricas requieren tubos de descarga de arco hechos de cuarzo para soportar la presión y la temperatura. El tubo de descarga de arco va dentro de una envoltura exterior de vidrio con una atmósfera de nitrógeno o argón-nitrógeno para reducir la oxidación y las chispas (véase la Figura. 1.13.).

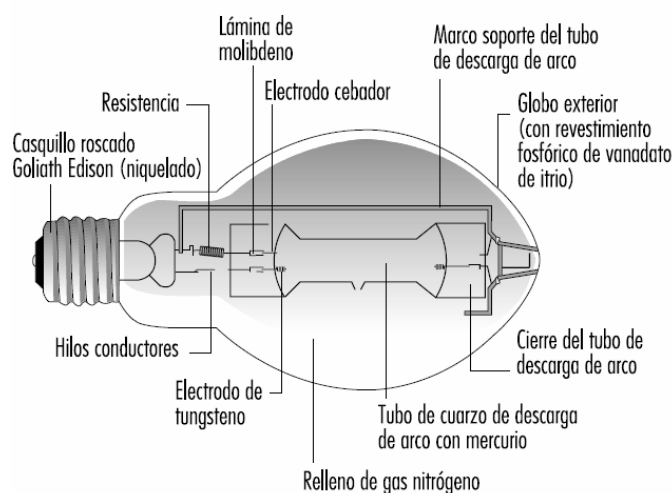


Figura. 1.13. Partes de una lámpara de mercurio

A todas las lámparas de descarga de alta presión les cuesta alcanzar su pleno rendimiento. La descarga inicial se realiza a través del gas conductor interior y el metal se evapora a medida que aumenta la temperatura de la lámpara, aumentando la presión del vapor de mercurio y con ella la potencia activa consumida y el flujo luminoso emitido, hasta alcanzar, al cabo de 3 o 4 minutos, los valores normales de régimen. La intensidad absorbida por el circuito se inicia con un valor del orden del 40 al 50% mayor que el nominal, y va reduciéndose progresivamente.

A presión estable, la lámpara no se vuelve a cebar inmediatamente sin un equipo de control especial. Se produce una demora de aproximadamente 3 a 4 minutos mientras la

lámpara se enfría suficientemente y se reduce la presión, de modo que basta la tensión de alimentación normal o el circuito de ignición para restablecer el arco.

Las lámparas de descarga tienen una característica de resistencia negativa, por lo que es necesario un equipo de control externo para regular la corriente (balasto). Existen pérdidas debidas a los componentes de estos equipos de control, de modo que se debe tener en cuenta el vataje total al estudiar los costes de explotación y la instalación eléctrica.

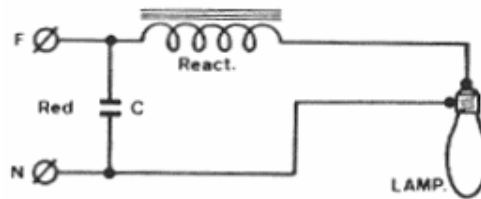


Figura. 1.14. Circuito de funcionamiento de una lámpara de mercurio

Aunque las lámparas de mercurio tienen una larga vida útil, de alrededor de 20.000 horas, su rendimiento lumínico disminuye hasta aproximadamente el 55 % del inicial al final de este período y, por consiguiente, su vida económica puede ser menor.

Se las puede hallar en potencias que van desde 50 W hasta 1000 W y su forma puede ser tubular o elipsoidal. Este tipo de lámparas son frecuentemente usadas en alumbrado público, alumbrado industrial y por proyectores.

Lámparas de luz mezcla

Las lámparas de luz mezcla también llamadas mixtas son una variante de las de vapor de mercurio. Consiste en una ampolla llena de gas, revestida con una capa de fósforo que contiene un tubo de descarga de mercurio conectado en serie a un filamento de tungsteno, por medio del cual se consigue controlar la intensidad; que normalmente se conseguía con una reactancia, en las lámparas de vapor de mercurio.

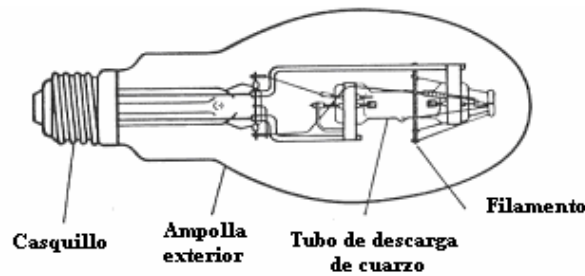


Figura. 1.15. Lámpara de luz mezcla

El resultado de esta mezcla es la superposición, del espectro de mercurio al espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

La eficacia de estas lámparas se sitúa entre 20 y 60 lm/W, y tienen una depreciación del flujo luminoso muy pequeña (< 20%), además ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600° K.

Es importante resaltar que la duración de estas lámparas viene limitada por el tiempo de vida del filamento, principal causa de fallo. Además la depreciación del flujo se debe al ennegrecimiento de la ampolla por la evaporación del gas y la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes. En general, la vida media de este tipo de lámparas se sitúa en torno a las 6000 horas.

Una característica de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente, haciendo posible la sustitución de estas lámparas por las incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Lámparas de halogenuros metálicos

La constitución de las lámparas de halogenuros metálicos es similar a la de las de vapor de mercurio, de las que se diferencia en que, además de mercurio, contienen otro tipo de metales. Una lámpara de haluro metálico puede utilizar varios metales diferentes, cada uno de los cuales emite un color característico específico, entre ellos cabe citar: disprosio (verde-azul de banda ancha), indio (azul de banda estrecha), litio (rojo de banda estrecha),

escandio (verde-azul de banda ancha), sodio (amarillo de banda estrecha), talio (verde de banda estrecha), estaño (rojo-naranja de banda ancha). Con lo que se obtiene mayor rendimiento lumínico y sobre todo una mejor reproducción cromática.

Tienen un periodo de arranque de 3 a 5 minutos que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga; y el reencendido se da de 10 a 20 minutos, dependiendo del tipo de luminaria y de la potencia de la lámpara. Aunque las condiciones de funcionamiento son similares a las de las lámparas de vapor de mercurio, la adición de halogenuros hace necesario para su funcionamiento un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque están en el orden de 1500 a 5000 V.

Como todas las lámparas de descarga, éstas deben ser conectadas a la red a través de una reactancia que controle la intensidad, debiendo tener especial cuidado en que la combinación reactancia-arrancador sea la adecuada. Dos son los circuitos que se suelen utilizar para el funcionamiento de estas lámparas (ver Figura. 1.16.).

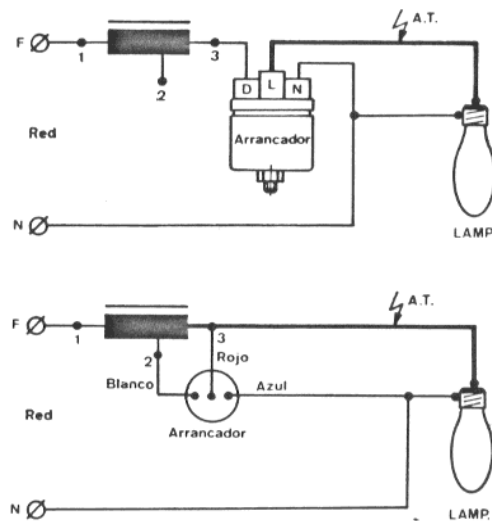


Figura. 1.16. Circuito de funcionamiento de una lámpara de haluros metálicos

No existe una mezcla estándar de metales, por lo que puede ser que las lámparas de haluro metálico de diferentes fabricantes no sean compatibles en aspecto o funcionamiento. Tanto la temperatura de color proporcionada, la vida media de la lámpara, como la eficacia luminosa obtenida dependen de este concepto.

Como ya hemos dicho, la principal cualidad de estas lámparas es la reproducción cromática, por lo que la hacen especialmente indicada en aquellos casos en los que la reproducción cromática sea fundamental, como por ejemplo en áreas de producción, inspección, almacenes, así como en aplicaciones en exteriores, en sí, son una alternativa ideal en un sinnúmero de aplicaciones.

Lámparas de sodio a baja presión

El tubo de descarga de arco tiene un tamaño similar al tubo fluorescente, pero está hecho de un vidrio contrachapado especial con una capa interior resistente al sodio. El tubo de descarga de arco tiene forma de “U” estrecha y va dentro de una envoltura exterior al vacío para asegurar la estabilidad térmica. Durante el cebado, el gas neón del interior de la lámpara produce un intenso resplandor rojo.

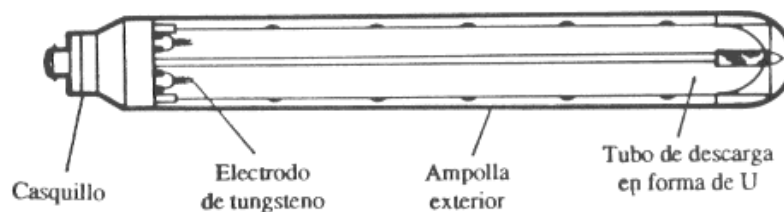


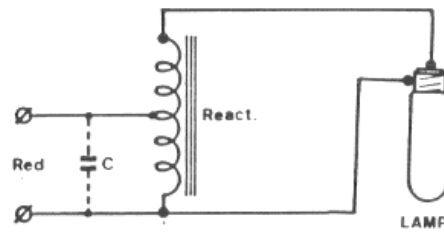
Figura. 1.17. Lámpara de sodio a baja presión

El proceso de encendido de una lámpara de vapor de sodio a baja presión dura unos 10 minutos y al final se obtiene una radiación color amarillo monocromático próxima a la sensibilidad máxima del ojo humano. Por ello las lámparas de sodio de baja presión son las más eficaces que existen, a casi 200 lúmenes/vatio, aunque su aplicación viene limitada por la condición de que la discriminación de los colores no tenga importancia visual, como en el caso de las carreteras principales, los pasos subterráneos y las calles residenciales.

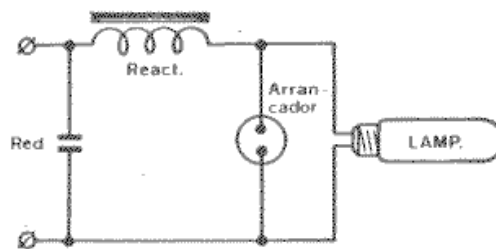
La tensión mínima de arranque que necesitan estas lámparas es del orden de los 390 V para potencias de lámpara pequeñas (35 W) y del orden de los 600 V para las de gran potencia (180 W). Por tal motivo, se hace imprescindible en el circuito un elemento que además de controlar la intensidad, como en todas las lámparas de descarga, eleve la tensión

de la red al valor necesario; esto se consigue mediante reactancias autotransformadoras de dispersión.

Para algunas potencias de lámparas, cuya tensión de arranque es del orden de 390 V y la tensión de funcionamiento del arco de unos 100 V, es posible utilizar reactancias de choque en lugar del autotransformador conjuntamente con un arrancador capaz de producir impulsos de tensión elevada que inicien la descarga en el interior de la lámpara.



a. Circuito con autotransformador



b. Circuito con reactancia de choque y arrancador

Figura. 1.18. Circuito de funcionamiento de una lámpara de sodio de baja presión

En muchas situaciones estas lámparas están siendo reemplazadas por lámparas de sodio de alta presión. Su menor tamaño ofrece mejor control óptico, particularmente en el alumbrado de carreteras, donde existe cada vez mayor preocupación por el excesivo resplandor del cielo.

Lámparas de sodio a alta presión

Estas lámparas son parecidas a las de mercurio de alta presión, pero ofrecen mejor eficiencia (más de 100 lúmenes/vatio) y una excelente constancia del flujo luminoso. La naturaleza reactiva del sodio requiere que el tubo de descarga de arco se fabrique con alúmina policristalina translúcida, ya que el vidrio o el cuarzo son inadecuados.

El globo de vidrio exterior contiene un vacío para evitar chispas y la oxidación. La descarga de sodio no emite radiación ultravioleta, por lo que los revestimientos fosfóricos no tienen ninguna utilidad. Algunas bombillas son esmeriladas o revestidas para difuminar la fuente de luz (véase la Figura. 1.19.).

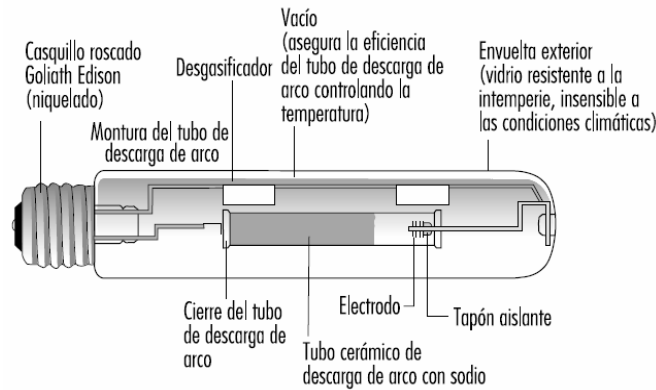


Figura. 1.19. Lámpara de vapor de sodio a alta presión

Al aumentar la presión del sodio, la radiación se convierte en una banda ancha alrededor del pico amarillo y su coloración es de un blanco dorado, sin embargo esto ocasiona la disminución de la eficiencia. Actualmente existen tres tipos independientes de lámparas de sodio de alta presión, como se ilustra en la Tabla. 1.2.

Tipo de lámpara (Código)	Color (K)	Rendimiento (lúmenes/ vatio)	Vida útil (horas)
Normal	2000	110	24000
De lujo	2200	80	14000
Blanca (SON)	2500	50	

Tabla. 1.2. Tipo de lámparas de sodio de alta presión

Generalmente, se utilizan las lámparas normales para el alumbrado exterior, las lámparas de lujo para los interiores industriales y las blancas son para aplicaciones comerciales y de exposición.

Debido a la presión elevada de sodio en el tubo de descarga, para el encendido de estas lámparas es preciso aplicar tensiones de pico comprendidas entre 2.800 y 5.500 V, por lo que además de la imprescindible reactancia hay que colocar arrancadores especiales capaces de generar los impulsos de encendido. La intensidad de arranque de estas lámparas es del orden del 40 al 50% superior al valor nominal que se alcanza una vez transcurrido el tiempo de encendido (5 minutos). La potencia activa consumida por la lámpara va aumentando hasta alcanzar su valor nominal máximo, que junto con la potencia aparente nos determinará el factor de potencia típico de estos circuitos y que como en los demás casos resultará ser del orden de 0,5.

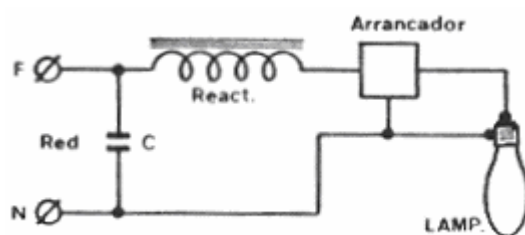


Figura. 1.20. Circuito de funcionamiento de una lámpara de sodio a alta presión

Al igual que las otras lámparas de descarga, si por alguna circunstancia se desconectan, no pueden volver a encenderse hasta transcurrido el tiempo necesario para que la presión del sodio descienda a valores inferiores. Así, el tiempo de reencendido suele ser del orden de 2 a 3 minutos.

1.2.4. Luminarias

1.2.4.1. Requisitos básicos

Las luminarias tienen la función de modificar la distribución luminosa de las lámparas además de servirles como soporte y conexión a la red eléctrica. Al mismo tiempo para que

cumplan eficientemente su función, es necesario que posean una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas, entre otras:

Control y distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.

Fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento.

Economía y estética. Además de que la luminaria debe resultar económica un aspecto muy importante es que debe integrarse a la arquitectura y decoración del interior o exterior a iluminar.

Una de las informaciones de mayor utilidad para un proyecto de iluminación constituye el conocimiento del **“Rendimiento de la luminaria”**. El rendimiento de la luminaria se expresa en porcentajes y se representa mediante la letra η (eta) del alfabeto griego. Así por ejemplo, una luminaria que posee un rendimiento del 60% se expresa $\eta = 60\%$.

El rendimiento de la luminaria permite conocer que cantidad del flujo luminoso de la fuente de luz utilizada es “devuelto” por dicha luminaria. Este dato es de vital importancia en el aspecto económico de una instalación de iluminación.

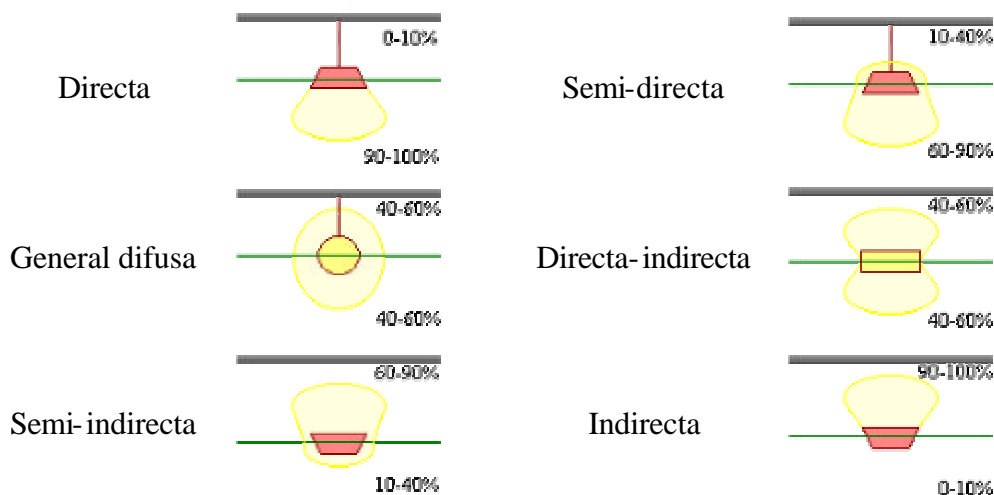
Existen luminarias que, por sus características constructivas como así también por los elementos reflectantes y difusores que la componen (espejos, pantallas, louvers, acrílicos, vidrios, etc.) entregan un porcentaje muy pequeño del total del flujo luminoso emitido por la fuente. Esto da como resultado una instalación antieconómica tanto en la inversión inicial como en el costo del consumo eléctrico, por cuanto se deberán colocar demasiadas luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado.

1.2.4.2. Clasificación

Las luminarias se clasifican de varias maneras, pero lo más común es clasificarlas de acuerdo a sus características ópticas, mecánicas o eléctricas.

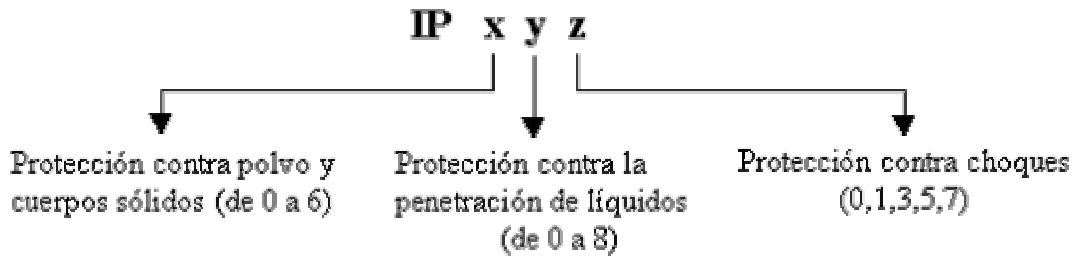
Según características ópticas de la lámpara

Una manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Esta clasificación está dirigida a luminarias para iluminación general de interiores y se distinguen seis clases:



Según características mecánicas de la lámpara

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, la humedad y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas UNE 20324 e IEC, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 7 e indica el grado de protección contra la humedad. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



Según características eléctricas de la lámpara

Según el grado de protección que ofrezcan contra derivaciones eléctricas, las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarias para cocción a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

Tabla. 1.3. Clasificación de luminarias de acuerdo al tipo de protección eléctrica

Otras clasificaciones

Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (alumbrado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes). Otra clasificación puede ser de acuerdo al método de instalación empleado (empotrada, semi-empotrada, colgante, aplique, etc.)

CAPITULO II

AUDITORIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCION

La fábrica NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. se dedica a la fabricación de tableros aglomerados, entre los distintos tipos de tableros que producen se tiene:

- Plywood. Conocido en el mercado como tablero triplex, vienen en dos clases:
 - Normal, dependiendo de la calidad se divide en clase B (mejor calidad), clase C y clase industrial (mayor cantidad de fallas).
 - Decorativo, su acabado viene con vetas de distintos tipos de madera como laurel, caoba, etc.

El tamaño y grosores es común para los dos tipos de plywood, siendo estos 4x8 pies y 4, 5.2, 9, 12, 15, 18 mm respectivamente.

- Novoply y Novoply tropical. Conocidos como tableros aglomerados, la diferencia entre estos dos tipos es la resistencia a la humedad. De tal manera que el tablero Novoply tropical es usado frecuentemente en ambientes húmedos. Ambos tipos de tableros son fabricados en grosores de 4, 6, 9, 12, 15, 19, 25 y 30 mm, y en dimensiones de 7x8 pies.

- Novofoil y Tropifoil. Llamados laminados, son tableros aglomerados con un acabado en papel foil el cual viene en varios colores. Son producidos en grosores a partir de 6 mm hasta 30 mm.
- Novokor y Tropikor. Al igual que los anteriores tableros son aglomerados con acabado en melamina, la cual viene en varias texturas y colores. Y vienen en los mismos grosores y tamaño que los tableros Novofoil o Tropifoil.
- MDF (Fibra de madera). Son tableros que no resiste la humedad y pueden ser trabajados (grabados, tallados, cortados, etc). Existen dos tipos de MDF: liviano y ultraliviano o fibra light. De la misma manera pueden venir en dos tipos dependiendo del acabado: Fibrafoil (papel foil) y Fibrakor (melamina).

Esta gama de productos es fabricada mediante un proceso de producción cuyas etapas se describen a continuación:

Patio de Maderas: este lugar sirve de almacenamiento de la materia prima, la misma que es de dos tipos: troncos de pino y eucalipto, y palillos y curros de troncos. Este material se encuentra clasificado y se lo deja durante algún tiempo en el medio ambiente para que su nivel de humedad disminuya, y de esta manera obtener un producto de mejor calidad.



Figura. 2.1. Patio de Maderas

Etapa de Molienda: a la Molienda llegan los diferentes tipos de troncos, dependiendo del producto que se desee obtener, y los palillos y curros. Con ayuda de maquinaria los troncos son desbastados y los palillos y curros molidos, para llegar a obtener el material mucho más fino, que se necesitará para la próxima etapa.

La maquinaria que se encuentra en esta etapa y la función que realiza cada una se describe a continuación:

- **Molino Homback.-** esta máquina ayuda a desbastar los troncos, palillos y curros llegando a obtener viruta, material que se almacena en el silo 3.
- **Molino HRL600.-** aquí se obtiene chips de madera mediante el uso de las láminas de madera.
- **Tolva de Chips.-** se mezcla el aserrín y los chips de madera y se los almacena en el silo 1.
- **Molino de Martillos.-** el material almacenado en el silo 1 ingresa a este molino mediante el cual se obtendrá un material más fino, y posteriormente será depositado en el silo 2.



Figura. 2.2. Molienda

Etapa de Secado: al secadero ingresa el material que se encuentra almacenado en los silos 2 y 3, mediante el uso del calor que genera un quemador y que ingresa al secadero, se disminuye el nivel de humedad del material, el cual debe llegar a un valor no mayor al 2%. Una vez que el material pasa por este proceso, se toma una muestra y se verifica el nivel de humedad de la misma, si no cumple con lo requerido se aumenta o se disminuye, dependiendo del caso, la combustión del quemador para obtener de esta manera el calor a una temperatura deseada.

Zaranda: para el proceso de fabricación del tablero aglomerado es necesario que el material se encuentre clasificado, es por ello que la zaranda es usada para separar el material grueso del fino, que en la etapa anterior fue mezclado. El material fino es almacenado en el silo 6, mientras que el material grueso es transportado al clasificador de gravedad.

Clasificador de gravedad: el material que será usado en la fabricación de tableros debe ser lo mas delgado posible, por lo que en esta etapa el material grueso que fue separado en la etapa anterior, será nuevamente clasificado. De este proceso el material más delgado pasará al silo 6 mientras que el resto irá al silo 1 para nuevamente ser molido.



Figura. 2.3. Secadero, zaranda y clasificador de gravedad

Etapa de Encolado: esta etapa permite mezclar el material con cola y parafina mediante el uso de una “receta”, facilitando la formación del tablero en la siguiente etapa. Dependiendo del tipo de tablero que se vaya a fabricar se tendrá una “receta” diferente para cada clase de material ya sea fino o grueso.

Máquina Esparcidora: la máquina esparcidora forma el tablero, colocando 2 capas de material fino y una de grueso alternadamente, dependiendo del tablero (tipo y/o grosor) que se quiera producir.

Etapa de Prensado: con la ayuda de láminas a altas temperaturas y altas presiones se comprime el colchón de madera que ha sido formado por la esparcidora, y obteniendo así el tablero aglomerado.

Etapa de Enfriamiento: el proceso de prensado hace que el tablero absorba calor, es por esto que se lo deja reposar por unos minutos, permitiendo que el tablero se compacte de mejor manera. Hay que tomar en cuenta que solo los tableros de mayor grosor pasan por la etapa de enfriamiento ya que estos acumulan calor en su interior, mientras que los más delgados pasan directamente a la sierra de separación.

Etapa de Control: antes de pasar a la sierra de separación se realiza un control de calidad a través de sensores, los cuales determinan el número de fallas en el tablero. Con esta información se clasifica los tableros en clase B, C e industrial si es Plywood, caso contrario se los separa del resto para su liquidación.

Sierra de Separación: una vez que el tablero se enfría es dividido en tres partes por una sierra, esto se hace para que el tablero tenga un tamaño más cómodo para su comercialización.



Figura. 2.4. Etapa de enfriamiento y sierra de separación

Etapa de Lijado: esta etapa ayuda para que el tablero tenga un mejor acabado. Los tableros deben pasar por dos máquinas lijadoras. Una vez que los tableros pasan por la lijadora pueden ser sacados al mercado o bien llevados a la etapa de laminación.

Pruebas de laboratorio: antes de pasar a la etapa de laminado se toma un tablero al azar de cada tipo, y se lo somete a pruebas de calidad, si esta muestra pasa las pruebas todos los tableros que se han producido de ese tipo pueden salir al mercado, pero si la muestra no cumple, toda la producción de ese tipo de tablero es puesta en cuarentena para posteriormente realizar nuevas pruebas.

Etapa de Laminado: en esta etapa se le da al tablero diferentes acabados dependiendo de la demanda del mercado. Aquí se prensan en los tableros láminas de papel foil o melamina de distintos modelos y colores.

Todo este proceso es automático, cada etapa o máquina es controlada independientemente, además las etapas de producción depende una de la otra siendo éste un proceso en línea.

2.2. CARGA DE ILUMINACIÓN INSTALADA EN LA PLANTA

2.2.1. Carga actual de iluminación

Para determinar la carga actual instalada en la planta se realizó una auditoria técnica, la misma que permitió obtener información del tipo y número de lámparas y luminarias que se ha venido utilizando, tanto en las naves industriales como también en cada uno de los ambientes de trabajo.

Como resultado de la auditoria se encontró en la planta seis tipos de lámparas: fluorescentes dobles de 40 W con tubo T12 (F40x2T12), fluorescentes simples de 20 W con tubo T12 (F20x1T12), fluorescentes compactas (FS), incandescentes (I), lámparas de mezcla (HWL), lámparas de mercurio (HWB), lámparas de sodio (SON), lámparas incandescentes halógenas lineal (Iodin) e incandescente halógena dicroica (dicroica). En la siguiente tabla se muestra para cada una de ellas su respectiva carga y voltaje:

Tipo de lámpara	Características eléctricas					Potencia del sistema (W)
	Lámpara		Balasto			
	Voltaje (V AC)	Potencia (W)	Factor de potencia	Corriente (A)	Potencia (W)	
F40x2T12	120/110	40	≥ 0.9	0.8	12	92
F20x1T12	120/110	20	>0.5 y < 0.9	0.285	10	30
FS	120/110	7	≥ 0.9	0.175	4.3	11.3
I	110	100	-	-	-	100
HWL	220/240	250	-	-	-	250
HWB	240	400	≥ 0.9	2.1	25	475
SON	240	250	0.9	1.4	25	275
Iodin	220	1500	-	-	-	1500
Dicroica	12	50	≥ 0.9	0.41	-	50

Tabla. 2.1. Carga eléctrica de los cuartos de la planta industrial

Teniendo en cuenta los datos técnicos de cada una de las lámparas y la cantidad de cada una ellas en las diferentes áreas de trabajo, se llegó a determinar la carga total. Las tablas que a continuación se muestran detallan la carga en cada uno de los sectores, así como también la cantidad y el tipo de lámparas que en estos se encuentra.

N°	Descripción	Tipo de lámpara	N° de luminarias	Potencia del sistema (W)	Potencia total (W)
1	Cuartos Eléctricos	F40x2T12	25	92	2300
		F20x1T12	1	30	30
		I	2	100	200
2	Cuarto Hidráulico	HWB	3	425	1275
		HWL	1	250	250
3	Konus	HWB	2	425	850
		HWL	3	250	750
4	Sección Afilado	F40x2T12	3	92	276
5	Compresores y Zulzer	F40x2T12	3	92	276
		HWL	2	250	500
6	Planta de Tratamiento de Agua	I	1	100	100
7	Taller Automotriz y Lubricantes	F40x2T12	2	92	184
		HWL	2	250	500
8	Planta de Generación Eléctrica	SON	1	275	275
		F40x2T12	2	92	184
9	Taller Mantenimiento Mecánico	F40x2T12	3	92	276
		HWL	2	250	500
Carga Total (W)					8726

Tabla. 2.2. Carga eléctrica de los cuartos de la planta industrial

N°	Descripción	Tipo de lámpara	N° de luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
10	Oficinas	F40x2T12	96	92	8832
		I	8	100	800
		Dicroicos	20	50	1000
11	Escaleras, halls, pasillos y SS.HH.	F40x2T12	20	92	1840
		FS	9	11.3	101.7
		I	6	100	600
		Dicroicos	5	50	250
12	Guardias	F20x1T12	1	30	30
		I	4	100	400
13	Parqueadero cubierto	F40x2T12	8	92	736
Carga total (W)					14589.7

Tabla. 2.3. Carga eléctrica administración, parqueadero y guardianías

N°	Descripción	Tipo de lámpara	N° de luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
14	Cocina	F40x2T12	10	92	920
		I	1	100	100
15	Centro Médico	F40x2T12	4	92	368
		I	1	100	100
16	Centro de Capacitación	F40x2T12	13	92	1196
		I	8	50	400
		Dicroicas	2	50	100
Carga total (W)					3184

Tabla. 2.4. Carga eléctrica comedor, centro de capacitación y centro médico

N°	Descripción	Tipo de lámpara	N° de luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
17	Iluminación de naves Industriales	HWL	91	250	22750
		HWB	55	425	23375
18	Iluminación exterior	SON	30	275	8250
		Iodines	5	1500	7500
Carga total (W)					61875

Tabla. 2.5. Carga eléctrica de naves industriales (interna y externa)

N°	Descripción	Tipo de lámpara	N° de luminarias	Potencia por lámpara (W)	Potencia total (W)
19	Iluminación de maquinaria usada en el proceso	HWL	45	250	11250
		HWB	1	425	425
		Iodines	4	1500	6000
		I	11	100	1100
		F40x2T12	28	92	2576
		F20x1T12	2	30	60
Carga total (W)					21411

Tabla. 2.6. Carga eléctrica de máquinas

Una vez obtenida las cargas parciales se puede determinar la potencia consumida por el sistema de iluminación mediante la suma de cada una de ellas.

POTENCIA TOTAL	
Cuartos de planta industrial	8726 (W)
Oficinas de administración, parqueadero y guardianías	14589.7 (W)
Comedor, centro de capacitación y centro médico	3184 (W)
Iluminación general de planta industrial (exterior e interior)	61875 (W)
Iluminación de máquinas de planta industrial	21411 (W)
POTENCIA TOTAL	109785.7 (W)

Tabla. 2.7. Carga total del sistema de iluminación

La Tabla. 2.7. indica la potencia total, sin embargo hay que tomar en cuenta que no todas las lámparas que se encuentran en la fábrica funcionan, y algunas luminarias no poseen lámpara, por lo que a continuación se calculará la potencia que estas deberían consumir.

LAMPARAS SIN FUNCIONAMIENTO		
TIPO	N° de lum	Potencia (W)
F40x2T12	25	2300
HWL	21	5250
HWB	19	8075
SON	9	2475
I	7	700
Iodines	4	6000
Dicroicas	1	50
TOTAL DE POTENCIA		24850

Tabla. 2.8. Lámparas sin funcionamiento

LUMINARIAS SIN LAMPARAS		
TIPO	N° de lum	Potencia (W)
HWL	26	6500
TOTAL DE POTENCIA		6500

Tabla. 2.9. Luminarias sin lámparas

De esta manera la potencia consumida por el sistema de iluminación de la fábrica es:

$$\text{Potencia consumida} = P_{\text{total}} - (P_{\text{de lámparas sin funcionamiento}} + P_{\text{de luminarias sin lámpara}})$$

$$\text{Potencia consumida} = ((109785.7) - (24850 + 6500)) \text{ (W)} = \mathbf{78\ 435.7 \text{ (W)}}$$

2.2.2. Distribución de la carga

Una vez obtenida la potencia que el **sistema de iluminación** consume, se establecerá su distribución en los veintidós centros de carga y seis tomas especiales que posee la planta industrial, como se indica a continuación:

Tablero/Subtablero	Alimentador	Carga (W)
Principal	Acometida	78343.7
A	Principal	17 262
B	Principal	61081.7
Laminadora (Prensa)	Tablero A	6 000
Cuarto Eléctrico “E” 2	Tablero A	4 577
Mant. Mecánico	Tablero A	6 685
Encolado N° 1	Tablero B	21 586
Encolado N° 2	Tablero B	8 930
Molienda	Tablero B	4 085
Oficinas	Tablero B	16008.7
Tablero “E1”	Tablero B	1 945
Cocina	Tablero B	3 852
Laminadora (Entrada)	Tablero B	4 675
Jefatura de Turno	Oficinas	5 038
Lijadora y Prensa	Mant. Mecánico	3 166
Tanques de Combustible	Mant. Mecánico	500
Taller Automotriz	Mant. Mecánico	342
Planta de Tratamiento	Mant. Mecánico	1 375
Bodega Codesa	Planta de Tratamiento	1 275
Sección Afilado	Molienda	368
Centro de Capacitación	Cocina	1 788
Comedor	Cocina	184

Tabla. 2.10. Distribución de la carga de iluminación

Hay que tomar en cuenta que los tableros, además de estar compuestos por circuitos de iluminación también tienen circuitos de fuerza y tomas especiales. En algunos de los tableros esto es un problema, ya que los circuitos de iluminación no son independientes de los circuitos de fuerza y tomas especiales. Trayendo como consecuencia que al momento de realizar el mantenimiento de algún circuito se verán afectados todos.

Otros inconvenientes que se encuentran en los tableros eléctricos de la fábrica son:

- La utilización de varios tipos de cable, como THHN, TW y cable de fuerza-control, afecta la temperatura de operación de éstos. Siendo esta temperatura la menor de los conductores utilizados para cualquiera de los cables, sea cual sea su temperatura de operación original.
- No existe identificación de los sectores que controlan cada uno de los breakers.
- La inadecuada ubicación de algunos tableros eléctricos los expone a una gran cantidad de polvo, que es ocasionado por el proceso de producción. Por este motivo se hace necesario un continuo mantenimiento de los tableros.

2.2.3. Análisis de la carga instalada

En toda instalación eléctrica está presente tres tipos de carga: capacitiva, inductiva y resistiva; aunque en instalaciones de viviendas esta característica no influye, a nivel industrial las cargas inductivas aumentan debido al uso de motores y sistemas de iluminación que utilizan balastro como son: fluorescentes, de mercurio y de sodio ya que la lámpara equivale a una carga puramente óhmica, mientras que el balastro supone una carga fuertemente inductiva, dando como resultado que el conjunto lámpara-balastro equivale a una carga inductiva con un bajo factor de potencia produciendo pérdidas en el consumo eléctrico. Debido a esto se realizará un análisis del sistema de iluminación de la planta NOVOPAN, para conocer las pérdidas producidas en el consumo eléctrico.

2.2.3.1. Pérdidas del sistema de iluminación

En la planta industrial se encuentran los siguientes tipos de lámparas:

- Fluorescentes
- Fluorescentes compactas
- Incandescentes
- Dicroicas
- de Mercurio (con arrancador y sin arrancador)
- de Sodio
- Reflectores de cuarzo

Del listado anterior, las lámparas: fluorescentes compactas, incandescentes, de mercurio sin arrancador y reflectores de cuarzo son cargas puramente óhmicas ya que no necesitan balastro, por lo que las pérdidas producidas por éstas es cero.

El resto de lámparas tiene carga inductiva y originan pérdidas es por ello que se realizará el cálculo de las mismas:

Lámpara fluorescente doble (F40x2T12)

Datos técnicos:

Pot. Balastro = 12 W

Pot. Lámpara = 2*40W = 80 W

Voltaje de alimentación = 120 V AC

Cos ϕ = 0.9

Cálculos:

Potencia Total

$$P_{\text{total}} = P_{\text{balastro}} + P_{\text{lámpara}} \text{ (W)}$$

$$P_{\text{total}} = (12 + 80) \text{ W} = 92 \text{ (W)}$$

Potencia Aparente

$$P_{\text{ap}} = P_{\text{total}} / \text{Cos } \phi$$

$$P_{\text{ap}} = 92 / 0.92$$

$$P_{\text{ap}} = 102 \text{ (VA)}$$

Pérdidas:

$$\text{Pérdidas} = P_{\text{real}} - P_{\text{ap}}$$

$$\text{Pérdidas} = 92 - 102 \text{ (W)} = - 10 \text{ (W)}$$

Lámpara fluorescente simple (F20x1T12)

Datos técnicos:

Pot. Balastro = 10 W

Pot. Lámpara = 20 W

Voltaje de alimentación (serie) = 120 V AC

Corriente de la red (I_{ap}) = 0.285 A

Cálculos:

Potencia Total

$$P_{total} = P. \text{ balastro} + P. \text{ lámpara (W)}$$

$$P_{total} = (10 + 20) \text{ W} = 30 \text{ W}$$

Potencia Aparente:

$$P_{ap} = I_{ap} * V$$

$$P_{ap} = 0.285 \text{ A} * 120 \text{ V} = 34.2 \text{ (VA)}$$

Factor de Potencia:

$$\text{Cos } \phi = P_{total} / P_{ap}$$

$$\text{Cos } \phi = 30 / 34.2 \text{ (W/W)} = 0.88$$

Pérdidas:

$$\text{Pérdidas} = P_{real} - P_{ap}$$

$$\text{Pérdidas} = 30 - 34.2 \text{ (W)} = - 4.2 \text{ W}$$

Lámpara fluorescente compacta (FS)

Datos técnicos:

Cos ϕ = 0.92

Pot. Total = 11.3 W

Voltaje de alimentación = 120 V AC

Cálculos:

Potencia Aparente

$$P_{ap} = P_{total} / \text{Cos } \phi$$

$$P_{ap} = 11.3 \text{ W} / 0.92 \text{ V} = 12.3 \text{ (VA)}$$

Pérdidas:

$$\text{Pérdidas} = P_{real} - P_{ap}$$

$$\text{Pérdidas} = 11.3 - 12.3 \text{ (W)} = - 1 \text{ W}$$

Lámpara mercurio con balastro (HWB 250)

Datos técnicos:

Pot. Balastro = 25 W

Pot. Lámpara = 400 W

Voltaje de alimentación = 220 V AC

Corriente de la red (I_{ap}) = 2.1 A

Cos ϕ = 0.92

Cálculos:

Potencia Total

$P_{total} = P. \text{ balastro} + P. \text{ lámpara (W)}$

$P_{total} = (400 + 25) = 425 \text{ (W)}$

Potencia Aparente

$P_{ap} = I_{ap} * V$

$P_{ap} = 2.1 \text{ A} * 220 \text{ V} = 462 \text{ (VA)}$

Pérdidas:

$Pérdidas = P_{real} - P_{ap}$

$Pérdidas = 425 - 462 = - 37 \text{ (W)}$

Lámpara de sodio (SON 250)

Datos técnicos:

Pot. Balastro = 25 W

Pot. Lámpara = 250 W

Voltaje de alimentación (serie) = 220 V AC

Corriente de la red (I_{ap}) = 3 A

Cálculos:

Potencia Total

$P_{total} = P. \text{ balastro} + P. \text{ lámpara (W)}$

$P_{total} = (250 + 25) \text{ W} = 275 \text{ W}$

Potencia Aparente

$P_{ap} = I_{ap} * V$

$P_{ap} = 3 * 220 \text{ V} = 660 \text{ VA}$

Factor de Potencia

$$\text{Cos } \phi = P_{\text{sistema}} / P_{\text{ap}}$$

$$\text{Cos } \phi = 275 / 660$$

$$\text{Cos } \phi = 0.42$$

Pérdidas:

$$\text{Pérdidas} = P_{\text{real}} - P_{\text{ap}}$$

$$\text{Pérdidas} = 275 - 660 \text{ (W)} = - 385 \text{ (W)}$$

Lámpara dicroica

Datos técnicos:

$$\text{Cos } \phi = 0.92$$

$$\text{Pot. Total} = 50 \text{ W}$$

$$\text{Voltaje de alimentación (serie)} = 120 \text{ V AC}$$

$$\text{Corriente de la red (I}_{\text{ap}}) = 0.41 \text{ A}$$

Cálculos:

Potencia Aparente

$$P_{\text{ap}} = P_{\text{total}} / \text{Cos } \phi$$

$$P_{\text{ap}} = 50 \text{ W} / 0.92 \text{ V} = 54.35 \text{ (VA)}$$

Pérdidas:

$$\text{Pérdidas} = P_{\text{real}} - P_{\text{ap}}$$

$$\text{Pérdidas} = 50 - 54.35 \text{ (W)} = - 4.35 \text{ W}$$

En la Tabla. 2.11. se presenta la pérdida total ocasionada por el sistema de iluminación de la planta industrial.

Tipo de lámpara	Nº de lámparas	Potencia del sistema (W)	Potencia aparente (VA)	Pérdidas (W)	Pérdida total (W)
F40x2T12	192	92	104	12	2304
F20x1T12	4	30	34.2	4.2	16.8
FS	9	11.3	12.3	1	9
I	31	100	100	0	0
HWL	99	250	250	0	0
HWB	42	425	462	37	1554
SON	21	275	660	385	8085
Iodin	5	1500	1500	0	0

Dicroico	26	50	54.35	4.35	113.1
Pérdida total (W)					12081.9

Tabla. 2.11. Pérdidas del sistema de iluminación

El resultado obtenido implica que esta potencia no es aprovechada por el sistema de iluminación, sino que esta se pierda ya sea en calor o en las corrientes parásitas presentes en el sistema electromagnético del balastro. Sin embargo esta potencia es facturada por la empresa eléctrica a pesar de que esta no es utilizada, generando de esta manera pérdidas económicas a la fábrica.

Como se mencionó en el Capítulo I, las pérdidas producidas por el uso de balastos electromagnéticos con respecto a los electrónicos son mayores por lo que para disminuir las pérdidas del sistema de iluminación del presente proyecto se utilizarán balastos electrónicos en las lámparas fluorescentes, mientras que en las lámparas de mercurio y sodio se utilizarán luminarias que incluyan condensadores, lo que ayudará a corregir el bajo factor de potencia ocasionado por la carga inductiva del balasto electromagnético.

2.3. NIVELES DE ILUMINACIÓN

2.3.1. Lectura de niveles de iluminación

Frecuentemente, las tareas ejecutadas en un área de trabajo cambian con el tiempo, mientras que los sistemas de alumbrado permanecen iguales o son modificados para cubrir las nuevas necesidades, sin tomar en cuenta el nivel de iluminación mínimo para cada actividad. Afectando de esta manera el desempeño laboral de los empleados de la planta e incluso su salud.

Así el objeto de realizar lecturas de los niveles actuales de iluminación es identificar los lugares en los cuales se necesita más iluminación y en los que se podría reducir.

Estas lecturas se obtienen por medio de un **luxómetro portátil** con el que se toman valores máximos y mínimos de la iluminación en la zona que se propone modificar. El

equipo que se utilizó para realizar las mediciones de los niveles de iluminación fue un luxómetro de la casa York Survey Supply Centre (TEST 1330 DIGITAL LUX METER), rango: 0 – 20000 lux.

Se realizaron cinco lecturas en tres turnos: mañana (8H00 – 12H00), tarde (14H00 – 18H00) y noche (19H00 – 24H00). Las mediciones realizadas en oficinas y máquinas, fueron tomadas respecto al plano de trabajo de cada área. En las naves industriales y cuartos eléctricos el plano de trabajo escogido para medir el nivel de iluminación fue de 0.80 m a partir del suelo terminado.

Ya que el nivel de iluminación de un área varía dependiendo de su arquitectura, horario y/o clima se presenta un resumen de las condiciones en las que se realizaron las mediciones. Además en las observaciones se describen otras causas de tipo aislado que afectaron a la medición de los niveles de iluminación.

Medición	Turno	Condiciones climáticas	Observaciones
1ª	8:00/12:30	Soleado	Iluminación obstruida por tableros en el sector Pulpito Prensa.
	14:00/18:00	Parcialmente nublado	
	19:00	Parcialmente nublado	
2ª	8:00/12:30	Parcialmente nublado	Iluminación obstruida por tableros en el sector Pulpito Prensa.
	14:00/18:00	Parcialmente nublado	
	19:00	Lluvioso	
3ª	8:00/12:30	Soleado	Se sustituyó lámparas del sector Pulpito Prensa, Mantenimiento mecánico y parqueadero.
	14:00/18:00	Parcialmente nublado	
	19:00	Nublado	
4ª	8:00/12:30	Nublado	Se sustituyó lámparas del sector Pulpito Prensa, Mantenimiento mecánico y parqueadero.
	14:00/18:00	Nublado y lluvioso	
	19:00	Nublado	
5ª	8:00/12:30	Soleado	Se sustituyó lámparas del sector Pulpito Prensa, Mantenimiento mecánico y parqueadero.
	14:00/18:00	Soleado	
	19:00	Parcialmente nublado	

Tabla 2.12. Condiciones de lectura

2.3.2. Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general se distingue entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes. Específicamente el tipo de actividades a las que se dedicará este estudio serán cuartos eléctricos, oficinas, bodegas y principalmente a la industria maderera.

Para esto se ha realizado una tabla que incluyen valores mínimos y recomendados de las actividades existentes en la planta. Esta tabla está basada en las siguientes normas:

- *Reglamento Laboral Ecuatoriano, Art. 56 y 57.* Incluye normas acerca de niveles mínimos de iluminación e iluminación artificial.
- *Norma INEN 1 154 1984-05.* Esta norma establece los requisitos de la iluminación natural requerida en el interior de los edificios de fábricas y talleres, y otros factores que contribuyen a la iluminación sobre el plano de trabajo.
- *Biblioteca personal.* Tabla de valores mínimos y recomendados de actividades varias.

Actividades	Nivel mínimo (lux)	Nivel recomendado (lux)
1. Áreas generales		
a) escaleras	100	150
b) pasillos, patios y lugares de paso	20	100
2. Oficinas y administración		
a) Mecanografía, contabilidad, máquinas de calcular, máquinas de cajeros.	300	600
b) Despachos privados y trabajos generales de oficina, distintos de los mencionados	200	500
c) Salas de sesiones públicas	150	500

3. Restaurantes y cafés		
a) Cocinas	100	200
b) Comedores, salas de café	100	300
4. Áreas industriales generales		
a) Salas de máquinas y calderos.	100	200
b) Instrumentos de medida y control: alumbrado no deslumbrante en el plano de lectura.	300	500
c) Cuartos de control		
c.1) paneles de control vertical	100	300
c.2) escritorios de control	300	-
c.3) paneles de control posterior	150	-
c.4) conmutadores	150	-
5. Garages		
a) áreas de aparcamiento (interiores)	70	100
b) reparaciones	300	-
6. Calibradores y herramientas		
En general	700	-
7. Laboratorios y cuartos de pruebas		
a) Alumbrado general	200	300
b) Laboratorios eléctricos y de aparatos de medida.	300	500
8. Talleres de maquinarias y ajustes		
a) Trabajo de maquinaria pesada	150	300
b) Trabajo de maquinaria media	300	-
9. Industria metalúrgica		
a) Alumbrado general	200	300
b) Alumbrado local		
b.1) Trabajo en piezas pequeñas en el banco o la máquinas, rectificación de piezas medianas y pequeñas, regulación de máquinas automáticas	500	700
b.2) Trabajo de tamaño medio en el banco o la máquina, rectificación de piezas grandes	300	500
10. Bodegas y almacenes		

a) materiales grandes y naves de carga	50	200
b) materiales pequeños y estantes	100	200
c) empacado y despachado	100	150
11. Soldadura		
a) soldadura de gas, arco y partes ásperas	100	150
b) soldadura mediana por ejemplo, ferretería doméstica de latón	300	500
12. Industria Maderera		
a) Aserradero:		
a.1) Iluminación general	100	150
a.2) Zona de corte y clasificación	200	300
b) Talleres de trabajo de madera		
b.1) Iluminación General	100	150
b.2) Zona de bancos y máquinas	150	300
b.3) Clasificación de tamaños, cepillado, lijado, áspero, maquinaria mediana, trabajos de bancos, encolados y chapeado.	200	300

Tabla. 2.13. Niveles de iluminación

Para escoger de mejor manera los niveles de iluminación mínimo y máximo que deben cumplir cada área de la fábrica, se describirá las principales actividades que se desarrollan en ellas:

Cuartos eléctricos. Se realiza el mantenimiento y/o revisión de los tableros de control y eléctricos que se ubican en esta zona.

Naves Industriales. Al igual que en los cuartos eléctricos se efectúa el mantenimiento y revisión de la maquinaria del proceso de producción, además funciona como bodega de los tableros producidos.

Oficinas. En esta área labora el personal de administración e ingeniería. Se realizan trabajos de contabilidad y se documenta la información de cada departamento.

Guardianías. Se controla el acceso de personas particulares y personal de la fábrica.

2.3.3. Análisis de los niveles de iluminación

Antes de realizar el análisis de los niveles de iluminación se mencionará algunos conceptos que serán necesarios para una mejor comprensión del lector.

Media aritmética o promedio (\bar{m}).- Se entiende por media aritmética de una distribución de datos a la relación entre la suma de los valores de la distribución (X_i) y el número de los elementos (N). Donde X_i es cada uno de los datos de la muestra y N es el número de datos.

$$\bar{\mu} = \sum \frac{X_i}{N} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Desviación estándar (s).- es una medida de variabilidad que expresa la dispersión de los datos respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Distribución de probabilidad normal.- Siempre que el valor de una variable sea resultado de la intervención de muchos fenómenos de forma independiente entre si, cuyos fenómenos se suman, se obtiene una curva de distribución para dicha variable de forma acampanada. A dicha curva se le denomina *normal*, y a la distribución teórica correspondiente, *distribución normal o de la Laplace Gauss*.

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Características de la Curva NORMAL:

- Cuando menor sea la desviación s , menor es la dispersión de los valores de la variable con respecto al valor medio μ .
- El área bajo la curva es 1.
- Cuando los datos están entre:
 - $-s ? +s = 68.26\%$
 - $-2s ? +2s = 95.66\%$
 - $-3s ? +3s = 99.73\%$

Normalización de la información.- Es necesario normalizar los datos para ubicar los datos tomados en la curva de distribución normal. Se normaliza los datos mediante la siguiente fórmula:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{Ecuación 2.4}$$

2.3.3.1. Comparación de niveles de iluminación

Luego de obtener el nivel de iluminación actual de cada sector de la planta el siguiente paso es comparar los niveles de iluminancia medidos con las recomendaciones de niveles que son considerados óptimos, para lo cual se considerará a cada uno de los turnos como una muestra de cinco datos para cada ambiente de la planta industrial. Para entender el análisis que se realizó, se presenta el siguiente ejemplo:

El área escogida para el ejemplo es el sector Lijadora, en el turno de la tarde. En el cuadro que se muestra se puede ver los niveles de iluminación que se recomiendan para esta área de trabajo, además se encuentra la media aritmética de estos valores.

DESCRIPCION	NORMA		
	MINIMO	RECOMENDADO	MEDIA
Sector Lijadora	100	150	175

Para realizar el estudio es necesario calcular la media y la desviación de la muestra, mediante la ecuación 2.1 y 2. 2:

$$\bar{\mu} = \sum \frac{X_i}{N} = \frac{15.5 + 98.5 + 17.2 + 62.1 + 77.2}{5}$$

$$\bar{\mu} = 54.1$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = 36.8$$

A continuación se obtendrá el porcentaje (probabilidad) de los datos que son mayores al valor mínimo recomendado de nivel de iluminación. En este caso el valor mínimo es 100 lux, para esto se normaliza los valores mediante la ecuación 2.4.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{100 - 54.1}{36.8}$$

$$z = 1.24$$

Para obtener la probabilidad una vez calculado el valor de z, se lo comparará en la tabla “Distribución normal estandarizada” (ver Anexo II). Así la probabilidad de que el sector Lijadora este dentro de la norma de iluminación es el 10.6%, concluyendo de esta manera que el sector no se encuentra dentro de la norma, ya que para ello se necesita una probabilidad mayor al 68.26%. Este proceso se realiza para cada uno de las áreas de trabajo y turnos.

A continuación se resume las áreas de trabajo que no cumplen con las normas de iluminación. Para mayor detalle del análisis ver Anexo I.

Primer turno 8:00/13:00.

Planta de generación eléctrica	Operaciones
Cuarto eléctrico “E”	Dep. de RRHH oficina 1
Taller mantenimiento mecánico	Sierra circular – laboratorio
Cuarto eléctrico “D”	Patios
Cámara de transformación	Departamento de exportación
Transformador	Contabilidad

Oficina mantenimiento mecánico	Caja
Cuarto eléctrico “B”	Sistemas
Cuarto hidráulico	Equipos de sistemas
Jefatura de turno	Crédito y cobranza
Mantenimiento eléctrico	Máquina de encolado
Oficina de bodega de repuestos	Prensa (alrededores)
Laboratorio	Máquina laminadora
Oficinas ingeniería	Torno - mantenimiento mecánico
Recepción	Mesa1 - mantenimiento mecánico
Ventas 1	Mesa2 - mantenimiento mecánico
Coordinación de despachos	Iluminación sierra #3

Segundo turno 13:00/18:00

Planta de generación eléctrica	Ventas 1
Cuarto eléctrico “E”	Coordinación de despachos
Taller mantenimiento mecánico	Operaciones
Cuarto eléctrico “D”	Dep. de RRHH oficina 1
Cámara de transformación	Patios
Transformador	Caja
Oficina mantenimiento mecánico	Sistemas
Cuarto eléctrico “C”	Equipos de sistemas
Zulzer	Crédito y cobranza
Cuarto eléctrico “B”	Pulpito y prensa
Cuarto hidráulico	Lijadora
Jefatura de turno	Bodega de tableros
Oficina de bodega de repuestos	Encolado
Compresores	Laminadora
Laboratorio	Mesa2 - mantenimiento mecánico
Oficinas ingeniería	Iluminación sierra #2
Máquina de encolado	Iluminación sierra #3
Esparcidoras (arriba)	Carpintería

Prensa (alrededores)	Sierra circular – laboratorio
Sierra de separación	Torno - mantenimiento mecánico
Iluminación lijadora	Mesa1 - mantenimiento mecánico
Máquina laminadora	

Tercer turno 18:00/6:00.

Planta de generación eléctrica	Galpón de aserrín
Cuarto eléctrico “E”	Tanques de combustible
Taller mantenimiento mecánico	Cargador molino Homback
Cuarto eléctrico “D”	Molino Homback
Cuarto de control del secadero	Molino HB600
Cuarto eléctrico “C”	Molino MKZ
Zulzer	Quemador
Cuarto eléctrico “B”	Máquina de encolado
Cuarto hidráulico	Esparcidoras (arriba)
Cuarto de control	Prensa (alrededores)
Konus	Sierra de separación
Jefatura de turno	Iluminación lijadora
Mantenimiento eléctrico	Máquina laminadora
Bodega de repuestos (1º piso)	Clasificador de tableros
Oficina de bodega de repuestos	Torno - mantenimiento mecánico
Compresores	Mesa1 - mantenimiento mecánico
Guardia 2	Mesa2 - mantenimiento mecánico
Parqueadero cubierto	Iluminación externa
Pulpito y prensa	Molienda
Lijadora	Encolado
Bodega de tableros	Laminadora

Como se puede observar en las tablas a pesar de que la iluminación de los cuartos eléctricos permanece encendida durante todo el día, el nivel de iluminación no cumple con los mínimos recomendados, es decir que la luz artificial de esta zona es deficiente. Por el

contrario en las zonas donde no ocurre este fenómeno se puede concluir que la iluminación depende de las condiciones climáticas y de las horas en que se midan los niveles de iluminación.

Para tener una mejor idea de cuales áreas de trabajo se encuentran mas afectadas por la falta de un nivel de iluminación adecuado se ha graficado los 15 datos de cada uno de los turnos en una sola muestra.

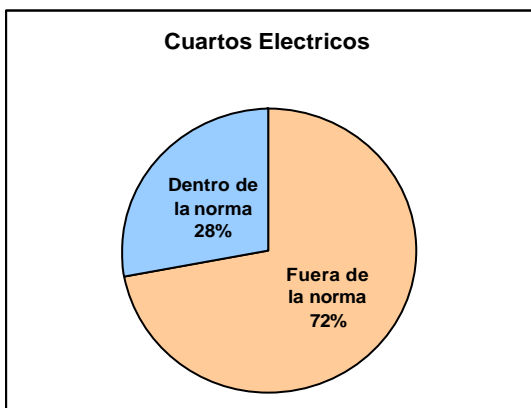


Gráfico. 2.1. Cuartos eléctricos.- El 28% de los cuartos eléctricos cumple con el mínimo de iluminación requerida.

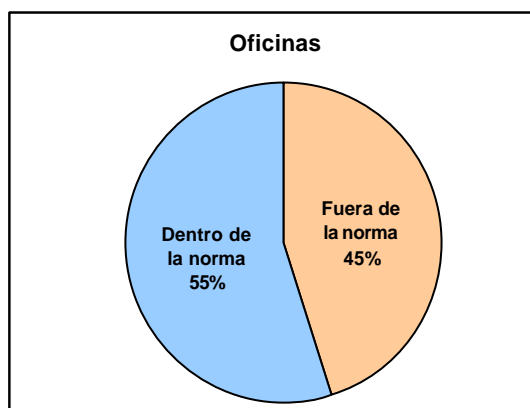


Gráfico. 2.2. Oficinas.- El 55% de las oficinas cumple con el mínimo de iluminación requerida.

Respecto al nivel de iluminación de los cuartos eléctricos se puede decir que la gran mayoría no cumplen con la norma, incluso varios de ellos **no llegan al mínimo recomendado**, debido a que casi todos los cuartos no poseen iluminación natural y la iluminación artificial que tienen es deficiente. Por lo que a esta área se le dará mayor atención en el presente proyecto, mejorando el nivel de iluminación sin que esto traiga como consecuencia un incremento significativo en el consumo de potencia debido al aumento de lámparas.

En el diseño se dará más importancia a las oficinas del área de ingeniería así como también a algunas oficinas del primer piso de administración; ya que en algunas de ellas la luz natural y/o artificial no es suficiente para cubrir las necesidades visuales de los trabajadores.

La cocina, el centro de capacitación, el centro médico, las guardianías y el parqueadero son áreas de la planta cuyos niveles de iluminación sobrepasan el mínimo de iluminación recomendado.

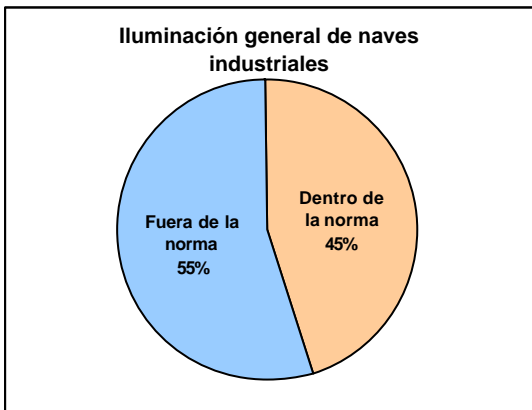


Gráfico. 2.3. Iluminación de naves industriales.- El 45% de las naves industriales cumple con el mínimo de iluminación requerida.

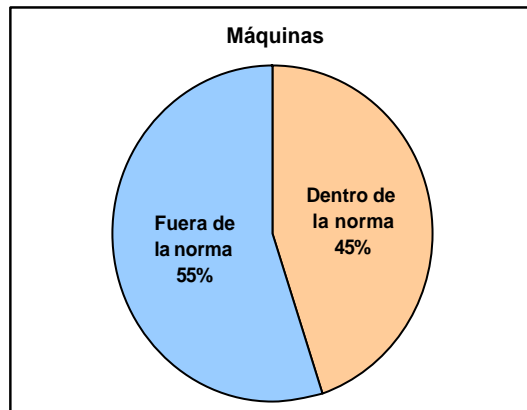


Gráfico. 2.4. Máquinas.- El 45% de las máquinas cumple con el mínimo de iluminación requerida.

La iluminación general de las naves industriales, especialmente el sector del proceso de producción presenta niveles de iluminación en extremo deficientes, pues en los turnos de la tarde y noche los niveles no llegan a los 100 lux. Para llegar a cubrir niveles de iluminación mayores a los 150 lux se pondrá especial cuidado al momento de seleccionar las lámparas y de esta manera cubrir las necesidades lumínicas sin afectar el consumo eléctrico con aumento de carga.

Aunque en las máquinas el nivel de iluminación no es óptimo, si se mejora el alumbrado general de las naves industrial, se estará incrementando la luminancia de las máquinas.

En cuanto a los exteriores de las naves industriales, a pesar de que no hay movimiento en el turno de la noche, se debe mejorar su iluminación debido a que el valor recomendado es 10 lux.

En general la planta industrial necesita un cambio urgente en el sistema de iluminación especialmente en los cuartos eléctricos y naves industriales.

CAPITULO III

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

3.1. PROYECTO DE ALUMBRADO

3.1.1. Introducción

En la actualidad, los centros laborales y lugares de convivencia, son algo más que un lugar de trabajo u ocio, son entornos en los que las personas y sus necesidades deben ser puntos de máxima atención en el diseño de un sistema de iluminación. Por lo tanto este debe ofrecer las condiciones óptimas para el confort visual de sus ocupantes y exigir soluciones que generen ambientes agradables, ergonómicamente correctos y energéticamente racionales. Entre los aspectos más importantes que es preciso tener en cuenta cabe citar:

- Iluminancias requeridas (niveles de flujo luminoso (lux)).
- Deslumbramiento
- Color de la luz y la reproducción cromática
- Selección del sistema de iluminación, fuentes de luz y luminarias.

3.1.1.1. Iluminancias requeridas

Cada actividad requiere un nivel específico de iluminación en el área donde se realiza. En general, cuanto mayor sea la dificultad de percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de la iluminación.

Para el presente proyecto se utilizarán los niveles de iluminación descritos en la Tabla. 2.12., la cual se ha tomado de normas que rigen en el Ecuador. Los niveles descritos en dicha tabla hacen mención a áreas de trabajo principales de la planta industrial NOVOPAN, para mayor detalle de otro tipo de actividades *ver Anexo III*.

Para establecer o elegir un cierto nivel de iluminación para un puesto de trabajo determinado, deberán estudiarse los siguientes puntos:

- Naturaleza del trabajo
- Reflectancia del objeto y de su entorno inmediato
- Diferencias con la luz natural y la necesidad de iluminación diurna
- Edad del trabajador.

Es importante mencionar que los niveles de iluminación de un área siempre se refieren al plano de trabajo, que puede ser horizontal, vertical o inclinado. El plano horizontal de trabajo, por defecto, se supone situado a una altura de 0.8 m, del suelo.

Los niveles de iluminación recomendados, son los idóneos para producir una correcta iluminación, por ello hay que tener en cuenta que la suciedad del entorno, las luminarias, lámparas y el envejecimiento de las lámparas, pueden mermar el flujo luminoso recibido sobre el plano de trabajo de tal modo que este puede alcanzar valores inferiores a los exigidos.

En muchos casos, no es recomendable proponer una iluminación general que por sí misma alcance los niveles de luminosidad exigibles, en estos casos se recurren a la utilización de iluminación puntual de carácter complementario para alcanzar estos objetivos.

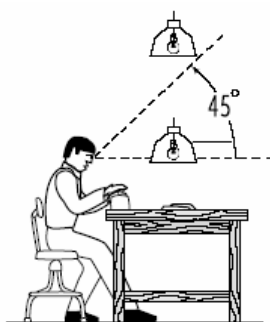
3.1.1.2. Deslumbramiento

Los factores esenciales en las condiciones que afectan a la visión son la distribución de la luz y el contraste de luminancias. Por lo que se refiere a la distribución de la luz, es preferible tener una buena iluminación general en lugar de una iluminación localizada, con el fin de evitar deslumbramientos. Por esta razón, las luminarias deberán distribuirse lo más uniformemente posible con el fin de evitar diferencias de intensidad luminosa. El constante ir y venir por zonas sin una iluminación uniforme causa fatiga ocular y, con el tiempo, esto puede dar lugar a una reducción de la capacidad visual.

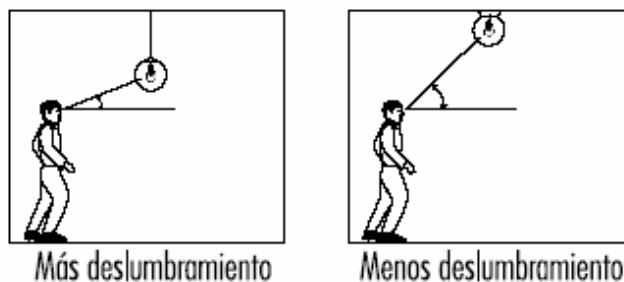
El deslumbramiento puede ser directo (cuando su origen está en fuentes de luz brillante situadas directamente en la línea de visión) o reflejado (cuando la luz se refleja en superficies de alta reflectancia). En el deslumbramiento participan los factores siguientes:

Luminancia de la fuente de luz: la máxima luminancia tolerable por observación directa es de 7.500 cd/m².

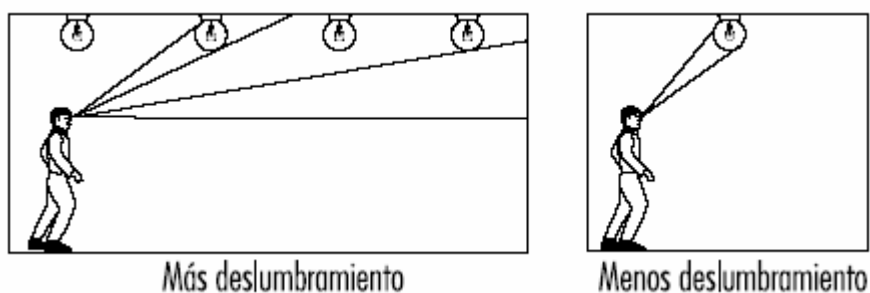
Ubicación de la fuente de luz: el deslumbramiento se produce cuando la fuente de luz se encuentra en un ángulo de 45 grados con respecto a la línea de visión del observador. Las figuras siguientes ilustran maneras y métodos de evitar el deslumbramiento directo y reflejado (véase la Figura. 3.1.).



a. Fuente de luz a 45° de línea de visión



b. Altura de la instalación



c. Tamaño de la habitación

Figura. 3.1. Deslumbramiento por ubicación de la fuente de luz

En general, se produce más deslumbramiento cuando las fuentes de luz están montadas a poca altura o en grandes habitaciones, porque las fuentes de luz así ubicadas pueden entrar fácilmente en el ángulo de visión que provoca deslumbramiento.

Distribución de luminancias entre diferentes objetos y superficies: cuanto mayores sean las diferencias de luminancia entre los objetos situados en el campo de visión, más brillos se crearán y mayor será el deterioro de la capacidad de ver provocado por los efectos ocasionados en los procesos de adaptación de la visión. Los valores máximos recomendados de disparidad de luminancias son:

- Tarea visual: superficie de trabajo = 3:1.
- Tarea visual: alrededores = 10:1.

Tiempo de exposición: incluso las fuentes de luz de baja luminancia pueden provocar deslumbramiento si se prolonga demasiado la exposición.

Evitar el deslumbramiento es un propósito relativamente sencillo y puede conseguirse de diferentes maneras. Una de ellas, por ejemplo, es colocar rejillas bajo las fuentes de iluminación, o utilizar difusores o reflectores parabólicos que puedan enfocar la luz apropiadamente, o instalar las fuentes de luz de modo que no interfieran con el ángulo de visión. A la hora de diseñar el ambiente de trabajo, la correcta distribución de la luminancia es tan importante como la propia iluminación, pero también es importante considerar que una distribución de luminancias excesivamente uniforme dificulta la percepción espacial y tridimensional de los objetos.

3.1.1.3. Color de la luz y la reproducción cromática

Como se vio en el Capítulo II la **apariencia en color** de las lámparas viene determinada por su **temperatura de color**. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado (> 5000K), luz neutra para las que dan luz blanca (> 3000K y < 5000K) y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo (< 3000K).

Pero la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación en el usuario, por lo que el valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final (ver Tabla.3.1.).

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↓	↓	↓
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↓	↓	↓
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

Tabla. 3.1. Apariencia del color de la luz y la luminancia

El **rendimiento en color** de las lámparas es una medida de la calidad de **reproducción cromática**. Se mide con el *Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra)* que compara el

aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente de luz dada con el que presentan iluminados por una “*luz de referencia*”. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos.

La CIE ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC.

Índices de rendimiento en color	
Valor Ra	Usos
$Ra \geq 85$	Industrias, tiendas, hoteles, restaurantes etc. (buena discriminación cromática).
$70 \leq Ra < 85$	Oficinas, escuelas, grandes almacenes (aceptable discriminación cromática).
$Ra < 70$	Alumbrado de interiores donde no se haga preciso una buena discriminación cromática.

Tabla. 3.2. Clasificación de las lámparas según el valor del IRC.

Influencia del color en el ambiente

Otro aspecto no menos importante que la reproducción de los colores de una instalación es la elección del color de suelos, paredes, techos y muebles. Aunque la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos y culturales básicamente, hay que tener en cuenta la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.

A menudo la presencia de elementos fríos (bien sea la luz de las lámparas o el color de los objetos) en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

3.1.1.4. Selección de las lámparas y luminarias

Las **lámparas** escogidas para el diseño de un sistema de iluminación serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) se adapte mejor a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación, etc.)

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	Incandescente Fluorescente Halógenas de baja potencia Fluorescentes compactas
Oficinas	Alumbrado general: fluorescentes Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión
Comercial (Depende de dimensiones y características del comercio)	Incandescentes Halógenas Fluorescentes Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos
Industrial	Todos los tipos Luminarias situadas a baja altura (≤ 6 m): fluorescentes Luminarias situadas a gran altura (>6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Tabla. 3.3. Tipos de lámparas de acuerdo al ambiente de uso

La elección de las **luminarias** está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Las luminarias para lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

En segundo lugar se tiene las luminarias para lámparas fluorescentes. Utilizadas principalmente en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, se encuentra una gran variedad de modelos que van de los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Por último se tiene las luminarias para lámparas de descarga a alta presión. Estas se utilizan principalmente para colgar a gran altura (industrias y grandes naves con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. En el primer caso se utilizan las luminarias intensivas y los proyectores y en el segundo las extensivas.

3.1.1.5. Selección del sistema de iluminación

Clasificación

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que

llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

Iluminación directa. La iluminación directa se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Aunque es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Esto se puede evitar instalando en las luminarias viseras o placas verticales de vidrio difusor.

Este tipo de iluminación es utilizado frecuentemente en la industria y se consigue utilizando luminarias directas las cuales se clasifican en dispersivas y concentrantes.

Iluminación semi-directa. En la iluminación semi-directa la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejado en techo y paredes (10 a 40%). En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Se logra una iluminación semi-directa colocando un vidrio difusor adecuado a las luminarias directas. A pesar de que se reduce el rendimiento el efecto conseguido es más agradable.

Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin ventanas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

Iluminación difusa o directa-indirecta. Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta se habla de iluminación difusa. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que da un aspecto monótono aunque el resultado obtenido sea muy agradable. En algunos casos no es conveniente el uso de este sistema ya que los objetos son observados sin relieve, dando una apariencia de plano.

Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.

Iluminación semi-indirecta. Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes (60 a 90%) la iluminación es semi-indirecta. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. Por contra la luz es de buena calidad,

produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos. Es preferida en instalaciones de alto nivel luminoso.

Iluminación indirecta. Por último la iluminación indirecta es donde más del 90% de la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas. La distribución uniforme, la falta de sombras y de brillo reflejado hacen de este sistema de iluminación el más recomendable para oficinas, escuelas y otras aplicaciones similares.

Métodos

Los métodos de iluminación nos indican la manera de distribuir la luz sobre la zona a iluminar, distribución que dependerá de las características de la zona así como de las tareas visuales que se realizarán en ésta.

De acuerdo al grado de uniformidad deseado, se distinguirán tres casos:

- Iluminación general
- Iluminación general localizada
- Iluminación combinada.

Iluminación general. En este sistema, las fuentes de luz se distribuyen uniformemente sin tener en cuenta la ubicación de los puestos de trabajo. El nivel medio de iluminación debe ser igual al nivel de iluminación necesario para la tarea que se va a realizar. Son sistemas utilizados principalmente en lugares de trabajo donde no existen puestos fijos.

Debe tener tres características fundamentales: primero, estar equipado con dispositivos antibrillos (rejillas, difusores, reflectores, etcétera); segundo, debe distribuir una fracción de la luz hacia el techo y la parte superior de las paredes, y tercero, las fuentes de luz deben instalarse a la mayor altura posible, para minimizar los brillos y conseguir una iluminación lo más homogénea posible (véase la Figura. 3.2.).

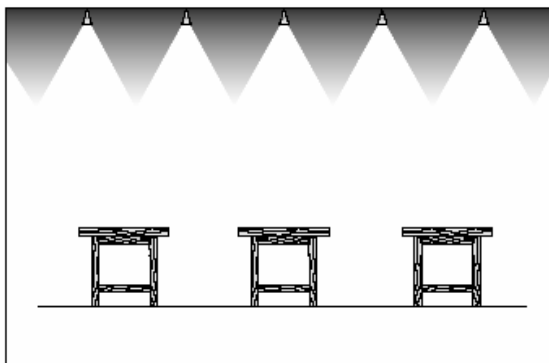


Figura. 3.2. Iluminación general

Iluminación general localizada. Es un tipo de iluminación con fuentes de luz instalado en el techo y distribuido teniendo en cuenta dos aspectos: las características de iluminación del equipo y las necesidades de iluminación de cada puesto de trabajo. Está indicado para aquellos espacios o áreas de trabajo que necesitan un alto nivel de iluminación y requiere conocer la ubicación futura de cada puesto de trabajo con antelación a la fase de diseño.

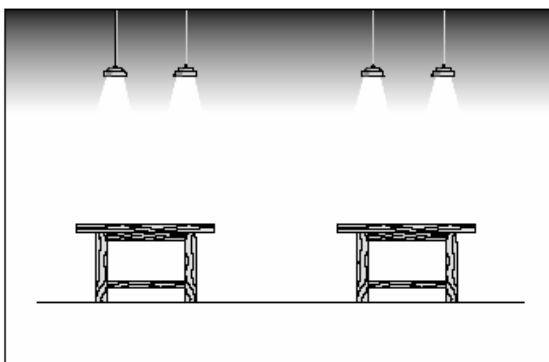


Figura. 3.3. Iluminación general localizada

Iluminación combinada. Se trata de un sistema que intenta reforzar el esquema de la iluminación general situando lámparas junto a las superficies de trabajo. Las lámparas suelen producir deslumbramiento y los reflectores deberán situarse de modo que impidan que la fuente de luz quede en la línea directa de visión del trabajador. Se recomienda utilizar iluminación localizada cuando las exigencias visuales sean cruciales, como en el caso de los niveles de iluminación de 1.000 lux o más. Generalmente, la capacidad visual del trabajador se deteriora con la edad, lo que obliga a aumentar el nivel de iluminación general o a complementarlo con iluminación localizada. En la Figura. 3.4. se aprecia claramente este fenómeno.

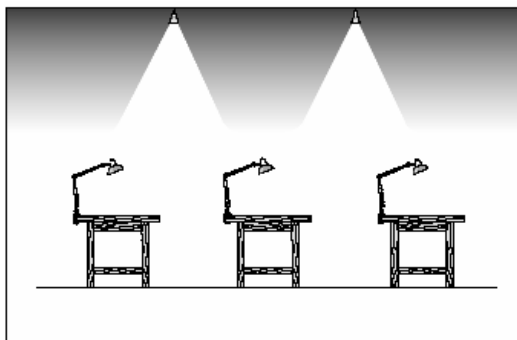


Figura. 3.4. Iluminación combinada

3.1.2. Alumbrado de interiores

Esta clase de alumbrado tiene por objeto proporcionar la iluminación adecuada en aquellos lugares cubiertos donde se desarrollan actividades laborales, docentes, o simplemente de recreo.

Cuando se procede a resolver un alumbrado de interiores hay que establecer siempre cual es la misión fundamental que va a tener ese alumbrado ya que este bien puede ser, por ejemplo, un:

- Alumbrado para oficinas, fábricas, etc. Donde se debe tener en cuenta la naturaleza del trabajo que se va a realizar y el tiempo de duración de este.
- Alumbrado ambiental planteado para resaltar la estética de las áreas a iluminar. Donde se debe tener en cuenta las exigencias arquitectónicas del proyecto o de la edificación, así como las limitaciones de orden constructivo que se puedan apreciar.
- Alumbrado para escaparates, expositores, etc. Donde se considera la política de ventas a la hora de organizar el alumbrado.

Para realizar el proceso de cálculo de iluminación general en instalaciones interiores, se pueden utilizar dos métodos: el primero, es el denominado Método de los Lúmenes, que

proporciona una iluminancia media con un error de $\pm 5 \%$. El segundo método es el de Punto a Punto y es el utilizado por los programas informáticos.

3.1.2.1. Métodos de cálculo

Método de los Lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso seguido es sencillo, siendo las etapas a seguir las siguientes:

- Determinación del nivel de iluminación requerido.
- Elección del sistema de alumbrado y de las luminarias.
- Determinación del coeficiente de utilización y de conservación.
- Cálculo del flujo luminoso necesario.
- Elección del tipo de fuentes de luz y potencia necesaria.
- Cálculo del número de lámparas y luminarias necesarias en la instalación.
- Selección del emplazamiento de las luminarias.

Como criterio general, en aquellos locales en que se desarrolla actividad laboral se toman valores de luxes próximos a los recomendados, mientras que en el resto se tomarán cercanos al mínimo, pero siempre superiores a éste. Los tipos de lámpara y de luminaria se adoptan según los criterios que se mostrarán posteriormente. Finalmente, el número de lámparas por luminarias y el número de luminarias por local, son consecuencia del cálculo.

Antes de empezar a calcular el nivel de iluminación de un local, hace falta recabar una serie de datos, tanto del local como de la lámpara y luminaria que la contenga, así como una serie de factores adicionales.

Datos sobre el local

- Dimensiones del recinto como largo, ancho y altura.
- Índices de reflexión o grado de reflexión de techos, suelo y paredes, que dependen del tipo de color y material de los anteriores elementos.
- Tipo de actividad del local, para que sea factible prever el nivel de iluminación necesario y la temperatura de color más adecuada.

Datos sobre la lámpara

Para poder elegir el tipo de lámpara más adecuado en cada lugar, es necesario saber las siguientes características:

- Tipo de lámpara.
- Flujo de la lámpara, rendimiento luminoso y potencia de la lámpara. Este detalle lo proporcionan los fabricantes en sus catálogos.
- IRC y temperatura de color.
- Vida útil. Esto nos repercutirá en el coste de explotación de la fuente de luz en servicio. Asimismo, son datos también suministrado por los fabricantes.

Datos sobre las luminarias

Como características fundamentales se tiene:

- Datos físicos. Como el tipo, modelo, dimensiones o fabricante.
- Curvas fotométricas. Estas curvas nos determinarán si la luminaria proporciona alumbrado directo, indirecto, semi-indirecto o semi-directo, dependiendo en que proporción esté distribuido el flujo luminoso en la gráfica.
- Factores de utilización. Es el cuadro de datos que indica la cantidad de flujo lumínico aprovechable en el área o plano que hay que iluminar, y es un valor que depende de las dimensiones del local y de su forma, del rendimiento de la luminaria y de los índices de reflexión media de los parámetros, y que nos lo suministrará el fabricante. La determinación del factor de utilización viene dada por la relación entre el flujo luminoso útil y el flujo total emitido por las lámparas, siendo siempre inferior a la unidad, ya que expresa rendimiento. Este factor depende de todas las pérdidas de

flujo que se dan desde que la luz es emitida por la lámpara hasta que llega a la superficie de trabajo.

Factores de mantenimiento y depreciación

Estos factores están íntimamente ligados y a menudo se consideran una unidad. En primer lugar hay que tener en cuenta el tipo de lámpara y la vida media de ésta, así como si se trata de una lámpara que se agota paulatinamente o si sufre un fallo súbito. Más tarde hay que valorar los elementos relacionados con la mano de obra, el coste de ésta, dificultades físicas para cambiar una lámpara, costo de lámparas, necesidades energéticas, etc. Para el cálculo del proyecto es necesario tener en cuenta el grado de ensuciamiento del local según su actividad, niveles de polvo, tráfico y humo. Otros elementos que se deben tener en cuenta son el grado de complejidad para la limpieza de una lámpara o luminaria, así como la frecuencia en dicha limpieza. De manera que la labor de promediar un factor de depreciación sea menos ardua, los fabricantes publican cuadros de índices, a partir de tres grados de ensuciamiento: ligero, normal y alto, con mantenimiento periódico o sin él.

Procedimiento de cálculo

Primero se determina la altura a la que está situado el plano de trabajo h , o lo que es lo mismo, la distancia a la que se sitúa el plano imaginario de trabajo del suelo. Por norma general, esta distancia se adopta como 0.8 m. Dicha distancia restada de la que hay entre la cara inferior de la luminaria y el suelo, se tiene la altura útil de trabajo, H .

Posteriormente se calculará el “Factor de forma” o “Relación del local”, que proporcionará la relación de las características físicas del local, factor esencial en la distribución del flujo luminoso en un local. Este factor viene determinado por la siguiente fórmula:

$$RL = \frac{5 \cdot H \cdot (L + A)}{L \cdot A} \qquad \text{Ecuación 3.1}$$

siendo:

- RL Relación del local (adimensional)
H altura de montaje de las luminarias respecto del plano de trabajo (m)
L longitud de la habitación de estudio (m)
A ancho de la habitación de estudio (m)

Algunos fabricantes de luminarias utilizan exclusivamente el “Índice del local”, concepto similar a la Relación del local, cuya relación con la anterior expresión es:

$$K = \frac{5}{RL} \qquad \text{Ecuación 3.2}$$

donde K es el índice del local (adimensional)

Determinado el índice del local, es necesario fijar los coeficientes de reflexión del suelo, techo y paredes, también el flujo luminoso que se refleja, el cual dependerá del color y grado de conservación de las anteriores superficies.

Con los datos anteriores, se calculará el **Coefficiente de Utilización (Cu)**, que indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, la altura, la longitud y menor la altura del plano de trabajo, y lógicamente influirá también si el alumbrado es directo o no.

Una vez hallado el Cu se determinará el **Coefficiente de Conservación (Cc)** con el cual se puede establecer de que manera disminuirá con el tiempo el rendimiento lumínico de una instalación, debido a factores de ensuciamiento por polvo o suciedad, periodicidad del mantenimiento y reposición de las lámparas. Ya que el adoptar un determinado coeficiente de conservación requiere un estudio muy completo una simplificación adecuada de este problema puede ser considerar un factor de mantenimiento de 0.8, cuando el ambiente del local calculado sea limpio. En el caso que sea un ambiente muy polvoriento o sucio, se puede considerar siempre un factor de 0.5. Finalmente, entre estos dos casos extremos, se puede considerar un factor de mantenimiento intermedio de 0.6.

Otra posibilidad, en el caso de disponer de la seguridad de un buen mantenimiento, es el de adoptar unos coeficientes de depreciación en función del tipo de luminaria según la referencia siguiente:

- Incandescencia normal: 0.90
- Incandescencia de halógenos: 0.95
- Lámparas fluorescentes: 0.85
- Vapor de mercurio: 0.85
- Halogenuros metálicos: 0.65
- Vapor de sodio de alta presión: 0.90

Cuando ya se calculan estos dos factores, ya se puede obtener el flujo luminoso necesario y las fuentes de luz adecuadas. Puede usarse en este caso la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_c} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

siendo:

- ϕ flujo luminoso a instalar (lúmenes)
- E_m nivel medio de iluminación necesario (lux)
- S superficie a iluminar (m^2)
- C_u coeficiente de utilización (adimensional)
- C_c coeficiente de conservación elegido (adimensional)

Ahora el cálculo del número de lámparas y luminarias es consecuencia del anterior pues, según los distintos rendimientos luminosos unitarios, obtendremos para el nuevo flujo total un número de lámparas diferentes, considerando además el distinto número de lámparas por luminaria que eventualmente puede darse. Así:

$$n = \frac{\phi}{\phi_{\text{lámpara}}} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

siendo:

n	número de lámparas
ϕ	flujo luminoso total (lúmenes)
$\phi_{\text{lámpara}}$	flujo luminoso unitario de la lámpara (lúmenes)

Y finalmente:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{número total de lámparas}}{\text{número de lámparas por luminaria}} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Distribución de las luminarias en el local

Esta distribución puede hacerse a través de muchas consideraciones, por lo cual establecer reglas generales no es aconsejable. No obstante, una de ellas es considerar que el objeto principal en las salas de trabajo consiste en obtener el mejor factor de uniformidad posible. Para que el ojo humano no detecte diferencias de iluminación, la uniformidad de repartición de las iluminancias ha de ser superior al 60%. Para ello, las interdistancias longitudinales y transversales deben ajustarse a un valor específico para cada luminaria, lo cual en realidad constituye un dato fotométrico de ésta, pues es consecuencia directa de un diagrama polar de intensidades.

Método Punto por Punto

A diferencia del “Método de Lúmenes” donde se calcula el “Nivel medio” de iluminación sobre un plano de trabajo considerando el aporte de las reflexiones de paredes, techo y piso y además la incidencia de un factor de mantenimiento o conservación de la instalación, el “Método punto por punto” se basa en la cantidad real de luz que se produce en un “punto” del área iluminada.

Para aplicar este método, se deberá conocer la forma en que la luminaria distribuye el flujo luminoso que emite la fuente de luz (“Curva de distribución luminosa”) y verificar que se cumpla la “Ley de la inversa de los cuadrados”².

Las fórmulas para el cálculo del nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal ó vertical, son básicamente las de la “Ley del coseno”.

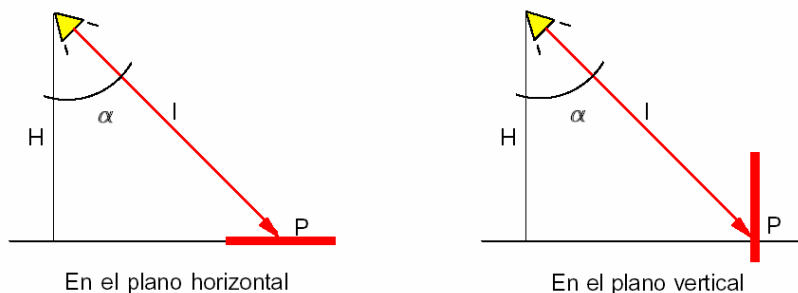


Figura. 3.5. Representación de la ley del coseno

$$E_{ph} = \frac{I}{H^2} \cdot \cos^3 \alpha ,$$

Ecuación 3.6 y 3.7

$$E_{pv} = \frac{I}{H^2} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \text{sen} \alpha$$

Donde:

- E_{ph} Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en lux)
- E_{pv} Nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en lux)
- I Intensidad luminosa en una dirección dada (en candelas)
- H Altura de montaje de la luminaria normal al plano horizontal que contiene al punto
- α Angulo formado por el rayo de luz y la vertical que pasa por la luminaria

² La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada.

3.2. DISEÑO DE ILUMINACIÓN

3.2.1. Predeterminación de niveles de iluminación

Como se vio en el capítulo anterior el primer paso a seguir en un proyecto de alumbrado es determinar los niveles de iluminación requeridos en cada área del proyecto, así se muestra a continuación los niveles recomendados para las áreas encontradas en la planta industrial.

Descripción	Niveles de iluminación	
	Mínimo (lux)	Recomendado (lux)
Escaleras, pasillos y salas de espera	20	100
Parqueaderos	70	100
Áreas de contabilidad	300	600
Despachos privados	200	500
Salas de juntas	150	500
Cocina, comedor y cafetería	100	200
Cuartos eléctricos	200	300
Salas de máquinas y calderos	100	200
Talleres de mecánica		
- Alumbrado General	200	300
- Alumbrado Local	300	500
Bodegas	100	200
Alumbrado general de naves industriales	100	200
Alumbrado exterior de naves industriales	10	15

Tabla. 3.4. Niveles de iluminación

En la tabla anterior no se tomó en cuenta las máquinas ya que para este diseño no se realizará ningún cambio en la iluminación de las máquinas pues mejorando el nivel del alumbrado general de cada área se estará mejorando también el de las máquinas.

Basado en el estudio de niveles de iluminación realizado en el capítulo II, se elegirá una técnica de diseño de acuerdo a las necesidades que presenta cada área de trabajo de la planta industrial en sus niveles de iluminancia:

a) Si el nivel de iluminancia medido es superior al recomendado se puede reducir la potencia de las lámparas y/o poner reflectores especulares, así como seguir las alternativas mostradas en el punto c. Las áreas que cumplen esta consideración:

- Konus
- Cuarto eléctrico “A”
- Bodega de Repuestos (2º piso)
- Taller automotriz
- Planta de tratamiento de agua
- Sección afilado
- Salas de espera
- Comedor, cocina y cafetería
- Gradas de administración
- Subgerencia de mercadeo
- Director de contabilidad
- Comercio Exterior (2)
- Gerencia financiera
- Gerencia y Presidencia
- Consultorio de centro médico
- Bodega Codesa
- Guardianías
- Parqueadero

b) Si el nivel de iluminancia medido es inferior al recomendado se pueden elegir lámparas de menor potencia con nuevas tecnologías que proporcionan un flujo mayor, así como cambiar difusores y, en dado caso, instalar reflectores especulares. Para reducir la potencia y consumo también será necesario instalar balastos más eficientes. Las áreas que cumplen con esta consideración son:

- Planta de Generación
- Transformadores
- Cuartos eléctricos: “B”, “C”, “D”, “E” y Control del Secadero
- Cuarto Hidráulico
- Oficina y taller de mantenimiento mecánico
- Jefatura de turno
- Oficina de Bodega de Repuestos
- Laboratorio
- Administración (1er piso)
- Oficinas de ingeniería
- Caja
- Sistemas
- Alumbrado general de las naves industriales
- Alumbrado exterior de naves industriales y patios de madera

A pesar de que las áreas de alumbrado general de las naves industriales cumplen con las consideraciones de los grupos a) y c), se los ubicará dentro de éste ya que en el turno de la noche no satisfacen los niveles de iluminación requeridos.

c) En el caso de que los niveles se encuentren dentro de las recomendaciones, se deben evaluar las siguientes alternativas:

- Usar alumbrado localizado en estaciones de trabajo.
- Instalar fuentes de luz más eficientes.
- Usar balastos eficientes.
- Cambiar lámparas incandescentes por fluorescentes compactas.
- Instalar reflectores especulares y/o difusores en luminarias existentes.
- Instalar interruptores, relevadores de tiempo, sensores de presencia o atenuadores.
- Instalar controles para permitir el mayor uso de la luz natural.
- Instalar un sistema de control automático para mantener un nivel de iluminancia constante.

Las áreas que cumplen con esta consideración son:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| ▪ Compresores | ▪ Comercio Exterior (1) |
| ▪ Lubricantes | ▪ Pasillos |
| ▪ Bodega de repuestos (1° piso) | ▪ Equipos de sistemas |
| ▪ Mantenimiento Eléctrico | ▪ Crédito y cobranza |
| ▪ Cuarto de control | ▪ Oficinas de centro médico |
| ▪ Salas de reuniones | ▪ Zulzer |
| ▪ Centro de capacitación | |
| ▪ Departamento de exportación | |
| ▪ Contabilidad | |

3.2.2. Selección del sistema de iluminación

Para determinar el tipo del sistema de iluminación se ha dividido en tres sectores que son: oficinas de administración, cuartos eléctricos y naves industriales.

El método de iluminación que se ha elegido para este proyecto es el alumbrado general ya que proporciona un nivel uniforme de iluminación en un área interior de tal forma que con el cambio de los objetos el nivel de iluminación no varía.

El sistema de iluminación directo será aplicado en los cuartos eléctricos y naves industriales, por no presentar pérdidas por absorción en paredes, techos y luminarias, haciéndolo un sistema económicamente conveniente. En las oficinas se utilizará el sistema semi-directo, ya que produce sombras suaves y proporciona un ambiente agradable de trabajo.

3.2.3. Selección de lámparas y luminarias

Todas las luminarias a aplicar tendrán rendimientos elevados, con luminancias suaves, especialmente en zonas de trabajo, para que no se produzca el indeseable fenómeno del deslumbramiento.

Se ha optado por luminarias semi-directas de montaje empotrado y sobrepuesto para las oficinas, mientras que para los cuartos eléctricos y naves industriales se usarán luminarias directas y el tipo de montaje será sobrepuesto y suspendido respectivamente.

En el área de las oficinas las luminarias empotradas presentarán rejillas cuadradas, las mismas que permiten la ventilación de las lámparas, evitando que estas alcancen temperaturas mayores a los 25° C; además evitan que las lámparas sean visibles directamente bajo un determinado ángulo. En las luminarias sobrepuestas se utilizarán paneles difusores consiguiendo así un efecto mínimo de sombra.

Aunque en los cuartos eléctricos las lámparas se encuentran expuestas al depósito de polvo las luminarias no tendrán protección ante estas condiciones, ya que la mayoría de

éstos carecen de iluminación natural y la utilización de una pantalla no permitirá aprovechar el flujo luminoso de las mismas.

Dado que la altura de las naves industriales supera los 6 m se utilizarán proyectores difusores de tipo abierto, los cuales permiten la ventilación de las lámparas disminuyendo la acumulación de suciedad sobre éstas y sobre el reflector. Además el uso de vidrios protectores, al igual que en los cuartos eléctricos, no permiten aprovechar el flujo luminoso de las mismas siendo esto un gasto muy alto comparado con las condiciones a las que están expuestas.

En cuanto al tipo de lámparas usado en oficinas y cuartos eléctricos se adoptarán lámparas fluorescentes tanto en su versión lineal como compacta, debido a su bajo consumo, larga vida útil y perfecta reproducción de todas las tonalidades de luz requeridas para cada área. En el alumbrado general de las naves industriales se instalarán lámparas de halogenuros metálicos, ya que dichas lámparas son idóneas para espacios de elevada altura y continuado funcionamiento, además poseen una buena reproducción de colores favorable para la productividad y seguridad de un proceso industrial, alta eficiencia luminosa, bajo consumo de energía y baja depreciación del flujo luminoso.

Para la iluminación exterior de las naves industriales se mantendrá la distribución actual de las lámparas, sin embargo se emplearán lámparas de mayor potencia y luminarias que dirijan la mayor parte del flujo luminoso a los 90° y 270°.

Un factor importante que determina las pérdidas del sistema iluminación y el rendimiento de las lámparas es el uso de equipo de funcionamiento electrónico, por lo que se empleará en la mayoría de áreas de la planta industrial a excepción del alumbrado exterior.

Respecto a la iluminación de la maquinaria, no se realizará ningún cambio en su distribución o luminarias, sin embargo se utilizarán lámparas y balastos más eficientes con el fin de disminuir el consumo de potencia.

3.2.4. Cálculos del diseño

Para determinar el número de luminarias y el emplazamiento dentro de cada área de la planta industrial se tiene en la actualidad herramientas que facilitan el diseño de sistemas de iluminación, además muestran curvas de distribución luminosa sobre el plano de trabajo que ayudan a distribuir de mejor manera los muebles que se encuentran dentro de un área. Dentro de estas herramientas podemos encontrar softwares como: Calculux de la casa Philips, LightGear 3.0 de la casa Hubbell, DIALux 3.1 de la casa DIALux, entre otras.

Para la elección del software se basó en las siguientes características: fácil utilización, elección de luminarias y/o lámparas de marcas conocidas en el Ecuador, de libre distribución y sin servicio de suscripción. El programa DIALux 3.1 cumplió con estas características además de otras como: curvas de distribución luminosa en el plano de trabajo, vista 3D de las áreas diseñadas, exportación de los resultados del diseño a formatos PDF y RTF, creación de imágenes fotorealísticas del área iluminada, exportación de la ubicación de lámparas a formato CAD, además permite escoger diferentes tipos de texturas y colores ya sea para paredes, pisos y techos, se puede integrar objetos comunes que se encuentran en los distintos ambientes para obtener un resultado mas real.

A continuación se describirá la información que requiere el programa para calcular el número de lámparas y su emplazamiento:

Datos del proyecto: se ingresará datos como nombre del proyecto, nombre del local, cliente, empresa encargada, etc. Los datos serán los mismos para todas las áreas de trabajo.

Geometría del local: se ingresará el largo, ancho, altura y plano útil (0.8 m) del área de trabajo.

Grados de reflexión: se escogerán los grados de reflexión del techo, piso y suelo de acuerdo al tipo de textura y color de cada ambiente.

Factor de degradación y planificación: estos valores se elegirán dependiendo del tipo de local (interior o exterior), su nivel de limpieza (muy limpio, limpio, alta contaminación) y ciclo de mantenimiento.

Tipo de montaje: este parámetro se elegirá de acuerdo al sistema de iluminación requerido para cada área de trabajo.

Selección de lámpara y luminaria: Para la selección de las luminarias se utilizará el catálogo de la Philips ya que el software DIALux permite la exportación de éste a su base de datos. Las luminarias y lámparas que se encuentran en este catálogo cumplen con normas europeas, las cuales no son vigentes en nuestro país por lo que para el diseño se escogió luminarias parecidas a las que se usan en nuestro medio y se cambió datos técnicos como: flujo luminoso (lm) (lámpara T8) y vataje (W) (conjunto balastro-lámpara).

Cálculo y resultados: en esta fase el dato que se ingresa es el nivel de iluminación recomendado para cada área de la planta industrial (ver *Tabla. 3.4.*), con lo que se obtiene la disposición y cantidad de luminarias, además de una curva isolux de la oficina sobre el plano útil, conjuntamente con ésta curva se obtiene el nivel de iluminación promedio, mínimo, máximo y la relación entre éstos.

Texturas y objetos de ambiente: como se mencionó anteriormente en este programa se puede elegir texturas y colores del área de diseño, además de objetos de ambiente tales como mesas, ventanas, puertas, archivadores, etc.

Resultados: en los resultados del diseño principalmente se muestra los casos en los que el nivel de iluminación actual es menor al recomendado además de ciertas áreas donde se pudo disminuir el número de lámparas. El resultado de cada área consta de las características físicas del local (dimensiones y grados de reflexión), así como de sus luminarias y su distribución; intensidades lumínicas y simetrías sobre el plano útil; un gráfico de gama de grises representando los valores en luxes, que facilitará una mayor comprensión de los resultados y finalmente el índice de eficiencia energética del local (IEE). Este índice mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y su unidad es el $W/m^2 - 100 \text{ lux}$, los niveles de IEE son considerados de acuerdo a lo siguiente:

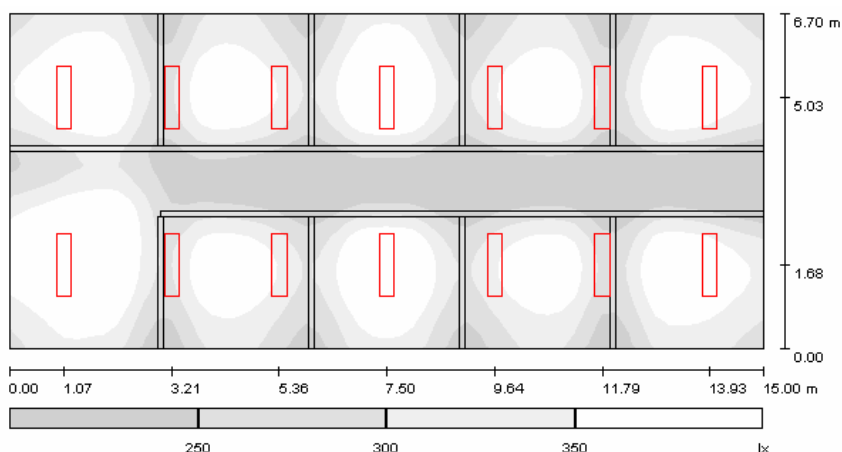
IEE óptimo	2.0
IEE medio	3.5
IEE alto	4.5

3.2.5. Resultados luminotécnicos del diseño

Administración 1er piso

Datos del local		
Largo: 15.00 m	Ancho: 6.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión		
Suelo: 77%	Techo: 70%	Paredes: 86%
Nivel de iluminación recomendado		
350 – 500 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	315	119	476	0.38	0.25

Luminarias-Lista de piezas

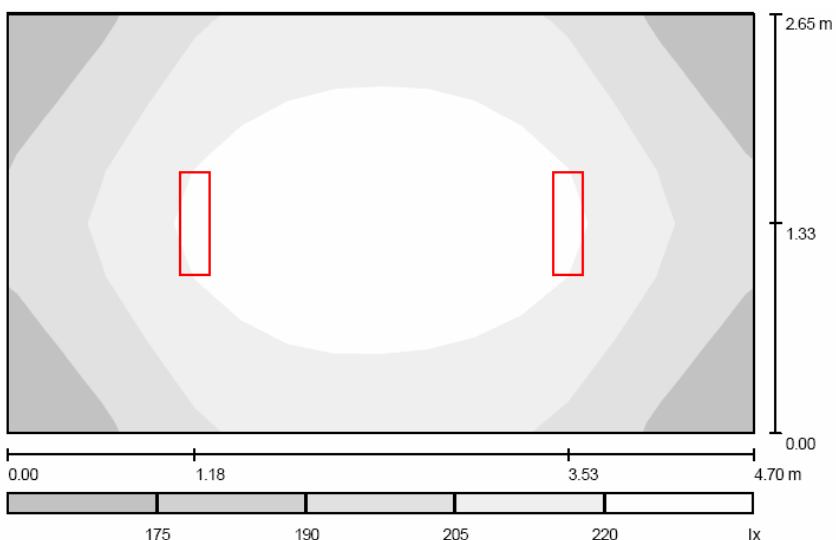
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	14	TBS320 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			82600	840

Índice de eficiencia energética: 2.65 W/m²/100 lux (Base: 100.50 m²), valor óptimo

Sala de reuniones

Datos del local		
Largo: 11.60 m	Ancho: 4.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 77%	Techo: 86%	Paredes: 80%
Nivel de iluminación recomendado		
150 – 500 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	210	175	236	0.83	0.74

Luminarias-Lista de piezas

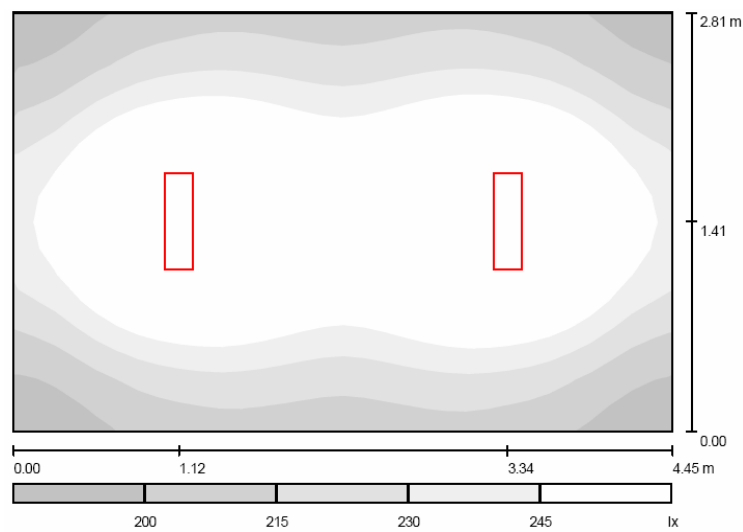
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	2	TCS097 O 2xT8 – 17W/830	2800	30
Total			5600	60

Índice de eficiencia energética: 2.29 W/m²/100 lx (Base: 12.46 m²), **valor óptimo**

Sala de juntas

Datos del local:		
Largo: 4.45 m	Ancho: 2.81 m	Altura: 2.36 m
Altura de montaje: 2.36 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 86%
Nivel de iluminación recomendado		
150 – 500 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidad des lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	245	191	312	0.78	0.61

Luminarias-Lista de piezas

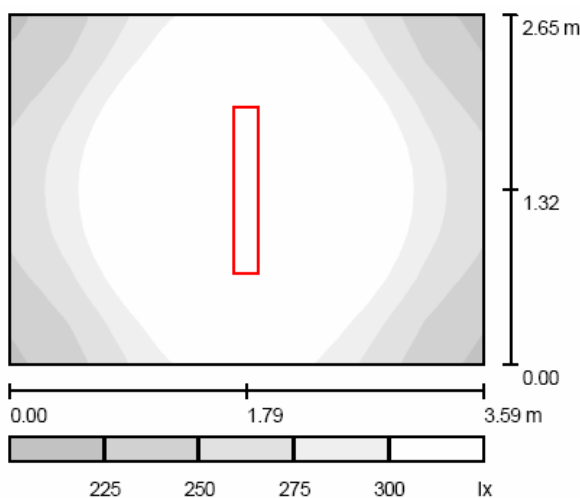
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	2	TCS097 O 2xT8 – 17W/830	2800	30
		Total	5600	60

Índice de eficiencia energética: 1.96 W/m²/100 lx (Base: 12.50 m²), **valor óptimo**

Subgerencia de mercadeo

Datos del local:		
Largo: 3.59 m	Ancho: 2.65 m	Altura: 2.36 m
Altura de montaje: 2.36 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 80%
Nivel de iluminación recomendado		
350 – 500 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	Emin	Emax	E_{\min} / E_m	E_{\min} / E_{\max}
Plano útil	318	218	463	0.68	0.47

Luminarias-Lista de piezas

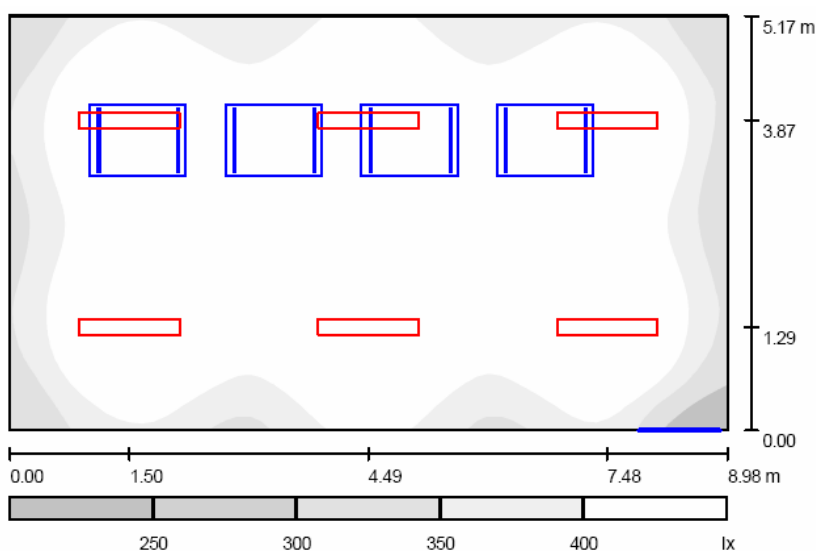
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	1	TCS097 O 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	5900	60

Índice de eficiencia energética: 1.98 W/m²/100 lx (Base: 9.51 m²), **valor óptimo**

Contabilidad

Datos del local		
Largo: 8.98 m	Ancho: 5.17 m	Altura: 2.36 m
Altura de montaje: 2.36 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 80%
Nivel de iluminación recomendado		
450 – 600 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	443	248	585	0.56	0.42

Luminarias-Lista de piezas

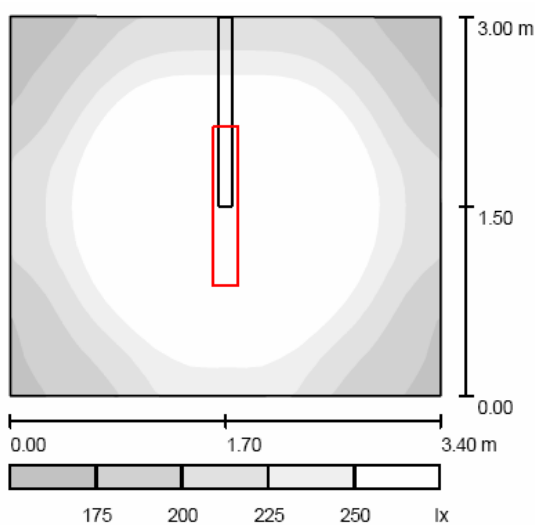
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	6	TCS097 O 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	35400	360

Índice de eficiencia energética: 1.75 W/m²/100 lx (Base: 46.43 m²), **valor óptimo**

Sistemas

Datos del local		
Largo: 3.40 m	Ancho: 3.00 m	Altura: 2.36 m
Altura de montaje: 2.36 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 70%
Nivel de iluminación recomendado		
350 – 500 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	254	159	406	0.62	0.39

Luminarias-Lista de piezas

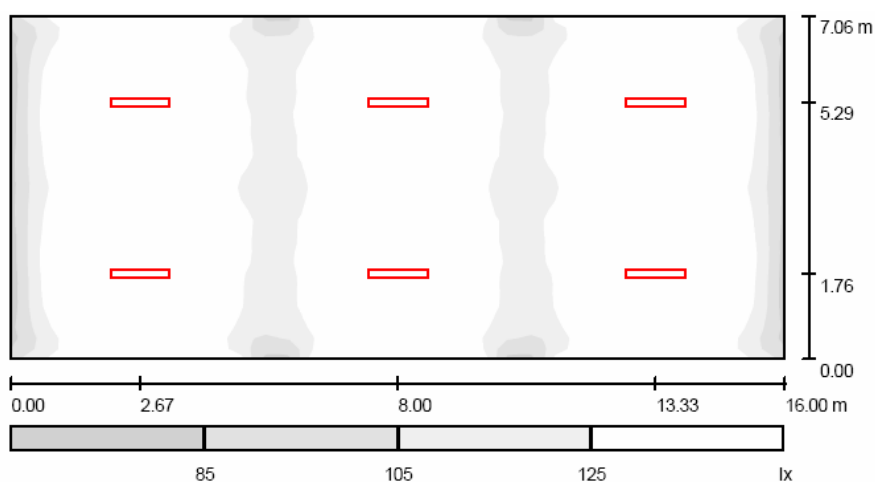
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	1	TCS097 O 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	5900	60

Índice de eficiencia energética: 2.31 W/m²/100 lx (Base: 10.20 m²), **valor óptimo**

Parqueadero

Datos del local		
Largo: 16.00 m	Ancho: 7.06 m	Altura: 2.30 m
Altura de montaje: 2.30 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.57
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 100%
Nivel de iluminación recomendado		
85 – 100 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	Emin	Emax	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	195	82	454	0.42	0.18

Luminarias-Lista de piezas

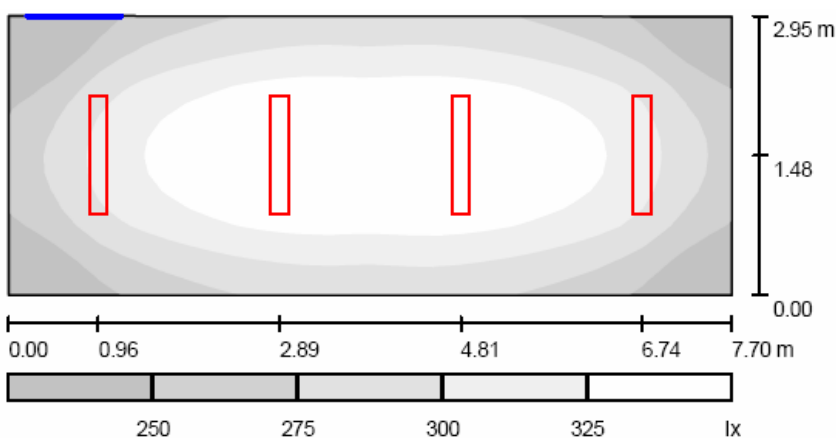
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	6	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			35400	360

Índice de eficiencia energética: 1.96 W/m²/100 lx (Base: 12.50 m²), **valor óptimo**

Laboratorio

Datos del local		
Largo: 7.70 m	Ancho: 2.95 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 65%
Nivel de iluminación recomendado		
250 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	301	190	359	0.63	0.53

Luminarias-Lista de piezas

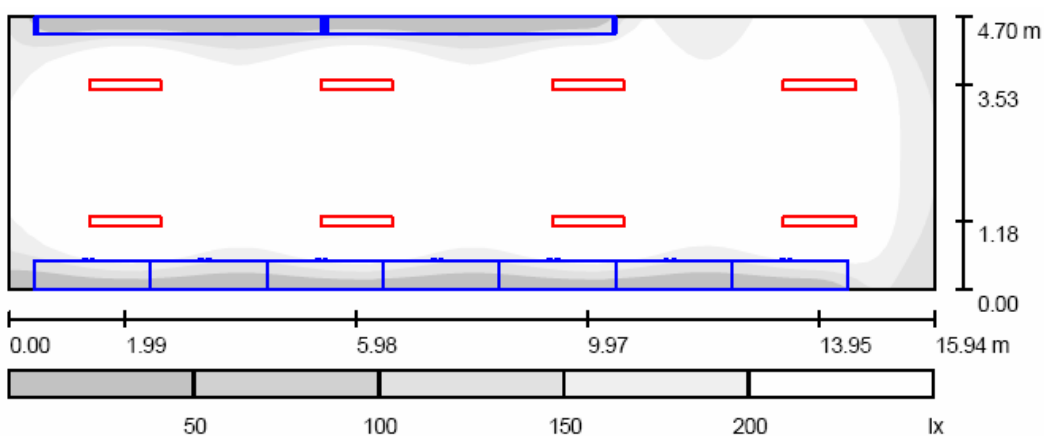
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	4	TCS097 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			23600	240

Índice de eficiencia energética: 3.51 W/m²/100 lx (Base: 22.71 m²), **valor medio**

Bodega de repuestos 2º piso

Datos del local		
Largo: 15.94 m	Ancho: 4.70 m	Altura: 2.80 m
Altura de montaje: 2.80 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.80
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
150 – 200 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	245	33	398	0.14	0.08

Luminarias-Lista de piezas

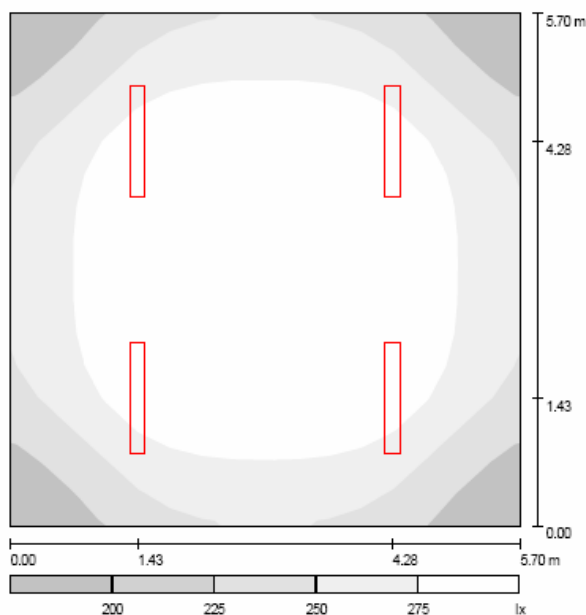
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	8	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	47200	480

Índice de eficiencia energética: 2.62 W/m²/100 lx (Base: 74.92 m²), **valor óptimo**

Control secadero

Datos del local		
Largo: 5.70 m	Ancho: 5.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 86%	Paredes: 50%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	274	195	319	0.71	0.61

Luminarias-Lista de piezas

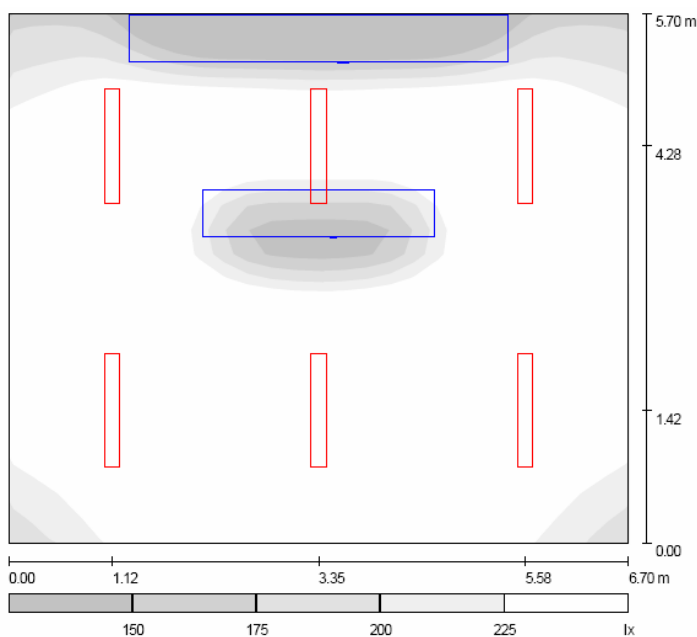
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	4	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			23600	240

Índice de eficiencia energética: 2.70 W/m²/100 lx (Base: 32.49 m²), **valor óptimo**

Cuarto eléctrico "B"

Datos del local		
Largo: 6.70 m	Ancho: 5.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 19%	Techo: 70%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	257	32	363	0.13	0.09

Luminarias-Lista de piezas

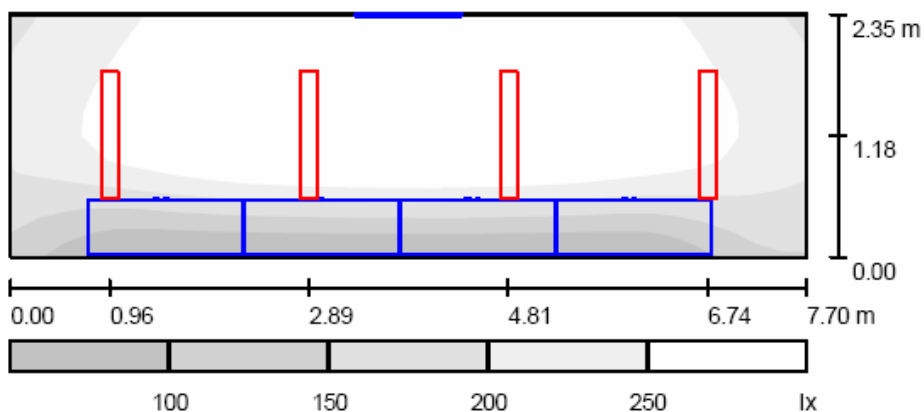
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	6	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	35400	360

Índice de eficiencia energética: 3.67 W/m²/100 lx (Base: 38.19 m²), **valor medio**

Cuarto eléctrico "C"

Datos del local		
Largo: 7.70 m	Ancho: 2.35 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 70%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	242	26	357	0.11	0.07

Luminarias-Lista de piezas

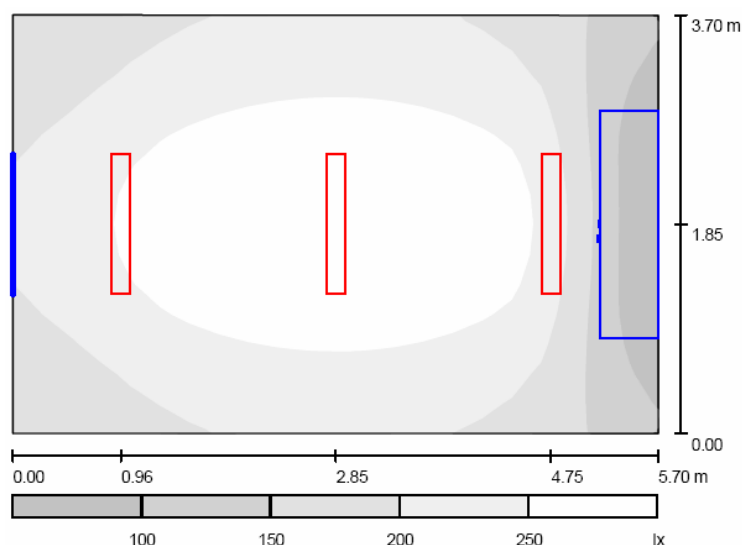
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	4	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			23600	240

Índice de eficiencia energética: 5.49 W/m²/100 lx (Base: 18.09 m²), **valor alto**

Cuarto eléctrico "D"

Datos del local		
Largo: 5.70 m	Ancho: 3.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 19%	Techo: 70%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	221	27	311	0.12	0.09

Luminarias-Lista de piezas

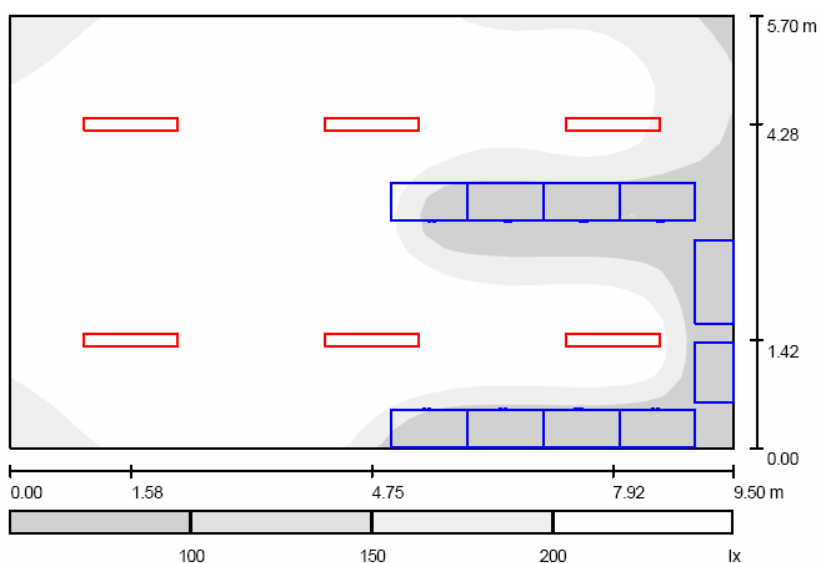
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	3	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
Total			17700	180

Índice de eficiencia energética: 3.87 W/m²/100 lx (Base: 21.09 m²), **valor medio**

Cuarto eléctrico "E"

Datos del local		
Largo: 9.50 m	Ancho: 5.70 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.00 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 19%	Techo: 70%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	219	28	304	0.13	0.09

Luminarias-Lista de piezas

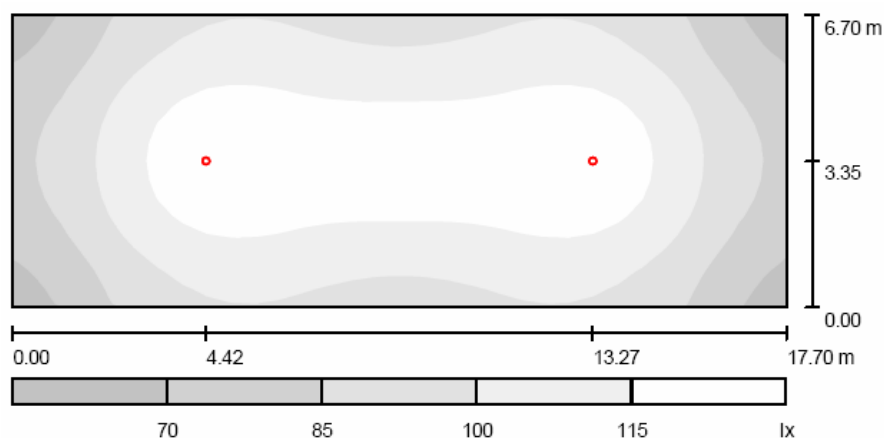
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	6	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	60
		Total	35400	360

Índice de eficiencia energética: 3.04 W/m²/100 lx (Base: 54.15 m²), **valor óptimo**

Cuarto hidráulico

Datos del local		
Largo: 17.70 m	Ancho: 6.70 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.30 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	104	62	130	0.6	0.48

Luminarias-Lista de piezas

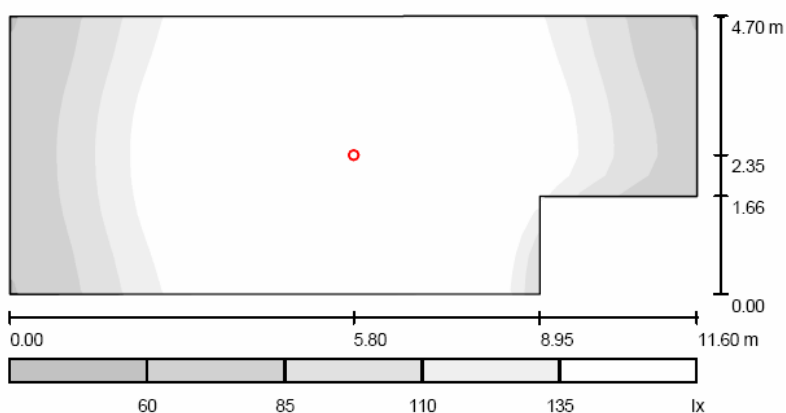
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	2	HDK100 1xHPI-P250W	19000	278
		Total	38000	556

Índice de eficiencia energética: 4.52 W/m²/100 lx (Base: 118.59 m²), **valor máximo**

Konus

Datos del local		
Largo: 11.60 m	Ancho: 4.70 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.30 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	155	58	227	0.38	0.26

Luminarias-Lista de piezas

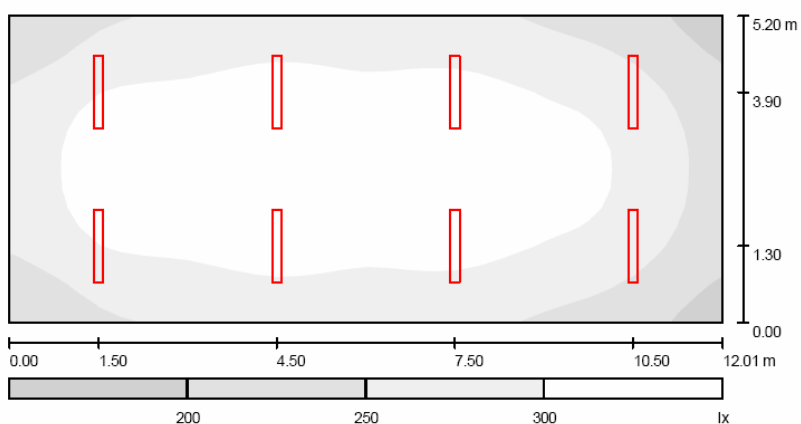
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	1	HDK 100 1xHPI-P400W	32000	484
		Total	32000	484

Índice de eficiencia energética: 6.24 W/m²/100 lx (Base: 50.13 m²), **valor alto**

Taller mantenimiento mecánico

Datos del local		
Largo: 12.01 m	Ancho: 5.20 m	Altura: 3.50 m
Altura de montaje: 3.50 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 70%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
200 – 300 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	291	177	353	0.61	0.5

Luminarias-Lista de piezas

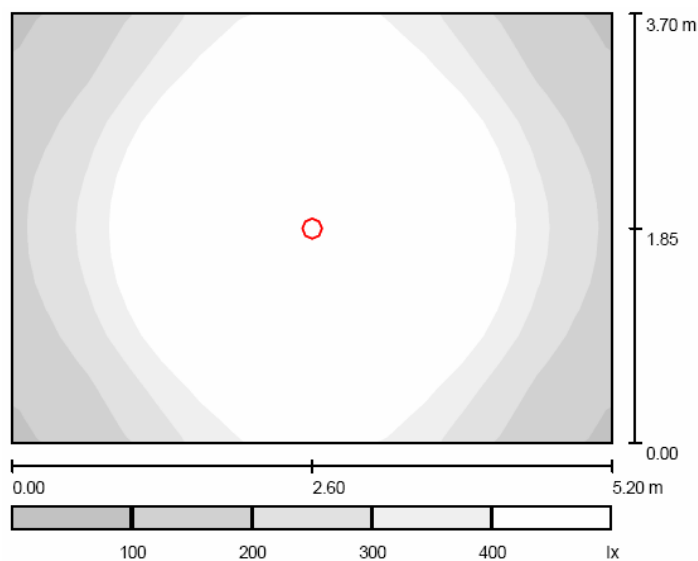
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	11	TMS028 2xT8 – 32W/830	5900	278
		Total	64900	660

Índice de eficiencia energética: 2.64 W/m²/100 lx (Base: 62.45 m²), **valor óptimo**

Taller automotriz

Datos del local:		
Largo: 5.20 m	Ancho: 3.70 m	Altura: 3.00 m
Altura de montaje: 3.00 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.67
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
300 – 400 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	452	84	1044	0.19	0.08

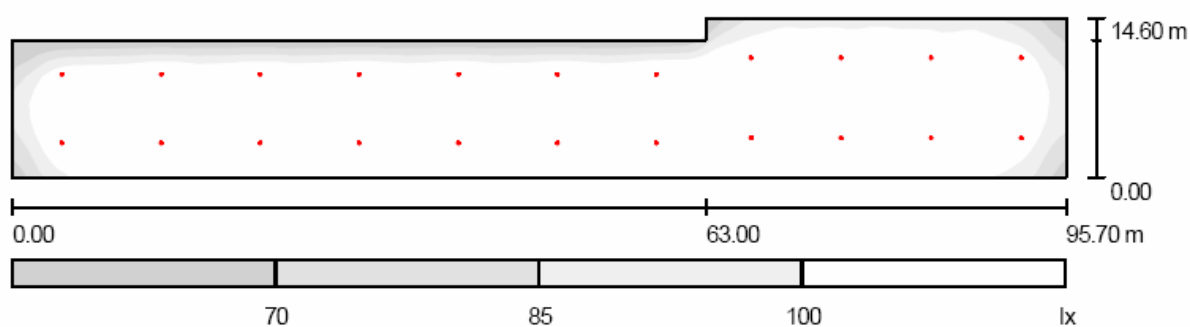
Luminarias-Lista de piezas

Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	1	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
Total			19000	278

Índice de eficiencia energética: 3.20 W/m²/100 lx (Base: 19.24 m²), **valor medio**

Pulpito prensa

Datos del local		
Largo: 95.70 m	Ancho: 14.60 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.90 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 100%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises**Resultados luminotécnicos sobre el plano útil**

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	119	54	141	0.45	0.38

Luminarias-Lista de piezas

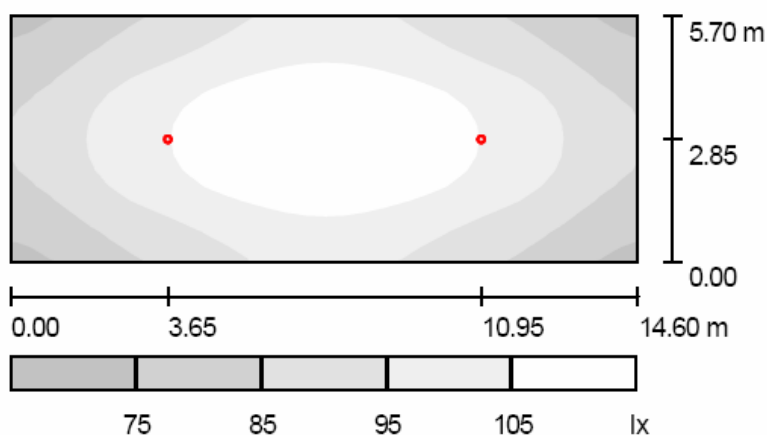
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	22	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
		Total	418000	6116

Índice de eficiencia energética: 4.05 W/m²/100 lx (Base: 1271.22 m²), **valor medio**

Encolado

Datos del local		
Largo: 14.60 m	Ancho: 5.70 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.90 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.5
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	96	72	113	0.75	0.64

Luminarias-Lista de piezas

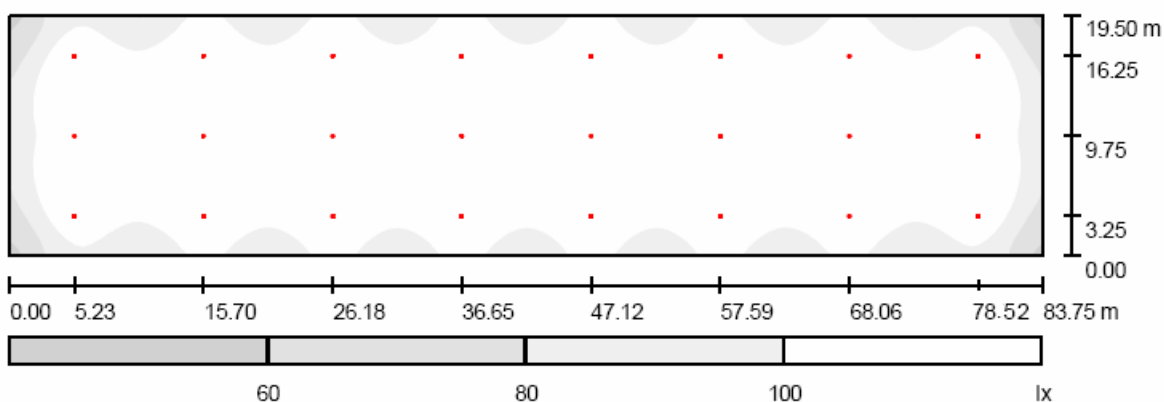
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	2	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
Total			38000	556

Índice de eficiencia energética: 6.95 W/m²/100 lx (Base: 83.22 m²), **valor alto**

Lijadora

Datos del local		
Largo: 83.75 m	Ancho: 19.50 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.90 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	115	54	144	0.47	0.38

Luminarias-Lista de piezas

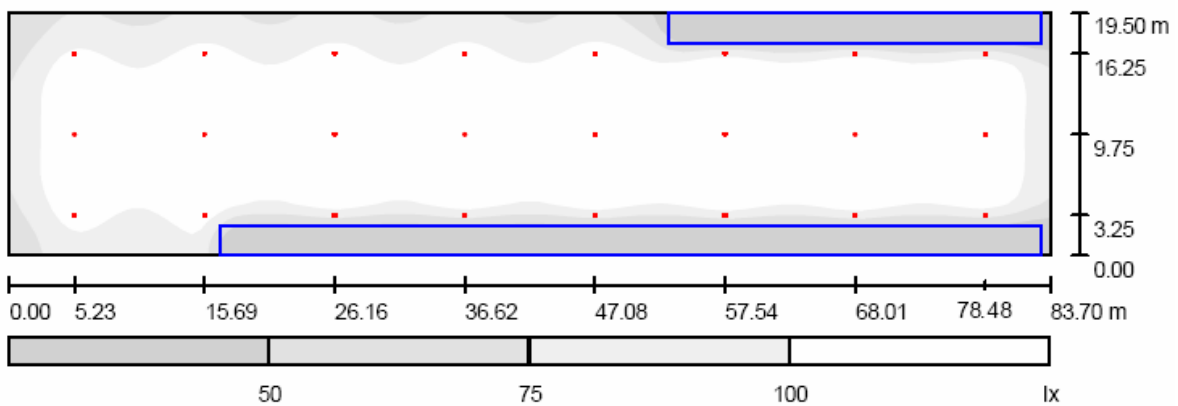
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	24	HDK 100 1xHPI-250W	19000	278
		Total	45600	6672

Índice de eficiencia energética: 3.54 W/m²/100 lx (Base: 1633.13 m²), **valor medio**

Bodega de tableros

Datos del local		
Largo: 83.70 m	Ancho: 19.50 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.90 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Plano útil	95	13	143	0.14	0.09

Luminarias-Lista de piezas

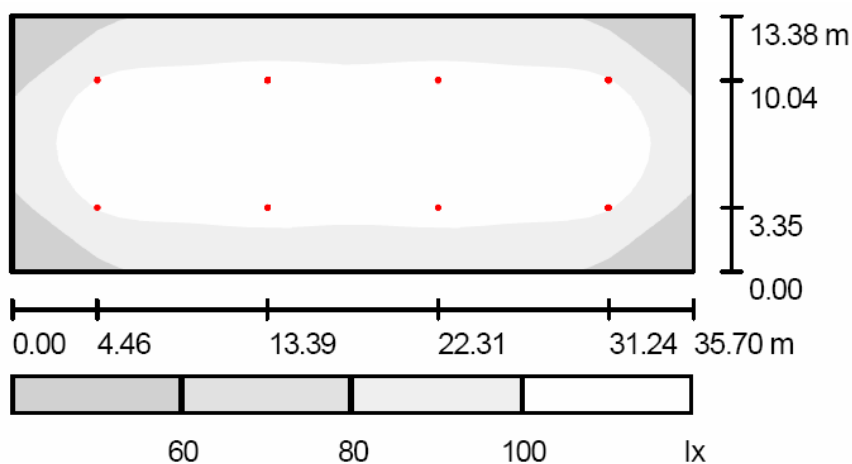
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	24	HDK 100 1xHPI-250W	19000	278
		Total	45600	6672

Índice de eficiencia energética: 4.30 W/m²/100 lx (Base: 1632.15 m²), **valor máximo**

Laminadora

Datos del local		
Largo: 35.70 m	Ancho: 13.38 m	Altura: 7.90 m
Altura de montaje: 7.90 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	Emin	Emax	E_{\min} / E_m	E_{\min} / E_{\max}
Plano útil	101	59	126	0.58	0.47

Luminarias-Lista de piezas

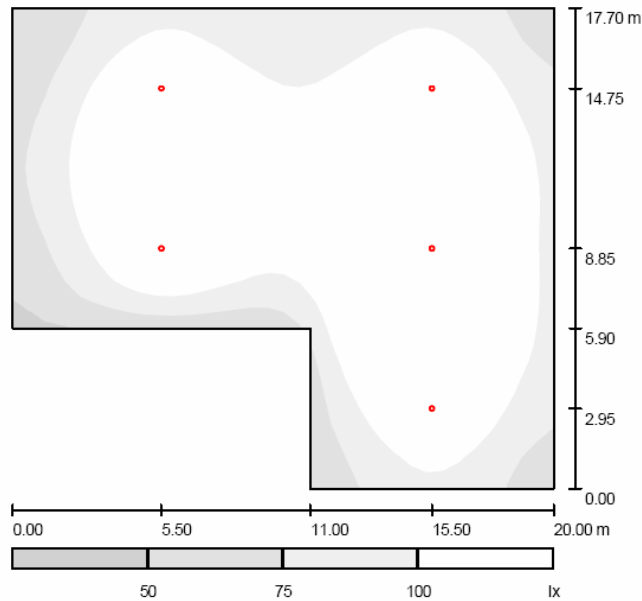
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	8	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
Total			152000	2224

Índice de eficiencia energética: 4.63 W/m²/100 lx (Base: 477.67 m²), **valor alto**

Molienda

Datos del local:		
Largo: 20.0 m	Ancho: 17.70 m	Altura: 7.00 m
Altura de montaje: 7.00 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación: 0.50
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	109	49	154	0.45	0.32

Luminarias-Lista de piezas

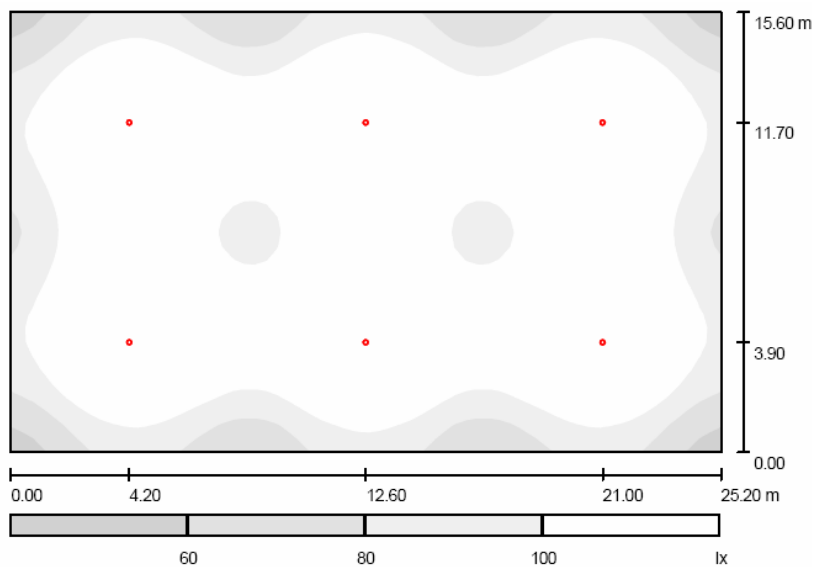
Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	5	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
		Total	95000	1390

Índice de eficiencia energética: 4.41 W/m²/100 lx (Base: 289.10 m²), **valor máximo**

Galpón de aserrín

Datos del local		
Largo: 25.20 m	Ancho: 15.60 m	Altura: 6.00 m
Altura de montaje: 6.00 m	Plano útil: 0.80 m	Factor de conservación:0.5
Grados de Reflexión:		
Suelo: 30%	Techo: 80%	Paredes: 34%
Nivel de iluminación recomendado		
100 – 150 lux		

Gama de grises



Resultados luminotécnicos sobre el plano útil

Superficie	Intensidades lumínicas [lux]			Simetrías	
	Em	E _{min}	E _{max}	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
Plano útil	114	51	161	0.45	0.32

Luminarias-Lista de piezas

Tipo	Pieza	Designación	F [lm]	P [W]
1	6	HDK 100 1xHPI-P250W	19000	278
Total			114000	1668

Índice de eficiencia energética: 3.72 W/m²/100 lx (Base: 393.12 m²), **valor medio**

3.3. DISEÑO ELÉCTRICO

3.3.1. Conductores Eléctricos

3.3.1.1. Generalidades

La función básica de un cable consiste en transportar energía eléctrica en forma segura y confiable desde la fuente de potencia a las diferentes cargas. Existe una gran cantidad de terminología referente a este tema.

En el caso general, los componentes que pueden distinguirse en un cable son:

- Conductor: los cables pueden estar constituidos por un conductor (cables monofásicos), tres (cables trifásicos), cuatro, etc.
- Aislamiento: capa de material dieléctrico, que aísla los conductores de distintas fases, o entre fases y tierra. Puede ser de distintos tipos, tanto de material orgánico, como inorgánico.
- Capa semiconductor o barniz: se emplea para homogenizar la superficie en la distribución de los conductores.
- Blindaje o pantalla: Cubierta metálica, que recubre el cable en toda su extensión y que sirve para confinar el campo eléctrico y distribuirlo uniformemente en su interior.
- Chaqueta o cubierta: de material aislante muy resistente, separa los componentes de un cable del medio exterior.

3.3.1.2. Conductores

Son cuatro los principales factores que deben ser considerados en la selección de conductores:

- Materiales: Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas, las

características de bajo peso y costo del aluminio, han dado lugar a un amplio uso tanto para conductores desnudos como aislados.

- Flexibilidad: Se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de alambres que lo forman. La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de alambres que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cuerda.
- Forma: Los conductores pueden tener varias configuraciones, algunas de ellas se muestran en la figura siguiente:

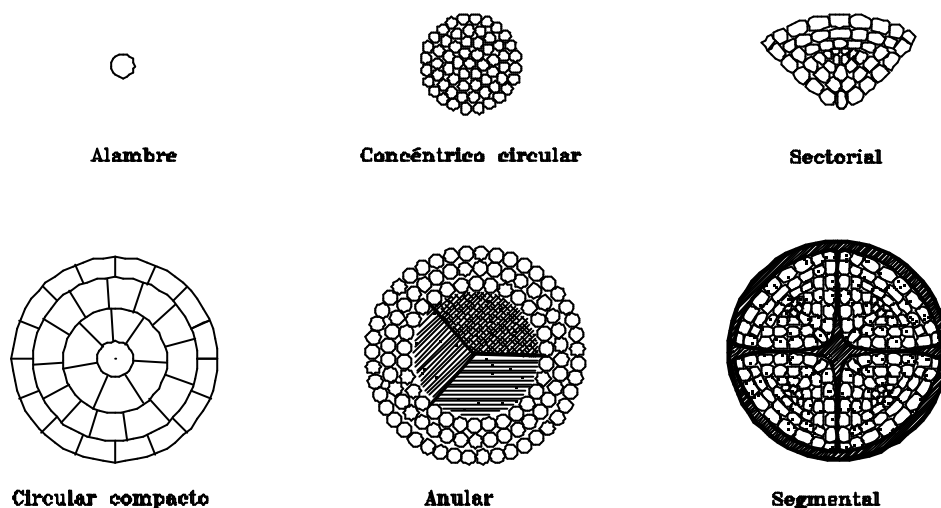


Figura. 3.6. Formas de conductores

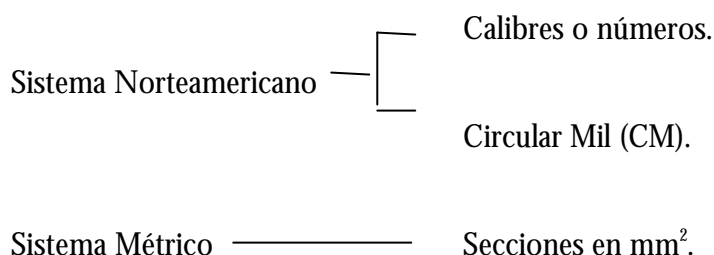
El conductor circular compacto consiste en un conductor concéntrico que ha sido comprimido con el objeto de eliminar los espacios entre alambres que forma el cable, con lo que se logra una disminución del diámetro del conductor.

Los conductores sectoriales se obtienen comprimiendo un conductor concéntrico circular, de manera que la sección se deforme tomando la forma de un sector de círculo. Aislado cada conductor se obtiene un cable polifásico de menor diámetro exterior.

Los cables anulares consisten en alambres trenzados helicoidalmente, en capas concéntricas, sobre un núcleo que puede ser una hélice metálica. Esta construcción disminuye el efecto Skin y por lo tanto la resistencia efectiva.

Los conductores segmentales se usan en cables monofásicos para intensidades de corrientes elevadas. Cada conductor está formado por tres o cuatro conductores sectoriales, separados eléctricamente entre si.

- Dimensiones:



3.3.1.3. Selección de cables

Para la selección de un cable debe tenerse en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de estas consideraciones pueden resumirse de la siguiente forma:

- Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislamiento, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad dieléctrica, resistencia de aislamiento, factor de potencia.
- Consideraciones térmicas: compatibilidad con el ambiente, dilatación del aislamiento, resistencia térmica.
- Consideraciones mecánicas: flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, resistencia impacto, abrasión, contaminación.
- Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos.

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

- Corriente requerida por la carga,
- Caída de tensión admisible, y
- Corrientes de cortocircuito.

La verificación del tamaño o sección transversal del cable se puede efectuar mediante los siguientes criterios:

En base a la capacidad de corriente. Se deben considerar las características de la carga, efectos térmicos de la corriente de carga, calentamiento, pérdidas por inducción magnética y en el dieléctrico. Cuando la selección del tamaño del cable se hace en base a este criterio, se recurre a tablas normalizadas donde para distintos valores de corriente se especifica la sección mínima del conductor a emplear. Debe tenerse presente cuando los cables van canalizados, o cuando pasan por fuentes de calor. La temperatura permanente no debe exceder del valor especificado por el fabricante, que generalmente está en el rango de 55 a 90 °C.

En base a sobrecargas de emergencias. Las condiciones de operación nominales de un cable aseguran una vida útil que fluctúa entre 20 y 30 años. Sin embargo, en algunos casos por condiciones de operación especiales se debe sobrepasar el límite de temperaturas de servicio, por tal motivo, en períodos prolongados, disminuye así su vida útil. Para este fin, se ha establecido temperaturas máximas de sobrecarga para distintos tipos de aislamiento. La operación a estas temperaturas no debe exceder las 100 horas por año, y con un máximo de 500 horas durante toda la su vida útil. Existen tablas donde, para distintos tipos de aislamiento, se especifica el factor de sobrecarga para casos de emergencias. Este criterio es válido para la selección de cables en media y alta tensión.

En base a la regulación de tensión. Se considera la sección que permita una caída de tensión inferior al 3% en el alimentador, respecto a la tensión nominal, y que no supere al 5% en todo el circuito. Este criterio es aplicable en baja tensión.

En base a la corriente de cortocircuito. Bajo condiciones de cortocircuito, la temperatura del cable aumenta rápidamente, y si la falla no es despejada se producirá la rotura permanente del aislante. El comportamiento térmico de un cable bajo condiciones de cortocircuito se puede predeterminar a través de fórmulas.

Las fórmulas para verificar la adecuada sección para el caso más desfavorable son las siguientes:

$$\left\{ \frac{I}{CM} \right\}^2 \cdot t = 0,0297 \cdot \log_{10} \frac{(T_2 + 234)}{(T_1 + 234)} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

$$\left\{ \frac{I}{CM} \right\}^2 \cdot t = 0,0125 \cdot \log_{10} \frac{(T_2 + 228)}{(T_1 + 228)} \quad \text{Ecuación 3.9}$$

donde:

- t es la duración de la corriente de cortocircuito.
- I es el valor RMS de la corriente de cortocircuito.
- CM es la sección del cable en circular mils.
- T1 es la temperatura inicial en grados Celsius.
- T2 es la temperatura final en grados Celsius.

La primera expresión es válida para conductores de cobre y la segunda para conductores de aluminio. Estas mismas fórmulas se encuentran tabuladas en gráficos, que son más fáciles de utilizar.

3.3.2. Diseño de tableros eléctricos

Una vez realizado el diseño de iluminación el siguiente paso es la distribución de los circuitos eléctricos en tableros secundarios, los que serán controlados por un tablero principal. A continuación se detalla la ubicación y capacidad de cada uno de ellos.

El tablero principal de distribución será ubicado en el cuarto eléctrico “E”, debido a que este lugar se encuentran cerca del transformador (440/220 VAC) asignado para los circuitos de iluminación y fuerza, además su localización permite un fácil acceso para su futuro mantenimiento que será realizado únicamente por personal autorizado. Tendrá una

capacidad máxima de 8 circuitos, teniendo en cuenta que por cada cinco circuitos de iluminación se dejó un espacio de reserva.

Los tableros secundarios de distribución estarán ubicados en siete sectores dependiendo de la localización de la carga, facilidad de mantenimiento, arquitectura de la planta industrial y de las tareas en común que se desarrollen en estos, así tenemos: Oficinas, Guardia #2, Cuarto eléctrico “B”, Cuarto eléctrico “E”, Cuarto eléctrico “C”, Laminadora, y Molienda.

Para evitar la sobrecarga de los tableros secundarios y cubrir sectores más distantes fue necesario subdividirlos de la siguiente manera: Jefatura de turno (Oficinas) y Tanques de Combustible (Guardia #2). La capacidad de estos tableros se detalla en el *Anexo V*.

Al igual que en el tablero principal, se dejó un espacio de reserva por cada cinco circuitos de iluminación de los subtableros principales, además las fases fueron distribuidas en los tableros de manera que cada una tenga la misma carga para evitar el desequilibrio del sistema.

Elementos de protección.

Para agrupar los circuitos de iluminación se tomo en cuenta la corriente que consume cada tipo de lámpara así por ejemplo: lámparas incandescentes 1 A, lámparas fluorescentes 1 A, dicroicas 1 A, lámparas de mercurio halogenado, sodio 2 A y lámparas de cuarzo 3 A. Posteriormente para determinar la capacidad de los elementos de protección, se sumó la corriente de consumo de las lámparas que conforman cada circuito mas un porcentaje de reserva, cuyo valor depende del tipo de instalación y carga. En este caso la reserva será de un 15% con una proyección de 25 a 30 años, tomando en cuenta que en instalaciones industriales la carga debida a circuitos de iluminación no sufre un aumento significativo.

La selección de los elementos de protección de los tableros se realizó obteniendo la corriente de demanda de cada uno. Para este estudio es necesario conocer la carga instalada del tablero a alimentar (*ver Anexo V*) y el factor de potencia de la carga, en el cálculo de ésta corriente se utilizarán las ecuaciones 2.1 y 2.5 dependiendo del tipo de circuito: 2 ϕ ,

3H ó 3 ϕ , 4 H. Adicionalmente si la carga instalada de un tablero excede a los 20 000 W se deberá corregir su valor por medio de un factor de demanda, la carga instalada corregida se obtiene mediante la ecuación:

$$\text{Carga instalada corregida} = 20\,000 * 100\% + \text{excedente} * 70\% \quad \text{Ecuación 3.10}$$

En la siguiente tabla se resume el cálculo de la carga instalada corregida, la corriente de demanda y la capacidad del breaker que corresponde a cada tablero:

Tablero	Tipo de circuito	Carga instalada * FD (VA)	Id (A)	Id + reserva (A)	Breaker (A)
Principal	3 ϕ , 4 H	61627	161.7	190.3	200
Oficinas	2 ϕ , 3H	11036	43.5	51.1	50
Cuarto eléctrico "B"	3 ϕ , 4 H	17229	45.2	53.2	60
Cuarto eléctrico "C"	2 ϕ , 4 H	3767	14.8	17.4	20
Cuarto eléctrico "E"	2 ϕ , 3H	6032	23.8	27.9	30
Laminadora	2 ϕ , 3H	15306	60.3	70.9	70
Molienda	2 ϕ , 3H	13690	54	63.4	70
Guardia #2	3 ϕ , 4 H	12408	32.6	38.3	40
Jefatura de Turno	2 ϕ , 3H	5627	22.5	26.5	30
Tanques de Combustible	2 ϕ , 3H	1171	4.6	5.4	15

Tabla. 3.5. Capacidad de breakers para tableros de distribución

3.3.3. Diseño de conductores eléctricos

Antes de calcular el calibre de los conductores se elegirá el tipo de cable tomando en cuenta que las características que estos deben cumplir son:

- *Material del conductor:* cobre, debido que este material tiene una capacidad de conducción mayor a menor diámetro.
- *Características eléctricas:* Voltaje no superior a 600 V AC

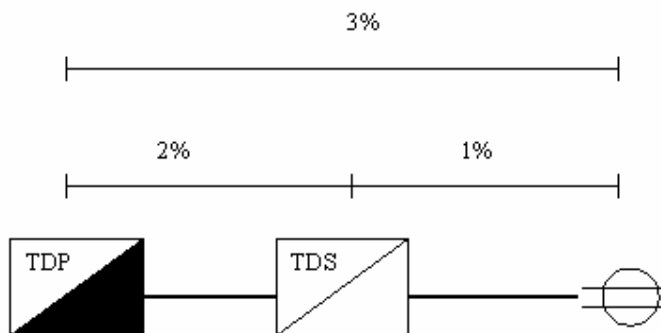
- *Características térmicas:* ambientes secos y/o húmedos, temperatura máxima de servicio entre 60 y 90° C.
- *Características Mecánicas:* flexibilidad, aislante resistente a la humedad y que no propague llama.
- *Características químicas:* resistentes a aceite, gasolina y químicos.

3.3.3.1. Selección del calibre

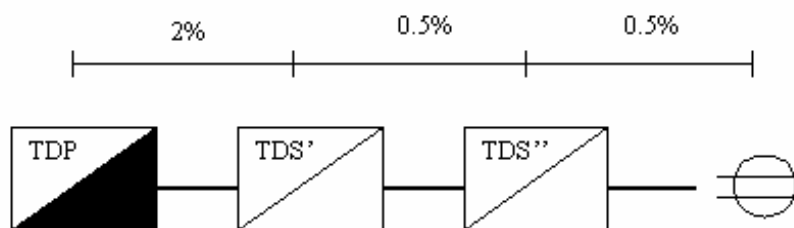
Una de las responsabilidades más básicas en un diseño eléctrico es la de dimensionar el calibre de los conductores eléctricos. A pesar de que aparenta ser una elección fácil, no lo es. Existen varias exigencias que deben ser cumplidas simultáneamente para lograr un dimensionamiento correcto.

Primer paso

Como primer paso se debe hacer un estudio de demanda de carga donde se obtiene la corriente que debe ser usada para la selección del calibre de conducción. Como se vio anteriormente esto sólo es válido para distancias menores a 32 m, en circunstancias distintas se debe tomar en cuenta la caída de tensión en el cable. Según las normas que rigen en el Ecuador la máxima caída de tensión entre el tablero principal y los circuitos de iluminación es del 3%, el gráfico que se presenta a continuación explica las caídas de tensión de cada trayecto del presente proyecto.



a)



b)

Figura. 3.7. Caída de voltaje del proyecto

Como se ve en el Figura. 3.7. la caída de tensión máxima (3%) se dividió de acuerdo al número de subtableros que se encuentran entre el tablero principal y los circuitos de iluminación.

Para asegurar que la caída de tensión en el cable tenga un valor aceptable se debe realizar una corrección en el área del conductor por medio de las ecuaciones 1.4 y 1.7 que se elegirán de acuerdo al tipo de circuito (bifásico o trifásico):

Una vez obtenida la corriente de demanda o el área del conductor según sea el caso se selecciona el calibre del conductor que soporte el paso de esta corriente o que cumpla con el área calculada.

Segundo paso

En este paso se deben obtener los datos (amperaje y temperatura de terminales) del elemento de protección del conductor, además de los datos del tipo de aislamiento que éste tiene (THHN, TW, etc). Una vez obtenidos estos datos, se procede a la elección del calibre del cable.

Tercer paso

Otro factor que se debe tener en cuenta es la corriente de corto circuito que el conductor seleccionado podrá soportar sin que se produzca la rotura permanente del aislante. Esta corriente se calcula en el bus donde el conductor deriva su alimentación mediante la ecuación 3.8:

$$I = CM * \sqrt{\frac{0.0297 * \log \frac{(T_2 + 234)}{(T_1 + 234)}}{t}}$$

Las constantes t, T1 y T2 tomarán los valores de 1 s, 150° C y 90° C respectivamente, mientras que la sección del cable en circular mils se calcula multiplicando el calibre del conductor en mm² por 1973.552 que es el factor de conversión CM a mm².

Exigencias

1ra exigencia. La capacidad de corriente continua del conductor no debe ser menor al valor de corriente nominal del fusible o del interruptor termomagnético que lo protege.

2da exigencia. La capacidad de corriente del conductor debe ser mayor a la corriente de demanda que se calcula en el primer paso.

A continuación se presenta la selección de los conductores del proyecto habiendo seguido los pasos y exigencias anteriores:

Tablero	Cable seleccionado	I corto circuito (A)
Principal	THHN 2/0 AWG 19H	7801
Oficinas	THHN 6 AWG 7H	1540
Cuarto eléctrico "B"	THHN 2 AWG 7H	3885
Cuarto eléctrico "E"	THHN 12 AWG 7H	383

Cuarto eléctrico "C"	THHN 10 AWG 7H	609
Guardia #2	THHN 1/0 AWG 7H	6199
Molienda	THHN 4 AWG 7H	2446
Laminadora	THHN 4 AWG 7H	2446
Jefatura de turno	THHN 4 AWG 7H	2446
Tanques de combustible	THHN 8 AWG 7H	970

Tabla. 3.6. Cable seleccionado para conexión de tableros de distribución

3.3.4. Canalización

Las canalizaciones eléctricas sirven para proporcionar protección mecánica a los conductores y protegerlos de la intemperie, ya que los aísla físicamente y confina cualquier problema de calor o chispa producida por fallas en el aislamiento de los conductores. Deben estar dispuestas de manera que no se ejerza ningún esfuerzo sobre las conexiones de los cables, a menos que estén previstas especialmente a este efecto. Con el fin de evitar el deterioro de los cables, éstos no deben estar tendidos en pasos para peatones o vehículos. Si tal tendido es necesario, debe disponerse protección especial contra los daños mecánicos y contra contactos con elementos de la construcción.

Existe una gran variedad de medios para acomodar a los conductores, algunos son de uso muy común y otros sólo se usan en aplicaciones específicas. Las más comunes son:

Canalización con poliducto: Es muy usado en las instalaciones eléctricas residenciales por su costo y facilidad de manejo. Básicamente, consiste en un tubo de plástico negro semiflexible, el cual no es muy resistente a los golpes, pero si es de utilidad para trabajar en atmósferas corrosivas. Por esto no es utilizado para uso en intemperie. Este tipo de canalización se fabrica con diámetros de 1/2 pulgada a 4 pulgadas.

Canalización con tubo conduit de aluminio: Como su nombre lo dice, está fabricado principalmente de aluminio, es rígido y por su resistencia mecánica, es utilizado en condiciones de intemperie y en otras condiciones especiales.

Canalización metálica: es un conjunto de conductores aislados montados en posiciones espaciadas en una estructura de metal ventilado que los soporta y protege y que incluye accesorios y terminales de conductores. Este tipo de canalización puede ser usada para circuitos derivados, alimentadores y acometidas.

Las estructuras de las canalizaciones metálicas cuando se conectan en forma adecuada, pueden usarse como conductores de puesta a tierra del equipo, en circuitos derivados y alimentadores. Además están diseñadas para conducir corriente eléctrica de falla y soportar las fuerzas magnéticas de dichas corrientes.

Para la canalización de este proyecto se eligió dos tipos de canalización:

- Tubo conduit de aluminio: será usado en la distribución de los circuitos de iluminación de cuartos eléctricos y oficinas de la planta industrial. Para su montaje se utilizarán accesorios tales como: codos, Te's cajas de empalme y derivación, cajas de registro, etc., los cuales facilitarán la distribución de los conductores eléctricos. El diámetro de la tubería conduit será de 1'.
- Canalización metálica: conducirá los alimentadores y los circuitos de iluminación de los subtableros eléctricos que se encuentren distanciados del tablero principal. El uso de este tipo de canalización además de ser económico permite un fácil mantenimiento de los conductores y es la más adecuada para estructuras industriales. Para distribuir los alimentadores a los subtableros, se instalará una canaleta principal que será ubicada en la parte central de las naves industriales y de esta se derivará a cada uno de los subtableros dependiendo de su ubicación en la planta industrial.

Debido a que la planta presenta otro tipo de canalizaciones (no eléctricas), se dispondrá de tal forma que entre las superficies exteriores de ambas (eléctricas y no eléctricas) se mantenga una distancia de, por lo menos, 3 cm. Además se tendrá cuidado en mantener una distancia conveniente entre la canalización y la maquinaria presente en la fábrica, ya que estas alcanzan temperaturas altas y pueden afectar a los conductores haciendo que estos lleguen a adquirir temperaturas peligrosas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán paralelamente por debajo de otras que puedan dar lugar a condensaciones, como las que se encuentran en el sector Zulzer, las cuales son destinadas a conducción de agua.

Para la distribución de los circuitos de iluminación se dejará un 20% de espacio libre en la tubería conduit y en la canalización metálica, igualmente se procurará colocar no más de cinco conductores ya que su capacidad de disipación de temperatura depende directamente del número de conductores que se encuentren en la tubería o canaleta.

Los planos arquitectónicos, eléctricos así como de la canalización del sistema de iluminación rediseñado se encuentran en el *Anexo IX*.

3.4. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada. El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje al menos del 70% de su valor nominal.

Las zonas que deberán disponer de alumbrado de emergencia tendrán las siguientes características:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- Todas las escaleras, pasillos protegidos, vestíbulos previos y escaleras de incendios.

- Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- Los tableros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Se hará uso del alumbrado de emergencia dentro de las naves industriales de acuerdo a lo dicho anteriormente; a excepción de las oficinas de administración, ya que su horario de funcionamiento (8:00 – 17:00) y arquitectura permiten el ingreso de luz natural suficiente para la evacuación de esta zona en caso de presentarse algún problema dentro de la planta.

3.4.1. Niveles de Iluminación para Alumbrado de Emergencia

Estos niveles dependerán de las características del sector donde se encuentre este sistema de alumbrado, así tenemos:

- Rutas de evacuación: mínimo de 1 lux en la línea central de la ruta de evacuación al nivel del suelo. Si la ruta fuera más ancha de 3 metros, se considerará subdividida en tramos de 3 metros de ancho, o bien como una estancia amplia.
- Estancias amplias: Se dispondrán 5 lúmenes por m² de local y con una distancia máxima entre luminarias que sea igual a 4 x h (h= altura de montaje luminarias). El número de luminarias se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{superficie (m}^2\text{) x 5}}{\text{flujo luminoso de la luminaria}}$$

- Como caso especial deben tratarse las zonas de alto riesgo, las que se precisa un 10% del nivel de iluminación normal en el caso de emergencia y el empleo de sistemas permanentes (salas de máquinas, instalaciones en zonas peligrosas para los operarios o para un tercero, etc.)

- La iluminancia será, como mínimo, de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan una utilización manual y en los cuadros de distribución de alumbrado, así como en los centros de trabajo

Para calcular el nivel de iluminación, se considerará nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.

3.4.2. Distribución de las Luminarias

Como criterio práctico para la colocación de luminarias del alumbrado de emergencia, se las colocará preferentemente:

- En todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Próximas a todos los cambios de dirección.
- Próximas a todas las intersecciones en los pasillos.
- Próximas a los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- Salas de generadores de motores y cuartos eléctricos.
- Parqueadero cubierto y guardianías.

3.4.3. Elección del Sistema de Alumbrado de Emergencia

Como tipo de luminarias de emergencia, estas se pueden clasificar en función de la fuente utilizada como

Luminarias Autónomas, si la fuente de energía se encuentra en la propia luminaria o separada de ésta a 1 metro como máximo.

Luminarias Centralizadas, si la fuente de energía no está incorporada a la luminaria y está situada de ésta a más de 1 metro.

O en función del tipo de luminaria utilizada, como

Alumbrado de Emergencia No Permanente: luminaria en la que las lámparas de alumbrado de emergencia están en funcionamiento sólo cuando falla la alimentación del alumbrado normal o hay un descenso de ésta por debajo de un 70% de su valor nominal.

Alumbrado de Emergencia Permanente: luminaria en la que las lámparas de alumbrado de emergencia están alimentadas en cualquier instante, ya se requiera el alumbrado normal o de emergencia.

Alumbrado de Emergencia Combinado: luminaria de alumbrado de emergencia que contiene dos o más lámparas de las que una al menos está alimentada a partir de la alimentación de alumbrado de emergencia y las otras a partir de la alimentación del alumbrado normal. Puede ser permanente o no permanente.

Dadas las características del inmueble objeto de este proyecto, se utilizarán luminarias de emergencia autónomas con alumbrados no permanentes, ya que los dispositivos autónomos se instalan directamente sin necesidad de buscar ubicación para un equipo de alimentación central; si se produce una ruptura de los cables de acceso a una sala, los aparatos autónomos alumbrarán mientras que los centralizados no lo harán.

El grado de protección de las luminarias será medido por las cifras IP, siendo el mínimo exigido para aparatos de emergencia fluorescentes del IP223.

3.5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El paso del tiempo provoca la acumulación de polvo o suciedad sobre las lámparas y luminarias, así como también la depreciación del flujo de las lámparas. Siendo estos factores que afectan directamente en el costo del consumo de energía y de la inversión inicial de un sistema de iluminación.

Los diferentes factores de depreciación y sus causas se muestran en el siguiente cuadro:

Por acumulación de suciedad:

- En las lámparas

- En las luminarias
- En los interiores del ambiente

Por deterioro de los materiales:

- Envejecimiento de las lámparas
- Envejecimiento de la luminaria debido a la agresión atmosférica y radiaciones de la fuente de luz.
- Envejecimiento de las superficies interiores del local (paredes, techos, pisos, etc.)

En el primer caso la solución pasa por una limpieza periódica de lámparas y luminarias, donde el intervalo de esta limpieza dependerá del tipo de luminaria y del grado de acumulación de polvo.

Y en el segundo caso será necesario establecer un programa de sustitución de lámparas. Estas pueden sustituirse individualmente a medida que fallen o se puede realizar un reemplazo en grupo, el cual resulta más económico en grandes instalaciones como es el caso. De esta manera aseguraremos que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

CAPITULO IV

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

4.1. TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

4.1.1 Equipos de Automatización

La necesidad de **optimizar** el uso de la energía eléctrica en instalaciones de alumbrado, conlleva a la búsqueda de soluciones técnicas que, sin renunciar a las exigencias de confort y calidad visual, permitan un uso racional de la energía. En este sentido cualquier gasto innecesario de energía implica un perjuicio económico para el usuario y consecuencias negativas en general.

Entre las soluciones técnicas que se encuentran disponibles en el mercado ecuatoriano se tiene:

4.1.1.1. Interruptores crepusculares

Un interruptor crepuscular no es más que una célula fotoeléctrica, a la que se habrá regulado la sensibilidad, intercalada en un circuito electrónico que abre o cierra un contacto dependiendo de la luz que reciba la célula. Su aplicación abarca sistemas de alumbrado exterior tanto públicos como privados.

- Por su instalación pueden ser:

- *Murales.* El equipo completo se instala en la fachada en montaje saliente y actúa como un interruptor. Cuando hay suficiente luz solar el contacto estará abierto y cuando no la hay el contacto se cierra encendiendo la lámpara.
- *Modulares.* El relé y los componentes están contenidos en una carcasa modular para instalar en una caja de distribución, mientras que la célula fotoeléctrica está metida dentro de una caja estanca y se coloca en la fachada.

- Por el período de tiempo pueden ser:

- *Crepuscular puro.* Enciende la luz artificial a falta de luz solar y viceversa.
- *Crepuscular programable.* Es el resultado de la asociación en el mismo aparato de un interruptor horario y uno crepuscular lo que permite establecer márgenes horarios para encender sólo entre las horas fijadas y aprovechar al máximo la luz solar.

Elementos comunes a todos los interruptores crepusculares son:

- Margen de regulación de la sensibilidad. Habitualmente oscila desde 5 lux (noche) o 20 lux (penumbra) hasta 200 lux (amanecer) o 1.000 lux (día).
- Temporización a la conexión y a la desconexión. Necesaria para evitar falsas maniobras, sin ella podrían engañar a la fotocélula los faros de un coche de noche, o una nube que tape al sol de día.

4.1.1.2. Sensores de presencia

Un detector de presencia generalmente está constituido por una célula fotoeléctrica que detecta una variación brusca de luz, lo que le indica que hay movimiento, y un sensor de infrarrojos que se activa al detectar una temperatura corporal, lo que le indica que se trata de una persona o de un animal. Cuando estas dos condiciones se cumplen se activa un relé de potencia que al cerrar su contacto enciende la luminaria durante el tiempo programado y transcurrido este se apaga automáticamente.

La mayor parte de los detectores de presencia se resetean, es decir, si durante el tiempo en que está activado percibe movimiento se pone en cero y vuelve a contar desde el principio.

Frecuentemente son utilizados en áreas donde se necesita que se encienda la lámpara únicamente cuando una persona se encuentra realizando una actividad en ese lugar, por ejemplo pasillos, vestíbulos, servicios, acceso a la vivienda, cuartos eléctricos, etc.

- Por su instalación pueden ser:

- Murales. El detector y el relé forman un solo aparato que se instala en la pared actuando como interruptor, de manera que cuando se activa enciende la luz.
- De techo. Constan de uno o más detectores que se montan en el techo y que se conectan a un relé de potencia. Cuando cualquiera de ellos detecta el paso de una persona el relé se activa y enciende la luz o las luces.
- De paso. Detectan el paso de una persona desde el eje horizontal y no desde el vertical, como los de techo, por lo que su campo de detección es más definido

- Por su dependencia de la luz ambiental pueden ser:

- No regulables en sensibilidad. Encienden a cualquier hora del día o de la noche.
- Regulables en sensibilidad. Para conseguir que sólo se activen cuando haya luz insuficiente y detecten a una persona.

Son elementos comunes a todos los detectores de movimiento:

- Temporización. Habitualmente de unos segundos a algunos minutos. El tiempo de encendido puede ser de segundos en lugares de paso donde la gente esté en movimiento y debería ser de minutos en lugares como oficinas, despachos, etc., donde la gente puede estar sin moverse durante algún tiempo.
- Radio de acción. Normalmente el máximo campo es de 180°, puede reducirse hasta 90° ó 60° mediante accesorios opacos colocados en los laterales de la cabeza detectora.

4.1.1.3. Temporizadores

En ciertos lugares como las escaleras, pasillos o garajes de una casa, se necesitará luz durante un corto espacio de tiempo para subir, ir del ascensor a la vivienda o entrar en el coche. Esa es la función que realizan los temporizadores: cerrar un circuito de alumbrado durante un tiempo determinado.

- Por su instalación pueden ser:

- Mecanismo saliente. Generalmente es estanco para poderlo utilizar en garajes. Se activan girando un potenciómetro que poco a poco vuelve a su posición original y apaga la luz.
- Modulares. Para instalar en la caja de distribución, se activa mediante los pulsadores situados en los descansillos y suelen utilizarse para comandar la luz de la escalera.
- Minuterías fondo de caja. Como su nombre indica se colocan detrás del pulsador de encendido en el fondo de la caja y por su menor potencia suelen mandar la luz de pasillo.

-Por su funcionamiento pueden ser:

- Electroneumáticos. Al accionar el pulsador se alimenta la bobina y atrae un pistón que cierra el contacto del circuito de alumbrado y al volver el pistón a su posición de reposo se abre el circuito. Con la regulación del escape de aire del pistón se pueden obtener temporizaciones de 30 segundos a varios minutos.
- De motor síncrono. Un pequeño motor síncrono cierra dos contactos desde su puesta en rotación alimentado por el cierre de un pulsador, uno de los contactos asegura la alimentación del motor después de que se deja de pulsar, mientras que el otro asegura el mando del alumbrado. Finalmente al cumplirse el tiempo reglado una leva abre los contactos.
- Electrónica. Su funcionamiento se basa en la duración de carga de un condensador a través de un circuito R-C; el reglado de la resistencia es el que determina el tiempo de carga y por lo tanto de alumbrado.

4.1.1.4. Otros

Aquí se tendría por ejemplo los reguladores de luz o dimmers, que permiten utilizar sólo la cantidad de luz que necesaria según el trabajo que se esté realizando o el aporte de luz natural que se tenga en un momento del día.

Los interruptores para tarjeta son cada vez más utilizados en el sector hotelero. Al insertar en el mecanismo una tarjeta del tipo de las de crédito se acciona un microcontacto

que está conectado al circuito de iluminación de la habitación, de manera que al salir de la habitación y retirar la tarjeta se produce el apagado general del alumbrado.

Se utilizan también las células fotoeléctricas para empotrar con encendido manual y apagado bien manual, bien automático cuando la luz ambiente alcanza una intensidad superior al umbral prerregulado en el aparato, lo que evita así que las luces sigan encendidas cuando no son necesarias.

El uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) también es una buena opción al momento de realizar la automatización de un sistema de alumbrado, ya que mediante una programación adecuada se puede llegar a establecer horarios de encendido y apagado de las luminarias dependiendo del área de trabajo.

4.1.2. Sistemas Domóticos

Conceptos de un sistema domótico básico

Un sistema domótico, en su versión puramente electrónica, es cualquier solución que permita el control de sistemas instalados en el hogar. En su concepto más básico y elemental permite la gestión integrada de persianas, toldos, cortinas, electroválvulas motorizadas en dos sentidos de actuación, luces, equipos electrónicos cuya actuación sea encendido/apagado.

En un sentido más amplio de domótica, el sistema se integra con Seguridad Técnica: protección contra fugas de agua, gas, concentraciones dañinas de emisiones naturales de gases, o artificiales como es el caso de CO por ejemplo en garajes; detección de humo y fuego, Seguridad contra intrusión, Teleasistencia, Control de calefacción, Sistemas de Ocio como la televisión, el vídeo, los canales parabólicos e incluso el control del PC con su DVD y sus fotos, vídeos y música digitales.

De esta forma el sistema domótico puede crecer indefinidamente integrando sistemas especialmente diseñados para su función específica pero que tras un correcto análisis, se pueden integrar en el conjunto formando un sistema amigable y no sofisticado.

Prestaciones de un sistema domótico

Seguridad: mediante el sistema se puede realizar simulaciones de presencia, y a través de detectores de intrusión, movimiento, fuga de agua entre otros, el sistema puede dar aviso mediante una central de alarmas o bien a teléfonos particulares programados en caso de que haya una intrusión o alguna avería técnica en su vivienda, además de poder conocer el estado de la vivienda desde cualquier lugar del mundo.

Confort: mediante la administración de estos dispositivos se puede controlar luces, persianas o bien electrodomésticos, desde una mismo sitio, además según el mando de su elección puede configurarlo de tal forma que controle el sistema de luces de encendido, apagado o manejar la intensidad de dicha luz y que este mismo mando le sirva para actuar sobre el televisor para cambiar los canales o actuar sobre el DVD.

Ahorro Energético: puede adecuar el sistema para que a determinadas horas ponga en funcionamiento algún tipo de elemento o que encienda o apague las luces según usted lo crea necesario, de esta forma habrá un aumento de ahorro eléctrico.

Elementos que componen un sistema domótico

Cualquier sistema domótico esta compuesto de los siguientes elementos:

Controladores. Son los que permiten actuar sobre el sistema, bien de una forma automática por decisión tomada por centrales domóticas previamente programadas (que incluso puede ser un PC), pulsadores, teclados, pantallas táctiles o no, mandos a distancia por infrarrojos IR (locales), por radiofrecuencia RF (hasta 50 metros), por teléfono, SMS o por PC (de forma local e incluso a través de Internet). Estos elementos emiten órdenes que necesitan un medio de transmisión

Medio de transmisión. Según la tecnología aplicada existen distintos medios, fibra óptica, bus dedicado, red eléctrica, línea telefónica, TCP/IP, por el aire.

Actuadores. Reciben las órdenes y las transforman en señales de aviso, regulación o conmutación. Los actuadores ejercen acciones sobre los elementos a controlar.

Sensores. Son los "ojos del sistema", o "la adquisición de datos" del sistema, pueden ser todo lo sofisticados que se quiera, lo necesario es que lo pueda entender el sistema. Estos datos pueden ser órdenes directas a los actuadores o pueden ir previamente a una central domótica, en función de la programación en ella introducida saldrá la orden final al actuador correspondiente.

4.1.2.1. Estándar de control X10

X10 es un protocolo de comunicación cuyo objetivo principal es la transmisión de datos a baja velocidad y bajo coste. Permite controlar aparatos eléctricos a través de la instalación de red eléctrica. El estándar surgió hace aproximadamente 30 años (1976-78) como parte de los experimentos realizados por la empresa Picosystem y lleva más de quince funcionando a nivel comercial, en la actualidad es el protocolo más competitivo y usado.

Las transmisiones X-10 se sincronizan con el paso por cero de la corriente alterna. Un 1 binario se representa por un pulso de 120 KHz. durante 1 milisegundo, en el punto cero, y el 0 binario se representa por la ausencia de ese pulso. El pulso de 1 milisegundo se transmite tres veces para que coincida con el paso por el cero en las tres fases para un sistema trifásico. La Figura. 4.1. muestra la relación entre estos pulsos y el punto cero de la corriente alterna.

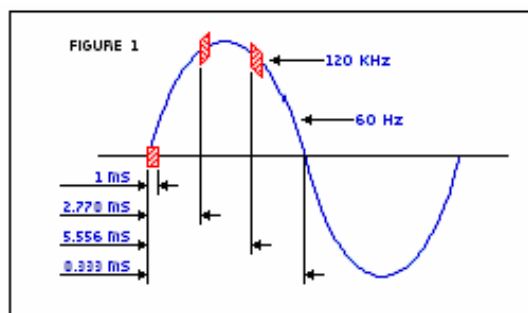


Figura. 4.1. Transmisión X-10

Nivel Físico

La transmisión completa de una orden X-10 necesita once ciclos de corriente, que se divide en tres campos:

- Un campo delimitador (start code),
- La dirección del dispositivo (compuesta del house code y el device code),
- La función o comando X10 que se quiere realizar (Encender, Apagar, Aumento de Intensidad, etc...).

Protocolo

En un principio, se distinguen dos tipos de dispositivos X10, los transmisores (transmitters), los receptores (receivers). Los transmisores envían comandos X10 codificados como una señal de baja intensidad que se superpone a la señal de la red. Se pueden enviar mensajes hasta 256 dispositivos en una misma red. Cada uno de los receptores tiene una dirección. Estos son capaces de demodular la señal y si corresponde con su dirección actuar en consecuencia. Varios receptores pueden tener la misma dirección de tal forma que se puede actuar sobre ellos a la vez. Como los receptores no responden a los transmisores no es posible saber el estado, por ejemplo no se puede preguntar si una luz está o no encendida. Para poder preguntar el estado se han introducido un tercer tipo de dispositivos que permite transmitir y recibir.

4.1.2.2. Estándar de control EIBus

El European Installation Bus (EIB a partir de ahora) se ha pensado para ser utilizado como un sistema de gestión de la instalación eléctrica de un edificio. Su propósito comprende la monitorización y control de sistemas tales como el alumbrado, la calefacción, el aire-acondicionado, ventilación, persianas y alarmas de un edificio.

Tecnología

El bus EIB se puede definir como un sistema descentralizado en el que cada uno de los dispositivos conectados tiene control propio. Cada uno de los dispositivos tiene su propio

microprocesador, y se pueden clasificar en sensores, que son los responsables de detectar actividad en el edificio, y en actuadores, que son capaces de modificar el entorno.

La EIBA (European Installation Bus Association) propone una especificación abierta en la cual todos los dispositivos se conectan a través de la única línea de bus existente, sin precisar un control centralizado. Se basa en el protocolo CSMA/CA para solucionar el acceso al medio físico. Los sensores se comunican mandando telegramas a los actuadores los cuales ejecutan los comandos apropiados.

El bus se adapta fácilmente a distintos tamaños y topologías pudiéndose conectar hasta 10000 dispositivos. El bus es independiente del medio físico que se utilice estando disponibles los siguientes:

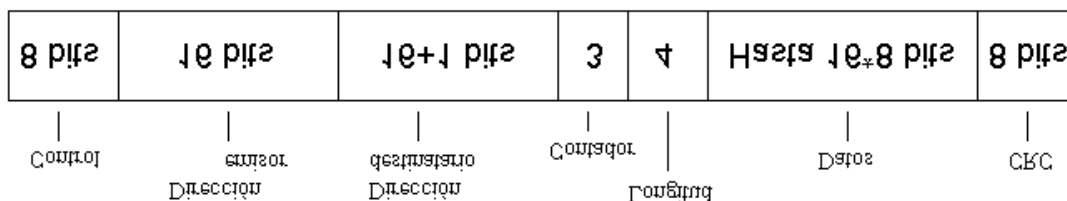
- EIB.TP: Par trenzado a 9600 bps. Se suministran 24 Vdc para la telealimentación. Usa la técnica CSMA.
- EIB.PL: Corrientes portadoras sobre 230 Vac/50 Hz (powerline) a 1200/2400 bps. Usa modulación SFSK.
- EIB.net: Ethernet a 10 Mbps (IEC 802-2) a través del protocolo IP.
- EIB.RF: Radiofrecuencia. Usa varias portadoras (hasta 300 metros en campo abierto).
- EIB.IR: Infrarrojo. Para el uso de mandos a distancia que controlen dispositivos EIB instalados.

Las instalaciones que existen en la actualidad están implementadas sobre par trenzado y en menor medida sobre red eléctrica, pudiendo tener elementos que se comunican mediante infrarrojos o radio frecuencia.

Protocolo

El intercambio de información entre dos dispositivos se consigue mediante el envío de telegramas. Un telegrama se compone de un paquete de datos estructurado que el emisor envía, y del correspondiente acuse de recibo con el que el receptor responde si no ha ocurrido ningún fallo. Cada paquete de datos se divide en los siguientes campos:

- Control. (8 bits)
- Dirección del emisor. (16 bits)
- Dirección del destinatario. (16 bits +1 bit)
- Contador (3 bits)
- Longitud. (4 bits)
- LSDU (Link Service Data Unit): que es la información a transmitir (hasta 16x8 bits)
- Byte de comprobación. (8 bits)



4.2. PROPUESTAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA FÁBRICA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.

4.2.1. Automatización con PLC

4.2.1.1. Selección del Hardware

La selección del hardware se lo realizó dependiendo de las actividades y necesidades de cada área de trabajo, así se dividió el proyecto en tres sectores: Naves industriales, exteriores y cuartos eléctricos y oficinas.

Naves industriales. Debido a que en este sector el horario de trabajo es de 24 horas se controlará el encendido y apagado de las lámparas de 18:00 a 6:00 mediante un PLC. Además, en las naves “Pulpito Prensa”, “Lijadora”, “Bodega de Tableros” y “Laminadora” se controlará este encendido y apagado de acuerdo al nivel de iluminación del local a través de sensores de iluminación, ya que la iluminación de estas naves se ve afectada por los cambios climáticos que puedan presentarse durante el día. Algo que no sucede en las naves “Molienda” y “Galpón de aserrín”, debido a que su estructura permite el ingreso de

gran cantidad de luz natural, por lo que se temporizará su funcionamiento en el horario antes dicho.

- Las naves “Pulpito Prensa”, “Lijadora”, “Bodega de Tableros” y “Laminadora” serán automatizadas mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) **Zelio serie SR2B201BD marca Telemecanique** cuyas características técnicas son:
 - Entradas: 12, de las cuales 6 son analógicas
 - Salidas a relé: 8, de 24 V DC
 - Alimentación: fuente de 24 V DC
 - Reloj: si
 - Lenguaje de programación: ladder
 - Comunicación: serial.

Debido a que las lámparas de mercurio halogenado funcionan con un voltaje de 220V AC y su carga es alta (278 W por lámpara), será necesario el uso de contactores para la etapa de potencia. La tensión de conmutación de los contactos será de 220 V AC, y un voltaje de 220 V AC en la bobina.

El nivel de iluminación será medido por un sensor de iluminación, su alimentación será de 24 V DC, su señal de salida es de 0-10 V DC (lineal) y el rango de sensado va desde los 0 – 2000 lux. De esta manera 100 lux, que es el nivel recomendado para este sector, equivaldrán a 0.5 V DC del sensor.

- Las naves “Molienda” y “Galpón de aserrín” serán automatizadas mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) **Zelio serie SR2B101FU marca Telemecanique** cuyas características técnicas son:
 - Entradas: 8 digitales
 - Salidas a relé: 4, de 220 V AC
 - Alimentación: fuente de 220 V AC
 - Reloj: si
 - Lenguaje de programación: ladder
 - Comunicación: serial.

Al igual que en el caso anterior se utilizará contactores para la etapa de potencia, la tensión de conmutación de los contactos será de 220 V AC, y un voltaje de 220 V AC en la bobina.

Exteriores. En el alumbrado exterior de la planta industrial se utilizarán fotoceldas, ya que su encendido y apagado dependerá de la suficiencia de luz natural. Por su instalación y periodo de tiempo será de tipo mural y crepuscular puro respectivamente. El margen de sensibilidad de las fotoceldas será de 20 lx a 2000 lx.

Cuartos eléctricos y Oficinas: en los cuartos eléctricos principalmente se hará uso de estos sensores de presencia, ya que en estos sectores la presencia del personal se limita a mantenimiento y revisión del instrumental. Además se colocarán sensores en ciertas oficinas donde la ausencia de personal es notable. Por su instalación y dependencia de luz ambiental se ha elegido sensores de tipo mural y no regulable en sensibilidad respectivamente. El radio de acción será de 180° con una cobertura horizontal de 18 m y una frontal de 12 m, su delay-OFF puede ser graduado entre 30 segundos, 5, 10 y 20 minutos, la carga máxima de sensor es de 1800 VA, además cuenta con una fotocelda que permite sensar el nivel de iluminación desde 20 – 5000 lux encendiendo o apagando los circuitos de iluminación dependiendo si el nivel es inferior o superior al nivel de luz programado.

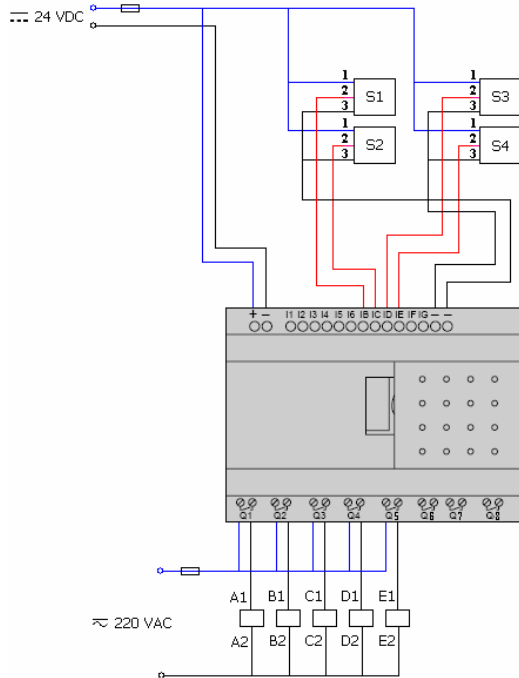
4.2.1.2. Conexión del Hardware

En esta parte se explicará y graficará la conexión del Controlador Lógico Programable y los sensores de iluminación con las lámparas de las naves industriales:

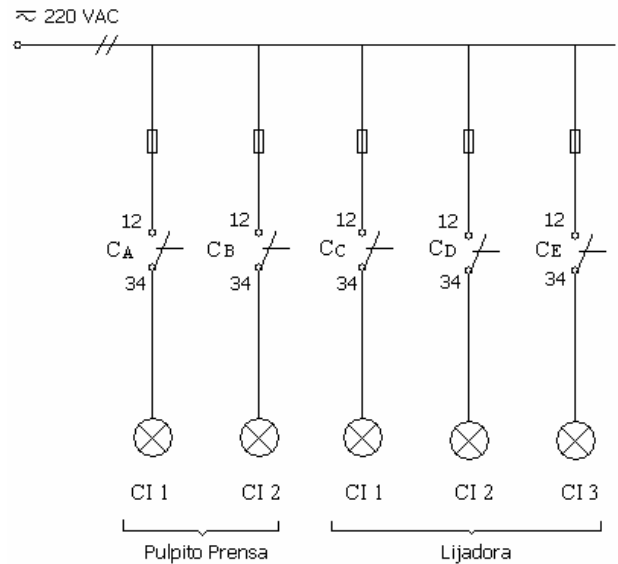
Las figuras 4.2. y 4.3 muestran los diagramas eléctricos que se van a realizar en las naves industriales. Se debe considerar que se utilizará un PLC para controlar el sector “Pulpito Prensa” y “Lijadora”, y otro para el sector “Bodega de Tableros” y “Laminadora”.

Los sensores de iluminación se los identificará en el gráfico por la letra “Sx”, donde x corresponde al número del sensor, estarán alimentados con la fuente del PLC, y sus salidas serán conectadas a las entradas analógicas IB hasta IE.

Las salidas Q1 a Q5 enviará una señal de 24 V DC que activará las bobinas de los contactores (C_A – C_E), encendiendo así los circuitos de iluminación de las naves antes mencionadas.

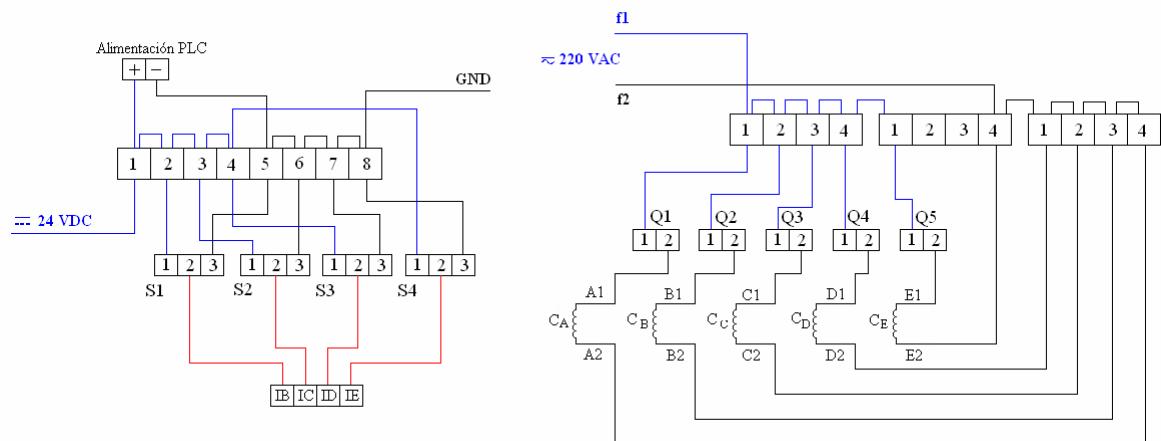


a) Diagrama Esquemático de Control

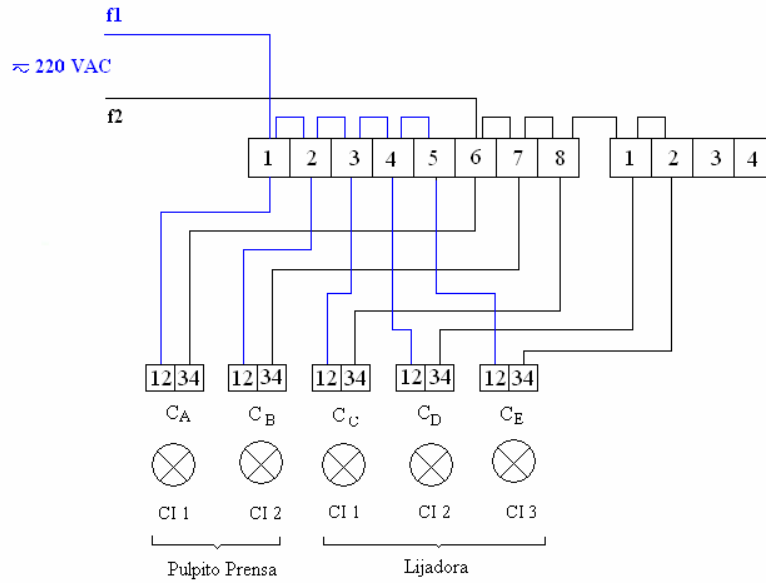


b) Diagrama Esquemático de Potencia

Figura 4.2. Diagramas Esquemáticos – PLC Zelio SR1B201BD



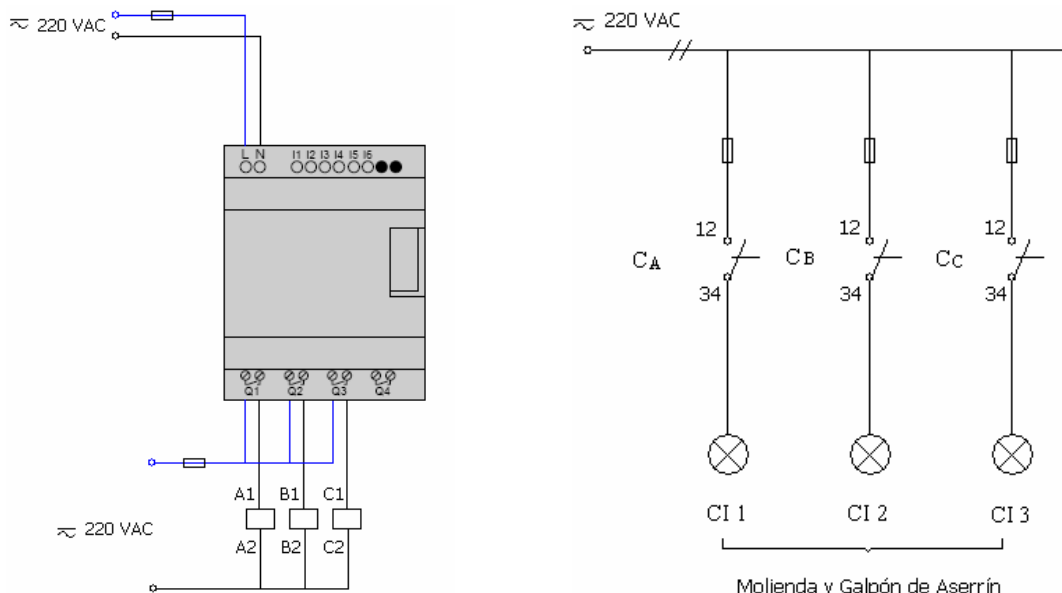
a) Diagrama de Conexión – Control



b) Diagrama de Conexión de Potencia

Figura 4.3. Diagramas de Conexión – PLC Zelio SR1B201BD

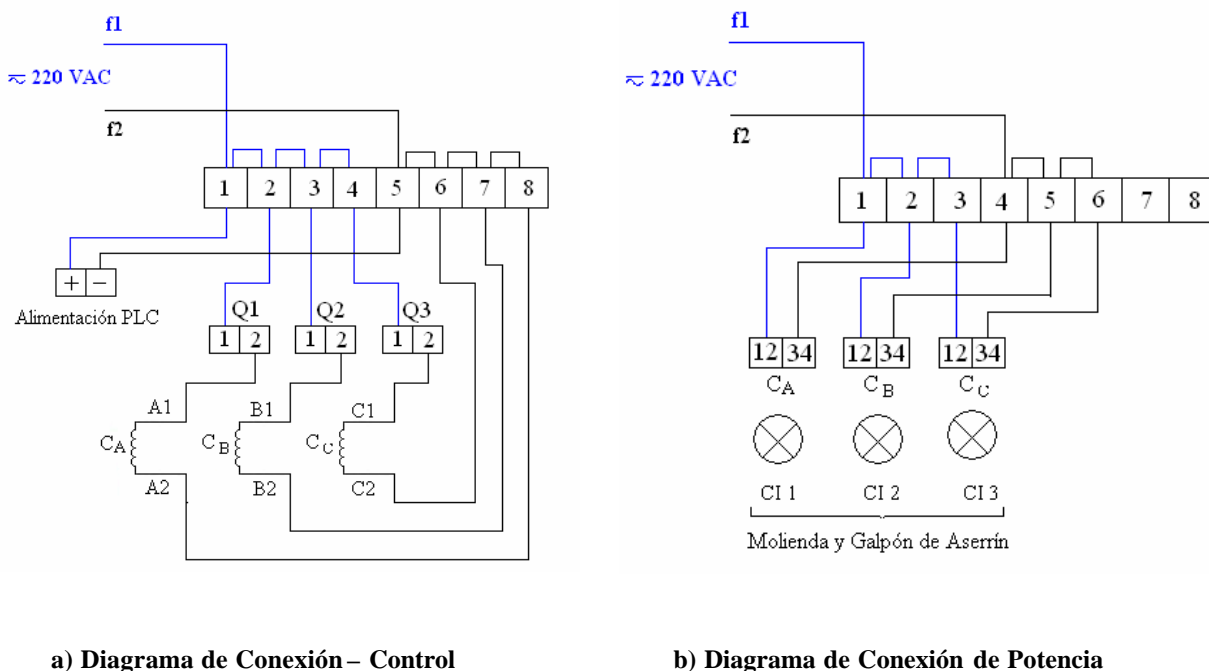
Ya que para controlar la iluminación del “Galpón de aserrín” y la “Molienda” no se utilizará sensores de iluminación y el número de salidas que se utilizarán será menor, la conexión al PLC variara como se muestra en las Figuras 4.4. y 4.5



a) Diagrama Esquemático de Control

b) Diagrama Esquemático de Potencia

Figura 4.4. Diagramas Esquemáticos – PLC Zelio SR1B101FU



a) Diagrama de Conexión – Control

b) Diagrama de Conexión de Potencia

Figura 4.5. Diagramas de Conexión – PLC Zelio SR1B101FU

Las salidas Q1 a Q3 enviarán una señal de 220 V AC para activar las bobinas de los contactores A, B y C, encendiendo los circuitos de iluminación de la “Molienda”, “Galpón de aserrín” y “Cargador de molino Homback” respectivamente.

4.2.1.3. Software

El PLC Zelio usa el software **Zelio Soft**, este permite adaptarse al lenguaje más común para el usuario proponiendo tres tipos de programación (Figura 4.6.):

- En símbolos Zelio
- En símbolos LADDER (escalera) y
- En símbolos eléctricos.

Símbolo eléctrico	Símbolo Ladder	Símbolo del módulo Zelio
<p>«F» «O»</p>		I1 o i1
		I1 o i1
		[Q1

Figura 4.6. Lenguajes de programación

Entre los tres tipos de programación mencionados anteriormente se utilizará el lenguaje LADDER que es el más utilizado en nuestro medio, la lógica del programa se muestra en la figura 4.7 y la programación del PLC se muestra en el *Anexo VI*.

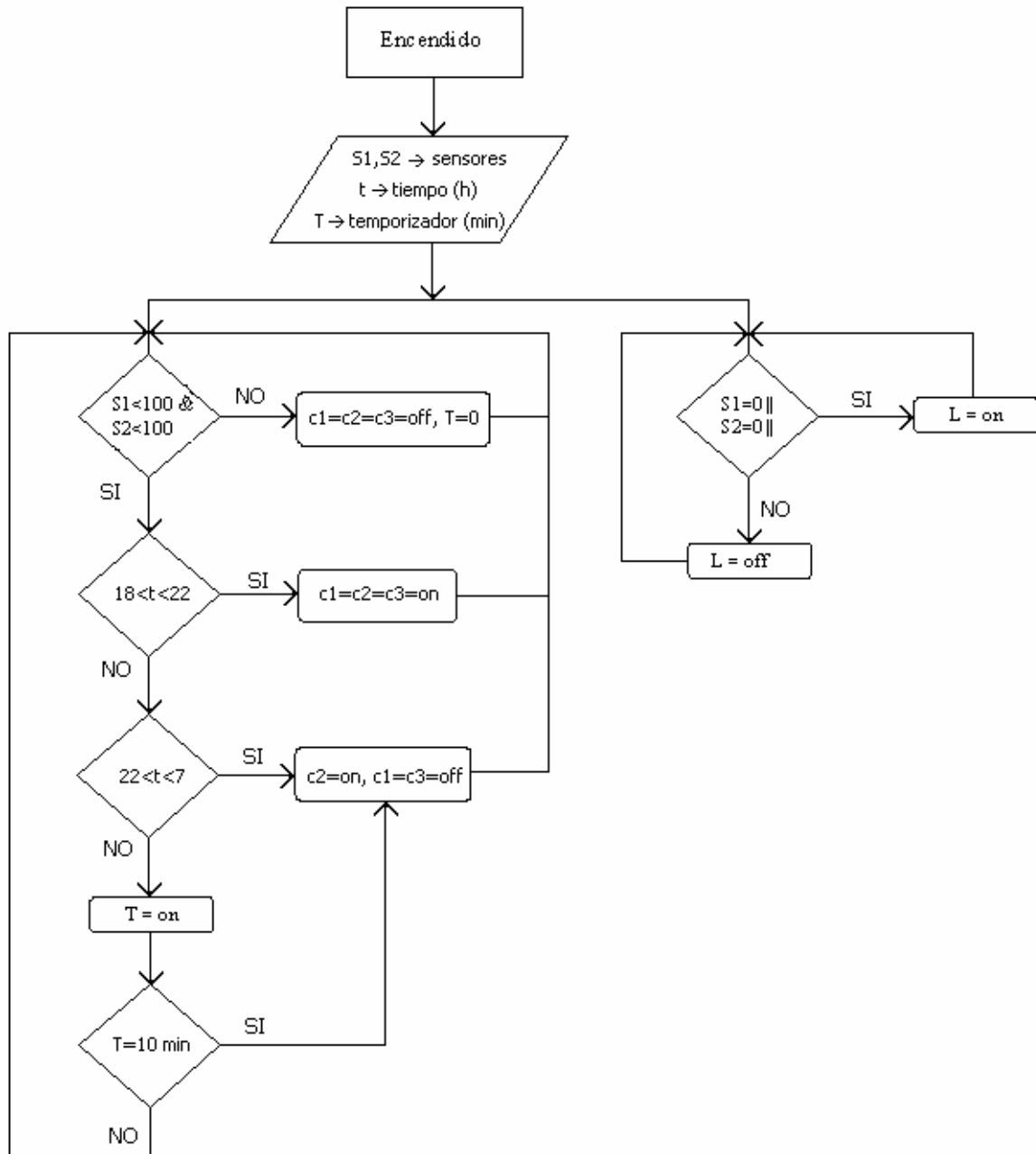


Figura 4.7. Lógica de Programa

En el programa se tienen cuatro variables: los sensores S1 y S2 en lux, el tiempo t en horas y el temporizador T en minutos, y cumplirán los siguientes parámetros:

- Si el nivel de iluminación de la nave industrial es mayor a los 100 lux, valor recomendado para esta área, los tres circuitos de iluminación (c1, c2 y c3) permanecerán apagados, cualquiera que sea la hora.
- Si el nivel de iluminación es menor a los 100 lux y el tiempo esta entre las 18:00 y las 22:00, se encenderán los tres circuitos.
- Si el nivel de iluminación es menor a los 100 lux y el tiempo está entre las 7:00 y las 18:00 se activará el temporizador T, para descartar bajos niveles producidos por el paso de nubes, y el circuito de iluminación c2 se encenderá cuando el temporizador marque 10 min.

Debido a que las lámparas de mercurio halogenado tienen un tiempo de encendido de 10 min se mantendrá encendido el circuito de iluminación c2 pasadas las 7 de la mañana si el nivel de iluminación es bajo.

- Debido a que el trabajo en las naves industriales a partir de las 22 horas disminuye se mantendrá encendido únicamente el circuito c2 desde las 22:00 hasta las 7:00 manteniendo así un nivel de iluminación suficiente para que el personal pueda transitar.
- En caso de que la señal de alguno de los sensores sea cero se encenderá una luz piloto (L) indicando que el sensor está fallando.

4.2.2. Automatización con estándar EIB

4.2.2.1 Selección del Hardware

Para la automatización bajo el estándar EIB se tendrá en cuenta las mismas consideraciones de diseño mencionadas anteriormente, de tal manera que el único cambio que se realizará es en la elección de los equipos.

El bus constará de una línea principal de la cual se derivarán 7 líneas secundarias que son: Oficinas, cuarto eléctrico “B”, cuarto eléctrico “C”, cuarto eléctrico “E”, laminadora, molienda y guardia #2. La línea principal y cada una de las líneas secundarias serán alimentadas por una fuente de alimentación 230 VAC / 24 VDC. Además cada línea secundaria tendrá un acoplador de línea, el cual permitirá que estas líneas queden

eléctricamente aisladas y controlarán los telegramas que se transmiten en ambas direcciones con el fin de reducir el tráfico de telegramas en el bus.

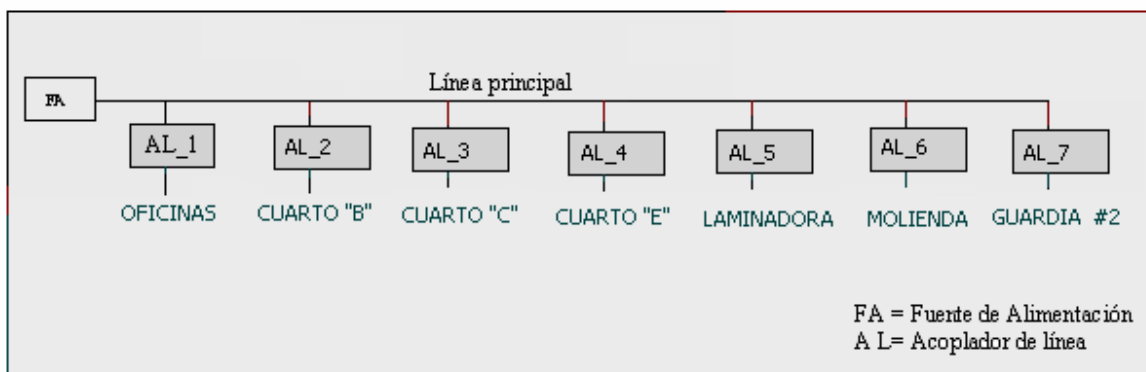


Figura 4.8. Bus EIB

Se detallarán a continuación los dispositivos de los que estará compuesta cada línea secundaria:

- **El alumbrado general de las naves industriales** serán automatizadas mediante un Reloj Programador Semanal **Niessen serie 9664 marca ABB** cuyas características técnicas son:
 - Salidas : 4 canales, envía órdenes ON/OFF por medio del bus
 - Alimentación: 24 VDC vía bus
 - Programación: mediante pulsadores
 - Comunicación: par trenzado.

Para controlar el encendido de las lámparas será necesario el uso de salidas binarias (**Niessen serie 9694**) cuyas características son:

- Salidas: 4-8 salidas independientes de 16 A.
- Alimentación: 24 VDC vía bus
- Comunicación: par trenzado.

El nivel de iluminación será medido por un sensor lumínico, el rango de sensado va desde los 2 – 1000 lx (lineal), su alimentación será de 24 V DC vía bus y la señal de

salida de 0-10 V DC, la cual debe ser registrada mediante una entrada analógica (Niessen serie 9690.1) de cuatro canales de medida que pueden ser configurados para una entrada de 0 – 10V, su alimentación es de 230 VAC.

- **Cuartos eléctricos y Oficinas:** en los cuartos eléctricos y oficinas se hará uso de sensores de presencia (Niessen serie 9641.3), con retardo de desconexión de 10 s a 30 min, diámetro de detección de 6 m a una altura de 2.5 m del suelo, montaje de tipo empotrado, su alimentación es vía bus y adicionalmente tiene un control de luminosidad entre los 5 – 1000 lux. Para controlar los circuitos de iluminación mediante el uso de interruptores convencionales se utilizará sensores interfase de pulsadores de 4 canales. Además para cada sensor se necesitará acopladores de bus (Niessen serie 9620), los que permitirán la comunicación de estos con el bus.

Conexión del Hardware

A continuación se explicará y graficará la conexión de los sensores, salidas y entradas a los circuitos de iluminación y al bus EIB:

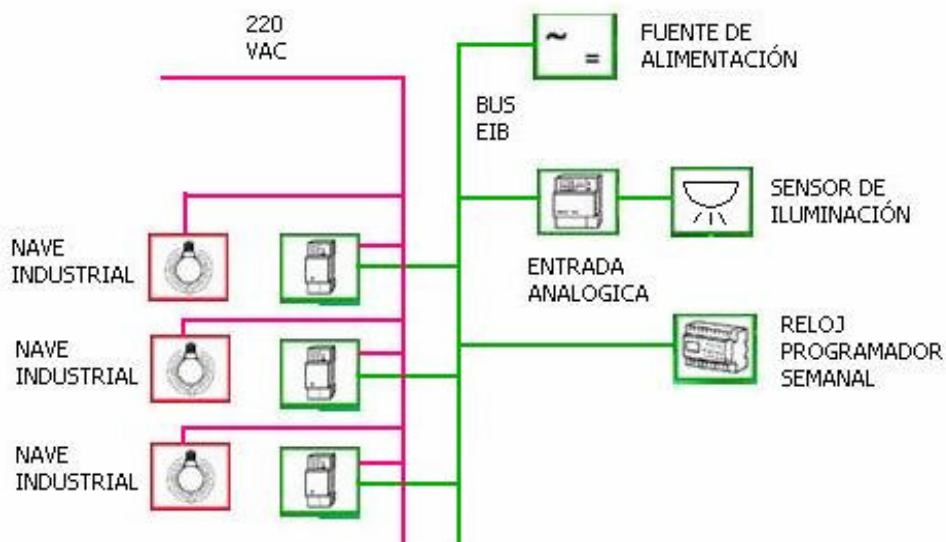


Figura 4.9. Conexión de naves industriales y cuartos eléctricos

La Figura 4.9. muestra la conexión que se va a realizar en las naves industriales y cuartos eléctricos, hay que tomar en cuenta que se utilizará un solo reloj programador para controlar el alumbrado de las naves industriales.

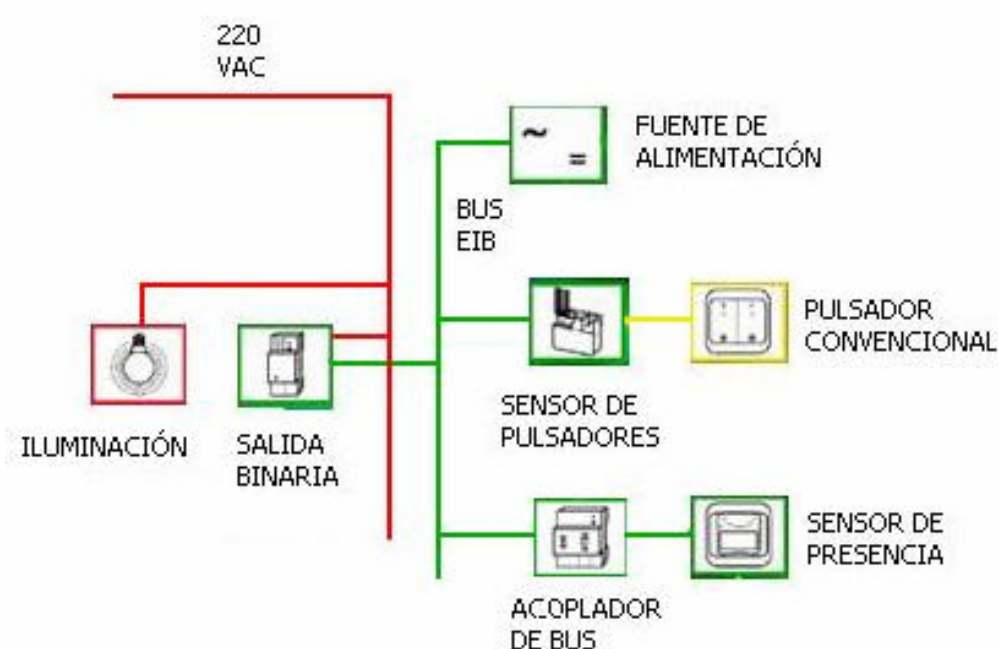


Figura 4.10. Conexión de Oficinas y Cuartos eléctricos

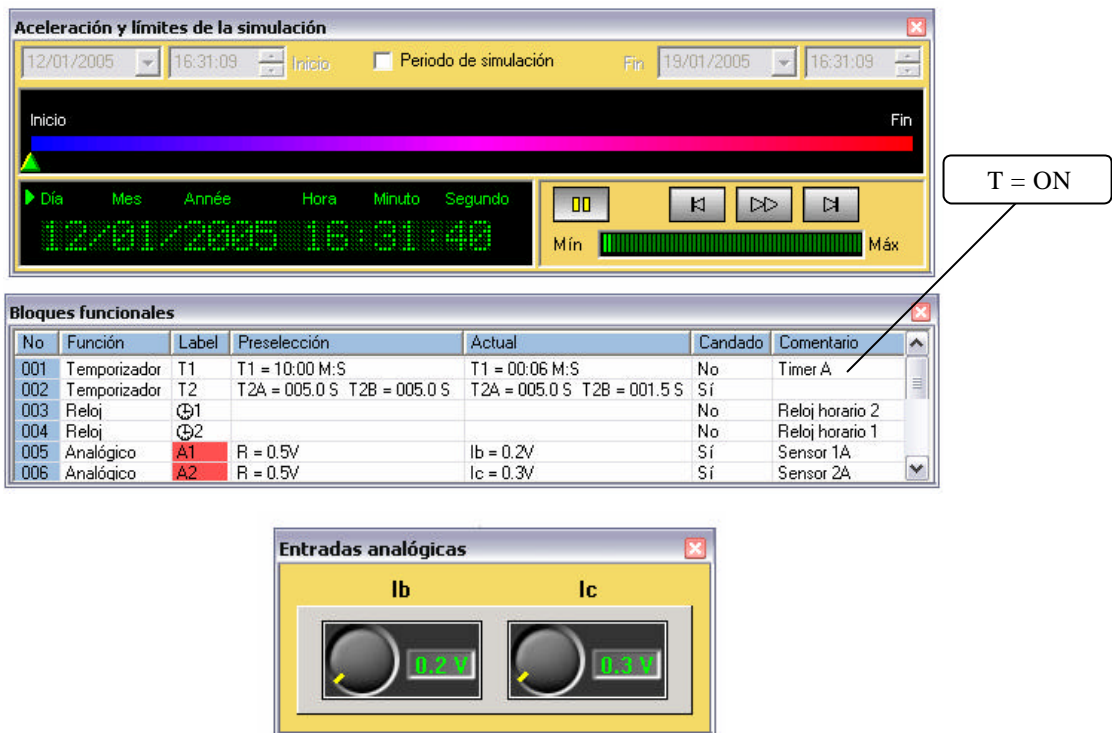
En la figura 4.8 se ejemplifica la conexión del circuito de iluminación de una oficina mediante EIB.

4.3. SIMULACION

En esta sección se simulará el funcionamiento de los circuitos de iluminación de las naves industriales. Debido a que el funcionamiento de los circuitos es parecido para cada nave (sector), se simulará únicamente los circuitos de iluminación de una de ellas mediante el programa **Zelio Soft**.

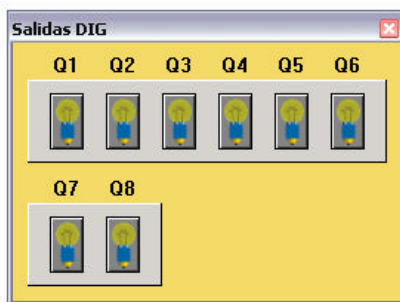
Se presentarán pantallas para cada situación que se pueda dar durante un día común dentro de la fábrica:

▪ Nivel de iluminación < 100 lux, 7:00<t<18:00

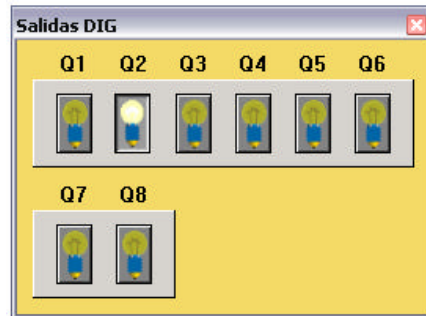


En la gráfica el reloj marca las 16h34 y el voltaje de los sensores Ib e Ic está por debajo de 0.5 V DC (voltaje equivalente a 100 lux), es decir que el nivel de iluminación de la nave es menor a los 100 lux. Estas dos condiciones dan lugar a la activación de un temporizador T, que al cabo de 10 minutos si el voltaje de ambos sensores permanece por debajo de 0.5 V DC activará la salida Q2 (circuito de iluminación 2), de lo contrario el temporizador T se desactivará (T = OFF) y se reiniciará a 0 min y ninguno de los circuitos de iluminación (Q1, Q2 Y Q3) se activarán.

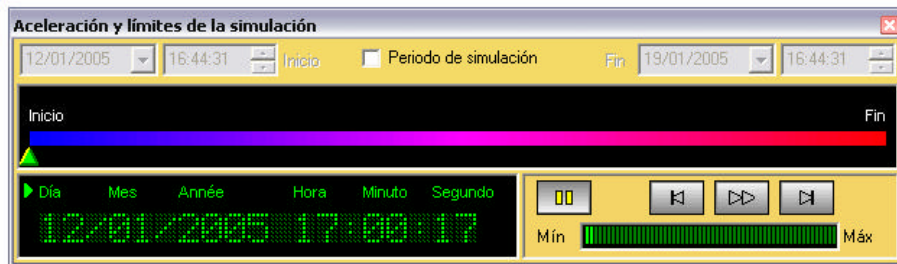
Si $I_b > 0.5$ y/o $I_c > 0.5$, y $0 \text{ min} < T \leq 10 \text{ min} \rightarrow Q1 = Q2 = Q3 = \text{OFF}$



Si $I_b < 0.5$, $I_c < 0.5$ y $T = 10$ min \rightarrow $Q2 = ON$, $Q1 = Q3 = ON$



- Nivel de iluminación > 100 lux, 7:00<t<18:00

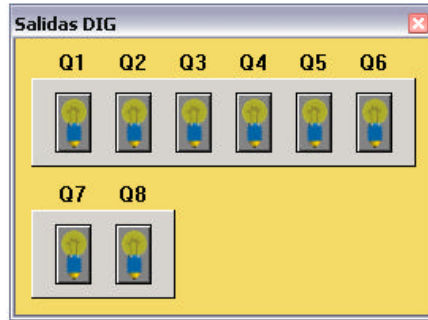


Bloques funcionales

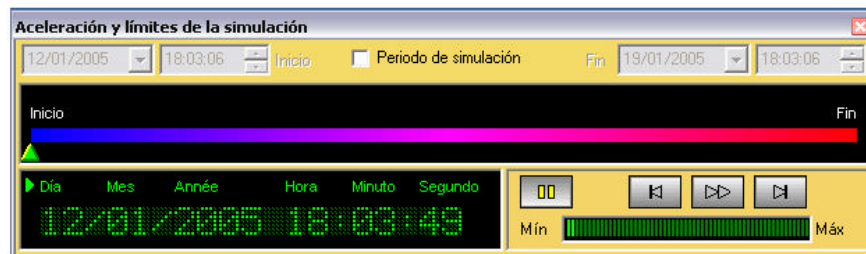
No	Función	Label	Preselección	Actual	Candado	Comentario
001	Temporizador	T1	T1 = 10:00 M:S	T1 = 00:00 M:S	No	Timer A
002	Temporizador	T2	T2A = 005.0 S T2B = 005.0 S	T2A = 000.0 S T2B = 000.0 S	Sí	
003	Temporizador	T3	T3 = 10:00 M:S	T3 = 00:00 M:S	No	Timer B
004	Reloj	⊕1			No	Reloj horario 2
005	Reloj	⊕2			No	Reloj horario 1
006	Analógico	A1	R = 0.5V	Ib = 1.4V	Sí	Sensor 1A
007	Analógico	A2	R = 0.5V	Ic = 1.1V	Sí	Sensor 2A



En este caso se muestra que el reloj marca las 17h00 y el voltaje de los sensores I_b e I_c es mayor a 0.5 V DC (voltaje equivalente a 100 lux), por lo tanto ninguno de los circuitos de iluminación de la nave industrial se activarán ($Q1 = Q2 = Q3 = OFF$), ya que no existe la necesidad de iluminación artificial.



- Nivel de iluminación > 100 lux, 18:00 < t < 7:00

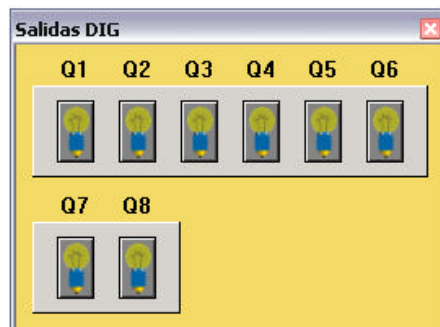


Bloques funcionales

No	Función	Label	Preselección	Actual	Candado	Comentario
001	Temporizador	T1	T1 = 10:00 M:S	T1 = 00:00 M:S	No	Timer A
002	Temporizador	T2	T2A = 005.0 S T2B = 005.0 S	T2A = 000.0 S T2B = 000.0 S	Sí	
003	Temporizador	T3	T3 = 10:00 M:S	T3 = 00:00 M:S	No	Timer B
004	Reloj	⊕1			No	Reloj horario 2
005	Reloj	⊕2			No	Reloj horario 1
006	Analógico	A1	R = 0.5V	Ib = 1.4V	Sí	Sensor 1A
007	Analógico	A2	R = 0.5V	Ic = 1.1V	Sí	Sensor 2A



Si a partir de las 18h00 el voltaje de los sensores Ib e Ic es superior a 0.5 V DC (voltaje equivalente a 100 lux), no serán necesario encender los circuitos de iluminación de la nave (Q1 = Q2 = Q3 = OFF), aún cuando el horario de encendido de estos sea de 18h00 a 7h00.



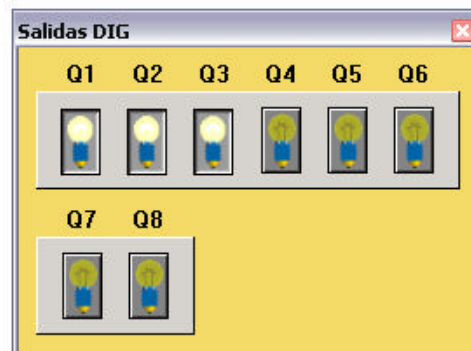
- Nivel de iluminación <100 lux, 18:00 < t < 6:00



No	Función	Label	Preselección	Actual	Candado	Comentario
001	Temporizador	T1	T1 = 10:00 M:S	T1 = 00:06 M:S	No	Timer A
002	Temporizador	T2	T2A = 005.0 S T2B = 005.0 S	T2A = 005.0 S T2B = 001.5 S	Sí	
003	Reloj	⊕1			No	Reloj horario 2
004	Reloj	⊕2			No	Reloj horario 1
005	Analógico	A1	R = 0.5V	Ib = 0.2V	Sí	Sensor 1A
006	Analógico	A2	R = 0.5V	Ic = 0.3V	Sí	Sensor 2A



Si a partir de las 18h00 el voltaje de los sensores Ib e Ic es inferior a 0.5 V DC (voltaje equivalente a 100 lux), se encenderán los tres circuitos de iluminación de la nave (Q1 = Q2 = Q3 = ON).

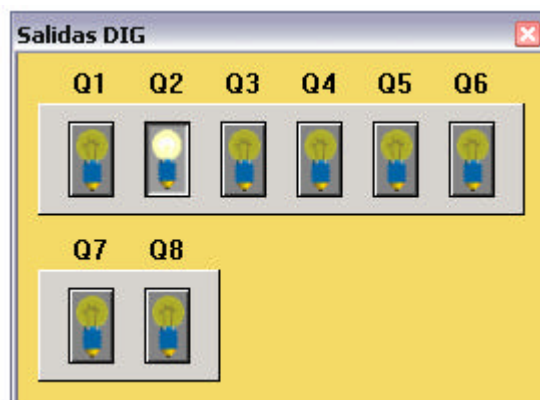


Para este caso, los tres circuitos de iluminación permanecerán encendidos únicamente de 18h00 a 22h00. A partir de las 22h01 sólo permanecerá encendido el segundo circuito de la nave (Q2).

- Nivel de iluminación <100 lux, $6:00 < t < 8:00$



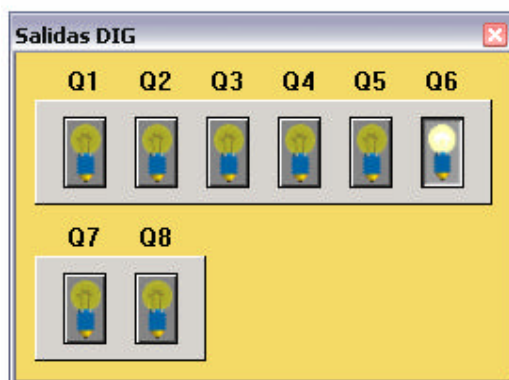
Si el voltaje de los sensores Ib e Ic están por debajo de los 0.5 V DC pasadas las 7h00 se mantendrá encendido el segundo circuito de iluminación Q2 hasta que el nivel de iluminación sea óptimo.



▪ **Sensor averiado**



Si uno de los sensores de iluminación marca 0 V DC se encenderá una luz piloto Q6 para advertir al personal de la existencia de una falla en cualquiera de los sensores.



CAPITULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO

Antes de realizar el estudio costo-beneficio del proyecto es necesario comparar el consumo eléctrico del sistema de iluminación actual con el propuesto.

Aunque una manera de obtener el consumo eléctrico del sistema de iluminación actual de la fábrica, sería restar el valor leído en el pliego tarifario y el consumo de la maquinaria, dicho procedimiento no es factible en este caso, ya que no todas las máquinas de la fábrica tienen un contador de energía. Otra forma de calcular este consumo es multiplicar el tiempo que se ha utilizado el alumbrado de un sector por su correspondiente carga como se muestra a continuación:

SECTOR	CARGA (W)	TIEMPO (h)	CONSUMO DIARIO (KWh)
Cuartos de planta industrial	8726	24	209.4
Oficinas de administración, parqueadero y guardianías	14589.7	9	131.3
Comedor, centro de capacitación y centro médico	3184	8	25.5
Iluminación general de planta industrial (exterior e interior)	61875	14	866.3
Iluminación de máquinas de	21411	24	513.9

planta industrial			
CONSUMO TOTAL MENSUAL (KWh)			52392

Tabla. 5.1. Consumo del sistema de iluminación actual

Para determinar el ahorro de energía eléctrica del presente proyecto se analizará el consumo eléctrico del sistema de iluminación propuesto con y sin automatización:

A continuación se muestra el consumo eléctrico sin tener en cuenta la automatización del sistema propuesto.

SECTOR	CARGA (W)	TIEMPO (h)	CONSUMO DIARIO (KWh)
Cuartos de planta industrial	9279	24	222.7
Oficinas de administración, parqueadero y guardianías	6232	9	56.1
Comedor, centro de capacitación y centro médico	3184	8	25.5
Iluminación general de planta industrial (interior y exterior)	49218	14	689
Iluminación de máquinas de planta industrial	19470	24	467.3
CONSUMO TOTAL MENSUAL (KWh)			42477

Tabla. 5.2. Consumo del sistema de iluminación propuesto sin automatización

De esta manera se tiene un ahorro mensual de **9915 KWh**, y considerando que el KWh tiene un valor de \$ 0.058, la fábrica se ahorraría aproximadamente **\$575.07 mensualmente**.

Para obtener el consumo eléctrico de cada uno de los sectores se tendrá en cuenta el tipo de automatización. Así por ejemplo en los cuartos eléctricos, el consumo se reducirá aproximadamente un 85% debido al uso de sensores de presencia y al reducido ingreso de personal a este sector; en las oficinas también se utilizarán sensores de presencia y aunque

el tiempo de ocupación es mayor el consumo disminuirá un 25% debido a que la mayoría de oficinas tienen un alto ingreso de luz natural y de esto dependerá también el encendido y apagado de las lámparas; ya que el nivel de iluminación en las naves industriales depende del clima, el consumo del alumbrado también se verá afectado por este factor, además debido a que en la noche el trabajo en las naves es mínimo el uso de las lámparas será aproximadamente de 8 horas; el uso de fotoceldas en el alumbrado exterior evitará que este se encienda en horas no necesarias por lo que su consumo diario será de 12 horas. Para el resto de ambientes se considerarán los mismos tiempos de uso de la Tabla 5.1.

Tomando en cuenta todas las consideraciones antes mencionadas el consumo eléctrico del nuevo sistema de iluminación será el siguiente:

SECTOR	CARGA (W)	TIEMPO (h)	CONSUMO DIARIO (KWh)
Cuartos de planta industrial	9279	3.6	33.4
Oficinas de administración, parqueadero y guardianías	6232	6.75	42.1
Comedor, centro de capacitación y centro médico	3184	8	25.5
Iluminación general interior de planta industrial	28493	8	227.9
Iluminación exterior de planta industrial	20725	12	248.7
Iluminación de máquinas de planta industrial	19470	24	467.3
CONSUMO TOTAL MENSUAL (KWh)			31347

Tabla. 5.3. Consumo del sistema de iluminación propuesto con automatización

De acuerdo a la Tabla 5.3 la potencia consumida por este sistema es mucho menor al actual he incluso al sistema propuesto sin automatización. Así, se tiene un ahorro mensual de **21045 KWh**, y tomando en cuenta que el KWh tiene un valor de \$ 0.058, la fábrica se ahorraría aproximadamente **\$1220.61** por mes.

5.2. COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO

5.2.1. Rentabilidad de proyectos

La realización de un proyecto desde un punto de vista económico es una inversión que puede ser o no rentable, según cuales sean los costes de los recursos, las utilidades, los momentos en que se produzcan los pagos y los cobros correspondientes a unos y otros.

Para llevar a cabo un proyecto se lo puede evaluar desde distintos puntos de vista o criterios:

Rentabilidad³. Un proyecto es rentable si las utilidades que proporciona son superiores a los recursos que utiliza, sin embargo se debe analizar también la probabilidad de que tenga una u otra rentabilidad.

Para determinar la rentabilidad de un proyecto se recurre a dos indicadores:

Valor actual neto (VAN). El VAN se calcula con la ecuación 5.1 y es el mejor indicador de la rentabilidad de un proyecto.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{U_t}{(1+i)^t} \quad \text{Ecuación 5.1.}$$

Donde:

U_t utilidad en un tiempo dado t

t tiempo en el que se da los cobros y pagos

T período de tiempo de inversión

i tasa activa del mercado financiero

Si un proyecto tiene un VAN positivo este es rentable, entre dos o varios proyectos el mas rentable es el que tenga un VAN mas alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma si los fondos son colocados en un banco.

³ Planificación y rentabilidad de proyectos industriales

Tasa interna de rentabilidad (TIR). Se define como el valor de i que anula el VAN.

$$\sum_{t=0}^T \frac{U_t}{(1+i)^t} = 0 \quad \text{Ecuación 5.2.}$$

Si se adopta este indicador entre diversos proyectos se elegiría el que tuviera una TIR más alta o si se trata de decidir si se realiza o no un proyecto la regla sería comparar la TIR con el interés del mercado: si $TIR > i$ conviene llevar a cabo el proyecto caso contrario no.

Liquidez⁴. Es la facilidad con que se puede cambiar por dinero el objeto de la inversión. Desde este punto de vista los proyectos industriales serían casi siempre inversiones de muy escasa liquidez, en estos casos la liquidez se refiere a la capacidad de los activos⁵ para generar fondos con los que recuperar los pagos iniciales.

Un indicador sencillo y muy usado de la liquidez de un proyecto es el periodo de retorno o periodo de recuperación (PR), es decir el tiempo necesario para recobrar el desembolso inicial.

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficios económicos}} \text{ (años)} \quad \text{Ecuación 5.3.}$$

Se debe tener claro que el PR es un indicador de liquidez pero no de rentabilidad, y en general no permite tomar decisiones correctas cuando se trata de elegir entre diferentes proyectos: el de menor PR no tiene porque ser el mas rentable, ya que este no aporta información sobre lo que sucede después de haber recuperado el desembolso inicial. Sin embargo, en casos sencillos el PR puede ser suficiente para tomar una decisión: si se trata de decidir entre realizar o no un proyecto y el PR resulta ser muy breve esto puede bastar para responder afirmativamente.

⁴ Planificación y rentabilidad de proyectos industriales

⁵ Activo: riqueza de una empresa

5.2.2. Costo del proyecto

Antes de obtener el costo total del proyecto se debe calcular: el costo inicial y el costo anual de operación. El costo inicial incluye todos los materiales (eléctrico, canalización y automatización) y equipos de conducción, así como la mano de obra requerida para instalarlos. El detalle de cada uno de estos costos para las dos propuestas presentadas en esta sección, se muestra en el *Anexo VII*.

Y el costo anual de la reposición de lámparas se calcula multiplicando el precio de catalogo de cada lámpara por el número de lámparas reemplazadas, donde éste se obtiene multiplicando el número de lámparas, el número de luminarias y las horas estimadas de servicio anual, dividido para la vida útil de la lámpara.

Finalmente para obtener el costo total hay que sumar el costo total de operación, que es la multiplicación de la vida estimada del proyecto (10 años) por el costo anual de conservación, y el costo inicial del proyecto.

5.2.2.1. Propuesta #1

En la siguiente tabla se analizará el proyecto con automatización mediante PLC's:

ITEM		TOTAL
Costo Inicial		
1	Materiales de instalación eléctrica	19487.17
2	Materiales de automatización	7212.23
3	Costos indirectos	3814.2
4	Mano de obra instalación eléctrica	6401.36
	COSTO TOTAL INICIAL	36914.95
Costo de operación		
5	<i>Número anual de lámparas reemplazadas</i>	
	Fluorescentes 17 W	4.00
	Fluorescentes 32 W	45.00
	MDK 250 W	27.00
	MDK 400 W	0.00

	FS 13 W	4.00
	Iodín	2.00
6	<i>Costo anual de la reposición de lámparas</i>	
	Fluorescentes 17 W	5.76
	Fluorescentes 32 W	76.50
	MDK 250 W	440.93
	MDK 400 W	0
	FS 13 W	12.2
	Iodín	11.76
	COSTE TOTAL ANUAL DE CONSERVACIÓN	547.15

Costo TOTAL		
7	Costo total de operación	5471.5
	COSTE TOTAL	42386.45

Tabla 5.4. Costo del proyecto – Propuesta #1

Este sería el costo total del proyecto sin considerar la existencia del sistema de iluminación actual. Sin embargo si se reutiliza algunos materiales de la instalación eléctrica este costo sería menor, al igual que el costo de mano de obra.

ITEM		TOTAL
Costo Inicial		
1	Materiales de instalación eléctrica	16308.22
2	Materiales de automatización	7212.23
3	Costos indirectos	3178.4
4	Mano de obra instalación eléctrica	4964.66
	COSTO TOTAL INICIAL	31663.51
Costo de operación		
	COSTE TOTAL ANUAL DE CONSERVACIÓN	547.15
Costo TOTAL		
5	Costo total de operación	5471.5
	COSTE TOTAL	37135.01

Tabla 5.5. Costo del proyecto – Propuesta #1 optimizando materiales de instalación

5.2.2.2. Propuesta #2

La siguiente tabla muestra el costo del proyecto con automatización mediante bus EIB

ITEM		TOTAL
Costo Inicial		
1	Materiales de instalación	16308.22
2	Materiales de automatización	21292.47
3	Costos indirectos	6673.71
5	Mano de obra de instalación eléctrica	4964.66
	COSTO TOTAL INICIAL	49239.06
Costo de operación		
6	COSTE TOTAL ANUAL DE CONSERVACIÓN	547.15
Costo TOTAL		
7	Costo total de operación	5471,5
	COSTE TOTAL	54710.56

Tabla 5.6. Costo del proyecto – Propuesta #2

5.2.3. Análisis de Factibilidad del proyecto NOVOPAN

Para el análisis de la factibilidad se va analizar la rentabilidad y liquidez del proyecto:

Rentabilidad: para determinar cual de los dos proyectos es el mas rentable se usarán dos indicadores el VAN y el TIR.

Como se vio en la sección 5.2.1 el VAN se calcula con la ecuación 5.1, para lo cual se debe conocer el valor de la tasa activa del mercado financiero, en este caso se tomará la tasa mas alta de los últimos dos años la cual tiene un porcentaje de 11.76%⁶, además se debe tener el total de pagos y cobros que se realizarán durante la vida del proyecto u horizonte siendo este de 10 años para ambos proyectos.

⁶ Dato obtenido del Banco Central del Ecuador

El pago inicial es el **costo total inicial del proyecto** y los pagos y cobros siguientes son el ahorro anual en el consumo eléctrico que tendrá la fábrica por la implementación del proyecto, este monto se obtiene multiplicando por 12 el valor \$ **1220.61** el cual se obtuvo en la sección 5.1.

HORIZONTE									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7...	10
Pago	36914,95	14647,32	14647,32	7620,3101	0	0	0	0	0
Cobro	0	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32
Utilidad	-36914,95	0	0	7027,0099	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32

Tabla 5.7. Movimiento de fondos – Propuesta #1

HORIZONTE									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7...	10
Pago	31663,52	14647,32	14647,32	2368,8757	0	0	0	0	0
Cobro	0	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32
Utilidad	-31663,52	0	0	12278,444	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32

Tabla 5.8. Movimiento de fondos – Propuesta #1 optimizando materiales de instalación

HORIZONTE									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7...	10
Pago	49239,06	14647,32	14647,32	14647,32	5297,0958	0	0	0	0
Cobro	0	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32
Utilidad	-49239,06	0	0	0	9350,2242	14647,32	14647,32	14647,32	14647,32

Tabla 5.9. Movimiento de fondos – Propuesta #2 optimizando materiales de instalación

Calculando el VAN de los dos proyectos a la tasa activa antes mencionada se puede observar que el VAN del proyecto propuesto #1 es mayor y positivo al VAN del proyecto propuesto #2 lo cual indica que la propuesta mas rentable de acuerdo a este indicador es la propuesta #1.

PROYECTO	VAN
Propuesta #1	\$ 22.715,23
Propuesta #2	\$ -3.919,46

Tabla 5.10. VAN de los proyectos propuestos

Como se dijo anteriormente otro indicador de rentabilidad es el **TIR**, de acuerdo a la tabla 5.11 el TIR de la propuesta #1 es mayor al de la propuesta #2, dando como resultado que el proyecto propuesto #1 es el más rentable. Además el TIR del proyecto propuesto #1 es mayor a la tasa activa del mercado financiero (11.76%), por lo que éste proyecto es factible realizarlo.

PROYECTO	TIR
Propuesta #1	24%
Propuesta #2	10%

Tabla 5.11. TIR de los proyectos propuestos

Liquidez: Para determinar la liquidez de los proyectos se debe determinar el periodo de retorno (PR), así la inversión en este caso es el costo total inicial del proyecto y los beneficios económicos es el ahorro en el consumo eléctrico con el proyecto propuesto:

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficios económicos}} (\text{años})$$

Proyecto propuesto #1	Proyecto propuesto #2
$PR = \frac{31663.52}{14647.32} (\text{años})$	$PR = \frac{49239.06}{14647.32} (\text{años})$
PR = 2.16 años	PR = 3.4 años

De esta manera el período de retorno de la inversión del proyecto propuesto #1 es menor al del proyecto propuesto #2. Así la realización de la primera propuesta tiene una mejor liquidez y es la más conveniente, ya que el período de retorno calculado es de 2 años aproximadamente.

Una vez analizada la rentabilidad y liquidez de los proyectos propuestos se ha determinado que la realización del proyecto propuesto #1 es la más adecuada ya que su inversión es rentable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Durante la inspección del sistema de alumbrado que se realizó en la planta industrial NOVOPAN se determinó que la falta de mantenimiento a lo largo del tiempo ha provocado el deterioro de las luminarias así como también el mal funcionamiento de la mayoría de lámparas.
- De acuerdo al análisis realizado con respecto a los niveles de iluminación en cada área de trabajo de la fábrica se concluye que gran parte de estas áreas está por debajo del nivel de iluminación recomendado, en especial el área de producción y maquinaria que es de gran importancia debido a que de esto depende la calidad del producto.
- Se comprobó que la falta de iluminación se debe principalmente a la mala elección del tipo de lámpara, la falta de luz natural, falta de mantenimiento y a un diseño incorrecto del alumbrado en las áreas de trabajo, por ejemplo en los cuartos eléctricos los causantes de un bajo nivel de iluminación es la falta de luz natural y un inadecuado diseño.
- Según lo investigado con respecto a las nuevas tecnologías de iluminación (equipos de arranque, lámparas y luminarias) se han elegido los siguientes dispositivos:
 - lámparas fluorescentes tipo T8: en comparación con las lámparas tipo T12 instaladas actualmente son más delgadas, ahorran hasta el 40% de energía, una excelente reproducción del color, vida útil de 20 mil horas, mayor cantidad de lúmenes (T8 = 2950 y T12 = 1980).

- lámparas de mercurio halogenado: con respecto a las lámparas instaladas, luz mezcla, las de mercurio halogenado tienen una vida útil de 10000 - 20000 horas es decir 5000 – 15000 horas mas que las lámparas luz mezcla, mejor calidad en la reproducción de colores y dado que la emisión de lúmenes por vatio es mucho mayor se tendrá un ahorro considerable.
- el uso de balastos electrónicos y condensadores mejoran el rendimiento de la lámpara causando un mayor ahorro de energía con respecto a los balastos electromagnéticos instalados.

Por lo tanto el uso de esta tecnología mejorará el desempeño del personal en todas las áreas de la planta industrial y se tendrá un menor consumo eléctrico.

- Una conclusión importante es que se debería dar importancia al desarrollo de sistemas de iluminación automatizados ya que las tecnologías en el Ecuador no están a la par con otras utilizadas en países como en Argentina, España, Estados Unidos, etc. Países donde se han venido usando desde hace más de 10 años.
- Aunque en la actualidad existen varias tecnologías de automatización para casas, edificios e industrias como X10, EIB, Lonworks, etc estas no se encuentra muy difundidas en nuestro medio ya que son tecnologías desarrolladas tanto en Europa como en Estados Unidos, su información es escasa y los equipos deben ser importados generalmente de empresas europeas o estadounidenses.

A pesar de que uno de los objetivos de este proyecto era el desarrollo de una interfaz hombre – máquina (HMI) para controlar y modificar las condiciones de trabajo del sistema de iluminación de acuerdo al cambio de estaciones u horario de trabajo de la planta este no fue realizado, debido a que las estaciones climáticas en nuestro país no son definidas y el horario de trabajo es el mismo en cualquier circunstancia. Además la realización de este interfaz representa una inversión mayor a los \$4000 ya que era necesario una licencia del software sobre el que se desarrollaría este.

- Otra conclusión muy importante es la gran influencia que tendrá la realización del presente proyecto en el consumo eléctrico de la planta industrial y en sus egresos, ya que el uso de tecnologías de iluminación adecuadas acompañadas de una correcta automatización disminuirá la potencia de consumo y las horas de uso del sistema de iluminación.
- De acuerdo al estudio económico realizado en el capítulo 5 se decidió que el proyecto #1 es la mejor opción, ya que la inversión inicial será recuperada en un periodo de 5 años y posteriormente se obtendrán “ganancias” de alrededor 11 mil dólares anuales que se verán reflejadas en el ahorro de consumo eléctrico. Además conforme al cálculo del VAN y el TIR el proyecto es económicamente rentable al contrario del proyecto #2, cuyo costo en automatización es elevado debido al uso de tecnología EIBus.
- Con todo lo dicho anteriormente se concluye que la optimización del sistema de iluminación de la fábrica NOVOPAN del Ecuador S.A. es un proyecto realizable y que beneficiará a ésta tanto económica como laboralmente.

RECOMENDACIONES

- Haciendo referencia a la auditoria técnica del sistema de iluminación realizada en el Capítulo II se recomienda:
 - Independizar los circuitos de iluminación de los circuitos de fuerza.
 - Reubicar los tableros eléctricos en zonas donde el polvo ocasionado por el proceso de producción sea menor.
 - Tratar de evitar el uso de diferentes tipos de cable (THHN, TW, etc.) en las instalaciones eléctricas.
 - Identificar correctamente los sectores que controlan cada uno de los tableros eléctricos y sus respectivos breakers.
 - Establecer un programa de mantenimiento tanto para el sistema de iluminación como para los circuitos eléctricos que los alimentan. Ya que esto influye de manera directa en la acumulación de suciedad y depreciación del flujo

luminoso de lámparas y luminarias, asegurando de esta manera que los niveles de iluminancia se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

- De acuerdo al análisis realizado acerca de los niveles de iluminación actuales de la fábrica NOVOPAN del Ecuador S.A., se recomienda realizar un cambio urgente del sistema de iluminación tanto de naves industriales como de las zonas del proceso de producción (cuartos eléctricos, laboratorio). Pues de acuerdo a los resultados, el nivel de iluminación de estos sitios va disminuyendo a partir del segundo turno, llegando a valores realmente preocupantes en la noche (4 – 23 lux). Siendo que en la mayoría de los casos el factor clima no influye en estos resultados debiéndose principalmente a la falta de luz natural.
- Además se debería mejorar los niveles de iluminación de ciertas oficinas debido a que estos lugares no llegan a cumplir ni el mínimo recomendado (200 lux), siendo el valor óptimo para estas zonas 500 lux.
- En un país como el nuestro donde todavía dependemos del clima o de países vecinos para la obtención de energía eléctrica se considera necesario la regulación del consumo de energía por lo que la aplicación de la automatización en sistemas de iluminación sería de gran ayuda, beneficiándose así el mismo consumidor y el país en general.
- Se debe mencionar también que en países como España y Estados Unidos rigen leyes y restricciones para la conservación y ahorro de energía, lo cual ha permitido la regulación del consumo de ésta. Siendo de gran ayuda para nuestro país la realización de leyes como las mencionadas.
- Finalmente en cuanto al estudio costo – beneficio del proyecto se pudo observar la alta rentabilidad y liquidez del proyecto, por lo que se considera de suma importancia la realización de este, ya que a más de mejorar significativamente el nivel de iluminación del sistema actual de la fábrica, se estará ahorrando energía y por ende disminuyendo el gasto por consumo eléctrico de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PHILLIPS, “**Manual de alumbrado**”, tercera edición, Editorial Paraninfo S.A., Madrid – España 1981, Págs. 3.1 y 24.
- WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, “**Manual del alumbrado**”, tercera edición, Editorial Dossat S.A., Madrid – España 1981, Págs.55 – 74, 167 – 173 y 245 – 247.
- OROZCO Luis, LEÓN Fabricio, “**Estudio de factibilidad para la optimización del sistema de iluminación de la planta de pinturas CONDOR**”, Tesis ESPE 1998, Págs. 7 – 12.
- RAMIREZ José, “**Luminotecnia**” – **Enciclopedia CEAC de Electricidad**, cuarta edición, Ediciones CEAC S.A., Barcelona – España 1979, Págs. 186 – 189, 417 – 431.
- COROMINAS Albert, “**Planificación y rentabilidad de proyectos industriales**”, Editorial Marcombo S.A., Barcelona – España 1988, Págs. 31 – 46.

- <http://www.lighting.philips.com>, Catálogo de lámparas y luminarias

- <http://osram.com>, Catálogo de lámparas y luminarias

- <http://leviton.com>, Catálogo de sensores de presencia

- <http://www.schneider-electric.com>, Catálogo de PLC Zelio

- <http://dial.de>, Programa DIALux

- <http://energuia.com>, Ahorro de energía

- <http://www.megatron.co.uk/>, Sensores de iluminación
- <http://exp-grafica.uma.es/>, Eficiencia en el alumbrado interior
- <http://mtas.es>, Iluminación de centros de trabajo y alumbrados de emergencia
- <http://edison.upc.es>, Luminotecnia
- <http://editorial.cda.ulpgc.es>, Tipos y proyectos de alumbrado
- <http://bce.fin.ec>, Valores de la tasa activa del mercado financiero en el Ecuador

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO I. Análisis de niveles de iluminación medidos en la fábrica NOVOPAN del Ecuador S.A.

ANEXO II. Distribución Normal Estandarizada

ANEXO III. Normas Ecuatorianas De Niveles De Iluminación

ANEXO IV. Resumen del Sistema de Iluminación

ANEXO V. Distribución del Sistema de Iluminación propuesto

ANEXO VI. Programación de PLC's

ANEXO VII. Lista de Costos de los Materiales del Proyecto NOVOPAN del Ecuador S.A.

ANEXO VIII. Diagramas Unifilares del Sistema de Iluminación del Proyecto NOVOPAN del Ecuador S.A.

ANEXO IX. Planos Arquitectónicos y Eléctricos del Proyecto NOVOPAN del Ecuador S.A.

ANEXO I

**Análisis de niveles de iluminación medidos
en la fábrica NOVOPAN del Ecuador S.A.**

ANÁLISIS DEL PRIMER TURNO: 8:00/13:00.**Cuarto eléctricos**

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Min.	Recom.			
1	Planta de generación eléctrica	100	200	52.8	6.3	0.0
2	Cuarto eléctrico "E"	100	300	35.9	13	0.0
3	Taller mantenimiento mecánico	200	300	137.3	47.4	9.3
4	Cuarto eléctrico "D"	100	300	63.4	37.1	16.1
5	Cuarto de control del secadero	100	300	177.1	34.5	98.7
6	Cámara de transformación	100	150	19.2	31.4	0.5
7	Oficina mantenimiento mecánico	200	500	180.1	39.2	30.5
8	Cuarto eléctrico "C"	100	300	108.5	12.6	74.9
9	Zulzer	300	500	267.9	160.5	72.1
10	Cuarto eléctrico "B"	100	300	50.3	7.7	0.0
11	Cuarto hidráulico	100	150	105.8	78.8	52.8
12	Cuarto de control	100	300	122.9	18	89.8
13	Konus	100	150	331.6	134.8	95.7
14	Jefatura de turno	200	500	128.5	19.3	0.0
15	Mantenimiento eléctrico	200	500	148.3	39.3	9.3
16	Cuarto eléctrico "A"	100	300	423.7	158.5	97.9
17	Bodega de repuestos (1° piso)	100	200	113.3	19.4	75.5
18	Bodega de repuestos (2° piso)	100	200	928.2	377.7	98.6
19	Taller automotriz	300	500	793.6	711.1	75.5
20	Compresores	300	500	711.0	392.8	85.3
21	Sección de afilado	300	500	713.4	446.4	82.4

Oficinas de administración e ingeniería

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
22	Guardia 1	100	200	3831	2003	96.9
23	Guardia 2	100	200	1967	1115	95.3
24	Laboratorio	200	300	120	22.9	0.0
25	Oficinas de ingeniería	200	500	83.6	4.7	0.0
26	Recepción	200	500	216.0	134.5	54.8
27	Ventas 1	200	500	79.7	33.2	0.0
28	Ventas 2	200	500	426.6	96.7	99.0
29	Coordinación de despachos	200	500	98.0	21.6	0.0
30	Subgerencia de planta	200	500	1243	220.2	100.0

31	Operaciones	200	500	128.6	14.3	0.0
32	Dep. de RRHH oficina 1	200	500	122.3	37.7	1.9
33	Dep. de RRHH oficina 2	200	500	886.6	31.3	100.0
34	Dep. de RRHH oficina 3	200	500	319.0	139	80.8
35	Compras y adquisiciones	200	500	1102	228.3	100.0
36	Patios	200	500	94.0	23	0.0
37	Cafetería	100	300	608.9	296.9	95.6
38	Sala de reuniones	150	500	638.6	215.3	98.8
39	Sala de juntas (2º piso)	150	500	331.0	47.7	99.9
40	Subgerencia de mercadeo	200	500	239.6	56.5	75.8
41	Departamento de exportación	200	500	186.0	42.1	37.1
42	Contabilidad	300	600	325.9	60.9	66.6
43	Director de contabilidad	300	600	914.4	494.9	89.3
44	Caja	300	600	207.8	16.3	0.0
45	Comercio exterior oficina 1	200	500	348.6	119.4	89.3
46	Comercio exterior oficina 2	200	500	361.4	65.1	99.3
47	Sistemas	200	500	118.8	20.1	0.0
48	Equipos de sistemas	100	200	125.9	61.5	66.3
49	Crédito y cobranza	200	500	205.0	102.4	51.9
50	Gerencia financiera	200	500	302.6	75.2	90.7
51	Gerencia	200	500	776.0	299.2	97.3
52	Presidencia	200	500	760.3	426.3	90.5
53	Pasillos (2º piso)	20	100	81.7	44.8	91.6
54	Parqueadero cubierto	70	100	1062	370.5	99.6

Comedor y centro de capacitación

Nº	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
55	Comedor	100	300	1125	1041	83.9
56	Cocina	100	200	812	394	96.5
57	Centro de capacitación	150	500	281	58.11	98.8

Iluminación interior de naves industriales

Nº	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
58	Pulpito y prensa	100	200	145.8	84.09	70.5
59	Lijadora	100	200	190.5	83.73	85.9

60	Bodega de tableros	100	200	198.3	70.33	91.9
61	Encolado	100	200	137.3	30.38	89.1
62	Laminadora	100	200	535.2	325.2	90.9
63	Molienda	100	200	577.3	196	99.3
64	Galpón de aserrín	100	200	2339	1329	95.4
65	Bodega Codesa	100	200	1455	303	100.0

Maquinaria

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
66	Cargador molino Homback	150	300	5545	3727	92.7
67	Molino Homback	150	300	2751	1201	98.5
68	Molino HB600	150	300	1129	181.8	100.0
69	Molino MKZ	150	300	1219	575.4	96.9
70	Quemador	100	200	3485	2612	90.3
71	Máquina de encolado	200	300	206.4	72.93	53.6
72	Esparcidoras (arriba)	100	200	823.4	900.1	78.8
73	Prensa (alrededores)	100	300	130.5	5.96	0.0
74	Sierra de separación	200	300	249.5	61.67	78.8
75	Iluminación lijadora	200	300	299.9	83.47	104.5
76	Máquina laminadora	200	300	52.44	39.06	0.0
77	Clasificador de tableros	200	300	1154	433.1	98.6
78	Taladro – mant. mecánico	300	500	528.2	111	98.0
79	Torno – mant. mecánico	300	500	292.8	129.5	47.6
80	Mesa1 – mant. mecánico	300	500	208.2	108.9	20.1
81	Mesa2 – mant. mecánico	300	500	117.2	130.5	8.1
82	Iluminación sierra #2	200	300	464.9	189	91.9
83	Iluminación sierra #3	200	300	85.46	28.44	0.0

ANÁLISIS DEL SEGUNDO TURNO: 8:00/13:00.

Cuartos eléctricos

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom			
1	Planta de generación eléctrica	100	200	56.48	17.10	0.6
2	Cuarto eléctrico "E"	100	300	35.10	14.66	0.0

3	Taller mantenimiento mecánico	200	300	120.4	48.53	5.1
4	Cuarto eléctrico "D"	100	300	53.78	23.22	2.3
5	Cuarto de control del secadero	100	300	147.1	84.80	71.2
6	Cámara de transformación	100	150	0.58	0.19	0.0
7	Oficina mantenimiento mecánico	200	500	130.8	56.59	11.1
8	Cuarto eléctrico "C"	100	300	93.20	19.06	35.9
9	Zulzer	300	500	347.2	266.8	57.1
10	Cuarto eléctrico "B"	100	300	53.02	1.91	0.0
11	Cuarto hidráulico	100	150	48.66	33.92	6.6
12	Cuarto de control	100	300	111.0	12.22	81.6
13	Konus	100	150	172	65.19	86.7
14	Jefatura de turno	200	500	142.6	20.40	0.3
15	Mantenimiento eléctrico	200	500	756.6	678.4	79.4
16	Cuarto eléctrico "A"	100	300	1257	853.7	91.3
17	Bodega de repuestos (1° piso)	100	200	125.4	31.70	78.8
18	Bodega de repuestos (2° piso)	100	200	594.9	204.6	99.2
19	Compresores	300	500	353.5	364.3	55.9
20	Sección de afilado	300	500	605.7	178.8	95.6

Oficinas de administración e ingeniería

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom			
21	Guardia 1	100	200	2448	2385	83.7
22	Guardia 2	100	200	649.5	690.1	78.8
23	Laboratorio	200	300	123.9	14.56	0.0
24	Oficinas de ingeniería	200	500	81.45	5.11	0.0
25	Recepción	200	500	438.5	465.8	69.5
26	Ventas 1	200	500	159.5	97.37	33.7
27	Ventas 2	200	500	556.8	273.1	90.5
28	Coordinación de despachos	200	500	277.8	342.8	59.1
29	Subgerencia de planta	200	500	3350	5519	71.6
30	Operaciones	200	500	203.2	136	50.8
31	Dep. de RRHH oficina 1	200	500	200.2	97.16	50.0
32	Dep. de RRHH oficina 2	200	500	1079	556.5	94.3
33	Dep. de RRHH oficina 3	200	500	589	379.9	84.6
34	Compras y adquisiciones	200	500	2275	1053	97.6
35	Patios	200	500	213.2	154.7	53.6
36	Cafetería	100	300	725.3	573.5	86.2
37	Sala de reuniones	150	500	858.3	514.5	91.6
38	Sala de juntas (2° piso)	150	500	400.9	75.01	99.9
39	Subgerencia de mercadeo	200	500	827.6	582.5	85.9
40	Departamento de exportación	200	500	532.6	373.9	81.3

41	Contabilidad	300	600	421.7	140.1	80.8
42	Director de contabilidad	300	600	500	292.2	75.2
43	Caja	300	600	212.2	54.55	5.4
44	Comercio exterior oficina 1	200	500	542.4	598.7	71.6
45	Comercio exterior oficina 2	200	500	912	1049	75.2
46	Sistemas	200	500	111.4	13.33	0.0
47	Equipos de sistemas	100	200	114.3	45.79	62.2
48	Crédito y cobranza	200	500	429.8	484.9	68.1
49	Gerencia financiera	200	500	845.8	971.9	71.2
50	Gerencia	200	500	433.8	154.8	93.5
51	Presidencia	200	500	3744	3163	86.9
52	Pasillos (2° piso)	20	100	97.46	63.22	89.1
53	Parqueadero cubierto	70	100	406.9	503	74.9

Comedor, centro de capacitación y centro médico

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
54	Comedor	100	300	729.0	185.5	99.9
55	Cocina	100	200	544.2	463.8	83.2
56	Consultorio de centro médico	100	200	946.8	299.9	99.4
57	Centro de capacitación	150	500	257.0	36.0	99.9

Iluminación interior de naves industriales

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom			
58	Pulpito y prensa	100	200	173.8	255.9	61.4
59	Lijadora	100	200	54.1	36.8	10.6
60	Bodega de tableros	100	200	71.1	47.2	27.1
61	Encolado	100	200	42.0	20.9	0.3
62	Laminadora	100	200	72.6	96.1	38.6
63	Molienda	100	200	561.5	672.0	75.5
64	Galpón de aserrín	100	200	1852	1648	85.5
65	Bodega Codesa	100	200	2867	676.5	100.0

Maquinaria

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom			
66	Cargador molino Homback	150	300	14580	3738	99.9
67	Molino Homback	150	300	11883	2145	100.0
68	Molino HB600	150	300	697.3	265.3	98.0
69	Molino MKZ	150	300	1082	477.2	97.4
70	Quemador	100	200	1142	1220	80.2
71	Máquina de encolado	200	300	94.3	36.5	0.2
72	Esparcidoras (arriba)	100	200	48.9	68.1	22.7
73	Prensa (alrededores)	100	300	116.7	32.9	0.6
74	Sierra de separación	200	300	105.8	68.2	8.4
75	Iluminación lijadora	200	300	132.3	79.8	19.8
76	Máquina laminadora	200	300	27.5	5.4	0.0
77	Clasificador de tableros	200	300	434.6	404.4	71.9
78	Taladro – mant. mecánico	300	500	450.0	165.7	81.9
79	Torno – mant. mecánico	300	500	362.6	203.6	62.6
80	Mesa1 – mant. mecánico	300	500	190.4	138.8	21.5
81	Mesa2 – mant. mecánico	300	500	88.4	86.8	0.7
82	Iluminación sierra #2	200	300	220.3	275.3	52.8
83	Iluminación sierra #3	200	300	36.0	41.8	0.0

ANÁLISIS DEL TERCER TURNO 8:00/13:00.**Cuartos eléctricos**

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom			
1	Planta de generación eléctrica	100	200	47.6	8.9	0.0
2	Cuarto eléctrico "E"	100	300	36.1	11.4	0.0
3	Taller mantenimiento mecánico	200	300	92.3	16.4	0.0
4	Cuarto eléctrico "D"	100	300	41.6	10.8	0.0
5	Cuarto de control del secadero	100	300	54.8	3.5	0.0
6	Cuarto eléctrico "C"	100	300	98.8	9.6	45.2
7	Zulzer	300	500	91.5	13.3	0.0
8	Cuarto eléctrico "B"	100	300	65.0	18.0	2.6
9	Cuarto hidráulico	100	150	44.0	6.8	0.0
10	Cuarto de control	100	300	78.8	42.0	30.5
11	Konus	100	150	79.6	45.7	32.6
12	Jefatura de turno	200	500	98.2	40.7	0.6

13	Mantenimiento eléctrico	200	500	166.0	101.9	37.1
14	Cuarto eléctrico "A"	100	300	129.1	48.5	72.6
15	Bodega de repuestos (1° piso)	100	200	83.2	29.2	28.1
16	Compresores	300	500	54.9	13.9	0.0

Guardianías y parqueadero

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
17	Guardia 1	100	200	121.5	5.5	100.0
18	Guardia 2	100	200	56.7	7.4	0.0
19	Parqueadero cubierto	70	100	32.4	2.3	0.0

Iluminación interior de naves industriales

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
20	Pulpito y prensa	100	200	22.8	1.5	0.0
21	Lijadora	100	200	8.4	2.1	0.0
22	Bodega de tableros	100	200	4.8	0.8	0.0
23	Encolado	100	200	22.4	3.5	0.0
24	Laminadora	100	200	14.0	1.4	0.0
25	Molienda	100	200	6.2	1.3	0.0
26	Galpón de aserrín	100	200	3.6	0.7	0.0

Maquinaria

N°	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
27	Cargador molino Homback	150	300	6.4	0.7	0.0
28	Molino Homback	150	300	107.3	74.2	28.1
29	Molino HB600	150	300	36.9	5.3	0.0
30	Molino MKZ	150	300	7.8	11.9	0.0
31	Quemador	100	200	37.4	13.3	0.0
32	Máquina de encolado	200	300	98.3	15.6	0.0
33	Esparcidoras (arriba)	100	200	30.2	3.7	0.0

34	Prensa (alrededores)	200	300	122.5	20.0	0.0
35	Sierra de separación	200	300	61.7	9.5	0.0
36	Lijadoras	200	300	108.5	66.2	8.4
37	Máquina laminadora	200	300	25.8	5.6	0.0
38	Clasificador de tableros	200	300	195.4	50.1	46.4
39	Taladro – mant. mecánico	300	500	427.3	100.4	89.8
40	Torno – mant. mecánico	300	500	311.6	73.9	56.4
41	Mesa1 – mant. mecánico	300	500	144.8	125.4	10.8
42	Mesa2 – mant. mecánico	300	500	38.4	35.2	0.0

Iluminación exterior de naves industriales

Nº	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
43	Naves Industriales	10	15	4.0	0.6	0.0
44	Patio de Maderas	10	15	0.6	0.2	0.0

ANÁLISIS DE LOS TRES TURNOS

Cuartos eléctricos

Nº	Descripción	Norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
1	Planta de generación eléctrica	100	200	52.3	11.5	0.0
2	Cuarto eléctrico “E”	100	300	35.7	12.1	0.0
3	Taller mantenimiento mecánico	200	300	116.7	42.0	2.4
4	Cuarto eléctrico “D”	100	300	52.9	25.8	3.4
5	Cuarto de control del secadero	100	300	126.3	72.8	64.1
6	Cámara de transformación	100	150	9.9	23.1	0.0
7	Oficina mantenimiento mecánico	200	500	155.5	52.8	20.1
8	Cuarto eléctrico “C”	100	300	100.2	14.8	50.4
9	Zulzer	300	500	235.5	200.0	37.5
10	Cuarto eléctrico “B”	100	300	56.1	12.4	0.0
11	Cuarto hidráulico	100	150	66.1	54.4	26.8
12	Cuarto de control	100	300	104.2	31.8	55.2
13	Konus	100	150	194.4	136.4	75.5
14	Jefatura de turno	200	500	123.1	32.7	0.9
15	Mantenimiento eléctrico	200	500	357.0	469.6	62.9
16	Cuarto eléctrico “A”	100	300	603.6	678.9	77.0

17	Bodega de repuestos (1° piso)	100	200	107.3	31.3	59.1
18	Bodega de repuestos (2° piso)	100	200	761.6	336.0	97.5
19	Taller automotriz	300	500	793.6	711.1	75.5
20	Compresores	300	500	373.1	398.9	57.1
21	Sección de afilado	300	500	659.6	325.5	86.4

Oficinas de administración e ingeniería

N°	Descripción	Bajo norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro norma
		Mín.	Recom.			
22	Guardia 1	100	200	2134	2298	81.1
23	Guardia 2	100	200	891.1	1084	76.4
24	Laboratorio	200	300	122.0	18.2	0.0
25	Oficinas ingeniería – general	200	500	82.5	4.8	0.0
26	Recepción	200	500	327.3	343.9	64.4
27	Ventas 1	200	500	119.6	80.5	16.1
28	Ventas 2	200	500	491.7	205.0	92.2
29	Coordinación de despachos	200	500	187.9	247.9	48.4
30	Subgerencia de planta	200	500	2297	3846	70.5
31	Operaciones	200	500	166.0	99.3	36.9
32	Dep. de RRHH oficina 1	200	500	161.3	80.7	31.6
33	Dep. de RRHH oficina 2	200	500	983.2	385.3	97.9
34	Dep. de RRHH oficina 3	200	500	454.1	305	79.7
35	Compras y adquisiciones	200	500	1689	947.8	94.2
36	Patios	200	500	153.6	121.8	35.2
37	Cafetería	100	300	667.1	434.9	90.3
38	Sala de reuniones	150	500	748.5	389.5	93.7
39	Sala de juntas (2° piso)	150	500	366.0	69.8	99.9
40	Subgerencia de mercadeo	200	500	533.6	498.3	74.5
41	Departamento de exportación	200	500	359.3	310.3	69.5
42	Contabilidad	300	600	373.8	113.7	73.9
43	Director de contabilidad	300	600	707.2	441.0	82.1
44	Caja	300	600	210.0	38.0	0.9
45	Comercio exterior oficina 1	200	500	445.5	419.6	71.9
46	Comercio exterior oficina 2	200	500	636.7	758.5	71.6
47	Sistemas	200	500	115.1	16.5	0.0
48	Equipos de sistemas	100	200	120.2	51.5	65.2
49	Crédito y cobranza	200	500	317.4	351.1	62.9
50	Gerencia financiera	200	500	574.2	710.2	69.9
51	Gerencia	200	500	604.9	288.0	91.9
52	Presidencia	200	500	2252	2646	77.9
53	Pasillos (2° piso)	20	100	89.6	52.3	90.8
54	Parqueadero cubierto	70	100	500.5	552.8	77.9

Comedor, centro de capacitación y centro médico

N°	Descripción	Bajo norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
55	Comedor	100	300	927.1	735.0	86.9
56	Cocina	100	200	678.2	429.5	90.9
57	Consultorio de centro médico	100	200	269.2	47.4	99.9
58	Hall de centro médico	20	100	946.8	299.9	95.3
59	Oficina de centro médico	100	200	662.7	276.9	97.2
60	Centro de capacitación	150	500	321.6	89.6	92.8

Iluminación interior de naves industriales

N°	Descripción	Bajo norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
61	Pulpito y prensa	100	200	114.1	159.2	53.2
62	Lijadora	100	200	84.3	93.8	43.6
63	Bodega de tableros	100	200	91.4	94.7	46.4
64	Encolado	100	200	67.3	55.6	28.1
65	Laminadora	100	200	207.3	301.8	63.7
66	Molienda	100	200	381.7	464.3	72.6
67	Galpón de aserrín	100	200	1399	1538	79.9
68	Bodega Codesa	100	200	2162	893.4	98.9

Maquinaria

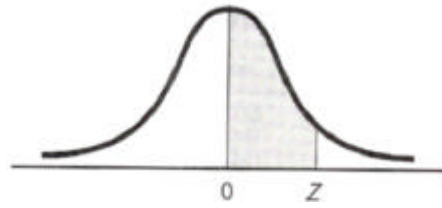
N°	Descripción	Bajo norma de iluminación		\bar{x}	s	% valores dentro de norma
		Mín.	Recom.			
69	Cargador molino Homback	150	300	6711	6828	83.2
70	Molino Homback	150	300	4914	5385	81.1
71	Molino HB600	150	300	621.1	495.7	82.9
72	Molino MKZ	150	300	769.8	688.6	81.6
73	Quemador	100	200	1555	2143	74.9
74	Máquina de encolado	200	300	133.0	69.7	16.9
75	Esparcidoras (arriba)	100	200	300.8	615.8	62.6
76	Prensa (alrededores)	100	300	123.3	21.6	0.0
77	Sierra de separación	200	300	139.0	96.6	26.4
78	Iluminación lijadora	200	300	180.2	113.3	43.3

ANEXOS

79	Máquina laminadora	200	300	35.3	24.7	0.0
80	Clasificador de tableros	200	300	594.9	528.4	77.0
81	Taladro – mant. mecánico	300	500	468.5	127.5	90.7
82	Torno – mant. mecánico	300	500	322.3	138.3	56.4
83	Mesa1 – mant. mecánico	300	500	181.1	118.9	16.1
84	Mesa2 – mant. mecánico	300	500	81.3	92.3	0.9
85	Iluminación sierra #2	200	300	342.6	257.3	70.9
86	Iluminación sierra #3	200	300	60.8	42.6	0.1

ANEXO II

Distribución Normal Estandarizada



Cada entrada representa el área bajo la distribución normal estandarizada desde la media hasta Z

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0598	.0638	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1025	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1358	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1735	.1772	.1806	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2518	.2549
0.7	.2580	.2612	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2968	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3188	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3435	.3458	.3481	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3688	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4496	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4606	.4618	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4688	.4693	.4699	.4705
1.9	.4713	.4719	.4728	.4732	.4738	.4744	.4750	.4758	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4806	.4812	.4817
2.1	.4821	.4828	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4898	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4948	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4956	.4956	.4957	.4958	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4968	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.49865	.49889	.49874	.49878	.49882	.49888	.49889	.49893	.49897	.49900
3.1	.49903	.49905	.49910	.49913	.49916	.49918	.49921	.49924	.49926	.49929
3.2	.49931	.49934	.49938	.49938	.49940	.49942	.49944	.49946	.49948	.49950
3.3	.49952	.49953	.49955	.49957	.49958	.49960	.49981	.49992	.49984	.49965
3.4	.49986	.49958	.49959	.49970	.49971	.49972	.49973	.49974	.49975	.49978
3.5	.49977	.49978	.49978	.49979	.49960	.49981	.49981	.49992	.49983	.49983
3.6	.49984	.49985	.49985	.49986	.49988	.49997	.49987	.49988	.49988	.49989
3.7	.49989	.49990	.49990	.49990	.49991	.49991	.49992	.49992	.49992	.49992
3.8	.49993	.49993	.49993	.49994	.49994	.49994	.49994	.49995	.49995	.49995
3.9	.49995	.49995	.49998	.49998	.49998	.49998	.49998	.49998	.49997	.49997

ANEXO III

Normas Ecuatorianas De Niveles De Iluminación

RÉGIMEN LABORAL ECUATORIANO**Art. 56. Iluminación Niveles Mínimos**

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

Niveles de Iluminación Mínimo para Trabajos Específicos y Similares

Iluminación mínima	Actividades
20 luxes	Pasillo, patios y lugares de paso
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera. salas de máquinas y calderos
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprenta.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.
3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.

NORMA INEN 1 154 1984-05

1. Objeto

Esta norma establece los requisitos de la iluminación natural requerida en el interior de los edificios de fábricas y talleres, y otros factores que contribuyen a la iluminación sobre el plano de trabajo.

2. Requisitos

Valores recomendados de iluminación

Edificios industriales	Iluminación (lux)
13. Areas generales de fábricas a) bares b) vestuarios c) entradas, corredores y escaleras	150 100 100
14. Calderos (industriales) a) carbón y manejo de cenizas. b) calderos: b.1) frentes de calderos y áreas de operación; b.2) otras áreas	100 100 * 20 a 50
15. Estaciones generadoras de electricidad Ubicaciones interiores: a) corredores de turbinas b) equipo auxiliar, cuartos de baterías, generadores auxiliares de fuelle, engranajes de conmutadores y cámaras de transformadores. c) casas de calderos (incluyendo pisos de operación), plataformas, transportadores de carbón, pulverizadores, alimentadores, precipitadores, fuelles de escorias y hollín.	200 100 70 a 100

d) casas de calderas y turbinas	100
e) cuartos de control	
e.1) paneles de control vertical	100 a 300
e.2) escritorios de control	300
e.3) paneles de control posterior	150
e.4) conmutadores	150
16. Garajes	
a) áreas de aparcamiento (interiores)	70
b) reparaciones	300
17. Calibradores y herramientas	
En general	700 **
18. Laboratorios y cuartos de pruebas	
a) Laboratorios generales y cuartos de balance	300
b) Laboratorios eléctricos y de instrumentos	450
19. Talleres de maquinarias y ajustes	
a) Trabajo de maquinaria pesada	150
b) Trabajo de maquinaria media. máquinas automáticas ordinarias, molido tosco o rudo, pulimentado mediano y abrillantado	300
20. Bodegas y almacenes	
a) materiales grandes y naves de carga	100
b) materiales pequeños y estantes	150
c) empacado y despachado	150
21. Soldadura	
a) soldadura de gas, arco y partes ásperas	100
b) soldadura mediana por ejemplo, ferretería doméstica de latón	300
22. Talleres de trabajo de madera	
a) aserrado áspero y trabajo de bancos	150
b) clasificación de tamaños, cepillado, lijado, áspero, maquinaria mediana, trabajos de bancos, encolados y chapeado.	200
c) Trabajos de maquinaria y banco fino, lijado y acabado fino.	300

* Puede requerirse en el local, luz suplementaria para lentes de medida y paneles de instrumentos.

** Se debe usar luz suplementaria local en la cara óptica, cuando sea necesario.

BIBLIOTECA PERSONAL

Tipo de edificio. local y tarea visual	Nivel de iluminación (lux)
1. LOCALES COMUNES A TODAS LAS CATEGORIAS 1.A) Vestíbulos, corredores, salidas 1.B) Escaleras 1.C) Vestuarios y lavabos 1.D) Salas de sesiones públicas	50 100 50 150
2. OFICINAS Y ADMINISTRACIÓN 2.A) Mecanografía, contabilidad, máquinas de calcular, máquinas de cajeros 2.B) Despachos privados y trabajos generales de oficina. distintos de los mencionados	300 200
3. RESTAURANTES 3.A) Cocinas 3.B) Comedores, salas de restaurantes, salas de café	100 100
4. LOCALES INDUSTRIALES	
4.A) Locales comunes a todas las categorías 4.A.1) Salas de calderas: alumbrado general de circulación 4.A.2) Instrumentos de medida y control: alumbrado no deslumbrante en el plano de lectura 4.A.3) Almacenes 4.A.4) Embalajes: objetos pequeños y grandes	100 300 50 100
4.B) Laboratorios. salas de ensayo y controles: 4.B.1) Alumbrado general 4.B.2) En el plano de la mesa 4.B.3) Aparatos de medida tales como: manómetros, termómetros, básculas, alumbrado especial no deslumbrante en el plano de lectura.	200 300 300
4.C) Industrias Metalúrgicas 4.C.1) Máquinas herramientas y bancos: Alumbrado general Alumbrado local: <ul style="list-style-type: none"> · Trabajo en piezas pequeñas en el banco o las máquinas, rectificación de piezas medianas y pequeñas, regulación de máquinas automáticas · Trabajo de tamaño medio en el banco o la máquina. rectificación de piezas grandes 	200 500 300

4.D) Centrales Eléctricas	
4.D.1) Superestructuras (Seccionadores. aparatos móviles)	100
4.D.2) Aparatos auxiliares, disyuntores, transformadores, salas de acumuladores	100
4.D.3) Generatrices, máquinas de vapor, ventiladores, compresores	300
4.E) Industria Maderera	
4.E.1) Aserradero: Iluminación General	100
Zona de Corte y Clasificación	200
4.E.2) Carpintería: Iluminación General	100
Zona de bancos y máquinas	300
5. GARAGES	
5.A) Iluminación General	100

ANEXO IV

Resumen del Sistema de Iluminación

Cuartos De Planta Industrial

N°	Descripción	Luminaria		
		Tipo	N°	Potencia
1	Cuarto Eléctrico "D"	TMS 2x32	3	60
2	Cuarto de control del Secadero	TMS 2x32	4	60
3	Cámara de Transformación	TMS 2x32	2	60
4	Transformador	FS 13	2	13
5	Oficina Mantenimiento Mecánico	TMS 2x32	2	60
6	Planta de Generación Eléctrica	Lámpara de Na	1	275
		TMS 2x32	2	60
7	Cuarto Eléctrico "E"	TMS 2x32	6	60
8	Taller Mantenimiento Mecánico	TMS 2x32	8	60
9	Cuarto Eléctrico "C"	TMS 2x32	4	60
10	Laboratorio	TCS 2x32	4	60
		TMS 1x20	1	30
11	Vestidores y Duchas	TCS 2x32	6	60
12	Zulzer	TMS 2x32	3	60
13	Cuarto Eléctrico "B"	TMS 2x32	6	60
14	Cuarto Hidráulico	MDK 250	2	278
		HWL 250	1	250
15	Cuarto de Control	TCS 2x32	2	60
16	Konus	MDK 400	1	484
		HWL 250	2	250
17	Jefatura de Turno	TMS 2x32	2	60
18	Mantenimiento Eléctrico	TMS 2x32	2	60
		TMS 2x40	2	92
19	Cuarto Eléctrico "A"	TMS 2x32	4	60
20	Bodega de Repuestos (1° Piso)	TMS 2x32	14	60
		Incandescentes	6	100
21	Bodega de Repuestos (2° Piso)	TMS 2x32	8	60
22	Oficina de Bodega de Repuestos	TMS 2x32	1	60
23	Sección de afilado	TMS 2x40	3	92
24	Taller Automotriz	MDK 250	1	278
25	Lubricantes	TMS 2x32	2	60
26	Compresores	HWL 250	2	250
27	Oficina de Bodega de Tableros	TMS 2x32	2	60
28	Planta de Tratamiento de Agua	Incandescente	1	100

Oficinas De Administración, Parqueadero Y Guardianías

N°	Descripción	Luminaria		
		Tipo	N°	Potencia
29	Oficinas de Ingeniería	TCS 2x32	3	60
		TMS 2x40	6	92
30	Hall administración (1° piso)	TCS 2x32	2	60
31	Administración (1° Piso)	TBS 2x32	14	60
		TMS 2x40	4	92
32	Baños administración (1° Piso)	Incandescentes	3	100
33	Cafetería	TMS 2x40	2	92
34	Sala de reuniones	TCS 2x17	2	30
		Incandescentes	2	100
35	Gradas administración	TCS 2x17	2	30
36	Hall administración (2° Piso)	TCS 2x17	1	30
37	Sala de reuniones (2° piso)	TCS 2x17	2	30
38	Departamento de Exportación	TCS 2x32	1	60
39	Subgerencia de Mercadeo	TCS 2x32	1	60
40	Contabilidad	TCS 2x32	6	60
41	Jefe de Contabilidad	TCS 2x32	1	60
42	Caja	TCS 2x32	1	60
43	Comercio Exterior 1	TCS 2x32	1	60
44	Comercio Exterior 2	TCS 2x32	1	60
45	Equipos de Sistemas	TMS 2x40	1	92
46	Sistemas	TCS 2x32	1	60
47	Crédito y Cobranza	TCS 2x32	2	60
48	Gerencia Financiera	TCS 2x32	2	60
49	Hall Presidencia	Dicroicas	5	50
50	Gerencia	Dicroicas	8	50
51	Presidencia	Dicroicas	12	50
52	Pasillo (2° Piso)	TCS 2x17	8	30
53	Baños Gerencia	FS 13	2	13
54	Baños 2° Piso	FS 13	4	13
55	Baño de Dep. de Contabilidad	FS 13	3	13
56	Guardia 1	Incandescente	1	100
57	Guardia 2	FS 13	3	13
		TMS 2X32	1	60
58	Parqueadero Cubierto	TMS 2x32	6	60

Comedor, Centro De Capacitación Y Centro Médico

N°	Descripción	Luminaria		
		Tipo	N°	Potencia
59	Comedor	TMS 2x40	8	92
60	Cocina	TMS 2x40	2	92
61	Despensa	Incandescente	1	100
62	Vestidor de Cocina	Incandescente	1	100
63	Baño de Cocina	Incandescente	1	100
64	Centro de capacitación	TMS 2X40	13	92
		Incandescentes	8	50
		Reflectores dicróicos	2	50
65	Baño centro de capacitación	TMS 2x40	1	92
66	Hall de centro médico	TMS 1X20	2	30
67	Consultorio centro médico	Incandescente	1	100
		TMS 2x40	1	92
68	Baño y vestidor de centro médico	Incandescente	1	100
		TMS 2x40	1	92
69	Oficinas de Centro mérido	TMS 2x40	2	92

Iluminación General De Planta Industrial (Exterior e Interior)

N°	Descripción	Luminaria		
		Tipo	N°	Potencia
70	Molienda	MDK 250	5	278
71	Galpón de Aserrín	MDK 250	6	278
72	Encolado	MDK 250	2	278
73	Pulpito y Prensa	MDK 250	22	278
74	Lijadora	MDK 250	24	278
75	Bodega de Tableros	MDK 250	24	278
76	Laminadora	MDK 250	8	278
77	Papel Foil y Sector 4 Sulfato	HWL 250	2	250
78	Bodega CODESA	HWB 400	3	425
		Reflector	1	1500
79	Tanques de Combustible	HWL 250	3	250
80	Externa de naves industriales	SON 250	17	275
		Reflector Iodín	1	1500
81	Externa de Molienda y Galpón de Aserrín	SON 250	3	275
		Reflector Iodín	1	1500
82	Iluminación de Patios de Madera	SON 250	3	275
		Reflectores Iodín	2	1500

83	Exterior de guardias	SON 250	4	275
84	Exterior de planta industrial	SON 250 Reflectores MDK	1 3	275 1000

Iluminación De Máquinas De Planta Industrial

N°	Descripción	Luminaria		
		Tipo	N°	Potencia
85	Cargador de Molino Homback	HWL 250	3	250
86	Molino Homback	TMS 2x40	1	92
		HWL 250	1	250
87	Molino HRL600	HWL 250	4	250
88	Molino de Martillos	HWL 250	2	250
89	Silo 1	TMS 2x17	1	30
90	Silo 2	Reflector Iodín	1	1500
		TMS 2x17	1	30
91	Silo 3	TMS 2x17	1	30
92	Silo 4	TMS 2x17	1	30
93	Silo 5	TMS 2x17	1	30
		HWL 250	1	250
94	Silo 6	TMS 2x17	1	30
95	Sierra Circular de Laboratorio	TMS 2x17	1	30
96	Máquina laminadora	MDK 400	1	484
97	Máquina Selección de Tableros	Reflectores Iodín	3	1500
	Máquinas de mantenimiento mecánico	TMS 2x17	1	30
		TMS 2x32	3	60
		HWL 250	1	250
98	Sierra #2	HWL 250	1	250
99	Sierra #3	HWL 250	3	250
100	Esparcidora	Incandescentes	5	100
		TMS 1x20	1	30
		HWL 250	2	250
101	Prensa	TMS 2x32	3	60
		HWL 250	12	250
102	Sierra de separación	TMS 2x17	3	30
		TMS 2x32	2	60
		HWL 250	3	250
103	Lijadora	TMS 2x32	5	60
104	Zaranda	HWL 250	2	250
		Reflector Iodín	1	1500
105	Quemador	HWL 250	3	250
106	Secador	HWL 250	1	250
107	Encolado	TMS 2x32	4	32-60

ANEXO V

Distribución del Sistema de Iluminación propuesto

BREAKER GENERAL**Alimentador:** Acometida

Denominación	N° de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	434		77878	79467	THHN 2/0 AWG	200	1 2 3

TABLERO PRINCIPAL**Alimentador:** Breaker General

Denominación	N° de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	38	220	12160	12408	THHN 2	50	1 2 3
BRK 2	69	220	16884	17229	THHN 2	60	1 2 3
BRK 3	48	220	3692	3767	THHN 10	20	1 2
BRK 4	37	220	13416	13690	THHN 6	70	3 1
BRK 5	155	220	10815	11036	THHN 6	50	2 3
BRK 6	42	220	15000	15306	THHN 4	70	1 2
BRK 7	45	220	5911	6032	THHN 14	20	3 1

TABLERO OFICINAS**Alimentador:** Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	13	127	908	927	THHN 14	20	1
BRK 2	16	127	1164	1188	THHN 14	20	2
BRK 3	17	127	690	704	THHN 14	20	1
BRK 4	16	127	992	1012	THHN 14	20	2
BRK 5	27	127	1276	1302	THHN 14	30	2
BRK 6	11	127	271	277	THHN14	20	1
BRK 7	55	127	5514	5627	THHN 6	30	2 1

TABLERO CUARTO ELÉCTRICO “B”**Alimentador:** Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	9	127	540	551	THHN 14	15	1
BRK 2	12	220	3000	3061	THHN 14	30	2 3
BRK 3	13	220	3614	3688	THHN 14	40	1 2
BRK 4	11	220	3058	3120	THHN 14	30	3 1
BRK 5	8	220	2224	2269	THHN 14	30	2 3
BRK 6	8	220	2224	2269	THHN 14	30	1 2
BRK 7	8	220	2224	2269	THHN 14	30	3 1

TABLERO CUARTO “E”**Alimentador:** Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	12	127	626	639	THHN 14	15	2
BRK 2	12	127	690	704	THHN 14	15	3
BRK 3	14	220	1595	1628	THHN 14	20	2 3
BRK 4	7	220	3000	3061	THHN 12	20	2 3

TABLERO CUARTO “C”**Alimentador:** Tablero Principal

Denominación	Nº de Puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	10	127	540	551	THHN 14	15	2
BRK 2	13	127	972	992	THHN 14	15	3
BRK 3	11	220	1340	1367	THHN 14	20	2 3
BRK 4	14	127	840	857	THHN 14	20	2

TABLERO LAMINADORA**Alimentador:** Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	1	220	1500	1531	THHN 12	15	1 3

BRK 2	2	220	3000	3061	THHN 12	15	1 3
BRK 3	4	220	1112	1135	THHN 12	15	1 3
BRK 4	4	220	1112	1135	THHN 12	15	1 3
BRK 5	3	220	604	616	THHN 12	15	1 3
BRK 6	4	220	1000	1020	THHN 12	20	1 3
BRK 7	8	220	2224	2269	THHN 12	30	1 3
BRK 8	8	220	2224	2269	THHN 12	30	1 3
BRK 9	8	220	2224	2269	THHN 12	30	1 3

TABLERO MOLIENDA

Alimentador: Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	7	220	1866	1904	THHN 14	15	1 3
BRK 2	9	220	6150	6275	THHN 14	30	1 3
BRK 3	14	220	3808	3886	THHN 14	30	1 3
BRK 4	7	220	1592	1625	THHN 12	20	1 3

TABLERO GUARDIA #2

Alimentador: Tablero Principal

Denominación	Nº de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	9	220	1424	1453	THHN 12	20	1 2

BRK 2	9	220	2475	2526	THHN 12	30	3 1
BRK 3	9	220	3700	3776	THHN 12	20	2 3
BRK 4	4	220	3413	3483	THHN 12	15	1 2
BRK 5	6	220	1148	1171	THHN 8	15	3 1

SUBTABLERO JEFATURA DE TURNO

Alimentador: Tablero Oficinas

Denominación	N° de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	8	127	544	555	THHN 14	15	2
BRK 2	12	127	960	980	THHN 14	15	1
BRK 3	9	127	540	551	THHN 14	15	1
BRK 4	12	220	720	735	THHN 14	15	2 1
BRK 5	6	220	1790	1826	THHN 12	15	2 1
BRK6	8	220	960	980	THHN 14	15	2 1

SUBTABLERO TANQUES DE COMBUSTIBLE

Alimentador: Tablero Guardia #2

Denominación	N° de puntos	Voltaje (V)	Carga actual		Conductor (AWG)	Protección (A)	Fase
			(W)	(VA)			
BRK 1	1	220	278	284	THHN 14	15	2 3
BRK 2	2	127	120	122	THHN 14	15	2
BRK 3	3	220	750	765	THHN 14	15	2 3

ANEXO VI






Programación de PLC's

PROGRAMACIÓN DEL PLC SR2B201BD

(Nave Industrial A y B; A: Pulpito Prensa, Laminadora; B: Lijadora, Bodega de tableros)



No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina
001	A1 <input type="checkbox"/> Sensor 1A	A2 <input type="checkbox"/> Sensor 2A				[M1 <input type="checkbox"/> Nave A < 100 lux
002	A3 <input type="checkbox"/> Sensor 1B	A4 <input type="checkbox"/> Sensor 2B				[M2 <input type="checkbox"/> Nave B < 100lux
003	M1 <input type="checkbox"/> Nave A < 100 lux					TT1 <input type="checkbox"/> Timer A
004	M2 <input type="checkbox"/> Nave B < 100lux					TT3 <input type="checkbox"/> Timer B
005	T1 <input type="checkbox"/> Timer A	M1 <input type="checkbox"/> Nave A < 100 lux				[Q2 <input type="checkbox"/> Circ A - derecho
006	⊕2 <input type="checkbox"/> Reloj horario 1					
007	T3 <input type="checkbox"/> Timer B	M2 <input type="checkbox"/> Nave B < 100lux				[Q4 <input type="checkbox"/> Circ B - central
008	⊕2 <input type="checkbox"/> Reloj horario 1					
009	M1 <input type="checkbox"/> Nave A < 100 lux	⊕1 <input type="checkbox"/> Reloj horario 2				[Q1 <input type="checkbox"/> Circ A - izquierdo
010	M2 <input type="checkbox"/> Nave B < 100lux	⊕1 <input type="checkbox"/> Reloj horario 2				[Q3 <input type="checkbox"/> Circ B - izquierdo
011						[Q5 <input type="checkbox"/> Circ B - derecho

ANEXOS

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina
012	A5  <input type="checkbox"/> Sensor 1A = 0 V					TT2 <input type="checkbox"/>
013	A6  <input type="checkbox"/> Sensor 2A = 0 V					
014	A7  <input type="checkbox"/> Sensor 1B = 0 V					
015	A8  <input type="checkbox"/> Sensor 2B = 0 V					
016	T2 					<input type="checkbox"/> Q6 <input type="checkbox"/> Falla en Sensor

PROGRAMACIÓN DEL PLC SR2B101FU

(Nave Industrial Molienda y Galpón de Aserrín)

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina
001	⊕1  <input type="checkbox"/> Reloj horario 2					<input type="checkbox"/> Q1 <input type="checkbox"/> Circ1- Molienda
002						<input type="checkbox"/> Q3 <input type="checkbox"/> Circ1- G. Aserrín
003	⊕2  <input type="checkbox"/> Reloj horario 1					<input type="checkbox"/> Q4 <input type="checkbox"/> Circ2 - G. Aserrín
004						<input type="checkbox"/> Q2 <input type="checkbox"/> Circ2 - Molienda

ANEXO VII

Lista de Costos de los Materiales del Proyecto NOVOPAN del Ecuador S.A.

MATERIALES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Lámparas y luminarias

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	14	Fluorescentes compactas 13W	u	3,20	44,84
2	14	TBS 2x32W	u	39,98	559,78
3	15	TCS 2x17W	u	29,44	441,61
4	34	TCS 2x32W	u	34,86	1185,24
5	11	TMS 2x17W	u	11,03	121,28
6	92	TMS 2x32W	u	25,13	2311,64
7	61	MDK 250W	u	80,90	4935,05
8	1	MDK 400W	u	86,10	86,10
9	4	Reflectores de iodín 1500W	u	27,17	108,70
10	3	Reflectores de MH 1000W	u	483,00	1449,00
				TOTAL	11243,22

Cable

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	16	Cable THHN 2/0 AWG	m	4,39	70,24
2	360	Cable THHN 6 AWG	m	0,87	314,50
3	237	Cable THHN 2 AWG	m	2,07	489,74
4	200	Cable THHN 10 AWG	m	0,28	56,70
5	2333	Cable THHN 12 AWG	m	0,20	477,68
6	3530	Cable THHN 14 AWG	m	0,14	481,85
7	500	Cable THHN 1/0 AWG	m	3,48	1740,90
8	326	Cable THHN 4 AWG	m	1,33	435,06
9	210	Cable THHN 8 AWG	m	0,56	117,53
				TOTAL	4360,32

Breakers y centros de carga

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	1	Centro de carga bifásico 3H 12 ptos, Square D	u	26,37	26,37
2	1	Centro de carga bifásico 3H 20 ptos, Square D	u	49,61	49,61
3	1	Centro de carga trifásico 4H 20 ptos, Square D	u	70,31	70,31
4	1	Centro de carga trifásico 4H 20	u	70,31	70,31

		ptos, Square D			
5	1	Centro de carga bifásico 3H 8 ptos, Square D	u	19,59	19,59
6	1	Centro de carga bifásico 3H 12 ptos, Square D	u	26,37	26,37
7	1	Centro de carga bifásico 3H 12 ptos, Square D	u	26,37	26,37
8	1	Centro de carga trifásico 4H 12 ptos, Square D	u	46,52	46,52
9	1	Centro de carga bifásico 3H 8 ptos, Square D	u	19,59	19,59
10	1	Centro de carga bifásico 3H 6 ptos, Square D	u	28,54	28,54
11	1	Breaker 200A, 3 polos SQ	u	276,31	276,31
12	9	Breaker 15A, 1 polo SQ	u	3,72	33,45
13	13	Breaker 15A, 2 polos SQ	u	8,81	114,52
14	6	Breaker 20A, 1 polo SQ	u	3,72	22,30
15	8	Breaker 20A, 2 polos SQ	u	8,81	70,48
16	1	Breaker 30A, 1 polo SQ	u	3,72	3,72
17	13	Breaker 30A, 2 polos SQ	u	8,98	116,71
18	1	Breaker 40A, 2 polos SQ	u	8,98	8,98
19	1	Breaker 50A, 2 polos SQ	u	8,98	8,98
20	1	Breaker 60A, 3 polos SQ		23,04	23,04
21	1	Breaker 40A, 3 polos SQ	u	24,09	24,09
22	2	Breaker 70A, 2 polos SQ	u	49,68	99,35
				TOTAL	909,17

Canalización

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	350	Canaleta Metálica	m	2,10	735,00
2	298	Tubería EMT 1'	m	5,68	1692,16
3	13	Tubería EMT 1'	m	5,68	73,82
4	110	Cajas de paso (naves int y ext)	u	0,44	48,51
5	20	Conectores de tableros 1'	u	0,47	9,45
6	11	Conectores de tableros 21/2'	u	1,05	11,55
7	339	Uniones	u	0,46	157,33
8	2	T	u	8,09	16,17
9	124	Codos	u	1,86	230,45
				TOTAL	2974,45

Total material de instalación eléctrica	19487,17
--	-----------------

MATERIALES DE AUTOMATIZACIÓN

Automatización con PLC's y sensores

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	2	PLC's Zelio SR1B201BD	u	210,00	420,00
2	1	PLC Zelio SR1B101FU	u	128,53	128,53
3	3	Breakers C60N 1P 2A	u	9,18	27,53
4	3	Cajas 30x30	u	28,98	86,94
5	16	Contactores 25A bobina 220V 2P	u	36,75	588,00
6	2	Rieles DIN	u	9,45	18,90
7	21	Sensores de presencia con fotocelda	u	52,50	1102,50
8	21	Fotoceldas con base	u	13,65	286,65
9	8	Sensores de nivel de iluminación	u	367,50	2940,00
10	2	Fuentes 220/24V	u	78,75	157,50
11	900	Cable THHN 12 AWG	m	0,20	184,28
				TOTAL	5940,83

Automatización con tecnología EIB

Item	Cantidad	Producto	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	2	Fuente EIBus	u	354,96	709,92
2	39	Acopladores de bus	u	86,32	3366,50
3	13	Sensor interface de pulsadores	u	105,23	1367,93
4	16	Salida binaria	u	241,50	3864,00
5	14	Sensor detector de movimiento	u	118,59	1660,22
6	2	Acoplador de linea	u	375,34	750,69
7	1	Controlador semanal	u	321,28	321,28
8	12	Sensor de iluminación	u	82,36	988,34
9	3	Salidas binarias	u	373,94	1121,81
10	2	Salidas binarias	u	742,77	1485,54
11	4	Entrada analógica	u	278,53	1114,13
12	11	Sensor de movimiento	u	118,59	1304,46
13	6000	Cable	m	0,33	1980,72
				Subtotal	15959,123
				+12%*	1915,09
				TOTAL	17874,22

* Impuesto por importación

ANEXO VIII

Diagramas Unifilares del Sistema de Iluminación del Proyecto NOVOPAN del Ecuador S.A.

DIAGRAMA UNIFILAR EXISTENTE

DIAGRAMA UNIFILAR REDISEÑADO

ANEXO IX

**Planos Arquitectónicos y Eléctricos del Proyecto
NOVOPAN del Ecuador S.A.**

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura. 1.1. Diagrama polar	7
Figura. 1.2. Diagrama isocandela para luminarias de alumbrado público.	8
Figura. 1.3. Diagrama isolux de una luminaria para alumbrado público	9
Figura. 1.4. Lámpara incandescente.....	12
Figura. 1.5. Las lámparas incandescentes y tensión de alimentación.....	13
Figura. 1.6. Lámpara halógena lineal de doble contacto.....	15
Figura. 1.7. Lámpara reflectora dicróica de baja tensión.....	15
Figura. 1.8. Cebador.....	17
Figura. 1.9. Circuito de funcionamiento de una lámpara de descarga.....	18
Figura. 1.10. Compensación del factor de potencia de una lámpara de descarga.....	19
Figura. 1.11. Principio de las lámparas fluorescentes	20
Figura 1.12. Fluorescente compacta.....	22
Figura. 1.13. Partes de una lámpara de mercurio	24
Figura. 1.14. Circuito de funcionamiento de una lámpara de mercurio	25
Figura. 1.15. Lámpara de luz mezcla	26
Figura. 1.16. Circuito de funcionamiento de una lámpara de haluros metálicos	27
Figura. 1.17. Lámpara de sodio a baja presión	28
Figura. 1.18. Circuito de funcionamiento de una lámpara de sodio de baja presión.....	29
Figura. 1.19. Lámpara de vapor de sodio a alta presión.....	30
Figura. 1.20. Circuito de funcionamiento de una lámpara de sodio a alta presión.....	31
Figura. 2.1. Patio de Maderas	36
Figura. 2.2. Molienda.....	37
Figura. 2.3. Secadero, zaranda y clasificador de gravedad.....	38
Figura. 2.4. Etapa de enfriamiento y sierra de separación.....	40
Gráfico. 2.1. Cuartos eléctricos.- El 28% de los cuartos eléctricos cumple con el mínimo de iluminación requerida.	62
Gráfico. 2.2. Oficinas.- El 55% de las oficinas cumple con el mínimo de iluminación requerida.	62
Gráfico. 2.3. Iluminación de naves industriales.- El 45% de las naves industriales cumple con el mínimo de iluminación requerida.	63
Gráfico. 2.4. Máquinas.- El 45% de las máquinas cumple con el mínimo de iluminación requerida.	63
Figura. 3.1. Deslumbramiento por ubicación de la fuente de luz.....	67
Figura. 3.2. Iluminación general	74
Figura. 3.3. Iluminación general localizada	74
Figura. 3.4. Iluminación combinada.....	75
Figura. 3.5. Representación de la ley del coseno.....	82
Figura. 3.6. Formas de conductores.....	116
Figura. 3.7. Caída de voltaje del proyecto.....	123
Figura. 4.1. Transmisión X-10.....	138
Figura. 4.2. Diagramas Esquemáticos – PLC Zelio SR1B201BD	144
Figura. 4.3. Diagramas de Conexión – PLC Zelio SR1B201BD	145
Figura. 4.4. Diagramas Esquemáticos – PLC Zelio SR1B101FU.....	145
Figura. 4.5. Diagramas de Conexión – PLC Zelio SR1B101FU	146
Figura. 4.6. Lenguajes de programación.....	146
Figura. 4.7. Lógica de Programa	147
Figura. 4.8. Bus EIB	149
Figura. 4.9. Conexión de naves industriales y cuartos eléctricos.....	150
Figura. 4.10. Conexión de Oficinas y Cuartos eléctricos.....	151

INDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Rendimientos típicos de las lámparas	12
Tabla. 1.2. Tipo de lámparas de sodio de alta presión.....	30
Tabla. 1.3. Clasificación de luminarias de acuerdo al tipo de protección eléctrica	34
Tabla. 2.1. Carga eléctrica de los cuartos de la planta industrial.....	41
Tabla. 2.2. Carga eléctrica de los cuartos de la planta industrial.....	42
Tabla. 2.3. Carga eléctrica administración, parqueadero y guardianías	43
Tabla. 2.4. Carga eléctrica comedor, centro de capacitación y centro médico	43
Tabla. 2.5. Carga eléctrica de naves industriales (interna y externa).....	44
Tabla. 2.6. Carga eléctrica de máquinas	44
Tabla. 2.7. Carga total del sistema de iluminación	44
Tabla. 2.8. Lámparas sin funcionamiento.....	45
Tabla. 2.9. Luminarias sin lámparas	45
Tabla. 2.10. Distribución de la carga de iluminación	46
Tabla. 2.11. Pérdidas del sistema de iluminación	52
Tabla. 2.12. Condiciones de lectura	53
Tabla. 2.13. Niveles de iluminación	56
Tabla. 3.1. Apariencia del color de la luz y la luminancia	68
Tabla. 3.2. Clasificación de las lámparas según el valor del IRC.	69
Tabla. 3.3. Tipos de lámparas de acuerdo al ambiente de uso.....	70
Tabla. 3.4. Niveles de iluminación	83
Tabla. 3.5. Capacidad de breakers para tableros de distribución.....	121
Tabla. 3.6. Cable seleccionado para conexión de tableros de distribución.....	125
Tabla. 5.1. Consumo del sistema de iluminación actual	159
Tabla. 5.2. Consumo del sistema de iluminación propuesto sin automatización.....	159
Tabla. 5.3. Consumo del sistema de iluminación propuesto con automatización	160
Tabla. 5.4. Costo del proyecto – Propuesta #1	164
Tabla. 5.5. Costo del proyecto – Propuesta #1 optimizando materiales de instalación.....	164
Tabla. 5.6. Costo del proyecto – Propuesta #2.....	165
Tabla. 5.7. Movimiento de fondos – Propuesta #1	166
Tabla. 5.8. Movimiento de fondos – Propuesta #1 optimizando materiales de instalación.....	166
Tabla. 5.9. Movimiento de fondos – Propuesta #2 optimizando materiales de instalación.....	166
Tabla. 5.10. VAN de los proyectos propuestos	166
Tabla. 5.11. TIR de los proyectos propuestos.....	167

Sangolquí, 31 de Enero del 2005

ELABORADO POR:

Srta. Alexandra Cabascango

Srta. Evelyn Lima Acosta

AUTORIDADES:

Sr. Ing. Marcelo Gómez Cobos
Tnt. Crnl. Estado Mayor
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Sr. Dr. Jorge Carvajal
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica