

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

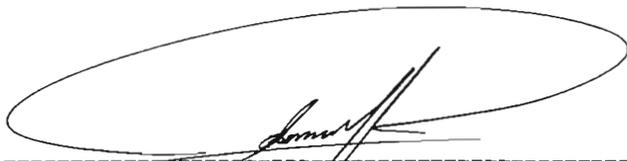
**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL  
TITULO DE INGENIERIA EN SISTEMAS  
ELECTRICOS DE POTENCIA**

**ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA  
MEJORAR EL SISTEMA DE ILUMINACION DE  
UNA INDUSTRIA**

**GONZALO ERNESTO ALBAN MOGOLLON**

**QUITO-FEBRERO-1999**

Certifico que bajo mi dirección ,la presente tesis fué realizada en su totalidad por el señor Gonzalo Ernesto Albán Mogollón



---

Ingeniero Augusto Cevallos

# AGRADECIMIENTO

El presente trabajo va dirigido con una expresión de gratitud a mis distinguidos Maestros que con gran nobleza y entusiasmo, vertieron todo su apostolado en mi alma.

# DEDICATORIA

Al final de mis estudios con gratitud imperecedera a mi  
MADRE

De quien aprendí que solo los grandes esfuerzos  
permiten alcanzar metas imperecederas.

# INDICE

## CAPITULO 1

### *Generalidades de la Luminotecnia*

1.1. Magnitudes y Unidades.....	1
1.1.1. Flujo Luminoso.....	1
1.1.2 . Intensidad Luminosa.....	2
1.1.3 . Iluminación.....	2
1.2. Leyes fundamentales de la luminotecnia.....	3
1.2.1. Ley del Cuadrado Inverso de la Distancia.....	3
1.2.2. Ley del Coseno.....	4
1.3. Representaciones Gráficas empleadas en luminotecnia.....	5
1.3.1. Curvas de Iluminación para Fuentes Luminosas.....	5
1.3.2. Curvas Empleadas en diseños de iluminación.....	10
1.4. Fundamentos Fisiológicos de luminotecnia Industrial.....	11
1.4.1. Factores Visuales.....	12
1.4.2. Factores Auditivos.....	14

## CAPITULO 2

### *Características Técnicas y Arquitectónicas de las Naves Industriales*

2.1 Edificaciones Industriales.....	16
2.1.1. Paredes.....	16
2.1.2. Pisos.....	17
2.1.3. Techos.....	17

2.2.1. Líneas de Producción.....	20
2.2.2. Transportadores.....	20
2.2.3. Pasillos.....	24
2.3 Zonas de Almacenamiento y Bodegas.....	25
2.4 Requerimientos Eléctricos	
2.4.1. Tolerancias de Voltaje.....	25

## **CAPITULO 3**

### ***Fuentes de Iluminación para Aplicaciones Industriales***

3.1 Clases de Luminarias Industriales.....	31
3.1.1. Lámparas de Vapor de Mercurio.....	31
3.1.2. Lámparas Fluorescentes.....	35
3.1.3. Lámparas de Halógeno Metálico.....	36
3.1.4. Lámparas de Sodio de Alta Presión.....	37
3.2 Balastros.....	38
3.2.1. Parámetros de Funcionamiento de los Balastros.....	38
3.2.2. Clasificación de los Balastros.....	40
3.2.3. Descripción y Operación de los Balastros.....	41
3.3 Características Generales.....	50
3.3.1. Parámetros de Diseño.....	50
3.3.2. Criterios de Diseño.....	58

## **CAPITULO 4**

### ***Criterios Económicos para la Iluminación Industrial***

4.1 Costos en el Sistema de Iluminación.....	68
4.1.1. Costos por inversión.....	68
4.1.2. Costos por consumo.....	68
4.1.3. Costos por pérdidas.....	69

4.2 Practicas de ahorro por iluminación.....	70
4.2.1. Dispositivos de ahorro.....	70
4.2.2. Practicas de ahorro sugeridas en Sistemas de Iluminación establecidos.....	71
4.3 Mantenimiento del Sistema de Iluminación.....	74
4.3.1. Metodología para planificar el mantenimiento del Sistema de Iluminación.....	75
4.3.2. Costo por Mantenimiento.....	77
4.3.1. Costo por reposición del Sistema de Iluminación.....	78

## **CAPITULO 5**

### ***Programa Digital para el diseño de Iluminación Industrial***

5.1. Diseño del Programa Digital.....	81
5.2. Datos requeridos por el programa.....	82
5.2.1. Parámetros técnicos.....	83
5.2.2. Parámetros económicos.....	84
5.3. Resultados.....	87
5.3.1. Distribución y características del sistema de iluminación.....	90
5.3.2. Costos por inversión en el sistema de iluminación.....	92
5.3.3. Costos por operación del sistema de iluminación.....	92
5.3.4. Tiempos de mantenimiento y reposición del sistema de iluminación...93	

## **CAPITULO 6**

### ***Aplicación Practica en la Planta Industrial de Ecuatoriana de Artefactos Sociedad Anónima mediante Programa Digital***

6.1 Recopilación de Información.....	94
6.1.1. Iluminación de procesos de fabricación.....	94
6.1.2. Iluminación en procesos de pintura.....	104
6.1.3. Iluminación en sitios de ensamble.....	105
6.1.4. Análisis de Costos.....	111

6.2 Propuesta del Nuevo Sistema de Iluminación.....	112
6.2.1. Iluminación en procesos de fabricación.....	112
6.2.2. Iluminación en zonas de inspección.....	128
6.2.3. Iluminación en zonas de pintura.....	132
6.2.4. Iluminación en líneas de producción.....	140
6.2.5. Análisis Técnico.....	144
6.2.6. Análisis Económico.....	146

## **CAPITULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	147
Recomendaciones.....	149
<b>Bibliografía.....</b>	<b>150</b>

# CAPITULO 1

## Generalidades de la luminotecnia

### 1.1 Magnitudes y Unidades

Las magnitudes y unidades utilizadas en iluminación son de empleo frecuente en el campo de la luminotecnia, sin embargo en este trabajo se realiza un reconocimiento de magnitudes y unidades para su posterior aplicación en procesos de fabricación y manufactura que requieren iluminación especializada.

#### 1.1.1. Flujo luminoso ( $\phi$ )

Se define como la cantidad de potencia luminosa radiada al espacio por una fuente o manantial capaz de generar luz visible, este concepto resulta bastante útil puesto que es una medida de la potencia que sería necesario suministrar a la fuente para convertirla en energía luminosa, es decir

el flujo luminoso es proporcional a la energía requerida por la fuente, el flujo luminoso es una magnitud física por lo tanto es medible, pero el flujo luminoso de la fuente depende de la orientación de la misma es decir no en todas las regiones del espacio circundante a la fuente el flujo permanece constante este varía de acuerdo a la colocación de la fuente, debido a esto se utiliza el concepto del estereorradian ( $\omega$ ) que no es otra cosa que un ángulo plano que rota a manera de un sólido de revolución esto genera un cono que por definición tiene una base de un metro cuadrado de superficie, de esta manera se puede obtener una porción del espacio a manera de cono como indica la figura 1.1.

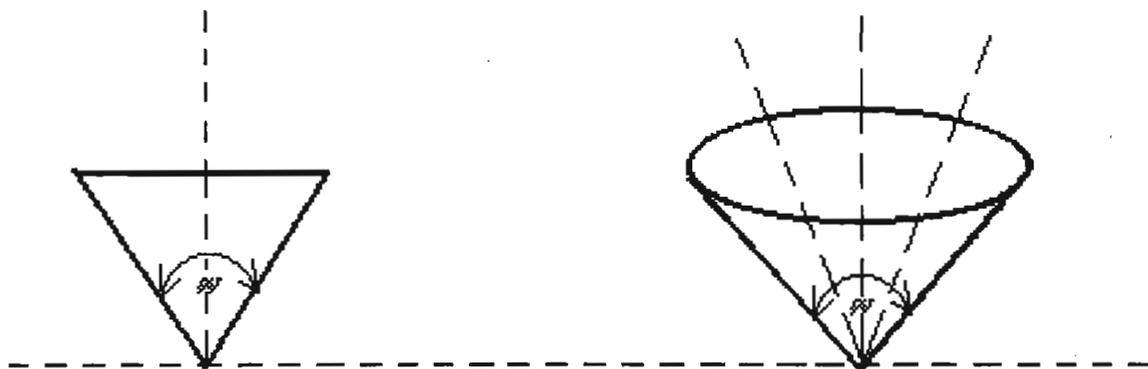


figura 1.1

Este concepto resulta útil para identificar la unidad de flujo luminoso que es el Lumen definido como el flujo luminoso emitido por una fuente de luz de 1 candela (se define posteriormente) en un estereorradian.

### 1.1.2. Intensidad Luminosa (I)

Se define como la cantidad de flujo luminoso por estereorradian es decir se puede escribir que:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \left[ \frac{\text{lúmen}}{\text{estereorradian}} \right] \quad (\text{Ec. 1.1})$$

En este caso se deduce que la unidad de intensidad luminosa es la candela, que no es mas que una unidad patrón especificada como la intensidad luminosa producida por 1/600000 de metro cuadrado de un cuerpo que irradia luz a la temperatura de solidificación del platino fundido que es de 2046 grados kelvin.

La intensidad luminosa se expresa considerando la dirección de la radiación incidente o emitida esto se especifica empleando curvas de distribución de candela para una fuente en particular debido a que como fuentes utilizaremos aquellas que transforman la energía eléctrica en energía luminosa nos referiremos en lo posterior a las lamparas o grupos de lámparas que son las luminarias para describir a los manantiales luminosos, en estos casos los fabricantes de lámparas proveen las curvas de distribución de intensidad luminosa medida a varios ángulos sobre la lámpara y representada en forma gráfica.

### 1.1.3. Iluminación (E)

La iluminación (E) es una de las magnitudes más importantes de la luminotecnia debido a que sirve para cuantificar la cantidad de flujo luminoso ( $\phi$ ) que incide sobre una superficie (S) de manera que se podría escribir que:

$$E = \frac{\phi}{S} \left[ \frac{\text{lúmen}}{\text{m}^2} \right] \quad (\text{Ec. 1.2})$$

La unidad de iluminación es el Lux que no es mas que la iluminación de un lumen repartido uniformemente en una superficie de un metro cuadrado.

Adicionalmente se definen otras magnitudes pero su empleo no resulta pertinente de ahí que no se las incluya constan únicamente magnitudes de uso posterior con unidades del sistema internacional, a continuación se estima conveniente ilustrar una gráfica que relaciona las magnitudes vistas como aparece en la figura 1.2.

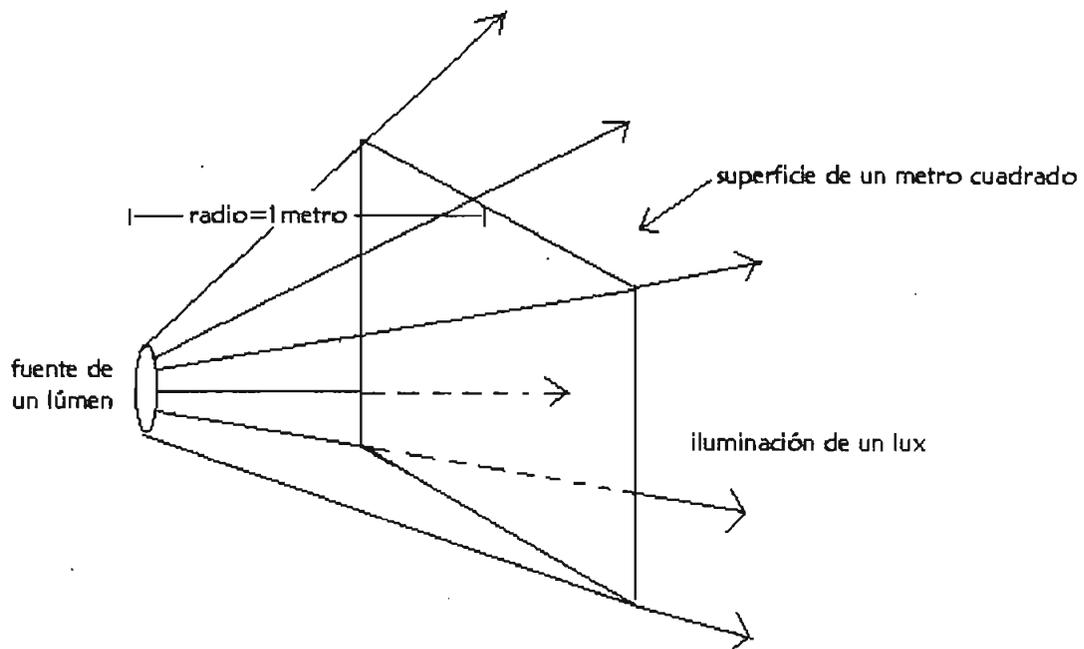


figura 1.2

## 1.2. Leyes fundamentales de la luminotecnia

En el diseño y utilización de lámparas y luminarias existen requerimientos de iluminación específicos para procesos de fabricación determinados, en estos casos se vuelve imprescindible la detección de fallas y/o defectos de ahí que existan normas básicas que deben considerarse en esta parte se describen los principios a los que obedece la luminotecnia.

### 1.2.1. Ley del cuadrado inverso de las distancias

Enuncia la relación entre la intensidad luminosa (I) la iluminación (E) y la distancia (d), se indica que el nivel de iluminación incidente sobre una superficie puede aumentarse o disminuirse si respectivamente aumenta o disminuye la intensidad luminosa de la fuente, esto resulta lógico, sin embargo lo relevante de esta ley es que la distancia entre la fuente y la superficie en cuestión es altamente influyente y que el nivel de iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, el nivel de iluminación decrece considerablemente si se incrementa la distancia fuente-superficie y aumenta considerablemente si se disminuye esta distancia matemáticamente esta ley se enuncia como:

$$E = \frac{I}{d^2} \left[ \frac{\text{candela}}{\text{m}^2} \right] \quad (\text{Ec.1.3})$$

La ley del cuadrado inverso se aplica cuando la superficie que se ilumina es perpendicular al rayo de luz incidente, cuando el ángulo formado entre la superficie y el rayo de luz es mayor o menor a 90 grados la densidad de flujo luminoso se reduce.

### 1.2.2. Ley del Coseno.

Para los rayos que inciden en forma oblicua a la superficie, la ley del coseno especifica que el nivel de iluminación es dependiente del coseno del ángulo de incidencia, debido a la necesidad de orientar las fuentes para conseguir niveles adecuados de iluminación resulta adecuado realizar la demostración de esta ley para ello se recurre a la interpretación geométrica descrita en la figura 1.3

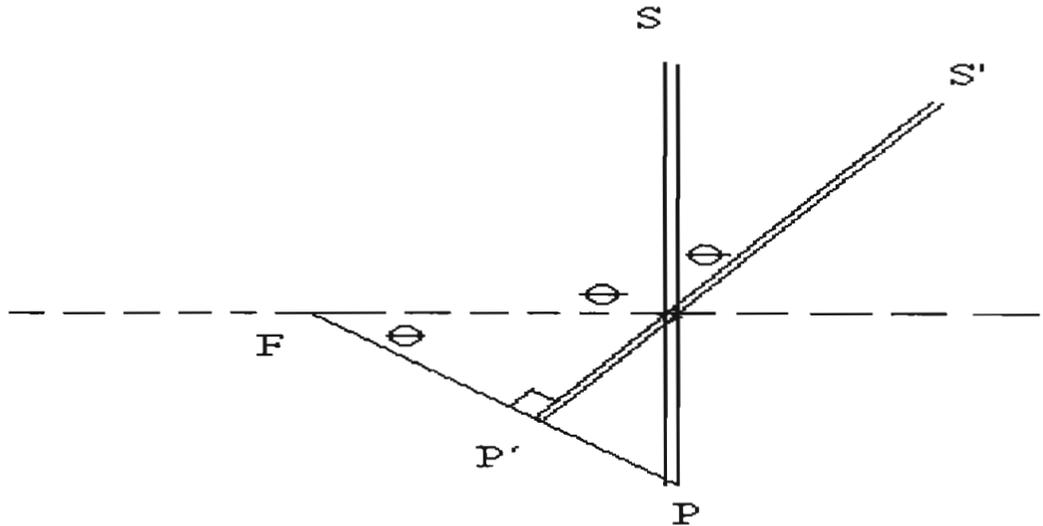


figura 1.3

donde:

$\theta$  : es el ángulo de incidencia superficie-rayo

S :superficie de incidencia del rayo

S' :superficie auxiliar perpendicular al rayo

Demostración

$OFP = S \cos \theta$  por tener lados mutuamente perpendiculares

$S' = S \cdot \cos \theta$  debido a la proyección de S en S'

nivel de iluminación en S:

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (\text{Ec.1.4})$$

nivel de iluminación en S':

$$E = \frac{\phi}{S'} \quad (\text{Ec.1.5})$$

$\phi$  es constante, es el flujo proveniente de la misma fuente debido a esto se puede ver que :

$$\phi = E.S = E'.S' \quad (\text{Ec.1.6})$$

reemplazando S por su proyección se tiene que :

$$E.S'.\cos\theta = E'.S' \quad (\text{Ec.1.7})$$

cancelando S'

$$E.\cos\theta = E' \quad (\text{Ec.1.8})$$

Recordando la ley del cuadrado inverso de la distancia se tiene entonces que :

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (\text{Ec.1.9})$$

reemplazando la ecuación que considera el coseno de  $\theta$

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \theta \quad (\text{Ec.1.10})$$

Que en definitiva serian los luxes incidentes en la superficie S con un ángulo de incidencia  $\theta$ , este ángulo varía entre 0 y 90 grados debido a que la función coseno es decreciente en este rango se entenderá como decreciente el nivel de iluminación si la intensidad y la distancia no varían, este concepto es útil para lámparas que pueden orientarse sobre superficies en las que se realizan trabajos que requieren niveles de iluminación específicos

### **1.3 Representaciones gráficas empleadas en luminotecnia**

#### **1.3.1 Curvas de iluminación para fuentes luminosas.**

Frecuentemente los fabricantes de lámparas presentan la información de sus productos en catálogos en los que constan las curvas de distribución luminosa que no son otra cosa que valores de intensidad luminosa medidos a diferentes ángulos referidos en general a un eje vertical del que parten vectores tridimensionales cuya magnitud es proporcional a las respectivas intensidades luminosas, la representación final viene a ser un plano que pasa por el eje de simetría de lo que sería un cuerpo volumétrico considerado como un sólido de revolución obsérvense la figura 1.4 .

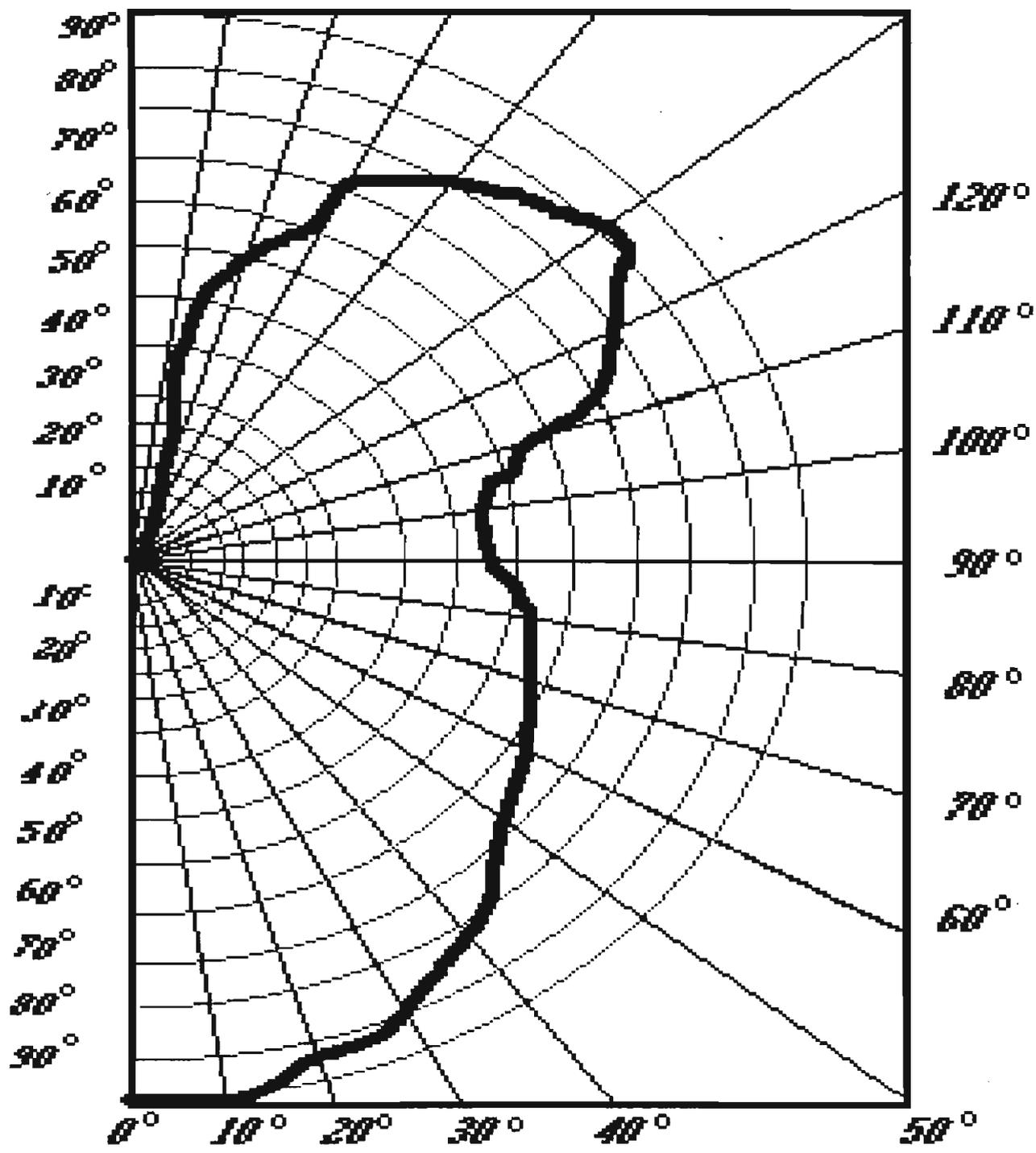


figura 1.4

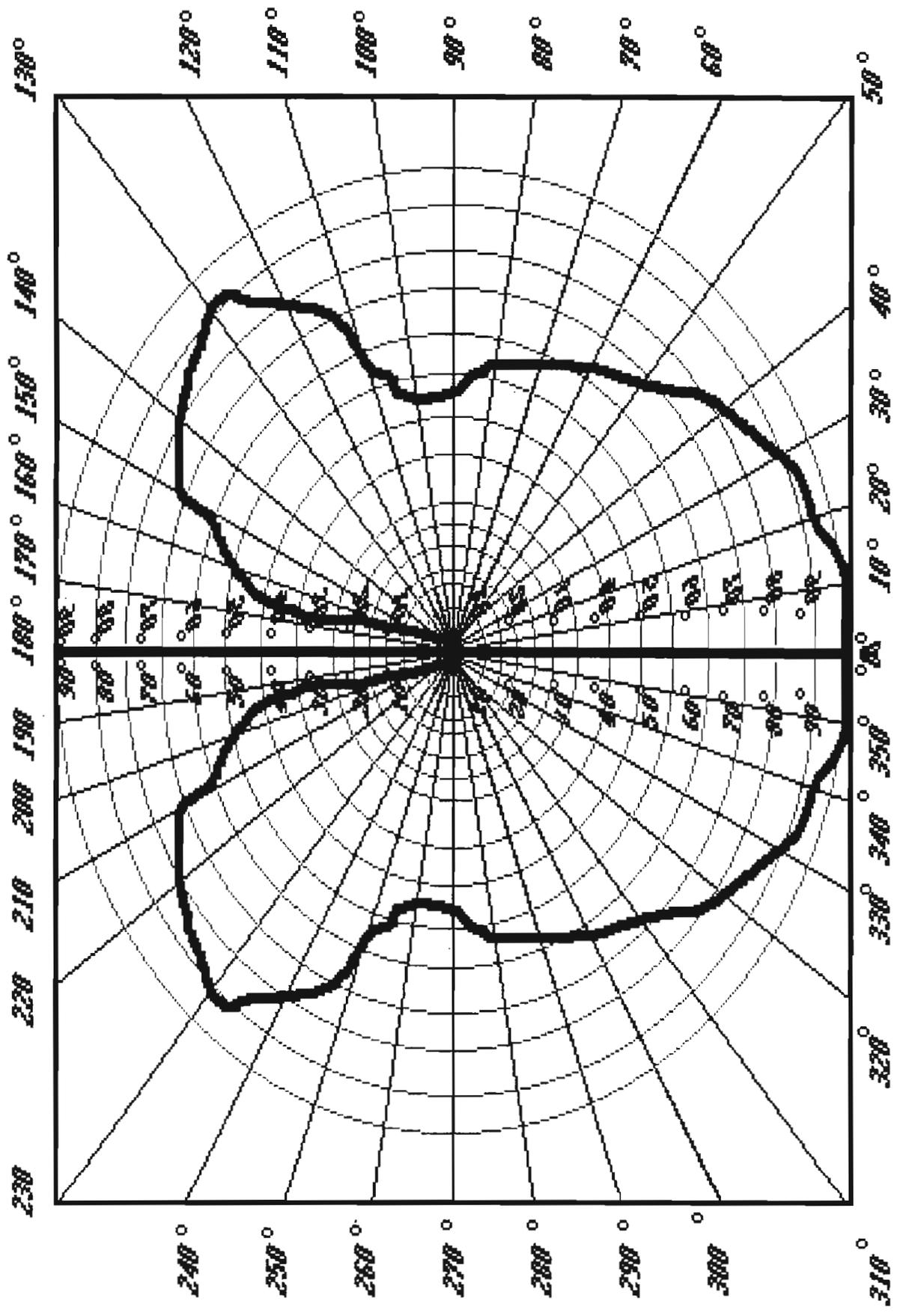
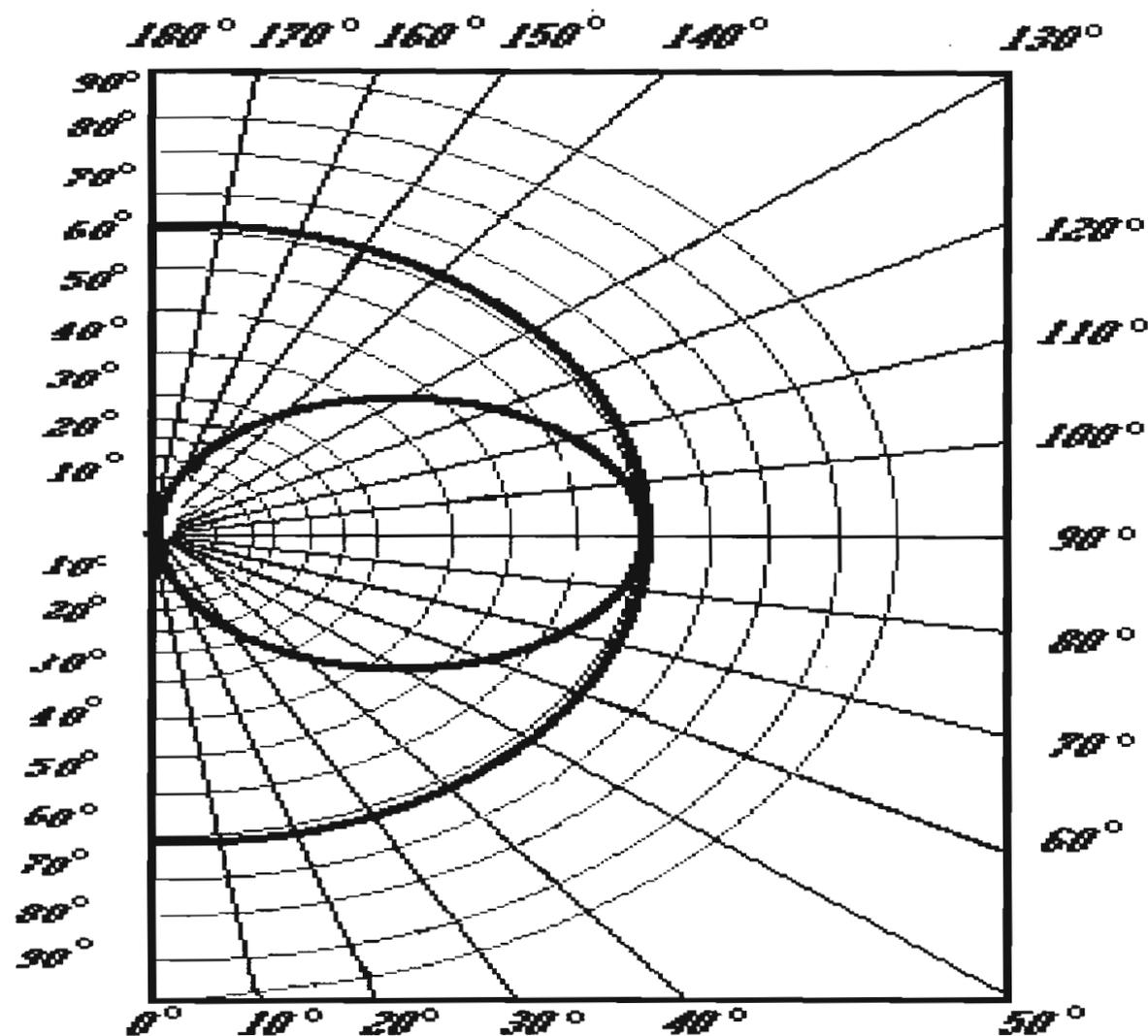


figura 1.5

En el caso de algunas lámparas se hace necesario representar los niveles de iluminación según 2 planos por ejemplo las lámparas fluorescentes cuya forma cilíndrica presenta 2 frentes como se indica en la figura 1.6.



**figura 1.6**

Las siguientes gráficas muestran datos fotométricos de reflectores fabricados por la General Electric, este es otro tipo de gráfica dado por el fabricante en el se considera un número constante de lúmenes en este caso 1000 lúmenes sobre esta base se muestra el rendimiento fotométrico de la lámpara a diferentes inclinaciones del reflector sobre puntos iluminados en forma vertical y horizontal como indica la figura 1.7.

## Datos Fotometricos para lámparas de 1000 Lúmenes

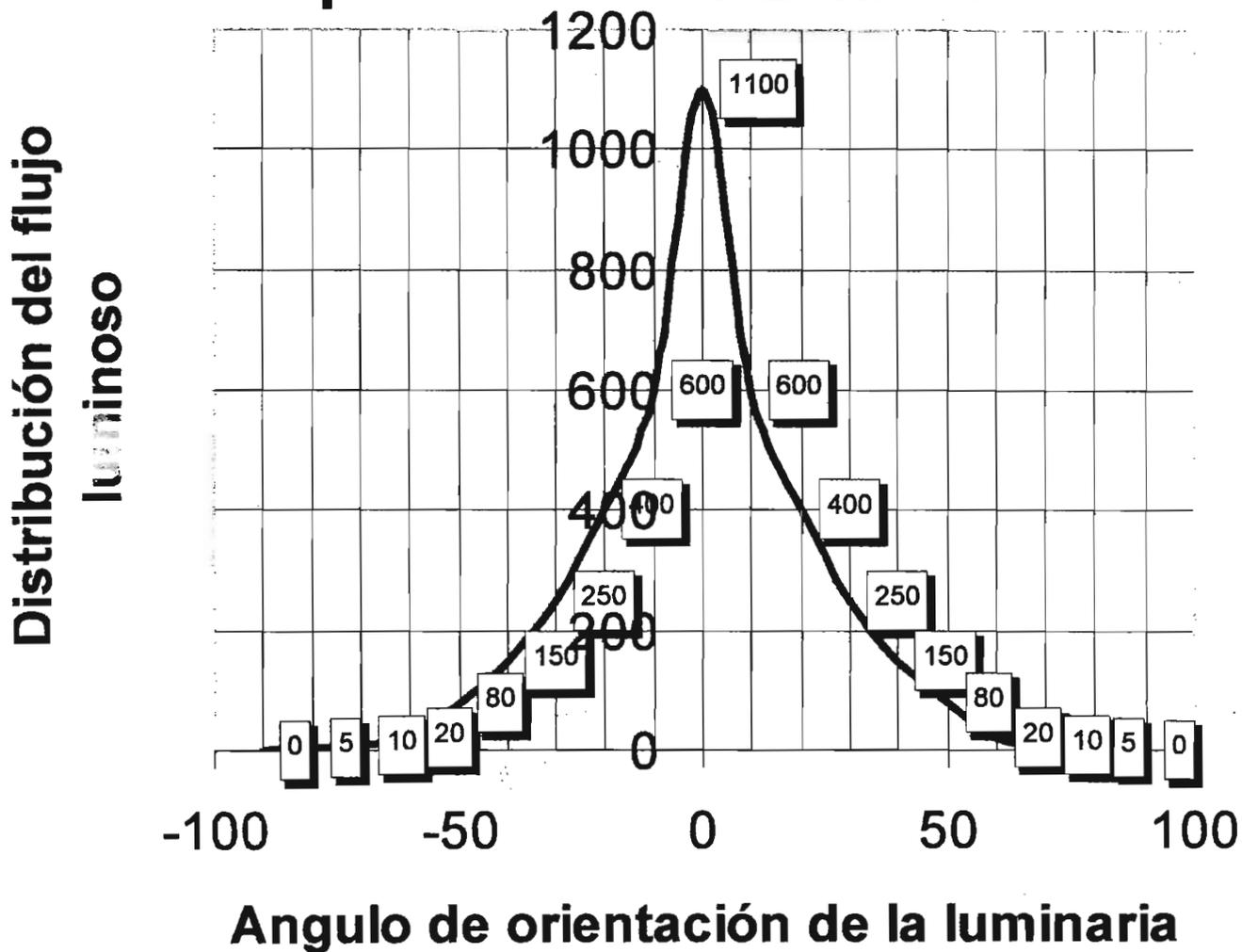


figura 1.7

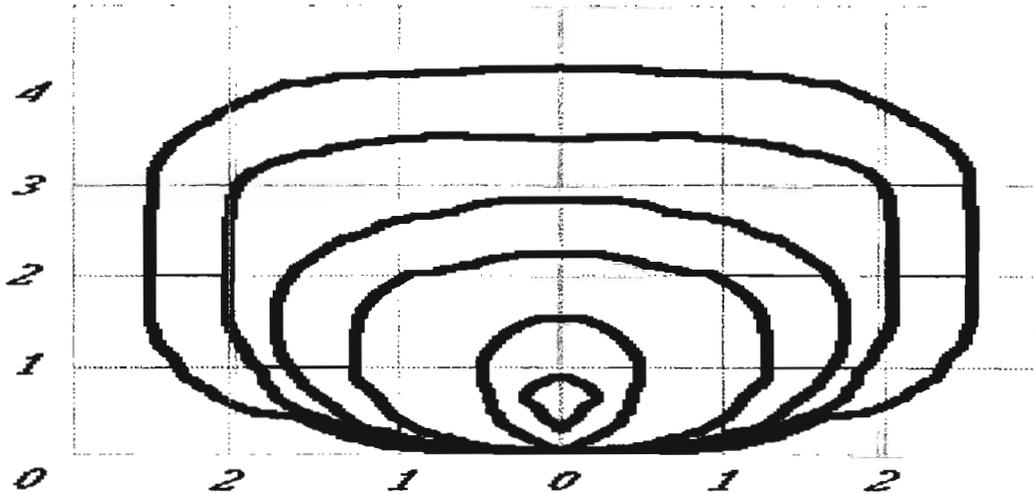


figura 1.8

### 1.3.2. Curvas utilizadas para diseño de iluminación

#### a) Diagramas Isolux

Los datos Fotométricos que se proporcionan son para un tipo particular de luminaria, estos se muestran especificando parámetros como altura del montaje de la lámpara (AM) que no es mas que la distancia entre la luminaria y el plano de trabajo que se ilumina perpendicularmente, se pueden tener diagramas isolux para ilustrar los niveles de iluminación para valores AM específicos, la forma de las líneas de isoiluminación como también se las llama no varían a medida que se cambia la AM, no obstante los valores de iluminación varían con el cuadrado de AM, la separación entre las líneas isolux debe ser tal que haya una razón de 2:1 del nivel de iluminación entre dichas líneas, la utilización de una razón 2:1 permite interpolar valores entre líneas sin errores significativos.

Cada grupo de diagramas viene con un grupo de tablas que proporciona valores en Lux para líneas a diferente altura de montaje en la figura 10 se incluye un ejemplo para un reflector con AM=15.2 metros en este caso se indican los luxes sobre una superficie con los perfiles mostrados con las curvas A,B,C,D,E,F,G,H para otras alturas se utiliza la ley del cuadrado inverso de la distancia de la siguiente forma:

$$E_{nueva} \cdot (AM_{anterior})^2 = E_{anterior} \cdot (AM_{nueva})^2 \quad (Ec. 1.11)$$

La línea central de cualquier diagrama muestra el valor máximo de iluminación, las curvas de isoiluminación permiten comparar las superficies que cubrirían diferentes tipos de lámparas, el diseñador puede también determinar la máxima separación horizontal entre lámparas solo en base al análisis de las curvas para ello se superponen los bordes de los

diagramas ,la iluminación horizontal en la intersección de dos líneas de isoiluminación es la suma de los valores dados a cada línea y debe ser igual al nivel mínimo o promedio deseado.

#### b) Diagramas de iluminación puntual

En este caso las graficas se refieren a los niveles de iluminación del recinto considerando puntos donde el nivel de iluminación  $E$  debe ser el requerido, la parte mas difícil es determinar los ángulos y las distancias debido a que estos no pueden medirse directamente en una proyección horizontal del área iluminada o recurriendo a una superficie auxiliar ,estas graficas permiten al diseñador determinar el nivel de iluminación en cualquier punto trabajando únicamente con una proyección horizontal y con los datos fotométricos de la lámpara que se va a utilizar las únicas medidas requeridas son la altura del montaje  $AM$  y la distancia a la que se dirige el rayo luminoso.

La fuente por ejemplo bien podría ser un reflector que se localiza en las coordenadas  $(0,0)$  , la vertical o línea de apuntamiento es el rayo que incide sobre un punto a ser iluminado generalmente los reflectores son simétricos así que en este ejemplo se considera la gráfica valida tanto a izquierda como a derecha ,el espaciamiento de la cuadrícula se basa en la altura del montaje del reflector, en la parte izquierda consta el ángulo vertical ,es decir considerando el punto iluminado desde arriba ,adicionalmente en las líneas curvas consta el ángulo horizontal es decir si el punto se iluminase en forma frontal ,como si punto y reflector estuvieren el uno frente al otro.

Las líneas circulares son las curvas isolux y aparecen con un número que indica el nivel de iluminación  $E$  ,el uso de estas gráficas se verá posteriormente puesto que son muy útiles para iluminar grandes áreas ,recuérdese que una nave industrial por si sola puede abarcar entre 3000 a 5000 metros cuadrados.

### **1.4. fundamentos Fisiológicos de luminotecnia industrial**

Se debe considerar que en una industria existen 2 aspectos que para el ser humano son de gran impacto ,uno de ellos es la visión y el otro la audición ,si se considera que en las industrias se requieren niveles controlados de ruido y de visibilidad se debe tener en cuenta como resultan afectados la visión y audición por la presencia de maquinaria y de luminarias que constan de dispositivos que generan ruido como son los balastos ,si bien es cierto que el ruido generado por maquinaria tornaría imperceptible el ruido de un balastro pensemos en procesos que no incluyen el uso de maquinaria ruidosa o que los niveles de ruido de la maquinaria son los adecuados entonces se percibiría el ruido de una gran cantidad de balastos como ocurre en laboratorios por ejemplo en estos sitios no existe maquinaria ruidosa pero si lamparas y balastos, de ahí que se deba conocer los niveles de ruido producidos por balastos y sus efectos.

### **1.4.1. Factores Visuales.**

#### **1.4.1.1.Brillo**

La luminancia o densidad luminosa viene a ser el estímulo generado por la fuente y el brillo viene a ser la sensación producida en el sujeto por un exceso de luminancia de la fuente ,el brillo se clasifica en brillo directo cuando el sujeto percibe directamente de la fuente la intensidad luminosa ,el brillo también puede ser indirecto cuando la percepción se realiza de una superficie que refleja los rayos de la fuente original.

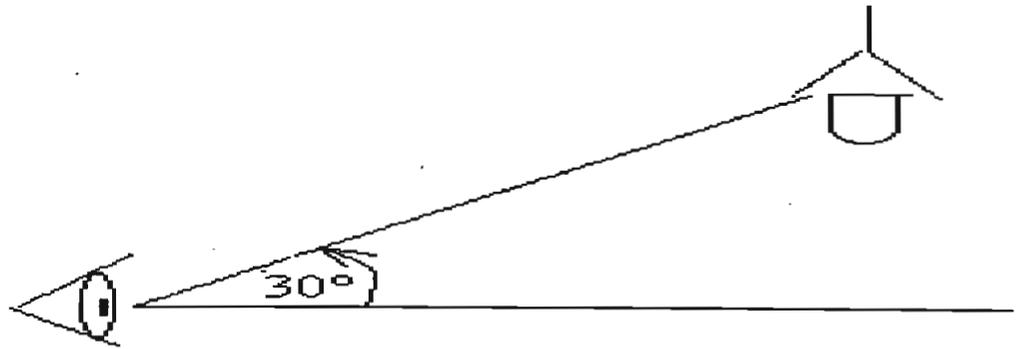
#### **1.4.1.2.Deslumbramiento**

El deslumbramiento es un efecto debido a diferencias bruscas de brillo, brillo directo por observación de un reflector que se enciende ,ocurre por ejemplo cuando al salir de un cine que es un sitio normalmente oscuro y recibir la luz del día se produce deslumbramiento.

Control del brillo y deslumbramiento.

La modificación de las características luminosas de una fuente para conseguir una aplicación eficiente de la luz emitida, evitando producir brillo o deslumbramiento que se basa en el uso de principios físicos como son :

1. Reflexión.-Cuando una superficie devuelve la luz que incide sobre ella, las superficies lisas reflejan mas luz que las superficies rugosas y la luz blanca se refleja en mayor proporción que la luz de otros colores, sin embargo en iluminación industrial se usa predominantemente la luz blanca de manera que si tenemos brillo se podrían usar pantallas rugosas de acrílico por citar un ejemplo ,si de distribuir uniformemente la intensidad se tratara entonces se emplearía una estructura lisa blanca en la que se alojaría la lámpara.
2. Refracción .-Cuando la dirección de los rayos luminosos queda modificada al pasar la luz de un medio a otro diferente.
3. Difusión.-Se refiere al efecto de poder transmitir la luz incidente sobre una superficie, si esta superficie tiene la misma rugosidad en toda su área la luz que esta puede transmitir es uniforme ,estas superficies se llaman difusores y se pueden colocar para controlar la intensidad luminosa e inclusive distribuir uniformemente el brillo con lo que se elimina el deslumbramiento .
4. Angulo Limite .-Es un parámetro que se debe considerar en la etapa de diseño, es el ángulo formado entre la horizontal y la visual a la fuente luminosa como se indica en la figura 1.9

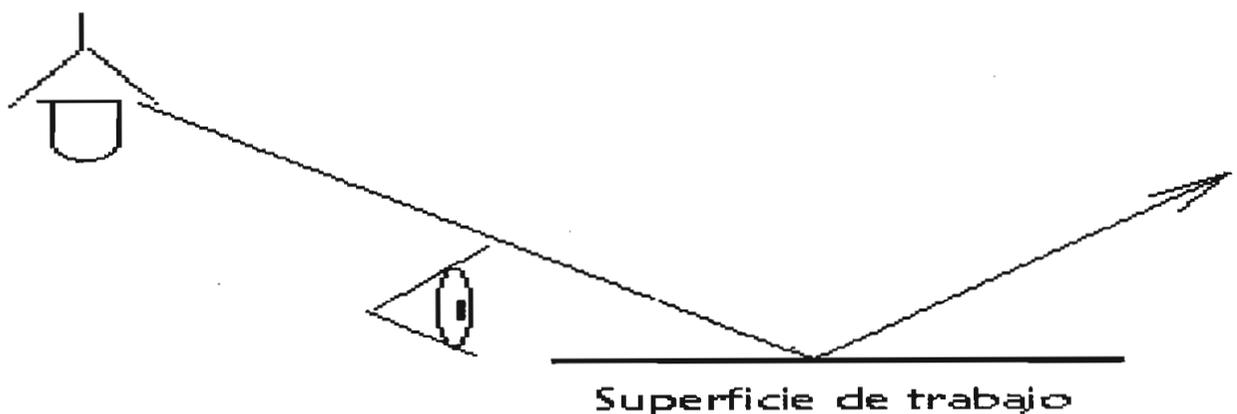


**figura 1.9**

El ángulo límite es de 30 grados, para valores menores no se produce deslumbramiento a valores mayores a 30 grados significan variar la posición de la lámpara o colocar mecanismos de control como pantallas y difusores.

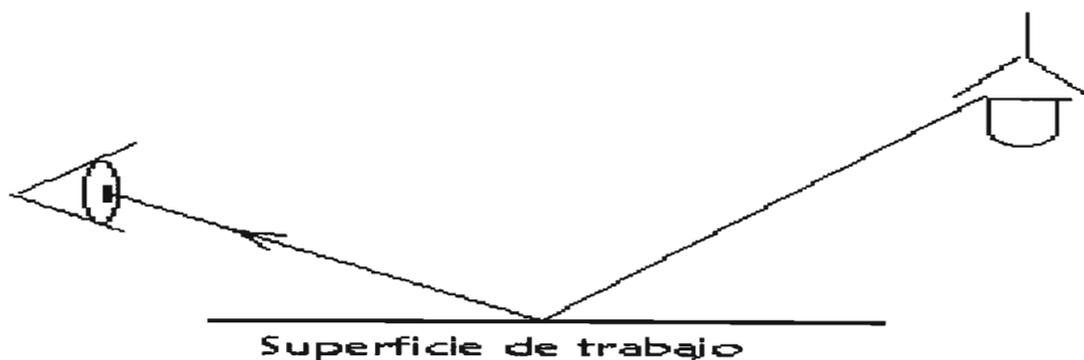
En general los procesos industriales utilizan lamparas de muy alta intensidad de ahí que el brillo y el deslumbramiento deban controlarse por ejemplo en fabricación de artefactos de línea blanca es difícil detectar defectos como golpes o protuberancias en las partes metálicas en todo caso la solución depende de la necesidad consideremos los siguientes casos:

1. Trabajo sobre una superficie .-El brillo directo se evita colocando la lámpara por sobre el hombro del operario, el brillo indirecto se elimina evitando que la luz reflejada en la superficie S coincida con el ángulo de visión del operario ,debe considerarse el ángulo límite como se indica en la figura 1.10



**figura 1.10**

- Trabajo sobre una superficie con la finalidad de detectar defectos.- En estos casos la iluminación lateral realiza los defectos puede aparecer brillo indirecto este se elimina evitando que la visual del inspector coincida con el rayo reflejado como indica la figura 1.11



**figura 1.11**

- Ensamble de partes . \_En sitios donde se ensambla partes se emplea iluminación lateral con niveles controlados de iluminación esto permite detectar defectos antes de continuar con el proceso generalmente esto ocurre en las líneas de producción.

#### 1.4.2. Factores Auditivos

Debido a que las industrias obedecen a regulaciones que dictan niveles de ruido limites se controla el nivel de ruido producido por balastos de lamparas la *National electrical manufacturers association (NEMA)* recomienda utilizar el siguiente procedimiento para determinar si un sistema de iluminación será audible o no.

- Determinar la especificación dada por el fabricante en las características de la lampara por ejemplo la especificación dada es CR-24 esto quiere decir que la intensidad sonora es de 24 decibeles (dB) por ejemplo los valores normalizados para áreas de manufactura son los siguientes:

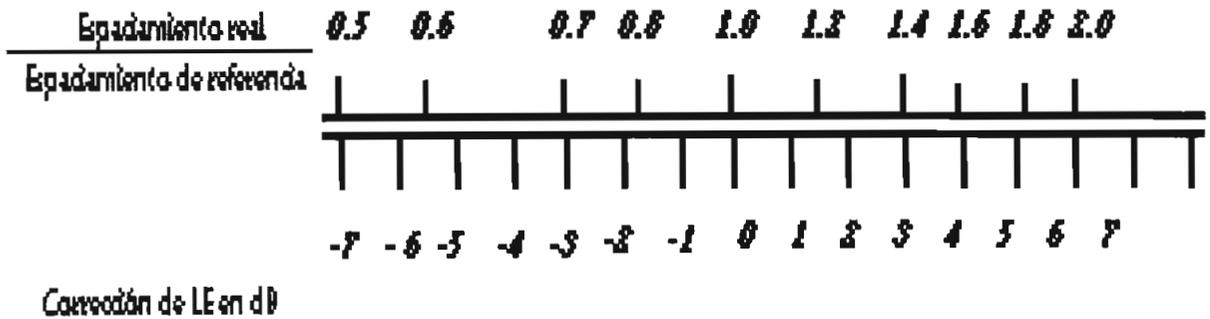
Tabla 1.1

Tipo de area	Nivel de ruido (dB)
Oficina del Supervisor	40-50
Lineas de ensamble	45-70
Uso de Maquinaria Pesada	55-75
Laboratorios-cábinas de control	25-35
Oficinas areas de diseño	30-45

Una lámpara con especificación CR-24 posiblemente sería indetectable en sitios con maquinaria pesada como troqueladoras, roladoras, cizallas, pero varias lámparas muy cercanas en otras áreas producirían un molesto zumbido, a partir de la especificación de la lámpara, si se tuviese para un sistema de lámparas un CR-42 el nivel seguro al que el sistema no sería audible sería igual a la misma clasificación más 8 es decir a 50 dBA.



- Aplicar los factores de corrección si los niveles son mayores o menores a 1076 luxes o si el espaciamiento entre luminarias es diferente al especificado por el fabricante el factor de corrección en estos casos se obtiene de la figura.



## CAPITULO 2

### Características Técnicas y Arquitectónicas de las Naves Industriales

En este capítulo se detallan las características de una nave industrial, es decir estructuras y distribución de áreas, maquinaria utilizada, procesos de fabricación y parámetros que permiten definir características luminotécnicas adecuadas.

#### 2.1 Edificaciones Industriales

Conviene notar que resulta importante la ubicación de industrias puesto que se debe considerar:

- a) Localización Geográfica.-Son ideales zonas que permitan utilizar la energía solar transformada en potencia luminosa los techos especialmente se construyen con materiales que permitan obtener luz del día, esto significa reducción de costos por iluminación en ciertas épocas del año.
- b) Servicios Generales.-sobre todo lo referente a provisión de energía eléctrica con niveles de regulación de voltaje adecuados.
- c) Facilidades de Expansión.-Para que las instalaciones puedan ser ampliadas esto es muy importante puesto que se debe tener en cuenta que la expansión de una industria es una meta de sus directivos las ampliaciones solas resultarían adecuadas si se planifican inicialmente.

Las naves industriales son físicamente grandes áreas delimitadas por paredes de concreto en el interior de estas el uso de paredes divisorias únicamente se da para usos muy específicos por citar algunos de estos usos se podría hablar de:

Laboratorios de pruebas  
Bodegas temporales  
Oficinas de supervisión  
Oficinas de Mantenimiento

Estos recintos individuales no son frecuentes porque dificultan el flujo de partes desde sitios de fabricación hacia zonas de ensamble, debe tenerse en cuenta que además existe tránsito de vehículos y personal.

### 2.1.1. Paredes

Las paredes son de gran extensión muy distantes entre sí estas se construyen de ladrillo y con recubrimientos que las impermeabilizan, lo recomendable es la construcción de paredes de concreto sin embargo debido a los costos se justifica el uso de paredes de ladrillo con recubrimiento, en paredes de naves industriales no resulta adecuado tener ventanas su uso no es adecuado porque representan fuentes de destello la luz que se tiene es bastante variable recordemos que la intensidad luminosa disminuye con el cuadrado de la distancia, por tanto trabajar cerca de ventanas puede significar tener exceso de luz y lejos de ellas intensidades pobres.

### 2.1.2. Pisos

Los pisos debido a las pesadas cargas que deben soportar sea por instalación de maquinaria o por tránsito de vehículos y personal deben construirse de concreto con recubrimientos de Uretano que es una resina que impermeabiliza el piso, debemos tomar en cuenta la cantidad de luz que refleja un piso cubierto con uretano a continuación se incluye una tabla con valores de reflexión de luz en pisos de diferentes características la separación es de 6 metros del sitio de ubicación de las lámparas recordar que para calcular luz reflejada a otras alturas se utiliza la ley del cuadrado inverso de la distancia.

Tabla 2.1

Superficie	Luz reflejada en Luxes
Concreto limpio sin recubrimiento	324.00
Concreto sucio sin recubrimiento	80.00
Recubierta con uretano rojo	324.00
Recubierta con Uretano claro	324.00
Recubierta con Uretano amarillo	648.00
Recubierta con uretano blanco	1296.00

### 2.1.3 Techos

Los techos deben estar acondicionados para:

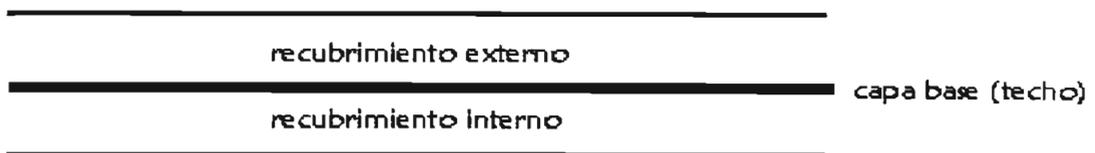
- a) Permitir la absorción de ruido
- b) Permitir la implementación de dispositivos para evacuación de gases y vapores, estos dispositivos pueden ser respiraderos, extractores, chimeneas, etc.

- c) Permitir un montaje flexible del sistema de iluminación es decir para reposición, mantenimiento y expansión del sistema de iluminación.

Convencionalmente un techo industrial constaría de 3 capas

- a) Una lámina base que es el techo propiamente dicho
- b) Un recubrimiento diseñado para absorción de ruido generalmente esta capa se hace de fieltro.
- c) Una capa para preservar el techo de condiciones climáticas externas.

En la figura 2.1 se indica la ubicación de estas capas

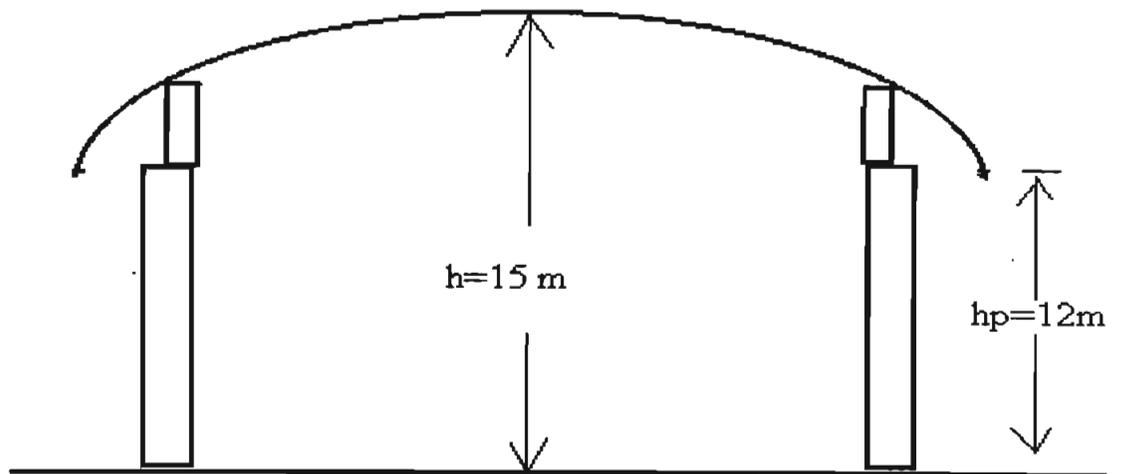


**figura 2.1**

En climas cálidos un techo sin recubrimiento no solo contribuye a elevar temperaturas internas de la edificación además se reduce la vida útil del techo debido a los ciclos térmicos diarios, para solucionar esto en el caso extremo se podría pintar el techo con colores claros e inclusive blanco.

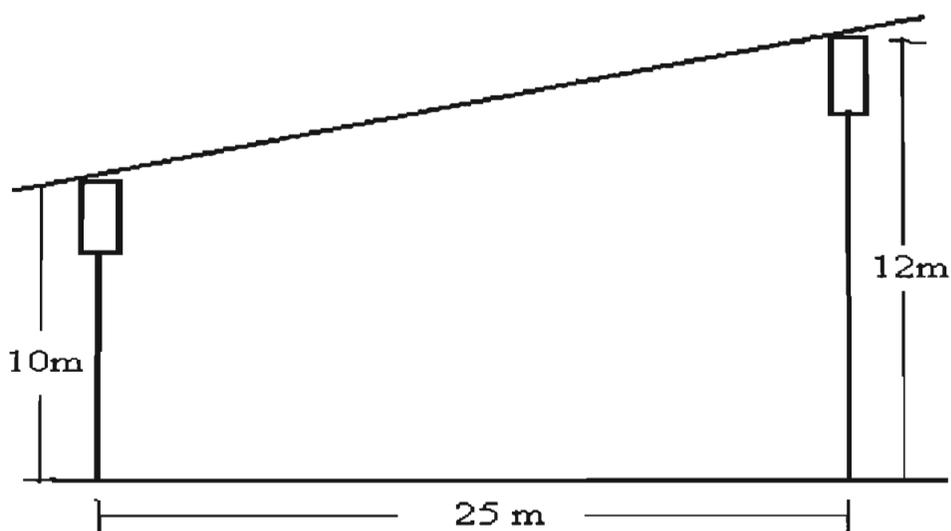
En climas fríos se debe considerar la presencia de nieve y granizo que llega a pesar alrededor de 10-15 libras por pie cuadrado de ahí que sea necesario evitar al máximo sitios de acumulación que podrían significar esfuerzos excesivos de la estructura que sustenta el techo.

Las naves industriales físicamente muestran los siguientes esquemas:



**figura 2.2**

Algunas industrias antiguamente empleaban el esquema diente de sierra para sus techos, esta practica en industrias modernas no tiene uso especialmente debido a la acumulación de agua y granizo durante las estaciones invernales que como se dijo somete a grandes esfuerzos a la estructura que sustenta el techo. Otro esquema frecuente es el de la figura 2.3 que se muestra a continuación:



**figura 2.3**

El montaje de luminarias conviene hacerlo en una estructura independiente del techo esto permite tener un cableado montado sobre la misma estructura, esta independencia facilita la ubicación de dispositivos en el techo sin afectar el sistema de iluminación, esto quiere decir que la altura del techo no es necesariamente la altura de montaje (AM) de las luminarias obsérvese el esquema de la figura 2.4

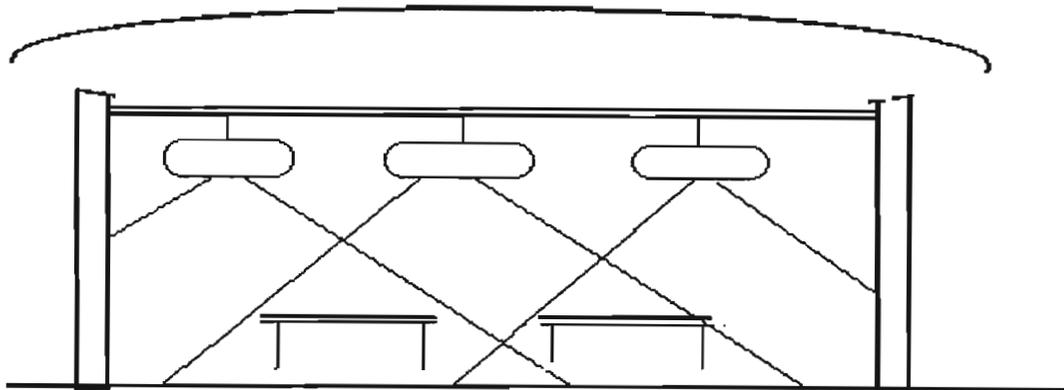


figura 2.4

## 2.2. Recintos de uso industrial

### 2.2.1. Líneas de Producción

Puede decirse que son los elementos que dentro de una industria muestran el nivel de producción el uso de las líneas de producción esta destinado a transporte y ensamble de partes principalmente la línea de producción más común es la línea de ensamble este tipo de líneas tiene ejecución de operaciones destinadas a montar partes, ejemplos de estas son el ensamble de vehículos electrodomésticos líneas de empaçado, líneas de procesamiento de productos químicos y líneas de llenado.

No necesariamente una línea de producción sirve para un solo producto por ejemplo alternativamente se podría tener:

- a) Un solo producto fabricado continuamente
- b) Varios productos fabricados secuencialmente en lotes
- c) Varios productos fabricados simultáneamente.

El tipo de proceso realizado determina en gran medida el tipo de iluminación, procesos continuos e inclusive secuenciales requieren tipos similares de iluminación puesto que se

refieren a la fabricación de un solo tipo de producto, en cambio fabricación de diferentes productos requieren niveles de iluminación para cada tipo de producto.

Otra consideración que debe tenerse en cuenta es la velocidad de proceso ,para la realización de tareas de ensamble ,existen inspecciones de calidad que requieren visualización detenida de las partes una iluminación deficiente y una línea que transporte el producto a una velocidad relativamente alta podrían causar que no se detecte el defecto ,por ello resulta conveniente describir adicionalmente como se transporta material en una línea de ensamble para ello utilizamos los transportadores que se describen a continuación.

### 2.2.2. Transportadores

#### a. Transportadores de ruedas

Los transportadores de ruedas que funcionan por gravedad tienen bajos costos de capital, cero costos de operación y bajos costos de mantenimiento, tienen un peso relativamente ligero y son muy sencillos por tanto se pueden utilizar en instalaciones permanentes y temporales, en la figura 2.5 se ilustra un transportador de ruedas los objetos circulan por gravedad o se desplazan manualmente.

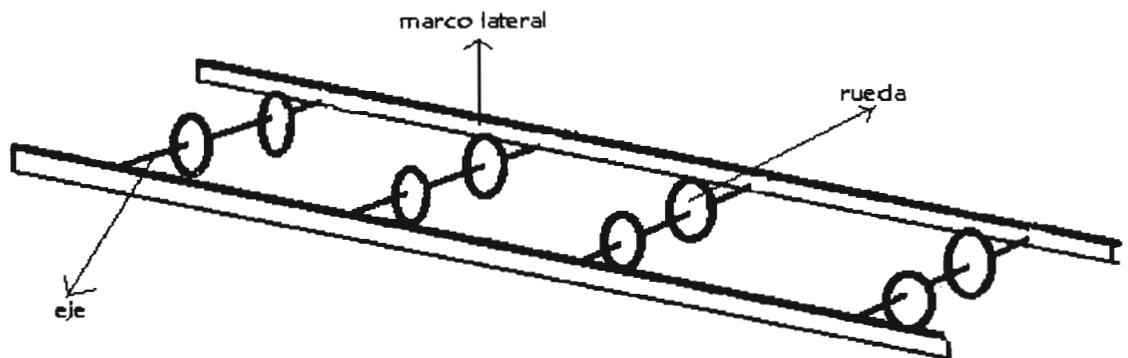


figura 2.5

Tres metros de un transportador de ruedas con marcos de acero pesaran mas o menos 40 kilogramos, aunque también se pueden usar marcos de aluminio de mayor costo pero que reducirían el peso a unos 25 kilogramos.

Las ruedas pueden ser de acero, aluminio o plástico, las más comunes son las de acero de uso general su vida útil es aproximadamente 10 veces mayor que la de ruedas de aluminio estas ultimas se puede recubrir cloruro de polivinilo (PVC) esto reduce el impacto, rayaduras, permite manejo mas delicado de artículos frágiles.

La pendiente del transportador de este tipo es de 2.5% a 5%, las ruedas de aluminio requieren menor pendiente, en todo caso también se debe considerar la carga y características de esta.

Para grandes distancias se insertan transportadores de banda o de rodillos de motor entre las secciones más largas.

### b. Transportadores de rodillos

Se usan en aplicaciones similares a las de transportadores de ruedas, pero para trabajo pesado, los rodillos no tienen más masa que las ruedas, resisten los impactos y las cargas mejor que las ruedas, la masa adicional requiere más pendiente para la misma carga, el rodillo se inserta en lugar de la rueda las características de un rodillo se muestran en la figura 2.6

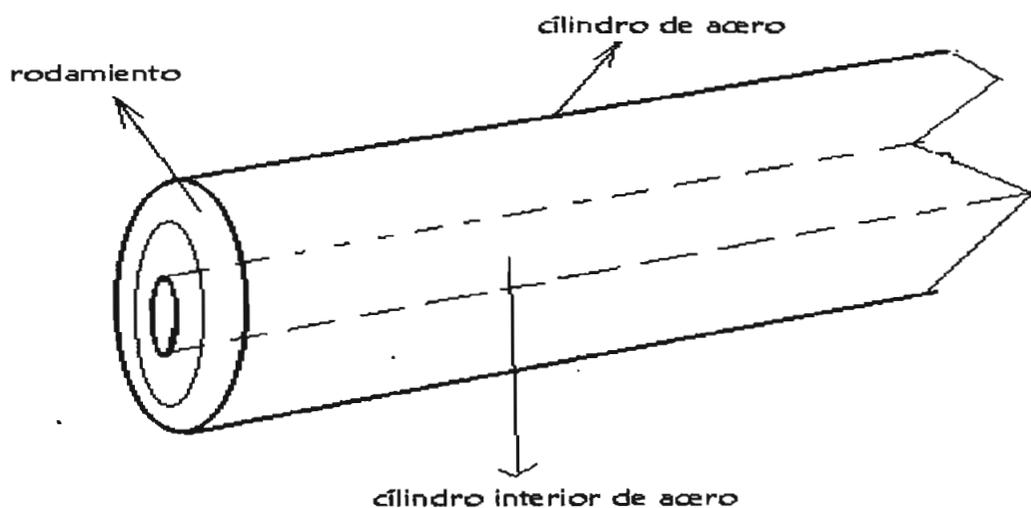


figura 2.6

### c. Transportadores de rodillos de motor

Mediante cables o bandas se accionan rodillos, se usan para trabajo ligero y mediano al tipo de rodillos usados en este trabajo se los conoce como rodillos vivos debido a que pueden elevar, bajar o mover cargas respecto a un nivel a menudo se alterna el sistema de gravedad con un sistema vivo en la figura 2.7 se muestra un sistema de transporte a motor.

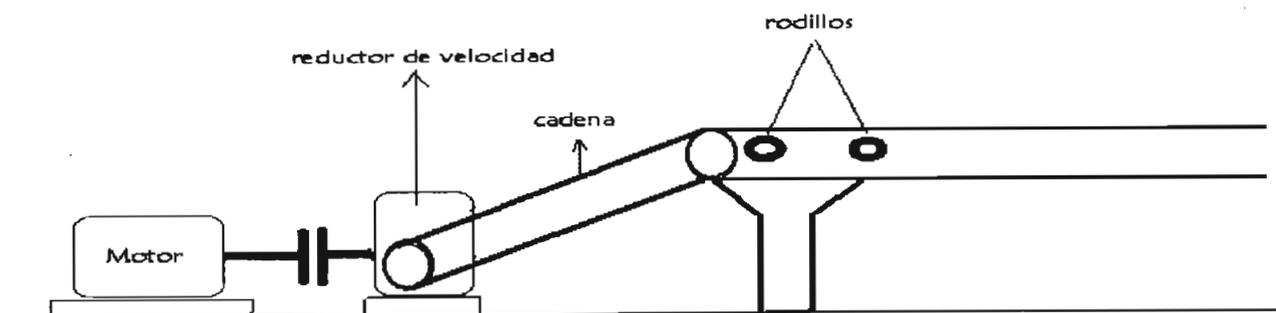


figura 2.7

a. Transportadores de cadena (remolque)

En este tipo de transportadores una cadena sinfin transmite el impulso de un motor, para ello se usa una riel sobre la que corren rodamientos sujetos a la cadena y al otro extremo se encuentra un gancho que es el que sujeta las piezas que se transporta, obviamente este es un sistema elevado, en este caso las luminarias se ubican por sobre la riel guía de los rodamientos, el esquema es el mostrado en la figura 2.8

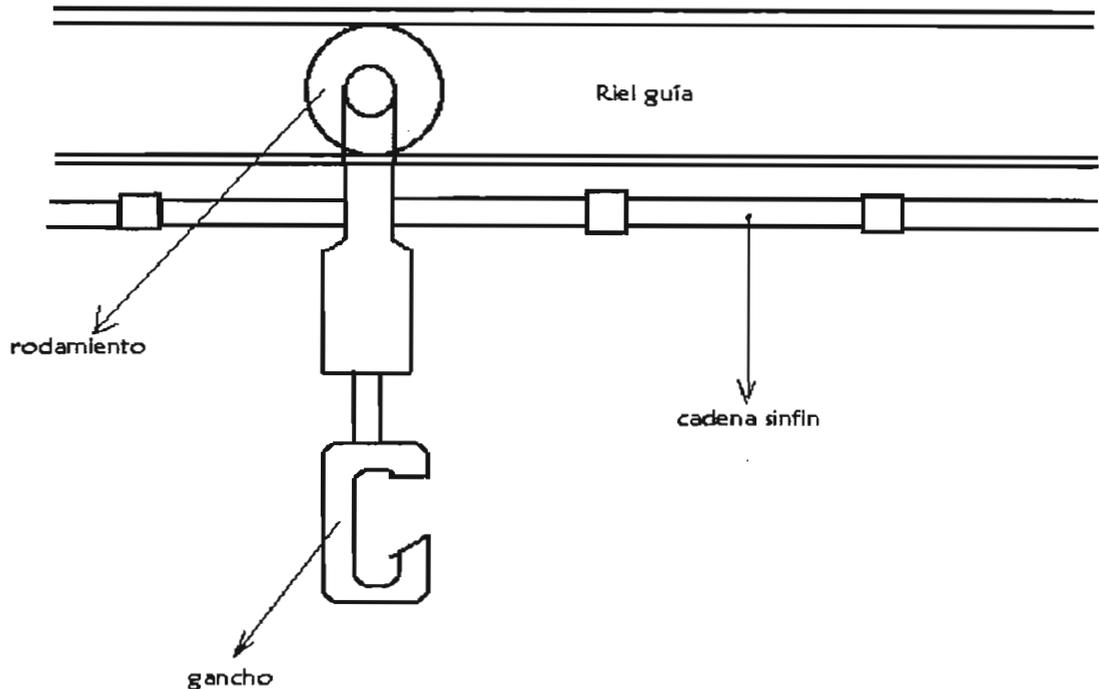


figura 2.8

La generalidad de transportadores motorizados es de velocidad constante, la fabricación o el ensamble pueden requerir cambios periódicos de velocidad de ahí que deban usarse motores de velocidad variable, los motores de velocidad constante son los de inducción del tipo "jaula de ardilla" debido a su bajo costo y mantenimiento su uso es casi obligado en transportadores. Por lo general el motor y el reductor se combinan en una sola unidad, es decir se usan motoredutores, la eficiencia es de cerca del 95%.

Por lo general la velocidad variable se obtiene de 4 maneras.

- Con un motor CA, 2 juegos de bobinados y un interruptor selector una carga se puede acelerar o desacelerar a bajas velocidades y operar a alta velocidad.
- Girar un cigüeñal sobre una polea de velocidad variable el campo de variación es del 50% de la velocidad nominal.

- c) Controladores electrónicos de velocidad, el control requiere el giro de un disco que permite obtener velocidades precisas esto es importante para sincronizar varios transportadores o si se cambia las velocidades con mucha frecuencia.
- d) Control Electrónico de un motor DC el inconveniente en este caso es el alto costo tanto de la inversión como del mantenimiento.

La mayoría de las transmisiones de velocidad ajustable tienen arrancadores, esto facilita obtener arranques suaves lo que permite preservar las partes mecánicas del transportador.

### 2.2.3. Pasillos

Los pasillos son los sitios destinados al tránsito de personal y vehículos, en una planta industrial los pasillos no están delimitados por paredes sino más bien por la ubicación de maquinaria y áreas donde se realizan trabajos específicos, esto no significa necesariamente que las dimensiones de los pasillos no están definidas, estas se consideran el momento de ubicar la maquinaria de ahí que se deba tener cuenta del ancho mínimo necesario para facilitar la circulación, esto significa que los pasillos cuentan con iluminación cuyos niveles no deben interferir con la iluminación de procesos que se realizan en zonas adyacentes a los pasillos debido a esto los niveles de iluminación se dimensionan considerando valores que especialmente no produzcan deslumbramiento en los operarios y que tampoco generen condiciones de penumbra a quienes transitan por pasillos recordemos que el tráfico es de tipo motorizado y humano debido al ruido que producen las máquinas un transeúnte podría no percatarse de un montacargas que se acerca y de tener condiciones de iluminación no adecuadas estaríamos generando condiciones de riesgo en pasillos mal iluminados de manera que se puede ubicar espejos en pasillos si la reflexión de estos no interfiere con otros procesos se podrían considerar como una buena alternativa para dar seguridad visual en pasillos como se ve en la figura 2.9

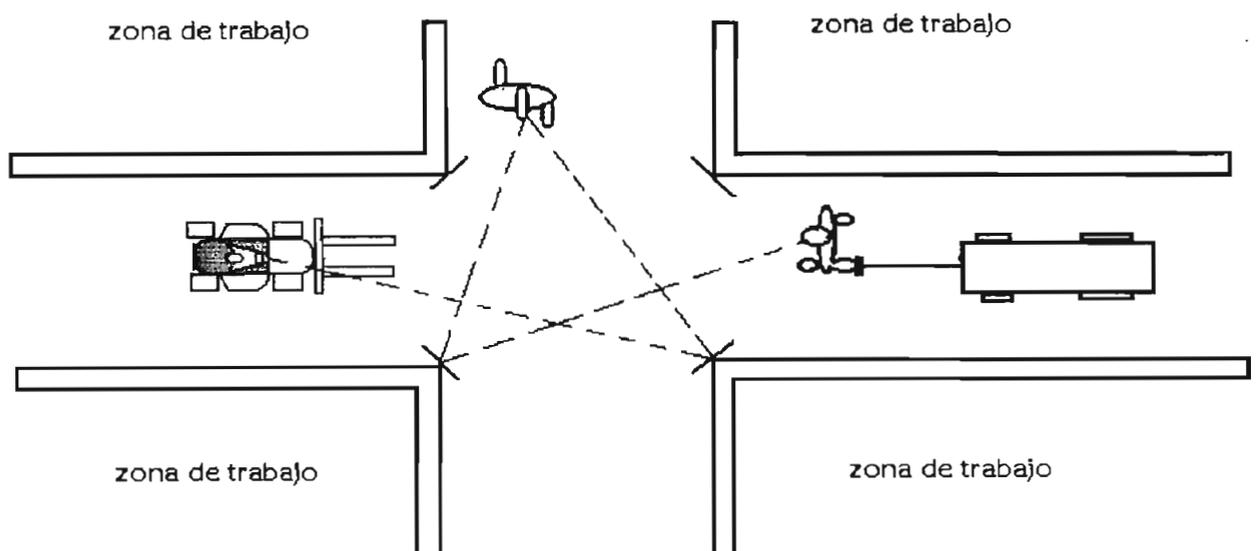


figura 2.9

Los pasillos con tránsito de montacargas con contrapeso tienen aproximadamente 3.70 metros de ancho, puesto que un montacargas común mide menos de 1.25 metros se permite el suficiente espacio para el tránsito en dos sentidos, como se ve el ancho del pasillo más bien depende de las dimensiones de los vehículos y lógicamente de la ubicación de las zonas de trabajo.

### **2.3 Zonas de Almacenamiento y Bodegas**

En plantas industriales existen zonas destinadas a almacenar equipos, materia prima suministros, producto terminado, frecuentemente resulta necesario el ingreso de personal a pie, en montacargas o inclusive en transportadores a cualquiera de estos mecanismos de transporte los denominamos recolectores, siempre debe considerarse que los niveles de iluminación en sitios de almacenamiento dependen de la ubicación de sitios fijos para almacenamiento tales como estanterías y anaqueles además de los pasillos para recolección y envío, el almacenamiento puede dividirse en 8 categorías:

- a) Materia Prima en espera de procesamiento, un buen ejemplo es la lamina de acero que usualmente emplea la industria metalmecanica, la lamina la entrega en proveedor en bobinas de 3 toneladas generalmente este tipo de material se almacena en galpones cerrados debido a la corrosión algunos tipos de lamina de esta clase no pueden dejarse a la intemperie.
- b) Partes terminadas en espera de usarse en manufactura generalmente son partes subensambladas o parcialmente procesadas por ejemplo controles electrónicos de algún tipo específico.
- c) Suministros para mantenimiento, registros, oficina empaque y fabricación como ejemplos se podrían citar: brocas para taladros, varillas de soldadura, pinturas, lámparas para iluminación.
- d) Equipos auxiliares, equipo de fabricación sin usar por ejemplo repuestos para maquinaria.
- e) Artículos fabricados entre operaciones por ejemplo aquellas partes cuyo procesamiento se ha interrumpido por cualquier razón.
- f) Desechos y reproceso para almacenamiento la finalidad de almacenar desechos únicamente es la de un futuro reciclaje, por ejemplo empaques de los proveedores.
- g) Equipo Personal básicamente indumentaria de trabajo.
- h) Productos terminados es decir aquellos procesados en la planta.

Anteriormente se dijo que se podría realizar almacenamiento de partes y equipo usando estanterías esta es una alternativa otras podrían ser:

- a) Almacenamiento de piso.-Es el sistema de almacenamiento menos eficiente consiste en almacenar aleatoriamente artículos en un solo nivel del piso sirve especialmente para almacenar materia prima, desechos reciclables y reproceso, una variante de este tipo de almacenamiento es el almacenamiento en bloque, es decir apilando artículos en forma vertical en estos casos no se utilizan pasillos, de ahí que seleccionar material sea muy difícil, además de que existen artículos que no se pueden almacenar uno sobre otro debido a que se pueden deformar debido al peso, sin embargo existen estructuras que permiten realizar esta tarea por ejemplo congeladores con embalaje de madera, la iluminación de estos sitios es bastante simple, se ubica la lámpara al nivel condicionado para objetos de gran volumen que normalizado es de 110 luxes, para objetos menudos 540 luxes, adicionalmente y debido a que se almacena materia prima y se debe inspeccionar antes se destinan sitios de inspección cuyo nivel de iluminación para inspección ordinaria es de 540 luxes en casos extremos y dependiendo del artículo almacenado se contemplan sitios de inspección con hasta 1100 luxes .
- b) Uso de anaqueles y estanterías estáticos.-este tipo de dispositivos sirven para aprovechar el espacio vertical, sin embargo tienden a ocupar mucho espacio de piso ya que los recintos para almacenamiento con anaqueles y estanterías deben contar con pasillos, se debe ubicar un pasillo por cada dos filas de almacenamiento y los artículos ocupan un pequeño porcentaje del espacio cúbico del estante, mientras que el tipo de estantería determina el número de pasillos el tipo de montacargas determina el ancho del pasillo y la altura de las estanterías, sin embargo la ubicación y el tipo de estanterías ofrece las siguientes alternativas:

La figura 2.10 muestra las estanterías de una sola profundidad estas ofrecen un mejor acceso pero a cambio ocupan un mayor espacio para los pasillos, esto significa mayor número de luminarias es decir permite una buena distribución de lámparas.

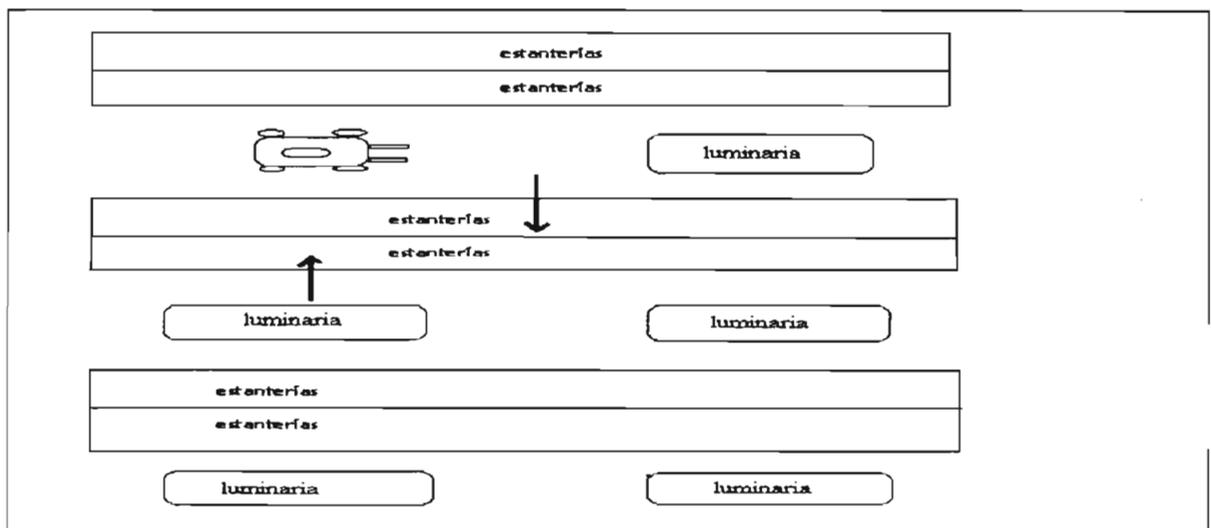


figura 2.10

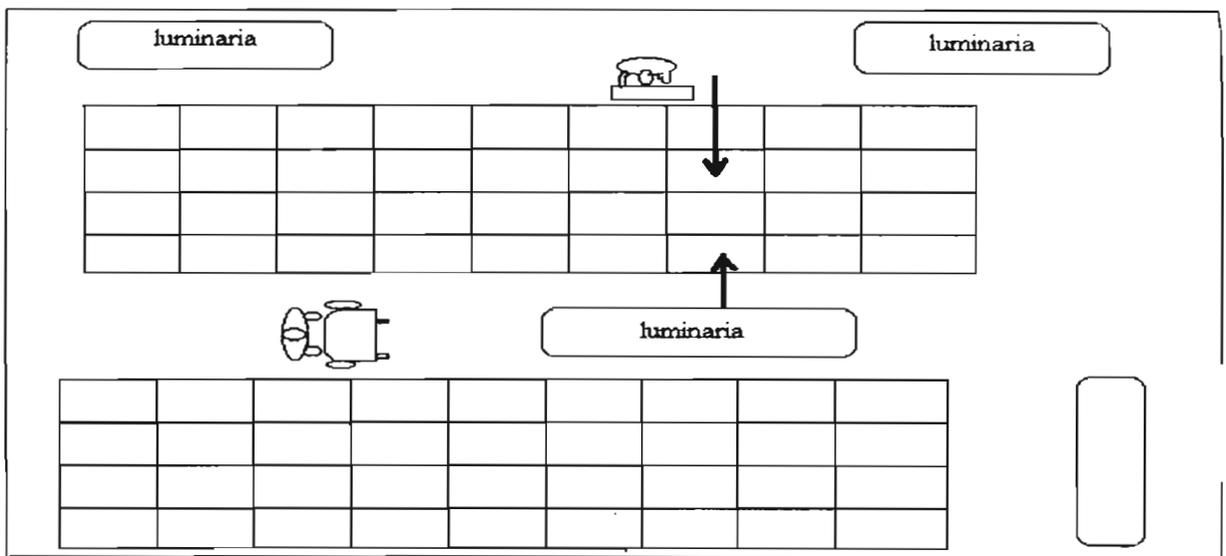


figura 2.11

La figura 2.11 muestra estanterías de doble profundidad estas reducen el espacio de pasillo en comparación con las de una sola profundidad, son recomendables para artículos fácilmente transportables debido a que como se muestra en la figura existen sitios de difícil acceso otra razón para limitar el uso de montacargas, la iluminación se vuelve crítica en zonas bajas de las estanterías de ahí que se recomiende limitar la altura de este tipo de estanterías.

A continuación se muestra un ejemplo con las dimensiones adecuadas para obtener resultados satisfactorios de almacenamiento y de iluminación (figura 2.12)

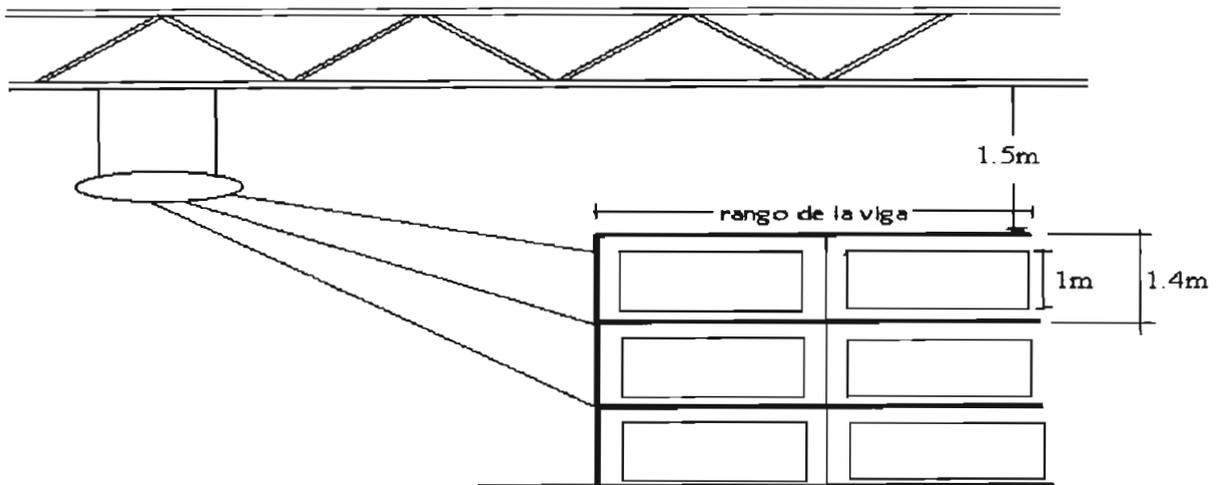


figura 2.12

Frecuentemente se tiene de 3 a 8 niveles de 1.4 metros para techos de 12 a 15 metros el rango de viga que no es mas que el ancho de la estantería que puede tener 12 metros, una bodega de este tipo puede tener fácilmente 60 metros para contemplar solamente estanterías de este tipo.

La distancia cubierta por el recolector ya sea hombre o maquina es importante, los montacargas no deben cubrir mas de 30 o 60 metros dentro de una bodega distancias mayores significan mas bien el uso de transportadores.

En definitiva el almacenamiento de articulos en estantes exige no solo iluminar la parte superior de la estantería sino también las superficies verticales, por lo general en pasillos largos y angostos. Si la altura del apilamiento es menor que el ancho del pasillo entonces el área se trata como una nave abierta, este criterio es muy importante porque en estos casos la iluminación se realiza sin problema

El uso de estanterías mas altas hace que se usen preferentemente lámparas de descarga de alta intensidad puesto que estas lámparas tienen mejores características direccionales que las lamparas fluorescentes. Existen diferentes tipos de lamparas de alta intensidad, en cuanto a la direccionalidad de las mismas estas vienen dadas por los perfiles mostrados por el fabricante en los manuales para alturas de montaje menores a 12 metros la direccionalidad es poco relevante entre una y otra lámpara de descarga, por lo general para alturas de montaje mayores se prefieren lámparas con perfiles asimétricos, además se recomiendan pisos con alta reflectancia para conseguir mejor distribución de la energía luminosa, un buen criterio en estos casos seria ubicar las lamparas sobre pasillos y no sobre las estanterías se debe usar una distancia máxima sobre la parte superior del estante de 0.5 veces el ancho del pasillo caso contrario se desperdicia mucha luz en las partes superiores de los estantes.

#### **2.4. Requerimientos eléctricos**

Las industrias debido a la maquinaria que emplean en sus procesos utilizan voltajes relativamente altos comparados con aquellos valores empleados en domicilios, como sabemos esto significa valores de corriente menores en el caso de los motores de inducción que aparecen en la mayor parte de procesos, además valores de tensión altos significan mejor regulación es decir menores caídas de tensión, a pesar de estas ventajas y de manera casi universal el voltaje de operación de las lámparas de alta descarga que son las que se utilizan en iluminación industrial es de 220 voltios relativamente menor a los 380 voltios e inclusive 460 voltios en otras conexiones que se utilizan para la maquinaria en esta parte nos referiremos a estos y otros parámetros de carácter eléctrico que son requeridos para la operación de lámparas de uso industrial.

Adicionalmente se requiere especificar el uso del balastro que es el circuito eléctrico que debe usarse junto con la lámpara, vale notar que el balastro, sus funciones y características así como sus variaciones se los describe en el siguiente capítulo que trata sobre luminarias y dispositivos de iluminación industrial, básicamente debemos saber que las funciones principales de los balastros son:

1. Proporcionar la corriente de arranque adecuada
2. Proporcionar el voltaje que generaría el arco necesario para excitar los componentes que inician la iluminación.
3. Para posteriormente a la producción del arco obtener el voltaje de operación.
4. Controlar la corriente eléctrica a través de la descarga del arco.
5. Para compensar las características del bajo factor de potencia que produce la descarga del arco.

### 2.2.1. Corriente de arranque

Se define corriente de arranque como la intensidad aplicada a la lámpara durante el precalentamiento de la misma que dura alrededor de 30 segundos para este período el valor de la corriente de arranque depende del tipo de lámpara y se encuentra especificado por el fabricante por ejemplo lámparas de halógeno metálico y sodio de alta presión requieren como corriente de arranque mínima el mismo valor que la corriente de operación nominal y como máximo una corriente de arranque 1.5 veces la corriente de operación, vale notar que la corriente de arranque es variable y dependiente de los parámetros del conjunto balastro-lámpara, valores elevados de corriente de arranque significan encendidos en períodos de tiempo relativamente cortos con ciclos de vida útil menores, de manera inversa corrientes de arranque menores significan demoras durante el encendido para ciclos de vida útiles mayores.

### 2.2.2. Voltaje de arranque

Es el voltaje de circuito abierto generado en el balastro estos valores son elevados pues el voltaje de arranque sirve para producir la ionización de los gases esto inicia el arco entre los electrodos, por ejemplo para lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400 vatios el pulso de voltaje de arranque debe ser de unos 2500 voltios para una lámpara de 1000 vatios se requieren pulsos de 3000 voltios esto ocurre en cada semiciclo de la sinusoide a 60 hertzios y termina tan pronto como se inicia el arco, el voltaje de arranque puede variar con la temperatura este efecto se vuelve mas notorio en las lámparas de halógeno metálico se explica en virtud de la necesidad de comunicar mayor energía para vencer la inercia térmica y generar el arco.

### 2.2.3. Voltaje de operación

Es el valor de voltaje nominal de la lámpara, sin embargo cada lámpara puede tener una amplia variación en su voltaje real de operación, estas variaciones debe absorberlas el balastro, lámparas de halógeno metálico muestran voltajes de operación prácticamente constantes durante su vida útil en otro tipo de lámparas como por ejemplo las de sodio de alta presión debido a que cuentan con dotación adicional de mercurio y de amalgama de sodio que a la larga produce incrementos en el balance térmico y en la presión por lo que el voltaje de operación se eleva 2 voltios cada 1000 horas, sin embargo los balastos usan capacitores para regular las variaciones de voltaje.

### 2.2.4. Corriente de operación

El factor de pico o factor de cresta  $f_c$  se define de la siguiente manera:

$$f_c = \frac{\text{Valorpico}}{\text{ValorRMS}} \quad (\text{Ec.2.1})$$

Esta relación expresa la razón valor pico de corriente a valor cuadrático medio de la misma y debido a que en ondas sinusoidales se cumple la relación 2.2

$$\text{Valorpico} = \sqrt{2} \cdot \text{ValorRMS} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Los pulsos de corriente no son sinusoidales especialmente en lámparas de halógeno metálico y de sodio de alta presión en estos casos el factor de cresta es de 1.8 como máximo es decir mayor en un 80%.

### **2.2.5. Factor de potencia**

El factor de potencia como se sabe expresa la relación entre la potencia activa y la potencia total las empresas eléctricas exigen valores del 95% en el caso de lámparas con balastro electrónico con tecnología mejorada el factor de potencia se halla corregido, en otros casos la corrección del factor de potencia será necesaria si los sistemas de iluminación inciden significativamente este hecho no es frecuente en las industrias donde la carga esta dada por la maquinaria y equipos.

### **2.2.6. Tolerancia del voltaje de operación**

La regulación para voltaje de línea es del 5% del voltaje nominal, algunos sistemas de iluminación toleran variaciones por sobre y bajo el 10% valores superiores a estos significan la necesidad de tomar medidas tendientes a mejorar la regulación, en el caso de lámparas de descarga valores reducidos de tensión impiden en casos extremos el arranque de la lámpara a fin de evitar esto se puede tomar las siguientes medidas.

1. Revisar las instalaciones a fin de controlar el estado de los conductores, calibres correctos y condiciones de aislamiento.
2. En caso de ser necesario aumentar el calibre del conductor
3. Trabajar con lámparas cuyo voltaje de operación fuese mayor ,por ejemplo cambiar a 220 voltios si se ha estado empleando anteriormente 110 voltios.

## CAPITULO 3

### Fuentes de iluminación para aplicaciones industriales

En este capítulo se describe el funcionamiento de luminarias de tipo industrial partiendo de modelos básicos de lámparas, debe tenerse en cuenta que este tipo de lámparas son de muy alto rendimiento debido a los altos costos que implica su operación de ahí que sea necesario utilizar dispositivos tendientes a obtener alta potencia luminosa con consumos energéticos mínimos.

#### *Principio físico*

Se define como luminiscencia a la energía luminosa generada por un cuerpo debido a la acción de un agente exterior que excita a los átomos de dicho cuerpo la luminiscencia de gases y vapores metálicos debido a choques electrónicos se conoce como electroluminiscencia en lámparas de descarga los choques electrónicos se producen debido a la excitación del medio que es la fuente primaria de energía la energía cinética de los electrones aparece por la descarga eléctrica que se presenta en el seno de la lámpara y entre 2 puntos de la misma que trabajan a diferente potencial generalmente los gases contenidos en el interior de la lámpara producen luz de alguna longitud de onda, lógicamente nos interesan los rangos de luz visible.

#### **3.1 Clases de luminarias Industriales .**

En iluminación industrial se emplean luminarias de descarga de alta intensidad esto significa que se aprovecha la característica luminosa de algunos gases excitados por un alto voltaje generado a partir de un dispositivo conocido por balasto o balastra, son de uso frecuente :

Lámparas de mercurio

Lámparas Fluorescentes

Lámparas de halógeno metálico

Lámparas de sodio de alta presión

##### **3.1.1. Lámparas de vapor de Mercurio**

De manera ilustrativa se muestra el funcionamiento de una lámpara de mercurio debido a que es uno de los primeros tipos de luminarias de alta descarga su uso no es frecuente pero los principios de funcionamiento se mantienen a fin de mostrar estos principios se recurre a la figura 3.1 que muestra una lámpara de mercurio.

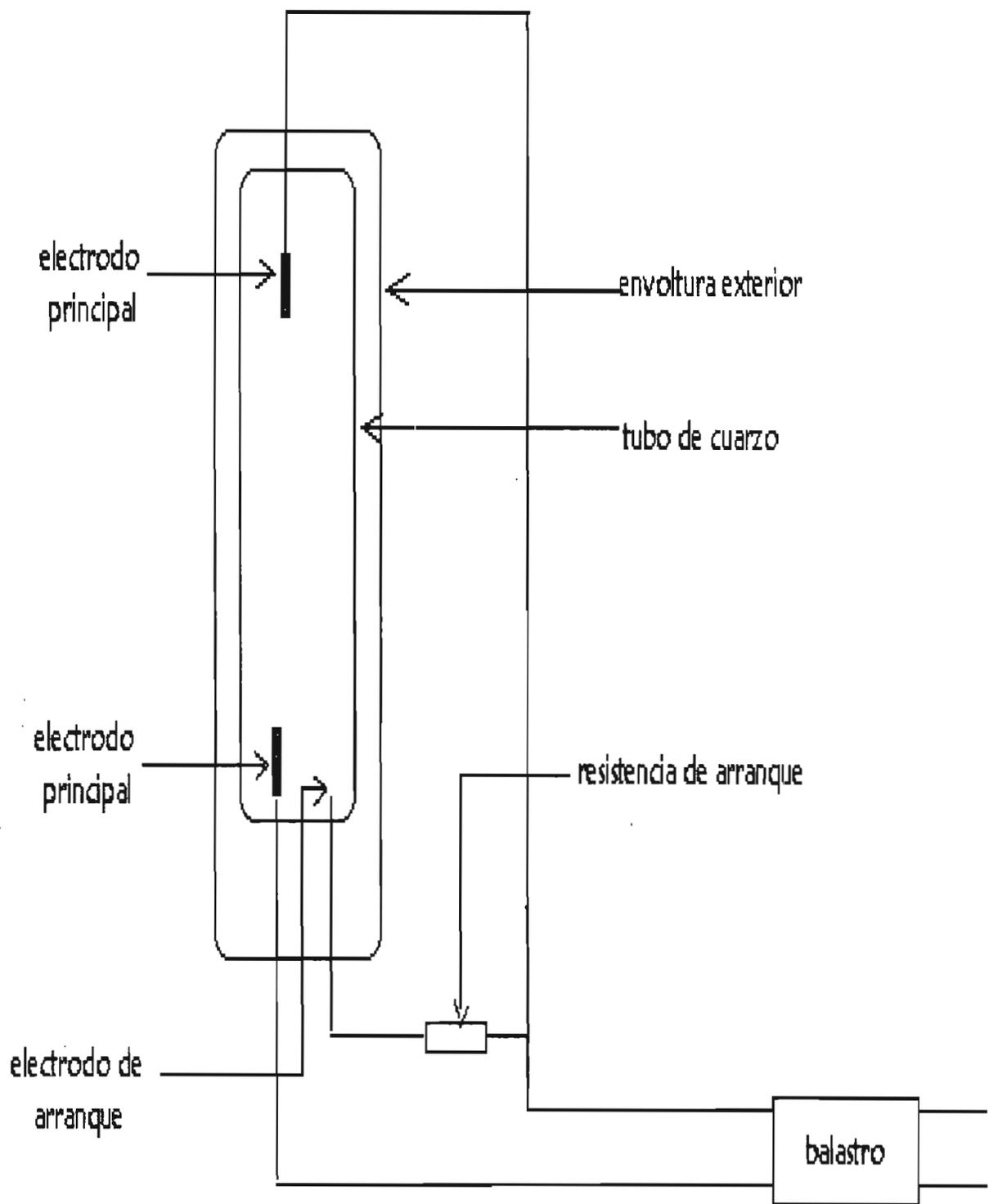


figura 3.1

Este tipo de lámparas se empleaban en procesos de manufactura puede decirse que son las primeras lámparas de descarga utilizadas industrialmente debido a que su vida útil resulta bastante adecuada todavía tienen vigencia en lugares de difícil acceso y costoso mantenimiento existen lámparas de este tipo de potencias de entre 175-250 vatios con vida promedio de 24000 horas (Ref. :Philips)

La figura 3.1 muestra una lámpara que consta de una envoltura externa que contiene un gas inerte generalmente nitrógeno este envase protege el tubo de cuarzo interior así como regula la cantidad de energía calorífica de la lámpara, el tubo contiene mercurio que se vaporiza a la temperatura ambiente para regular la presión durante el encendido se agrega argón que facilita el arranque cuando se suministra voltaje al conjunto la circulación de corriente se produce a través del electrodo principal mostrado en la parte inferior de la gráfica, el electrodo de arranque y el espacio interior entre estos electrodos, nótese que en el camino de la corriente se halla la resistencia de arranque que realmente ofrece el camino de menor dificultad mientras se ioniza el gas que servirá de paso entre los dos electrodos principales una vez terminado el periodo de arranque de la lámpara, adicionalmente esta resistencia controla el nivel de corriente durante el arranque de la lámpara, durante el encendido se produce un arco eléctrico a través del argón esto calienta el mercurio hasta vaporizarlo, de esta manera el ambiente interno está saturado de partículas de mercurio que propician la conductividad del medio interno esto reduce la resistencia eléctrica entre los electrodos principales este efecto prolongado vaporiza totalmente el mercurio esto anula la circulación de corriente a través del circuito de arranque, el periodo de arranque es de 3 a 5 minutos a temperatura ambiente (25 °C) a partir de lo cual se alcanza cerca del 80% de la luminosidad total de la lámpara, nótese que el periodo de encendido varía de acuerdo a la temperatura ambiente a temperaturas bajas la inercia térmica dificultaría la vaporización del mercurio a temperaturas altas disminuirían el periodo de arranque.

La interfase entre la envoltura exterior y el tubo de cuarzo contiene alternativamente fósforo que se emplea para convertir la luz ultravioleta en luz visible, además se consigue un mejor balance de la energía luminosa generada.

Las lámparas de mercurio son las primeras lámparas de vapor metálico que se emplearon resultan ser la alternativa a lámparas incandescentes que se habían venido empleando para todo tipo de usos incluida la manufactura industrial.

Físicamente una lámpara de vapor de mercurio se constituye en la figura 3.2 esta sería la disposición de las partes mostradas en el esquema de la figura 3.1, nótese que la disposición de los elementos es tal que permite tener una lámpara manejable debido a que como se observa en el capítulo 2 el montaje de lámparas en galpones industriales debe resultar lo más cómodo posible debido especialmente a la presencia de maquinaria de gran volumen y a alturas de montaje que se utilizan en estos casos.

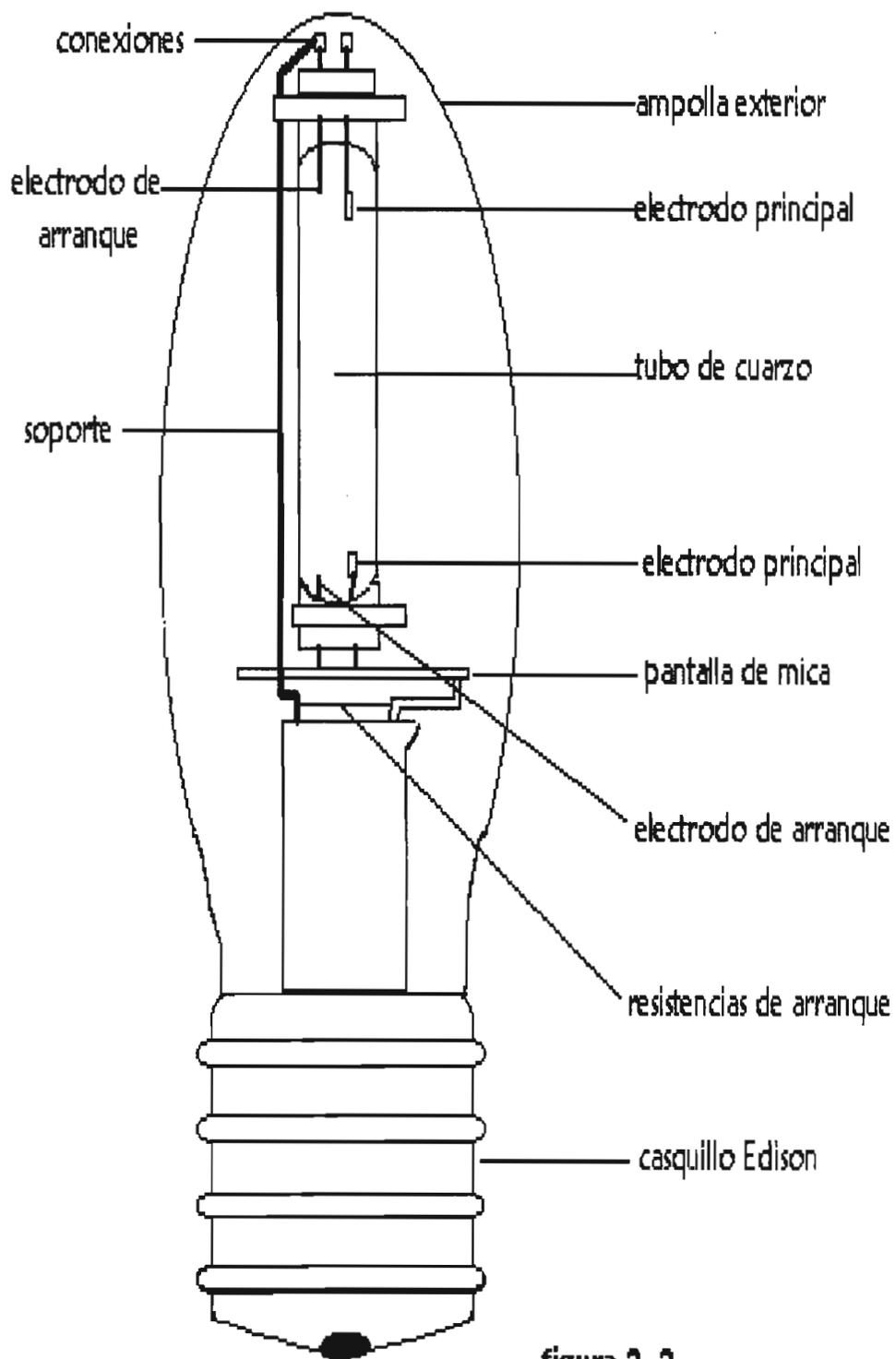


figura 3.2

Toda lámpara de descarga emplea un circuito eléctrico adicional que es el balastro o balastra su

función básicamente es proveer condiciones de operación durante el arranque y funcionamiento de la lámpara es decir se controlan parámetros eléctricos su detalle se indicara en lo posterior a la descripción de lámparas de descarga.

### 3.1.2.Lámparas Fluorescentes

Las lamparas fluorescentes de luz blanca no son de uso industrial en el sentido estricto, sin embargo su empleo en sitios de almacenamiento, embalaje e inclusive en procesos de fabricación es frecuente, debido a esta circunstancia conviene realizar una explicación de su funcionamiento y características ya que a los usos notados anteriormente se agrega su empleo en grupos de apoyo para otros tipos de lamparas que requieren por ejemplo periodos de tiempo de 3 a 5 minutos para su encendido o que presentan problemas de funcionamiento ,vale la pena recordar que a nivel industrial ciertos procesos por falta de maquinaria o por necesidades de producción requieren turnos durante las 24 horas, esto quiere decir que no se puede dejar al azar la iluminación que debe realizarse con luminarias adecuadas e inclusive con grupos de apoyo que incrementan la contabilidad del sistema de iluminación.

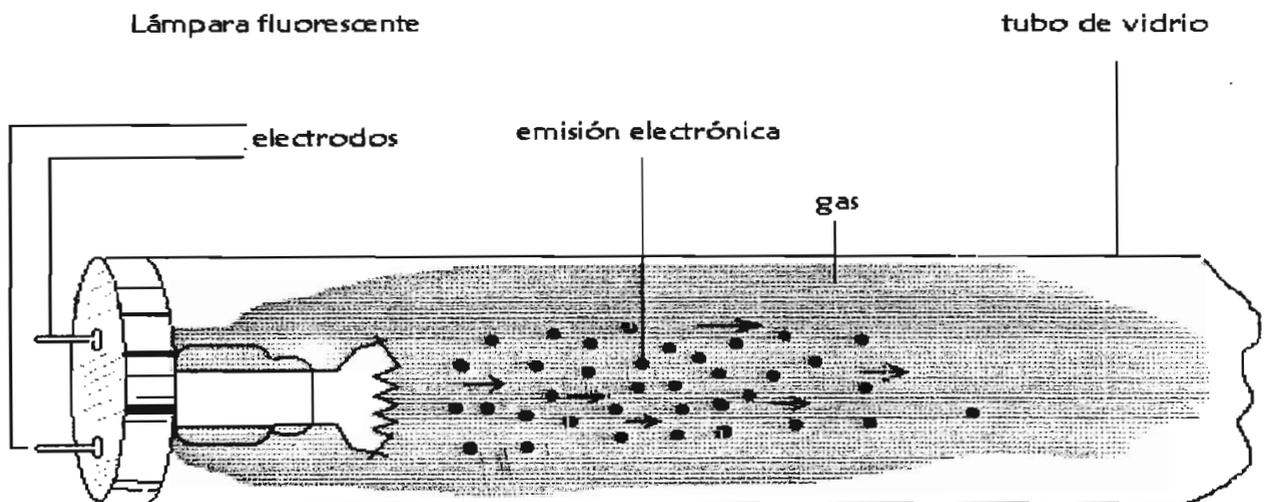


figura 3.3

Las lamparas fluorescentes son activadas por una descarga eléctrica que se intercala con un gas estas lámparas siguen el principio de fotoluminiscencia contienen mercurio a baja presión, puede decirse que esta característica de gas a baja presión las diferencia de lamparas de uso eminentemente industrial, la presión del gas determina el nivel de radiación emitida por este y consecuentemente el rendimiento luminoso de la lámpara ,quiere decir que una lampara de descarga de alta presión resulta mas eficiente que una de baja presión como lamparas del tipo fluorescente.

En contraparte a lo expuesto anteriormente puede decirse que como ventaja existe una gran variedad de lámparas fluorescentes esto permite seleccionar lámparas fluorescentes de características adecuadas a las necesidades de las industrias entre estas podemos citar:

a) Color

A nivel fabricación y producción es necesario detectar el color del producto y evitar la apreciación incorrecta del color causada por colores no adecuados de las lámparas, se emplean lámparas fluorescentes denominadas "lámpara luz de día" justamente porque las longitudes de onda de las radiaciones emitidas por este tipo de lámparas se encuentran dentro del rango de la luz del día (500-600 nm); adicionalmente este tipo de lámparas no altera los colores del producto inclusive si las lámparas funcionan durante el día se emplean en industrias gráficas, textiles, automotrices, etc.

b) Periodo de encendido.

Las lámparas fluorescentes al utilizarse como elementos de apoyo para lámparas de descarga alta presión requieren periodos de encendido prácticamente imperceptibles como alternativa se tienen:

- 1) Lámpara de encendido rápido con precalentamiento de los electrodos.- Que requiere calentamiento de los electrodos para el encendido este calentamiento se consigue aplicando tensión a los electrodos a partir de un transformador de esta manera se produce emisión electrónica entre los electrodos que se mantiene durante toda la operación de la lámpara el periodo de encendido en estos casos es  $\frac{1}{4}$  de segundo.
- 2) Lámpara de encendido instantáneo.- Estas lámparas no requieren calentamiento de los electrodos la diferencia con precalentamiento de electrodos es que en este tipo de lámparas la tensión aplicada no se emplea para calentar los electrodos sino directamente para establecer el arco entre los mismos debido a esto la tensión inicial aplicada es mucho mayor se emplean autotransformadores (balastras) esto reduce el factor de potencia significa que se debe usar capacitores para corregirlo.

c) Linealidad

Las lámparas fluorescentes producen a lo largo de una superficie una línea de alta luminosidad (constante) este efecto se denomina linealidad sirve para realizar trabajos específicos en estos sitios las lámparas fluorescentes resultan irremplazables.

### 3.1.3. Lámparas de halógeno metálico

Son lámparas de vapor metálico que utilizan en el caso de las lámparas de mercurio vapores de metal para conseguir conducción en el interior del tubo, se puede decir que son una mejora de las lámparas de mercurio, puesto que usan el mercurio en combinación con otros metales en forma de sales generalmente se emplean combinaciones mercurio-yodo o

### 3.2.2 Clasificación de las Balastras

Los modelos indicados son básicos dependiendo de los fabricantes existen variaciones en Las balastras cabe notar que los circuitos que se mostraran a continuación han requerido una significativa investigación debido a que sobre Las balastras la información resulta relativamente restringida bibliográficamente e inclusive físicamente se encontró varias balastras con el circuito embutido en una pasta especie de brea el intentar remover esta pasta significa destruir el circuito interno de ahí que sea imposible verificar elementos y conexiones ,a pesar de ello los modelos mostrados son los que indican los principios de funcionamiento elementales de otro tipo de balastras .

Las balastras se clasifican de acuerdo al uso que reciben en el caso de balastras para lamparas de uso industrial la clasificación depende del tipo de lampara que se esta empleando como se indica a continuación:

#### Lamparas de Vapor de Mercurio

- B de resistencia
- B de reactancia
- B de regulación
- B de autoregulación

#### Lamparas de Halógeno Metálico

En este tipo de lamparas se emplean balastras de autoregulacion modificadas para obtener Voltajes de circuito abierto mas altos que los requeridos por lamparas de vapor de mercurio.

#### Lamparas de Sodio de Alta Presión

- B de reactor
- B de regulación magnética
- B de autoregulación

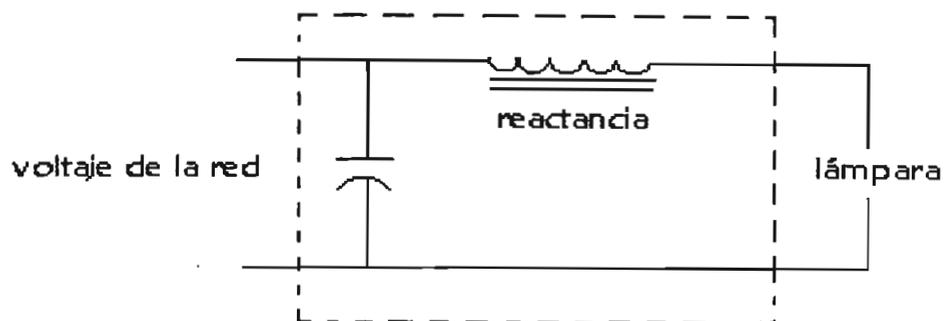
Balastras electrónicas

### 3.2.3. Descripción y Operación de las Balastras

#### 3.2.3.1. Balastras para lamparas de mercurio

##### 3.2.3.1.1. Balastra con Reactor

El circuito es el mostrado en la figura 3.5



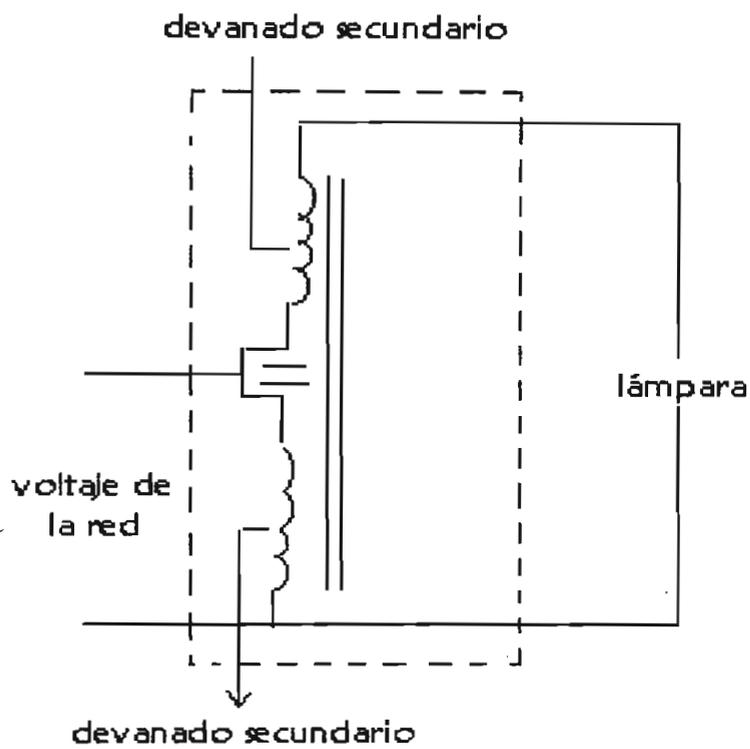
**figura 3. 5**

El circuito mostrado consta de una reactancia la función de esta es limitar las variaciones de corriente, además la reactancia permite obtener corrientes de arranque elevadas generalmente es un bobinado montado sobre hierro dulce, por si solo el circuito serie reactancia -lámpara presenta factores de potencia de 0.5 o del 50% debido a esto se incluye un capacitor destinado a incrementar el factor de potencia que finalmente llega a 0.9 o al 90% .

Este tipo de balastra puede operar únicamente con ligeras variaciones de voltaje variaciones considerables de voltaje significan notables variaciones en la potencia luminosa de la lámpara, las balastras de este tipo para uso industrial pueden operar a 220 voltios y a 480 voltios con variaciones de  $\pm 5\%$ .

##### 3.2.3.1.2. Balastra de desfase

Este tipo de balastra utiliza como en el caso anterior un reactor en serie con la lámpara pero en este caso el reactor es un autotransformador como se muestra en el circuito de la figura 3.6.

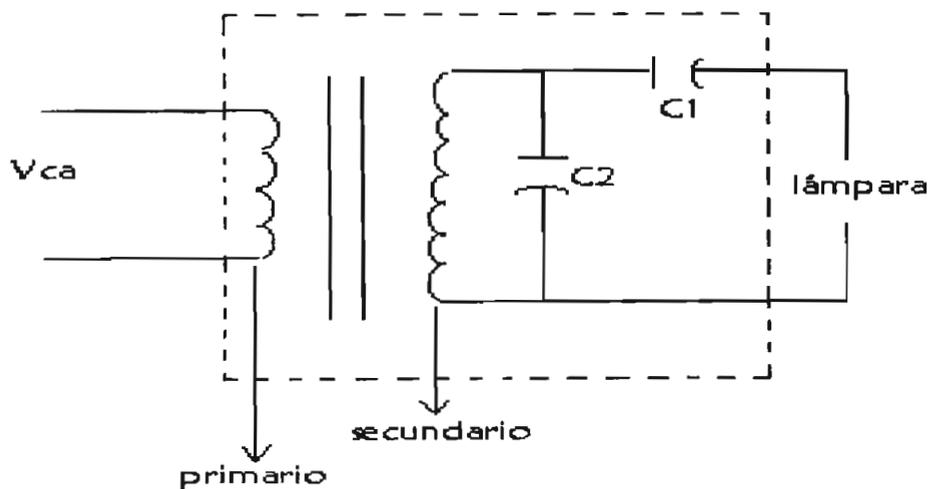


**figura 3.6**

El funcionamiento de este tipo de balastro es similar a las balastros con reactancia la ventaja comparativa realmente es que estas balastros pueden operar con variaciones de voltaje de hasta  $\pm 10\%$  inclusive con voltajes bajos que como se conoce ofrecen menor regulación de voltaje la desventaja radica en que el factor de potencia debe corregirse añadiendo un capacitor que finalmente encarece el costo de la balastro, se emplea en instalaciones donde se espera corregir el factor de potencia de instalaciones adicionales a las de iluminación.

### 3.2.3.1.3 Balastro de regulación

Vale notar que se emplea en lamparas de vapor de mercurio y de halógeno metálico se emplea el circuito de la figura 3.7

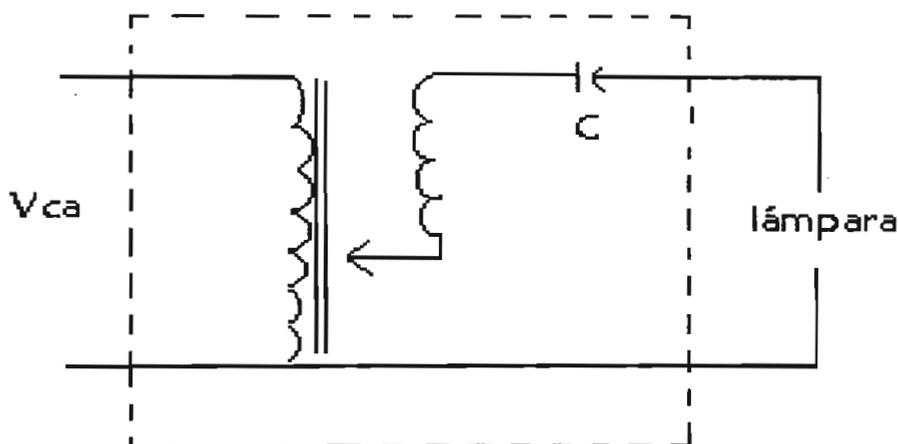


**figura 3.7**

Estas balastras constan de un transformador que permite aislar el circuito secundario de la alimentación, es decir variaciones en el voltaje de la red no afectan significativamente el voltaje suministrado a la lámpara alrededor de  $\pm 10\%$  además el bobinado secundario opera en régimen de saturación magnética esto permite reducir variaciones de corriente, esto quiere decir que el suministro de potencia a la lámpara será constante adicionalmente se tiene altos voltajes de circuito abierto gracias a la presencia de un capacitor en serie (C1) que permite un mejor y más rápido arranque de la lámpara, el capacitor C2 se emplea para mejorar el factor de potencia que en estas balastras es de alrededor del 95% operan con voltajes nominales de 110,220,480 voltios.

#### 3.2.3.1.4 Balastro de autorregulación

Puede decirse que este tipo de balastro es el resultado de combinar un circuito de regulación como el de la balastro de regulación y un autotransformador como se indica en la figura 3.8



**figura 3.8**

Obsérvese que en este caso el circuito de alimentación de la lámpara proveniente del bobinado secundario no está aislado físicamente del primario esto significa que las variaciones de voltaje del primario en algún grado significaran variaciones en el secundario de manera que este tipo de balastras serán menos eficientes que las anteriores al trabajar con variaciones de voltaje la ventaja radica en que un balastro de autorregulación es menos costoso que uno de regulación y las pérdidas son relativamente menores el resto de parámetros permanecen prácticamente en los rangos de un balastro de regulación.

### 3.2.3.2. Balastras para lámparas de halógeno metálico.

En estas lámparas los voltajes de circuito abierto son elevados, los voltajes de reencendido son altos de ahí que las balastras que se usan con estas lámparas son similares a las balastras de autoregulación de lámparas de vapor de mercurio pero modificando el núcleo del bobinado secundario para que la lámpara opere durante periodos de encendido en el valor pico de la onda de voltaje.

### 3.2.3.3. Balastras para lámparas de sodio de alta presión.

En este tipo de lámparas se requieren para el arranque pulsos de alto voltaje y relativamente baja potencia por ejemplo lámparas de sodio de alta presión durante el arranque pulsos de 3000 voltios y corrientes de 300 a 350 miliamperios.

Adicionalmente durante el periodo de vida útil de la lámpara la temperatura interna del tubo se incrementa por una paulatina reducción de la resistencia eléctrica del arco entre los electrodos, esto se debe a que la amalgama interna se vaporiza en mayor grado durante cada operación, debido a esto el voltaje del arco es variable con tendencia al incremento, estas variaciones de voltaje significan variaciones de potencia dentro de ciertos límites, la American National Standards Institute (ANSI) especifica en este caso una curva de operación para lámparas de sodio de alta presión como se muestra en la figura 3.9

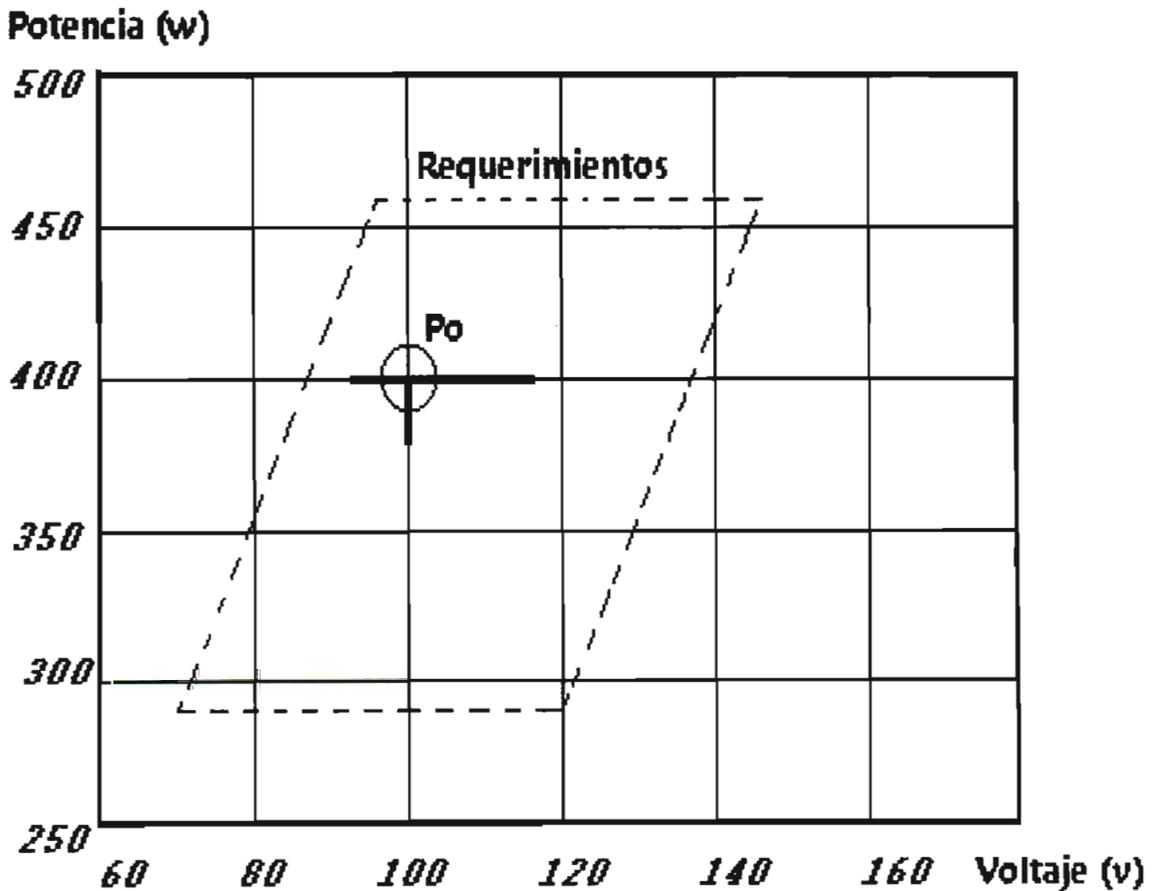
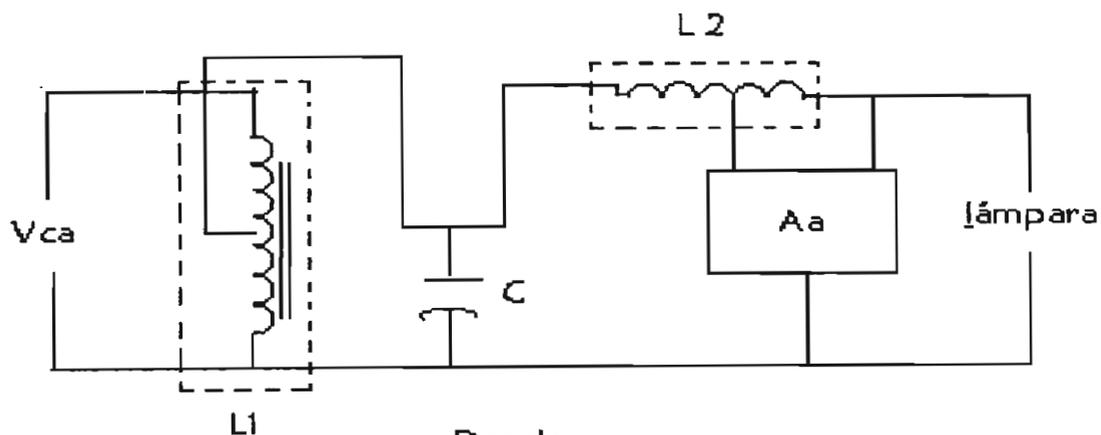


figura 3.9

Po es el punto de operación de la lámpara en este caso Po se refiere a una lámpara que opera a 100 voltios con potencia de 400 vatios (100;400) ,los limites especificados de voltaje son de 90 a 115 voltios la potencia de la lámpara puede variar de 280 a 475 vatios debido a esto la curva especifica los requerimientos de la balastra en condiciones normalizadas para limites de 84 a 140 voltios  $\pm 15\%$  estos valores definen los puntos que limitan el trapecio, en este caso tenemos una balastra capaz de operar entre 84 y 140 voltios con potencias de entre 280 y 475 vatios a pesar de que el punto de operación esta en 100 voltios a 400 vatios ,se elige entonces una lampara de 400 vatios con un rango de variación de voltaje de 90 a 115 voltios.

### 3.2.3.3.1 Balastras de reactancia

El circuito de la figura 3.10 muestra un circuito de balastra por reactancia



Donde:  
Vca: voltaje de la fuente  
L1: autotransformador  
L2: reactor  
C: capacitor corrector del fp  
Aa: auxiliar de arranque

**figura 3.10**

El autotransformador L1 se emplea para regulación de voltaje ,el capacitor C sirve para corregir el factor de potencia ,el reactor L2 provee elevadas corrientes de arranque así como una adecuada regulación de potencia hacia la lampara, Aa es el auxiliar de arranque que permite obtener pulsos de alto voltaje durante el arranque esta balastra es bastante adecuada para instalaciones industriales puesto que trabaja con voltajes Vs de red de 208,240 y 480 voltios ,balastras de 250 y 400 vatios se pueden utilizar sin el autotransformador .

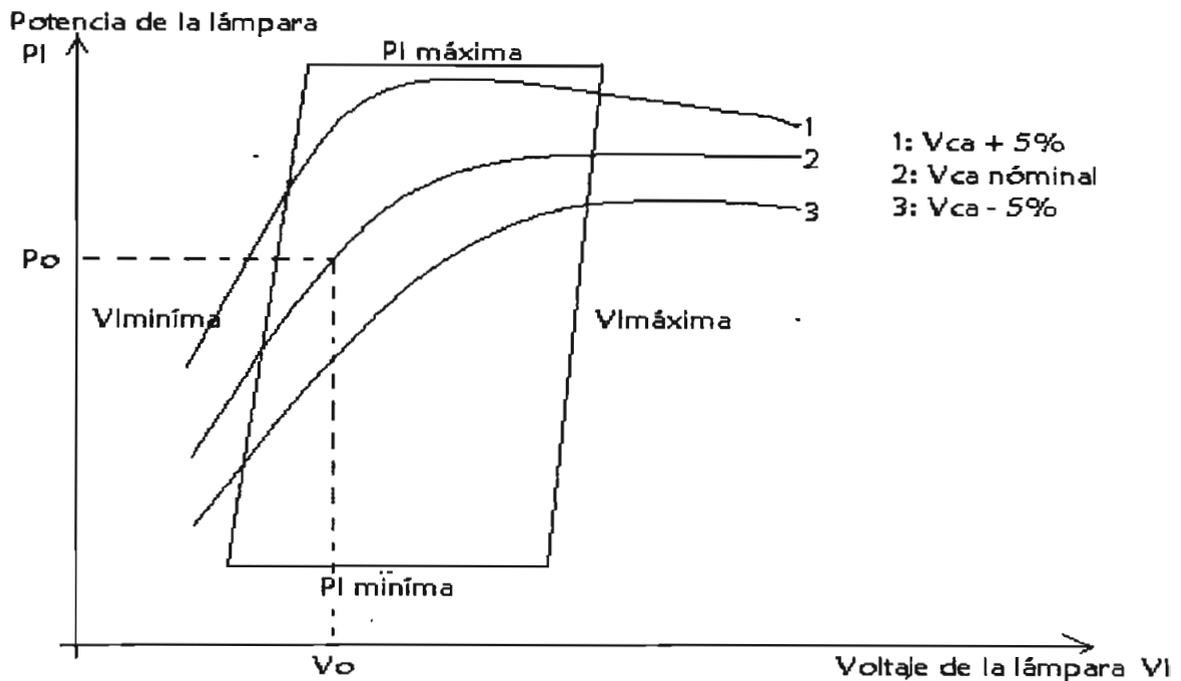


figura 3.11

En la figura 3.11 se muestran las características de operación de una balastro de reactancia al voltaje nominal la operación es a potencia nominal valores superiores o inferiores al voltaje nominal significan potencias superiores o inferiores respectivamente  $(V_o; P_o)$  es el punto de operación normal a  $V_s$  nominal en condiciones de voltaje superiores la tendencia es a incrementar la potencia de la lámpara pero sin exceder el máximo para valores menores a  $V_s$  nominal la tendencia de la lámpara es a reducir la potencia en definitiva se concluye que en este tipo de balastos ocurre que al variar el voltaje de línea se está variando la potencia de la lámpara para valores superiores al nominal el exceso de potencia disminuye la vida útil de la lámpara, en cambio valores inferiores de potencia significan niveles de iluminación por debajo de los nominales.

### 3.2.3.3.2 Balastro Electrónicas.

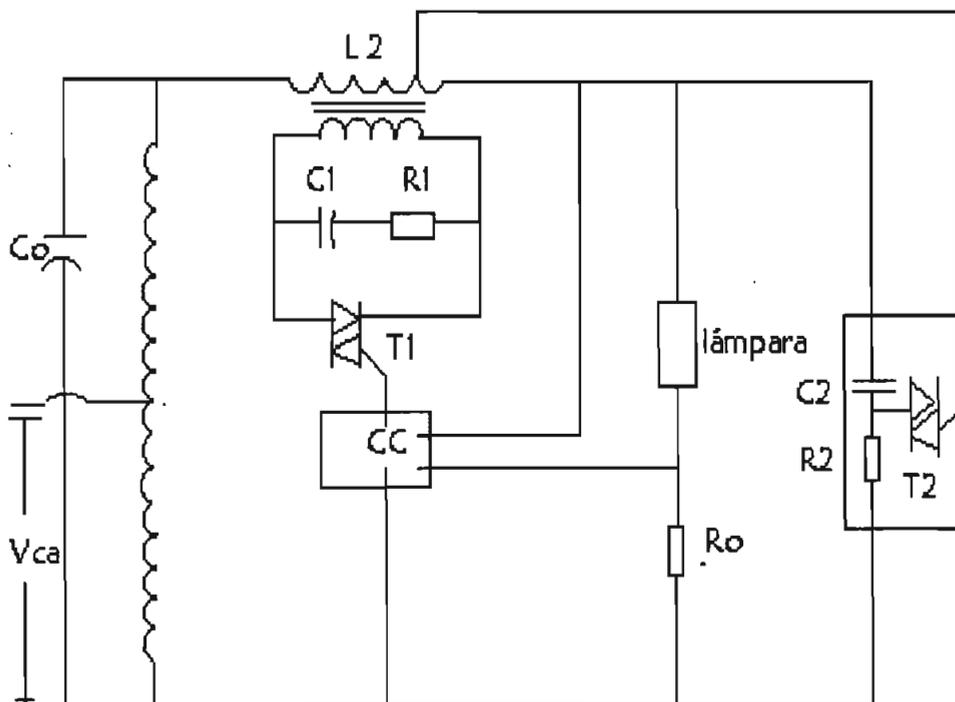
Este tipo de balastro se emplea con lámparas de descarga de sodio de alta presión con las siguientes ventajas

- 1) Se consiguen factores de potencia de 85 a 90 %
- 2) Toleran caídas de tensión de 20 a 40% del voltaje de alimentación.
- 3) Bajas pérdidas de potencia

- 4) Cambios de voltaje no significan grandes cambios de potencia
- 5) Se consiguen altos rendimientos de Las lamparas
- 6) Los niveles de iluminación permanecen constantes durante toda la vida útil de la lampara.
- 7) Costos de operación relativamente bajos.

Vale notar que este tipo de balastras debido a las ventajas mencionadas muestran costos de inversión relativamente altos.

A continuación en la figura 3.12 se muestra el circuito empleado en una balastro electrónica cuyo funcionamiento se explica posteriormente.



**figura 3.12**

La balastra consta de un sistema de reglamentación que sensa la corriente y el voltaje de la lámpara las variaciones de voltaje se transforman en corrientes a través de  $R_o$  estas variaciones ingresan al circuito de control CC que a niveles predeterminados sirve para activar el tiristor (triac) T1 que permite la circulación de corriente en un sentido o en otro en el circuito formado por la resistencia R1 en serie con el capacitor C1 y el transformador L2 esto permite incrementar el voltaje si se ha producido una baja del mismo o alternativamente disminuir el voltaje si se ha producido una elevación del mismo de esta manera se produce una regulación automática de corriente y voltaje de la lampara ante variaciones monitoreadas por el circuito de control,el circuito formado por R2,C2,T2 se emplea como auxiliar de arranque que provee los pulsos de corriente necesarios durante el arranque.

El capacitor  $C_o$  se incluye para corregir el factor de potencia, L1 es un autotransformador que se utiliza para absorber Las variaciones del voltaje de alimentación  $V_s$ .

A continuación en la figura 3.13 se muestra un perfil que indica el comportamiento de una balastra electrónica ,obsérvese como se controlan Las variaciones de potencia de la lampara a pesar de tener grandes variaciones de voltaje,por citar un ejemplo variaciones de  $\pm 10\%$  en el voltaje de red  $V_s$  significan variaciones de  $\pm 1\%$  en la potencia de la lampara.

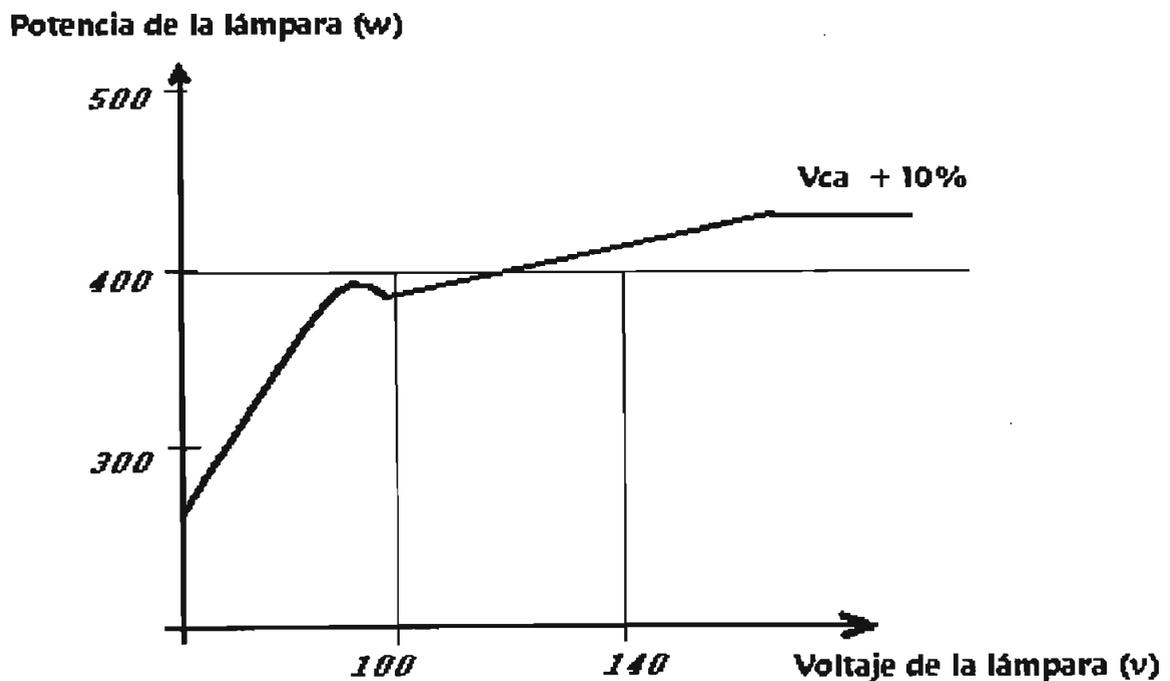
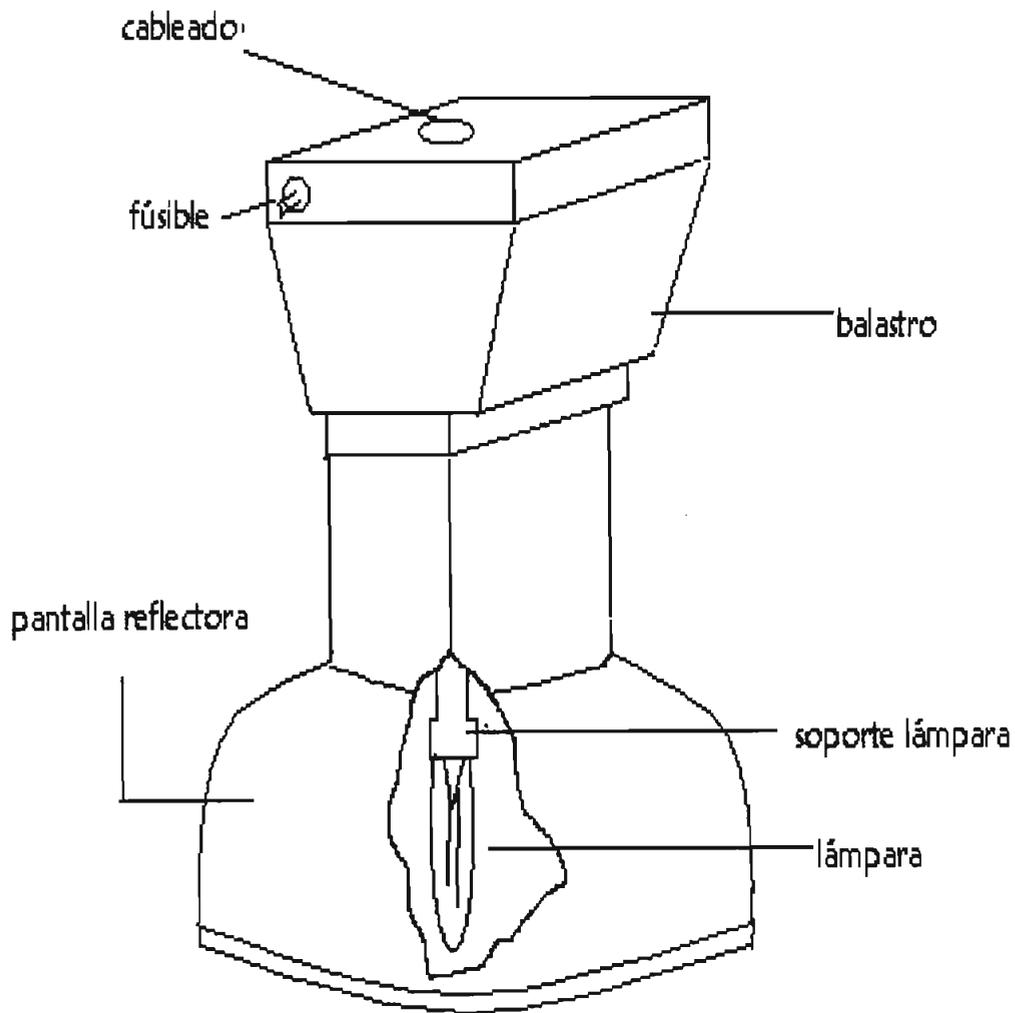


figura 3.13

En definitiva las balastras permiten el funcionamiento adecuado de las lámparas y mejoran las condiciones de operación obteniéndose mejores rendimientos y periodos de vida útil mayores ,para uso industrial todas las lamparas constan de balastras existen lámparas en las que el casquillo esta directamente unido al circuito de la balastra formando un solo conjunto esto ocurre con las balastras electrónicas en el gráfico de la figura 3.14 se muestra una lampara en la que la lámpara esta unida a la balastra debido a que lampara-balastra se encuentran montados en un solo dispositivo .



**figura 3.14**

Además se puede ver que en la practica una lampara se aprovecha mejor si es que se controla la dirección de los rayos luminosos que esta genera para ello se emplea una pantalla reflectora que son superficies pulidas ,además alternativamente se pueden usar lentes que permiten obtener mejores niveles de iluminación.

Existen adicionalmente equipos auxiliares que pueden emplearse en procesos que requieren iluminación continua aun en caso de falla un ejemplo de este equipo auxiliar son las lamparas de cuarzo con interruptores automáticos que entran en funcionamiento cuando la lampara principal no esta en condiciones de funcionar por ejemplo porque la lampara esta en el periodo de calentamiento y aun porque se han tenido interrupciones de suministro eléctrico ,son recomendables en procesos de precisión o procesos que involucran tareas de corte que podrían causar lesiones al operario;estos sistemas complementarios se usan en lamparas de mercurio y de halógeno metálico que tienen periodos de encendido relativamente largos,vale notar que estos sistemas significan consumo de energía adicional para mantener en espera el circuito que operaria en emergencia la lampara de cuarzo.

Las lamparas de descarga de alta presión presentan como desventaja periodos de encendido largos se recomienda usar alternativamente sistemas auxiliares se obtienen excelentes resultados si se emplean grupos de lamparas fluorescentes, por ejemplo en fabricas donde se cambia el sistema de iluminación es una buena practica no eliminar totalmente lamparas fluorescentes de la instalación anterior sino dejar aquellas circundantes a zonas iluminadas por las nuevas lamparas de descarga .

### **3.3. Características Generales**

Durante el análisis de tipos de luminarias así como de los dispositivos asociados a lamparas se describe sus características y parámetros, sin embargo se estima conveniente mencionar la información descrita por los fabricantes en los manuales y de los parámetros a ser considerados durante los diseños.

#### **3.3.1.Parámetros de diseño**

Los datos de manuales son resultados estadísticos de pruebas realizadas con lamparas de prueba diseñadas previamente no todos los fabricantes emplean los mismos parámetros sin embargo las pruebas si se hallan normalizadas por la IES siglas de la Illuminating Engineering Society de los Estados unidos, los resultados de pruebas estipuladas por la IES cualitativamente se describen a continuación.

##### **3.3.1.1.Grafica de Distribución de Intensidad**

En el capitulo 1 se considera las gráficas de distribución luminosa así como se explica su significado sin embargo para la realización de estas gráficas se considera la luminaria como el centro de una esfera con radio la distancia a un punto especifico (re) para lo cual se considera que:

$$5.d_l \leq r_e \leq 10.d_l \quad (\text{Ec.3.3})$$

Donde  $d_l$  es el diámetro de la luminaria.

Durante las pruebas se hacen mediciones de intensidad luminosa en direcciones estimables en coordenadas polares  $(r;\phi)$  tomando como origen de coordenadas la posición de la luminaria, las presentaciones gráficas especifican:

- 1) Semiplanos para distribuciones simétricas
- 2) Múltiples planos para distribuciones de intensidad de luminarias con varios frentes.
- 3) Gráficas tridimensionales para distribuciones asimétricas.

### 3.3.1.2. Datos Tabulados

En una tabla de datos constan cada  $5^\circ$  o  $10^\circ$  los valores de intensidad luminosa ( $I$ ), así como los valores de flujo luminoso ( $\phi$ ) para zonas de  $5^\circ$ , las zonas donde el flujo luminoso cambia bruscamente debido a la forma o a la posición requieren zonas de menos de  $5^\circ$  generalmente para luminarias industriales las zonas son de alrededor de  $10^\circ$ , los valores de flujo  $\phi$  de cada zona se calculan considerando los parámetros geométricos del punto donde se mide la intensidad luminosa  $I$ , para explicar esto se recurre a la figura 3.15

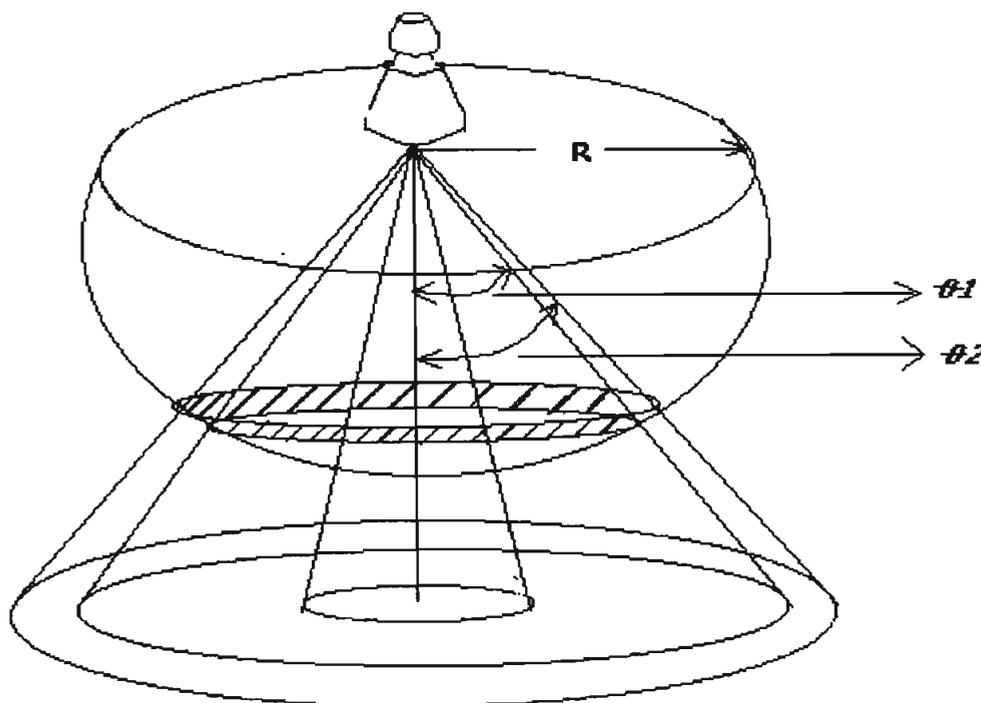


figura 3.15

Se emplean Las siguientes ecuaciones:

$$\phi = k.I \quad (\text{Ec.3.4})$$

$$k = \frac{a}{r} \quad (\text{Ec.3.5})$$

Donde a: Área de la zona esférica y  $a=2.\pi.r^2.(\cos \theta_1-\cos \theta_2)$  (Ec.3.6)

$$\Rightarrow k=2.\pi.(\cos \theta_1-\cos \theta_2) \quad (\text{Ec.3.7})$$

$$\Rightarrow \phi =I.2.\pi.(\cos \theta_1-\cos \theta_2) \quad (\text{Ec.3.8})$$

De esta manera se puede evaluar el flujo luminoso de la luminaria empleando la relación (Ec.3.9):

$$\phi \text{ luminaria} = \frac{\sum \phi \text{ zonal} \cdot \phi \text{ lampara}}{\phi \text{ base}} \quad (\text{Ec.3.9})$$

En este caso se considera que el flujo luminoso es aditivo para todas las zonas de la esfera que envuelven la luminaria para todas Las zonas de iluminación como se indica en la figura 3.16

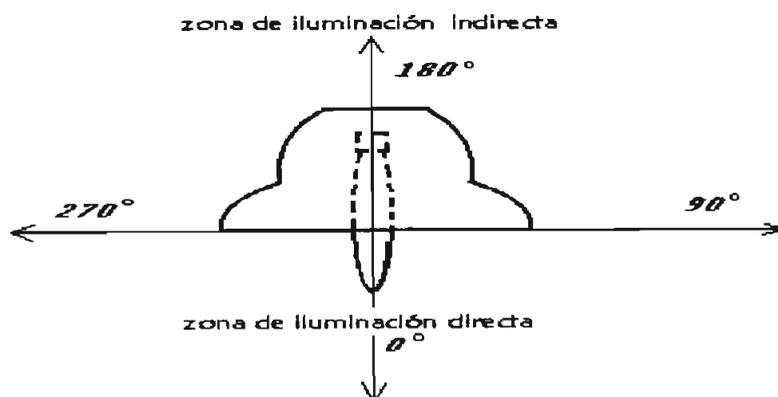


figura 3.16

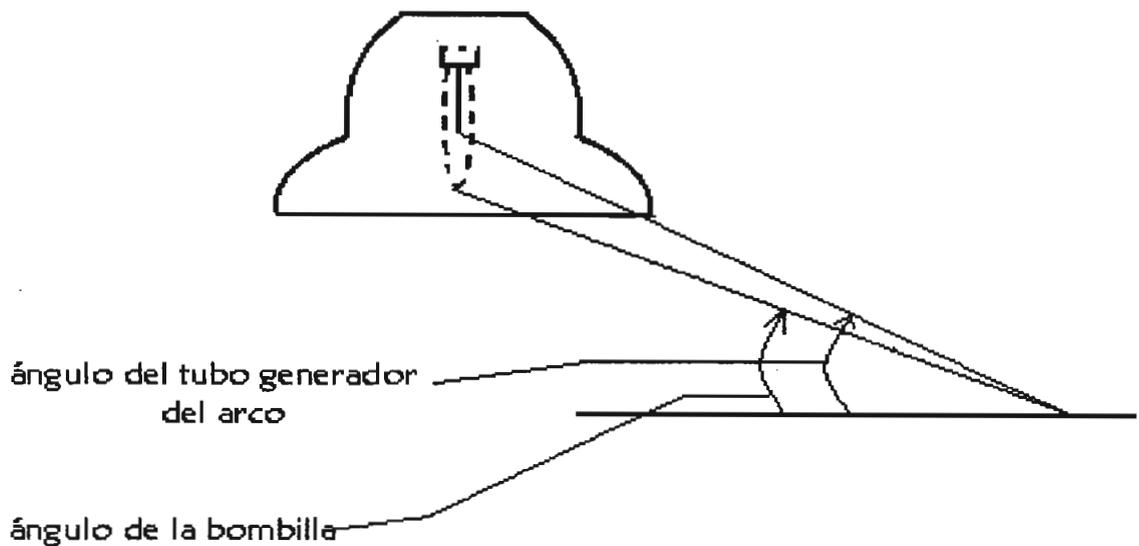
En manuales consta por tanto el flujo luminoso total en la zona de  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  para distribuciones simétricas en zonas de iluminación directa e indirecta

Se obtienen por tanto flujos luminosos totales tanto para lamparas como para luminarias los valores resultantes serian por tanto:

$\phi$  lampara es un porcentaje de  $\phi$  base (lampara de prueba).

$\phi$  luminaria es un porcentaje de  $\phi$  total de la luminaria.

### 3.3.1.3. Angulos de Pantalla



**figura 3.17**

Se define al ángulo de pantalla como aquel formado por la superficie iluminada que generalmente se representa por la horizontal y la visual en la que la lampara empieza a ser visible generalmente este dato se refiere al uso de la pantalla en la lampara un valor usual es  $30^{\circ}$ , esto no obsta que la pantalla se emplee con otros ángulos o con otro ángulo en particular (referirse a la figura 3.17)

#### 3.3.1.4. Características descriptivas de la Luminaria

Son características físicas de la lámpara y de la luminaria incluyen:

- a) Tipo de luz
- b) Número de partes
- c) Posición de operación
- d) En algunos casos distancia lámpara –reflector (pantalla).

#### 3.3.1.5. Posición recomendada

La posición de la lámpara dentro de la pantalla altera las características de flujo de la luminaria de ahí que en algunos manuales se recomienda la posición de la lámpara con respecto al dispositivo reflector, mientras mayor separación exista entre los dos más estrecho es el haz de luz y viceversa algunas luminarias vienen con un espaciador lámpara-reflector, dependiendo de la aplicación de la luminaria el fabricante recomienda instalar o retirar espaciadores de entre 1-2 pulgadas.

Otro tipo de ubicación sugerida por el fabricante generalmente aparece en forma implícita en los manuales se refiere a la relación espaciamiento–altura de montaje (E/AM): el espaciamiento E es la distancia entre luminarias, la altura de montaje AM es la distancia entre la luminaria y la superficie de trabajo realmente lo que se conoce es el cociente entre los dos parámetros pero prefijar uno de los dos significa obtener el parámetro restante.

### 3.3 2. Parámetros de Diseño.

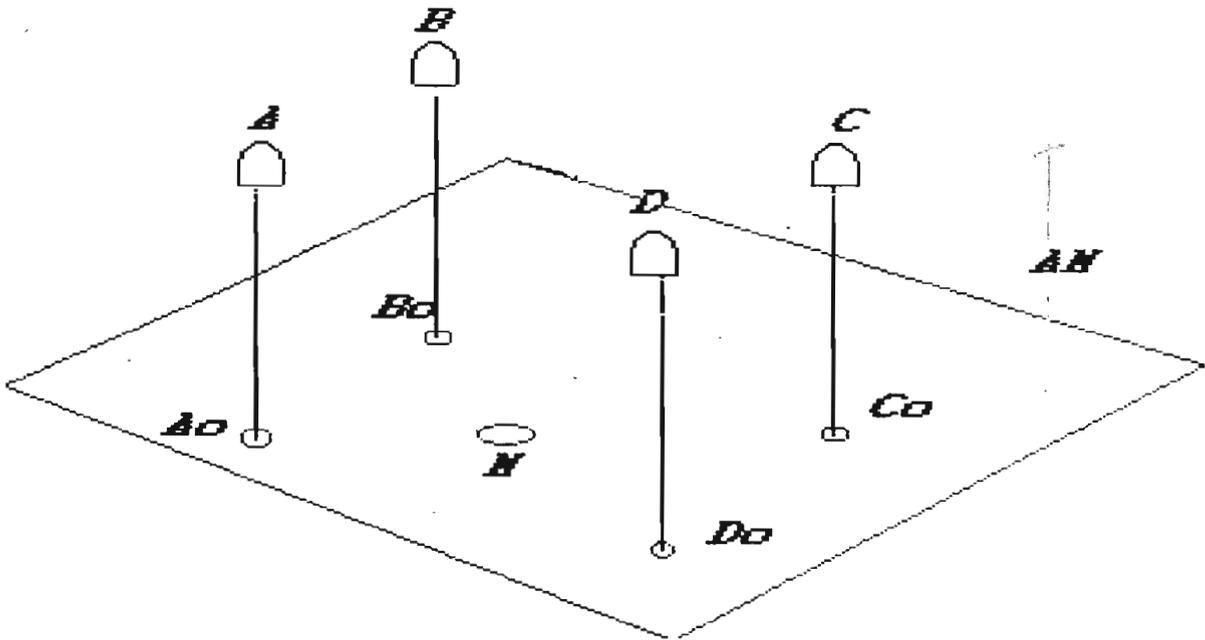
En este apartado se describe los parámetros que deciden la ubicación de grupos de luminarias en un recinto industrial no referidos a la iluminación de interiores, sino al empleo adecuado de sistemas de luminarias con el objetivo de hacer uso de metodologías y criterios investigados y creados para procesos de fabricación que involucran controles de calidad y de cantidad.

Vale decir que la ubicación de luminarias depende de la actividad que se va a realizar, sin embargo existen criterios generales como los que se describe a continuación:

#### 3.3.2.1. Criterio de Espaciamiento

Se define como criterio de espaciamiento a la distancia máxima entre luminarias que permite conseguir niveles uniformes de iluminación sobre una superficie horizontal, el criterio de espaciamiento es un valor nominal de la luminaria sirve como referencia es un valor comparable con la relación E/AM

El problema reside en iluminar un punto  $M$  con el mismo aporte de intensidad de todas las luminarias alrededor de  $M$ , se debe recordar que el punto  $M$  se identifica por cierto nivel de iluminación requerido y por que la intensidad luminosa varia en forma inversa al cuadrado de la distancia que separa la luminaria del punto  $M$ , se parte del supuesto de que el punto  $M$  equidista del número  $(n)$  de luminarias que rodean a  $M$  este punto se halla sobre la superficie de trabajo que generalmente se considera horizontal los puntos con subíndice o indican la vertical formada entre la luminaria y el punto justamente bajo la luminaria como muestra la figura 3.18 ( $n=4$ ).



**figura 3.18**

Como el punto  $M$  es parte de la superficie de trabajo el nivel de iluminación de ese punto tendrá el mismo nivel de iluminación de los puntos  $A_o, B_o, C_o, D_o$  que serían los puntos donde inciden los haces verticales de cada luminaria sobre la superficie de trabajo se debe tomar en cuenta que las luminarias tienen la misma potencia luminosa

### 3.3.2.2. Niveles de Iluminación.

En industrias establecidas los sistemas de iluminación empleados requieren a menudo cambios parciales o totales esto se debe a que en gran medida el sistema de iluminación no recibió la importancia del caso durante la construcción y diseño de la industria además frecuentemente por ausencia de mantenimiento preventivo, como se verá posteriormente el nivel de iluminación en industrias es específico en prácticamente la totalidad de las actividades que en estas se realiza, esto

significa que los niveles de iluminación requeridos deben controlarse periódicamente o en su defecto mantener planes de mantenimiento establecidos.

La magnitud iluminación en Lux se define como la cantidad de flujo luminoso incidente en una superficie, en lo posterior se entenderá que el flujo luminoso lo genera el sistema de iluminación constituido por un grupo de luminarias que son lámparas dotadas de dispositivos que permiten controlar el flujo luminoso tales como pantallas, reflectores, lámparas complementarias, etc.; la superficie puede ser el plano de trabajo más simple como es una mesa o una línea de ensamble e inclusive el proceso de producción generados por maquinaria automática.

Posteriormente se recopila niveles de iluminación recomendados por la American National Standard Institute (ANSI) para procesos Industriales, estos valores son aproximados y su uso es tentativo en general es recomendable disponer de un medidor de iluminación que permita preestablecer el nivel de iluminación adecuado en función de la actividad a realizar que en esta industria en particular se explica.

El formato utilizado es el siguiente:

*Actividad /Detalle/Observaciones/Nivel de iluminación recomendado (NIR)*

3.3.2.2.1. Plataformas de carga y descarga.-En estos sitios se recibe materia prima de proveedores (descarga), de manera similar en otros sitios (carga) se hace entrega de producto terminado.

Observaciones :En estos sitios no se realiza inspección de ningún tipo eminentemente conteos de control.

NIR: 110 Lux

3.3.2.2.2. Inspección de Materia Prima.-Se realiza con la finalidad de detectar imperfecciones o fallas debidas a fabricación que signifiquen dificultades durante el procesamiento de la materia prima un buen ejemplo de esto es la lamina metálica que podría presentar perforaciones, deformaciones, problemas de excesiva corrosión, defectos de pintura en el caso de lamina prepintada.

Observaciones.-La inspección se ha tipificado en 5 niveles :

- 1) Mínima
- 2) Media
- 3) Superior
- 4) Semispecifica
- 5) Especifica

NIR ;Inspecciones de nivel Medio se requieren al menos 1100 luxes

3.3.2.2.3. Procesamiento de Partes con maquinaria automática.-Una vez realizada la inspección la materia prima se somete a procesamiento en este caso haciendo uso de maquinaria automática son ejemplos las dobladoras, las roladoras de lamina metálica, laminadoras de plástico.

Observaciones.-Este tipo de tareas únicamente requieren la supervisión del hombre en estos casos visualizar cualquier anomalía durante el proceso significa detenerlo a fin de realizar las correcciones necesarias.

NIR :son requeridos 5400 luxes.

3.3.2.2.4. Procesamiento de partes con maquinaria automática de precisión.-En este tipo de maquinaria se realizan perforaciones y dobleces usando programación preestablecida en lamina metálica, en el caso de lamina plástica se emplean estampadoras que son maquinas que con el uso de moldes dan formas volumétricas a la lamina plástica cuya materia prima es el poliestireno estas maquinas se controlan mediante el uso de PLC.

Observaciones.-Las partes elaboradas en estos procesos requieren medidas predeterminadas ,pues servirán para subensambles y ensambles posteriores los procesos requieren control y verificación permanente en forma visual con el uso de medidores de precisión.

NIR :se requieren 10800 luxes.

3.3.2.2.5. Inspección de Partes Plásticas.-Las partes plásticas requieren inspecciones de nivel mínimo esto debido a que durante el procesamiento de las mismas su estado ha sido verificado.

Observaciones.-Estas inspecciones las realiza personal que no esta involucrado con la fabricación de estas partes sino que las va a emplear en subensambles.

NIR :son suficientes 540 luxes.

3.3.2.2.6. Inspección de partes metálicas.-Este tipo de inspección se realiza especialmente con partes que van a ser pintadas se realiza con la finalidad de detectar golpes e imperfecciones que resultaran evidentes una vez que la parte ha sido pintada.

Observaciones .-Este tipo de inspección resulta sumamente difícil se requiere el uso de la vista y el tacto inclusive ,pero resulta necesario debido a que reparar partes pintadas es complicado además frecuentemente los acabados finales de las partes muestran señales de estas reparaciones .Estas inspecciones están tipificadas como de nivel específico.

NIR: se deben tener al menos 10800 luxes

3.3.2.2.7. Aplicación de Pintura.- Las partes a ser pintadas reciben tratamiento destinado a liberar las partes de impurezas y como en el caso de partes metálicas liberarlas de lubricantes que se emplean para el embalaje de la lamina metálica ,estos procesos no requieren niveles específicos de iluminación.Por el contrario la aplicación de pintura en cabinas de pintura líquida o de pintura electrostática si requieren niveles de iluminación mínimos .

Observaciones .-Este tipo de procesos se realizan en cabinas de aplicación propias del proceso estas cabinas cuentan con sistemas de iluminación propios en estos se debe controlar los niveles de

iluminación y además observar un mantenimiento periódico del sistema de iluminación debido a la contaminación propia del proceso.

NIR : Se recomiendan para aplicación de pintura con pistola electrostática 600 luxes.

Para aplicaciones con pintura líquida se recomiendan 1100 luxes.

3.3.2.2.8. Procesos de Ensamble de Partes.-Estos procesos ocurren en las líneas de producción es el momento en el que se montan las partes elaboradas en las zonas de fabricación y en sitios de subensamble o ensamble preliminar.

Observaciones.- Se debe especificar el tipo de ensamble que se realiza y el grado de dificultad que el proceso involucra ensamblar partes de alto costo significa tener visibilidad óptima .

NIR : Para procesos de ensamble es recomendable emplear la siguiente tabla:

Dificultad (De menor a mayor dificultad)	NIR (luxes)
Subensambles-----	540
Preensambles-----	1100
Ensamble de dificultad media-----	5400
Ensamblajes en general-----	10800

3.3.2.2.9 .Inspección Final.-Se realiza con el objetivo de detectar defectos de fabricación y ensamble.

Observaciones.-Este tipo de trabajo es importante puesto que incide directamente en la calidad del producto en esta etapa los controles son visuales y de funcionamiento mediante el uso de instrumentos como por ejemplo medidores de espesor de pintura, detectores de fugas, amperímetros para citar algunos ejemplos.

NIR: Este tipo de inspección es de grado específico se deberían utilizar niveles de iluminación de entre 5400-10800 luxes.

### 3.3.2 Criterios de Diseño.

El diseño del sistema de iluminación no puede ser ajeno a la realidad la solución de problemas de diseño no está orientada únicamente a los métodos y a los cálculos de la iluminación se deben observar lineamientos de orden práctico tanto de diseño como de montaje.

#### 3.3.2.1. Flexibilidad del Montaje

Se considera que tanto el espaciamiento (distancia entre luminarias) como la altura de montaje (separación luminaria-superficie de trabajo) son parámetros que se controlan durante el diseño a fin de variar niveles de iluminación y número de luminarias esto significa que el montaje de las luminarias debería ajustarse a condiciones de diseño se sugiere por tanto:

a) Montar el sistema de iluminación en forma deslizante un buen ejemplo son los reflectores que se montan sobre regletas en las que el reflector tiene facilidad de movimiento, a nivel de naves industriales se puede hacer algo similar de manera bastante simple con las luminarias como se indica en la figura 3.19 y 3.20

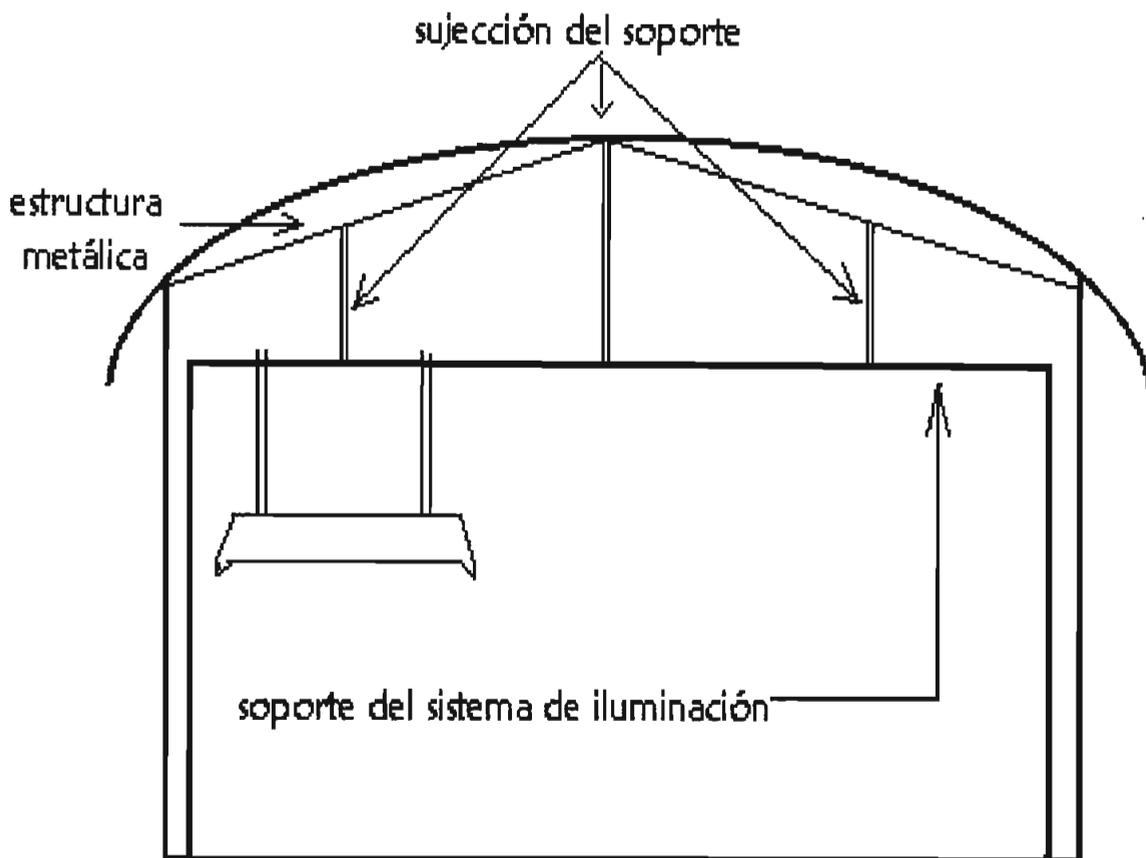
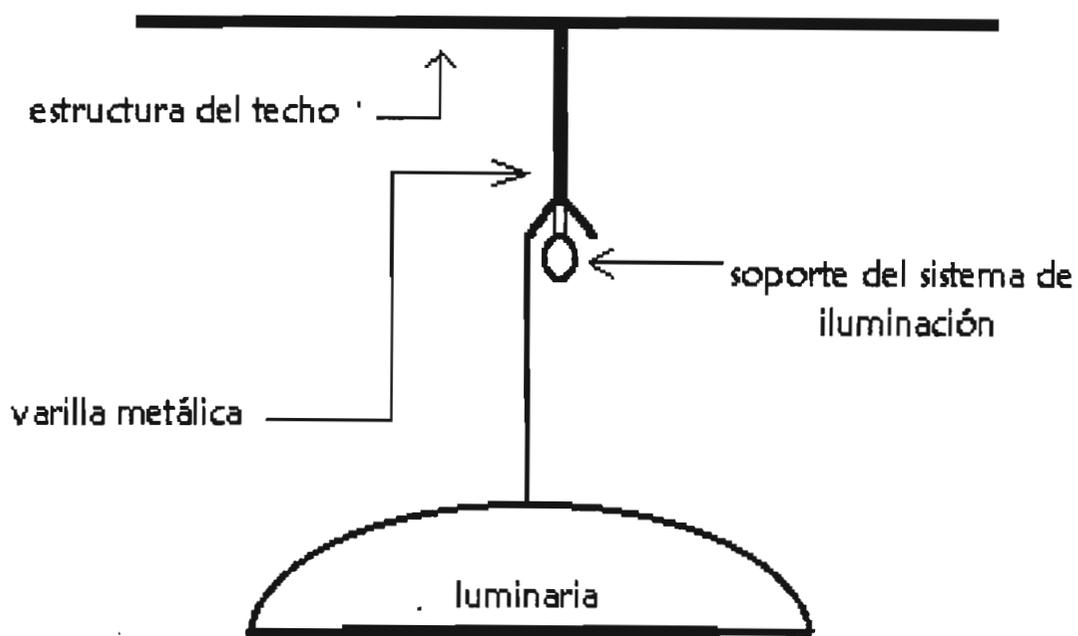
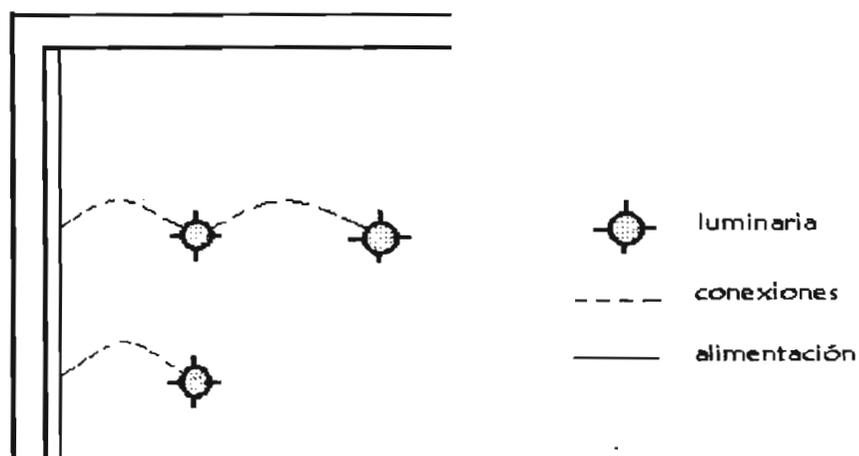


figura 3.19



**figura 3. 20**

b) Montar el sistema de alimentación en forma paralela al sistema de iluminación se recomienda el sistema de barras como se indica en la figura 3.21



**figura 3.21**

En estos casos la barra se monta a lo largo de la pared y a la misma altura del soporte del sistema de iluminación de esta manera es posible realizar la toma de energía prácticamente sin depender de la posición de la fuente de alimentación .

c)Facilidad de acceso al sitio de montaje .-Esta practica se refiere a la ubicación de luminarias en sitios donde se puede acceder tanto para montaje como para reposición de lamparas ,esto es evitando en lo posible interferir con maquinaria situada en el piso en industrias donde se emplea montacargas se debe preveer el acceso de estos vehiculos puesto que facilitan el acceso de personal a las luminarias como se muestra en la figura 3.22

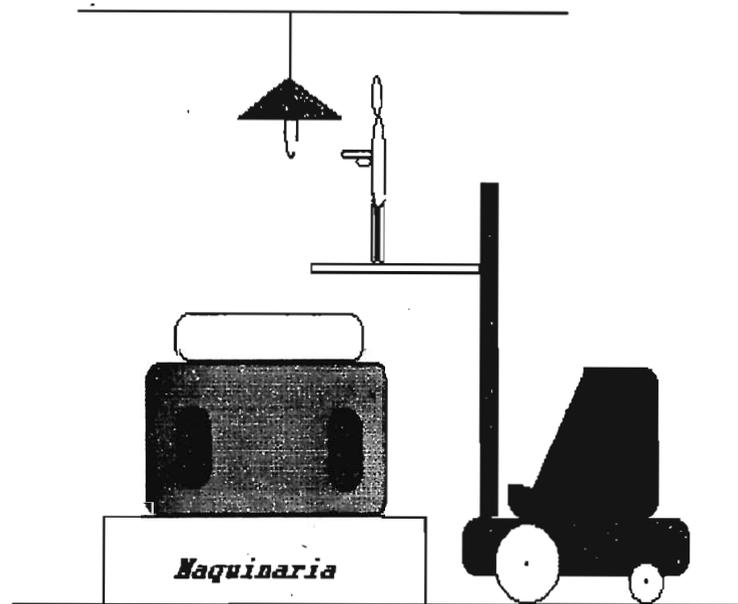


figura 3. 22

e) En sitios de difícil acceso como son cabinas de aplicación de pintura se debe realizar mantenimiento preventivo y periodico del sistema de iluminación como se explica en el capitulo referido a este topico del mantenimiento ,vale recordar que en estos sitios la luminaria viene en el interior de la cabina y generalmente junto a un transportador (figura 3.23) debido a esta circunstancia resulta practcamente imposible cambiar lamparas durante jornadas de trabajo a menos que sea estrictamente necesario lo cual significa paralizar la producción.

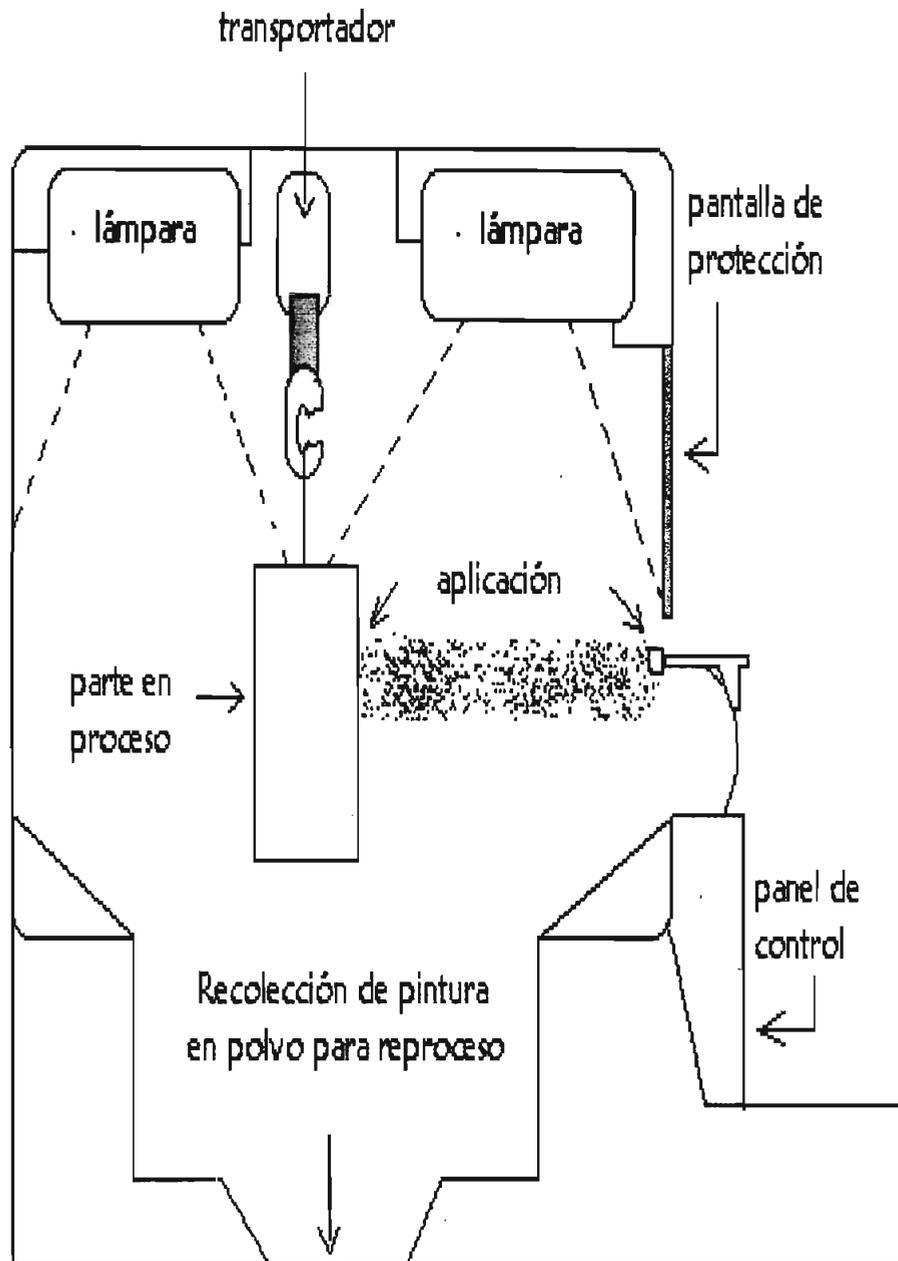
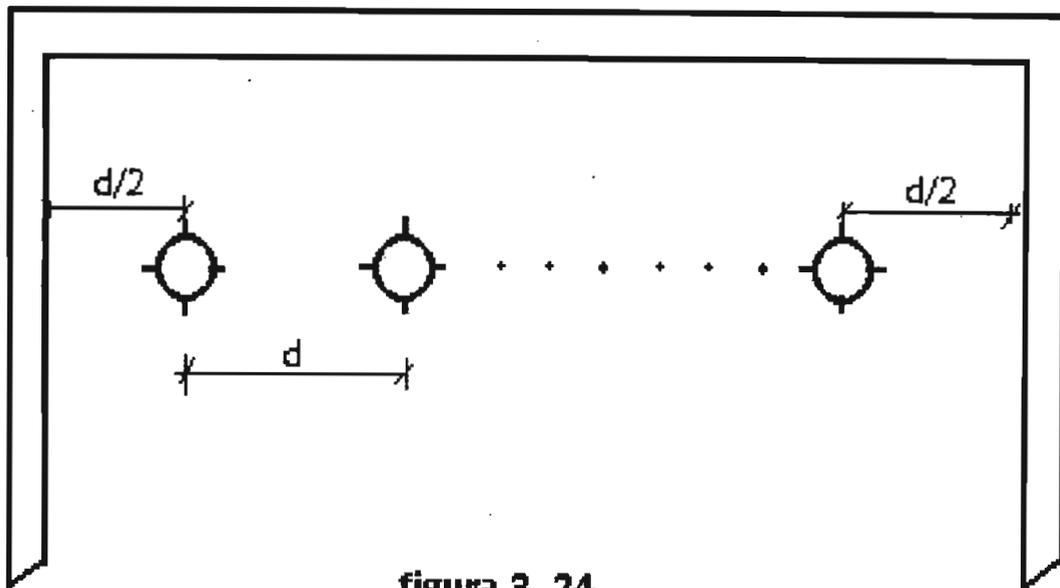


figura 3. 23

### 3.2.2. Consideraciones de Diseño

a) El resultado de un diseño podría indicar como espaciamiento entre luminarias la distancia  $d$  el momento de realizar el montaje la distancia de la primera y ultima luminaria hacia las paredes sería  $d/2$  como se indica en la figura 3.24



**figura 3. 24**

b)El criterio de espaciamento (CE) como se explicó anteriormente permite obtener valores uniformes en el nivel de iluminación sobre una superficie horizontal ,este es un valor tentativo por lo tanto los diseños deben considerar las mejores aproximaciones en este caso vale decir que es recomendable emplear la relación:

$$E/AM < CE \quad (Ec.3.10)$$

La razón de esta formulación se basa en que el criterio de espaciamento considera condiciones ideales como que el haz luminoso es simétrico, adicionalmente el nivel de iluminación tomado como base se puede encontrar justo por debajo de la luminaria, en definitiva se establece de manera predominant eel cponente directo del haz luminoso esto no necesariamente es recomendable en la practica en una planta industrial existen sombras en las zonas intermedias entre una luminaria y otra se debe considerar que parte de la luz se dispersa en forma indirecta .

En definitiva el CE especificado por el fabricante da una medida de la dispersión del haz luminoso generado por la luminaria considerando la maxima potencia luminosa a un angulo vertical de cero grados como se indica en la figura 3.25

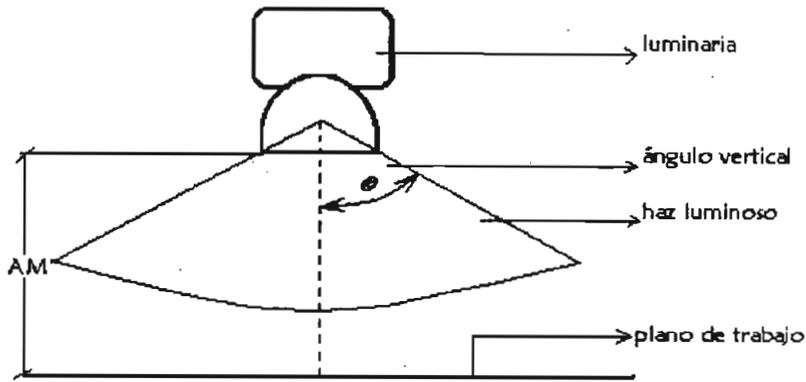


figura 3. 25

Al montar varias luminarias se produce una superposición de los diferentes haces luminosos los diseños deben considerar el aporte de cada luminaria para puntos ubicados entre luminarias,partiendo del siguiente esquema (figura 3.26) se pueden sugerir las consideraciones estimadas posteriormente .

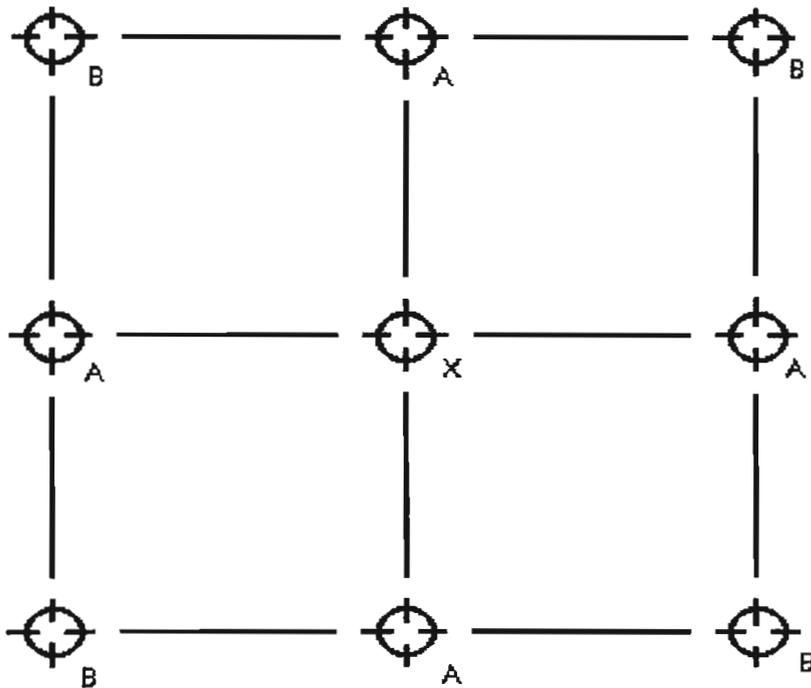


figura 3. 26

Se considera el plano de trabajo situado justo bajo la luminaria X con diferentes valores nominales del CE ,adicionalmente las características de potencia de las luminarias son las mismas, únicamente varia la posición de cada una así como el grado de dispersión del haz luminoso de cada una de ellas los resultados se indican a continuación:

**a) CE=1**

$$E/AM=1/1$$

Angulo vertical de la luminaria A=45°

Aporte de la luminaria A=14%

Angulo vertical de la luminaria X=54.7°

Aporte de la luminaria X=86%

Esta configuración es útil en zonas por donde transitan vehículos que a su paso pueden generar sombras esto afectara el trabajo de las luminarias A en el caso extremo de las 4 aun en esta circunstancia la componente directa de la luminaria X sería suficiente para continuar las labores

**b) CE=1.5**

$$E/AM=1.5/1$$

Angulo vertical de la luminaria X=0°

Aporte de la luminaria X=100%

Esta configuración es útil en zonas donde se trabaja con metales y el funcionamiento de luminarias del tipo A y del tipo B causaría reflejos indeseables es un caso de iluminación directa ,sirve para tareas de alta dificultad e incluso inspecciones que deben ser minuciosas.

**c) CE=1.5**

$$E/AM=1/1$$

Angulo vertical de la luminaria A=45°

Aporte de la luminaria A=46%

Aporte de la luminaria B=4%

Aporte de la luminaria X=50%

En este tipo de configuración el aporte de las luminarias clase B y X se hace con ángulos verticales de 0° como se ve las luminarias tipo A situadas en forma vertical y horizontal en conjunto con las luminarias B que se consideran diagonales aportan el 50% de la iluminación este esquema es de gran confiabilidad puesto que aunque falle la lampara X todavía se tendrían niveles aceptables de iluminación para continuar con las labores .

Existen maquinas que realizan procesos en los que existe movimiento rotativo por ejemplo estampado de partes plásticas en poliestireno, en estos casos se requiere iluminación en los 360° de cubrimiento de la maquina, el esquema de iluminación mostrado es útil si no se utiliza la luminaria X refiriéndose a la figura 3.27 se puede explicar un ejemplo de esta distribución.

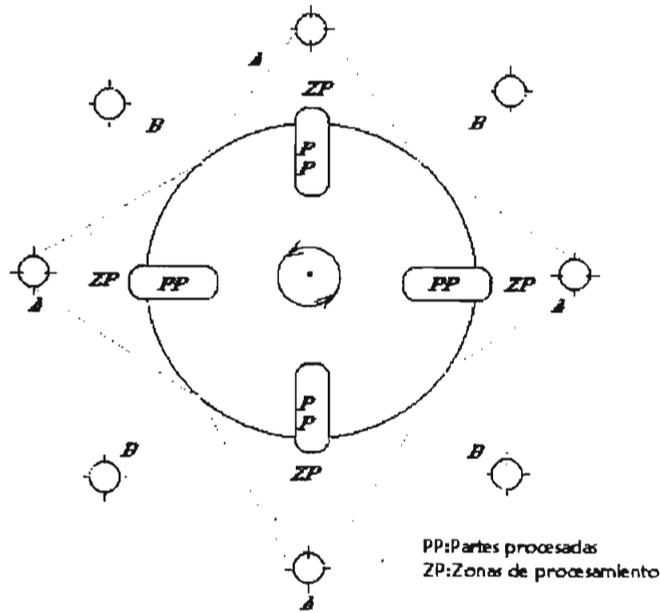


figura 3.27

d)  $CE=2$   
 $E/AM=1.5/1$

Angulo de la luminaria A=56.3°  
 Aporte de la luminaria A=42%

Angulo de la luminaria X=0°  
 Aporte de la luminaria X=58%

Esta es otra configuración para luminarias con CE mayor a las del caso anterior que solo era de 1.5 permite ángulos verticales mayores para luminarias tipo A este esquema puede emplearse en forma similar al caso anterior obsérvese que debido a esta particularidad el aporte de las luminarias tipo B prácticamente es nulo la consecuencia de este montaje radicaría en el uso de luminarias tipo A eminentemente.

Se puede emplear este esquema en zonas donde se trabaja con metales y donde se maneja materiales es una configuración con menores índices de reflectancia .

c) Se debe considerar en los diseños y en forma prioritaria puesto que las luminarias de uso industrial están sujetas a las condiciones del ambiente de trabajo en el que van a actuar esto significa que existen procesos industriales que requieren precauciones al momento de seleccionar el tipo de luminaria a usar debido a la presencia de materiales inflamables y con bajos puntos de explosión ,la temperatura ambiente es importante debido a que puede ser afectada por luminarias que en gran numero podrían generar calor en sitios sin adecuada ventilación ,adicionalmente como se explico en el apartado relativo a las balastras la temperatura ambiente afecta el rendimiento de estas y consecuentemente de las lamparas.

d) Se debe considerar el efecto estroboscopico ,es decir debido a la presencia de maquinaria giratoria u oscilante y de lamparas especialmente de sodio de alta presión que operan a la frecuencia de la red se genera un parpadeo de las lamparas que fácilmente puede hacer parecer que maquinaria que se encuentra en funcionamiento no lo esta esto se evita tomando en cuenta lo siguiente:

-Evitar realizar los montajes de las lamparas a bajas alturas ,las lamparas de uso industrial son de gran potencia y alta eficiencia,adicionalmente las naves industriales son de gran altura lo que permite instalar el sistema de iluminación con cierta holgura .

-En sitios donde se usa este tipo de maquinaria se pueden emplear lamparas de halógeno metálico conectadas a una línea monofasica .

-El uso de alimentación trifasica reduce este efecto, a nivel industrial se puede efectuar la alimentación de las lamparas en esta forma sin problema.

## CAPITULO 4

### Criterios Económicos para la iluminación industrial

La solución a un problema debe ir acompañada de la facilidad o dificultad de implementarla, un parámetro de medida para analizar la factibilidad de llevar a cabo un proyecto radica en el costo de realizarlo en el caso de un sistema de iluminación industrial debe hacerse un balance de los varios costos que significa adquirir, reemplazar y mantener el sistema de iluminación en este capítulo se analizan estos costos su evaluación e incidencia.

#### 4.1 Costos en el sistema de iluminación

Los costos de la iluminación de una planta industrial están asociados a los horarios de trabajo e implícitamente al costo de la mano de obra.

##### 4.1.1. Costos por Inversión

Los costos por inversión en el sistema de iluminación incluyen los siguientes rubros

- A. Costo neto de una luminaria
- B. Costo por instalación eléctrica de cada luminaria
- C. Costo de mano de obra por instalación de luminaria
- D. Costo neto inicial de lámpara por luminaria
- X. Costo anual por luminaria
- Y. Costo total inicial por luminaria

Estos valores quedan distribuidos de la siguiente manera:

$$Y=A+B+C+D \quad (\text{Ec.4.1})$$

$$X=0.15*(A+B+C) \quad (\text{Ec.4.2})$$

##### 4.1.2. Costos por Consumo

Los costos del sistema de iluminación se pueden evaluar considerando la potencia y la energía requerida a partir de los diseños es útil emplear la siguiente formulación:

###### 4.1.2.1. Costo de la energía

Sean:

En: el consumo de energía en Kilovatios-hora por mes

N: el número de lámparas a considerar

P: la potencia de la luminaria en vatios es la suma de las potencias de la lámpara y de la balasta

T: el tiempo de funcionamiento en horas laborables por mes.

Qe: costo por consumo en \$ por mes.

Qp: el costo por demanda en \$

V : el valor de un Kilovatio- hora en \$ por Kw-h.

De esta manera se puede decir que:

$$E_n = \frac{N \cdot P \cdot T}{1000} \quad (\text{Ec.4.3})$$

El valor del costo por consumo sería:

$$Q_e = E_n \cdot V \quad (\text{Ec.4.4})$$

El costo por demanda se refiere al uso del sistema de iluminación en horas pico así:

$$Q_p = \frac{N \cdot P \cdot V_p}{1000} \quad (\text{Ec.4.5})$$

#### 4.1.3. Costos por perdidas

Los costos por perdidas están referidos a la comparación de un sistema de iluminación ideal con otro sistema de iluminación que es real ,debe considerarse al sistema ideal como el sistema base que sería aquel que contiene las exigencias del diseñador ,que en estos casos no podría implementarse en forma absoluta supongase por ejemplo que se requiere un nivel medio de iluminación de 300 luxes en las siguientes condiciones:

Area del local = 100 m<sup>2</sup>

Flujo luminoso de las lámparas a emplearse = 5.800 lúmenes

Coefficiente de utilización = 60%

Factor de pérdida de luz = 0.7

En este caso el número de luminarias del sistema base es de:

$$N = \frac{E \cdot \text{área}}{\text{Flujoluminoso} \cdot \text{CU} \cdot \text{FPL}}$$

Reemplazando los datos se tiene que:

$$N = \frac{300\text{lux} \cdot 100\text{m}^2}{5800\text{Lm} \cdot 0,6 \cdot 0,7}$$

$$N = 12,315\text{lámparas}$$

Este valor no es real ,el sistema real contiene 12 ó 13 lámparas de 5800 Lúmenes, la simulación digital implementada deberá tener la capacidad de seleccionar valores reales con los que el diseñador pueda trabajar ,es evidente que cambios en el valor del ejemplo digamos de 12 causaría una disminución del nivel requerido esto es hasta 292,32 luxes y el valor de 13 significaría un exceso sobre este nivel de hasta 316.70 luxes , el consumo de el sistema base estimando que las lámparas son de 78 vatios y que su uso es de 14 horas por día, el costo por consumo seria de:

$$12,315 \text{ lámparas} * \frac{0,078 \text{ Kw}}{\text{lámpara}} * \frac{14 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{220 \$}{\text{Kw} - \text{h}} * \frac{240 \text{ días}}{\text{ano}} = 710.053,34 \frac{\$}{\text{ano}}$$

12 lámparas reportarían un costo por consumo de 691.891,20 \$/año

13 lámparas reportarían un costo por consumo de 749.548,80 \$/año

el sistema de 12 unidades opera con una diferencia de 18.162,14 \$/año

el sistema de 13 unidades opera con una diferencia de 39.495,46 \$/año

Estas diferencias tanto en los niveles de iluminación como en los costos operativos se consideran perdidas que varían de acuerdo al número de luminarias y al número de sistemas de iluminación de la industria, estos valores adquieren significación dependiendo del criterio del diseñador que puede seleccionar mejores niveles de iluminación si los costos no son excesivos o así mismo puede preferir reducciones aceptables en los niveles de iluminación si considera costos excesivos.

## **4.2 Practicas de ahorro por iluminación.**

Debido a los altos costos que significan los sistemas de iluminación ineficientes es necesario aclarar que cualquier medida de ahorro por consumo en el sistema de iluminación debe realizarse partiendo del criterio de que las labores se realicen con normalidad ,es decir no incurrir en situaciones que vayan en desmedro del trabajo y de su calidad, por otra parte evaluar el costo de realizar estos ahorros tanto energéticos como económicos realmente lo que se desea es un equilibrio entre el costo y el beneficio del ahorro.

### **4.2.1. Dispositivos de Ahorro**

Los dispositivos de ahorro en un sistema de iluminación industrial son elementos de ultima tecnología su empleo en general se considera conveniente existen variedades de estos dispositivos su costo es proporcional al porcentaje de ahorro de energía que efectúan así mismo este costo se compensa en forma inversamente proporcional al tiempo de operación estos dispositivos se describen a continuación.

#### 4.2.1.1. Temporizadores

Estos son circuitos que se programan para trabajar en periodos de tiempo preestablecidos su uso no solamente se limita a sistemas de iluminación sino a otro tipo de aparatos eléctricos contienen un sistema de alimentación alternativo que en caso de interrupción del suministro eléctrico mantienen la programación introducida previamente, resultan adecuados en sitios con jornadas de trabajo definidas y que en ciertos horarios no dependan de la luz natural puesto que diferentes épocas del año significarían ajustes en los horarios del temporizador.

#### 4.2.1.2. Sensores

Este tipo de dispositivos se emplean especialmente para detectar la presencia de personal que se halla laborando, es decir el sistema de iluminación se activa cuando ingresa personal al área de trabajo, cuando el área se encuentra vacía existe un intervalo de espera luego del cual el sistema de iluminación es apagado por ausencia de movimiento los costos por uso de este tipo de dispositivos pueden reducirse en un 40% los sensores se emplean preferentemente en recintos cerrados a nivel industrial su uso puede limitarse a laboratorios y áreas donde se realizan labores de control y administración.

#### 4.2.1.3. Control Centralizado

El sistema de iluminación se administra usando lo que se denomina una “red inteligente” no es más que la operación manual o automática a través de una interfase computarizada vía módem, estos sistemas logran ahorros de entre 30% y 50% de energía, adicionalmente ofrecen las siguientes ventajas:

- a) Permiten realizar un monitoreo del consumo.
- b) Permiten modificar las características del sistema de iluminación sin perder eficiencia.
- c) Facilitan la administración de otros sistemas no únicamente el de iluminación.
- d) Son confiables y de bajo mantenimiento.

En contraparte en estos sistemas la inversión inicial es elevada, adicionalmente se debe capacitar al personal en su uso y supervisión.

#### 4.2.2. Practicas de ahorro sugeridas en sistemas de iluminación establecidos

- a) Realizar un levantamiento del sistema de iluminación, esto permite establecer las condiciones actuales del sistema, se refiere únicamente al estado del mismo y conviene hacerlo en una hoja electrónica, se recomienda realizar este trabajo al personal de mantenimiento con el de supervisión se sugiere emplear el siguiente formato:

TABLA 4.1

Sistema de iluminación	Lámparas	Cantidad	Nivel de iluminación relativo	Reposición
Area de Ensamblés	Sodio de Alta Presión (40)		80%	ninguna

En esta tabulación se considera que:

El sistema de iluminación describe la ubicación y/o el uso del sistema

La lámpara se ubica dentro del sistema de iluminación que se está considerando

El balastro de cada lámpara es controlado durante esta evaluación.

El nivel de iluminación relativo se evalúa porcentualmente empleando la siguiente formulación:

$$NIR = \frac{\text{Luxesreales}}{\text{Luxesnominales}} * 100 \quad (\text{Ec.4.5})$$

La casilla de reposición se refiere al cambio de la lámpara del balastro y de ser necesario del conjunto en el caso de las lámparas se decide su reposición para rangos menores al 74%, este valor se obtiene considerando la condición más crítica debida a depreciación por uso de la lámpara, así como por contaminación acumulada.

Las consecuencias de este monitoreo permiten llevar un control de los sistemas de iluminación así como detectar anomalías del sistema, debe tomarse en cuenta que un sistema defectuoso pierde eficiencia.

b) Efectuar los procesos de fabricación en función del uso racional de los sistemas de iluminación esto quiere decir que continuamente debe pensarse en mejoras que aumenten la efectividad del trabajo sea por cambios tecnológicos o por alternativas de procesamiento que no atenten contra la iluminación y en casos extremos rediseñar el sistema de iluminación de acuerdo a las necesidades del proceso.

c) Utilizar sistemas adecuados por ejemplo los Balastos electrónicos compensan la disminución de lúmenes producidos por la lámpara, este tipo de lámpara tienen como parámetro lo que se conoce como el factor de depreciación de lúmenes que en el caso descrito es igual a 1 (FDLL=1) significa que el nivel luminoso de la lámpara permanece constante durante la vida útil de la misma esto quiere decir que un sistema de iluminación de estas características empleará menos energía que uno que disminuye los niveles de iluminación debido a su uso.

d) Eliminar las zonas de sombra que pudieran afectar en forma parcial o total al sistema de iluminación en algunos casos si el sistema de iluminación establecido no se va a reemplazar por uno nuevo a corto plazo se debería considerar variar las alturas de montaje de las luminarias si el medio lo permite tómesese en cuenta que explícitamente se habla de la altura de montaje y no del espaciamiento entre las luminarias, en general se puede considerar el reducir la altura de montaje (AM) hasta recuperar los niveles de iluminación requeridos esto debe realizarse si previamente se ha verificado el estado del sistema de iluminación así como de constatar el mantenimiento de este.

e) Emplear preferentemente circuitos independientes para los sistemas de iluminación esto permite mayor flexibilidad a la hora de programar las actividades que requieren el uso de dichos sistemas vale citar el siguiente ejemplo de lo que sería el plan de trabajo en la aplicación de pintura en horarios distintos para ello consideremos el gráfico 4.1

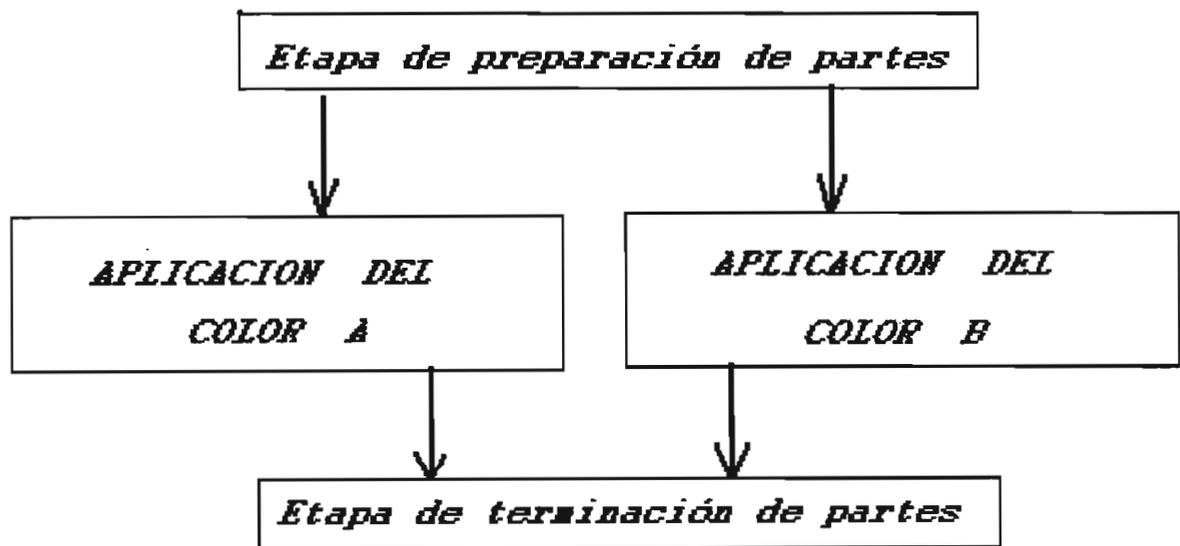


figura 4.1

En este esquema las etapas previas y posteriores al proceso son comunes indistintamente del color que se aplica ,sin embargo el procesamiento de partes a nivel industrial se lo hace en grandes cantidades de partes debido a la dificultad que significa cambiar de un color a otro por esta razón se realizan planes independientes de trabajo ,además como se dijo tanto las cabinas de aplicación como las etapas previas y posteriores poseen su propio sistema de iluminación;Un plan de uso racional estaría mostrado en la tabla 4.1.

TABLA 4.2

<b>Etapas de Procesamiento</b>	<b>LUNES</b>	<b>MARTES</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>JUEVES</b>	<b>VIERNES</b>
Inspecciones previas /depuración Fosfatizado/secado	X	X	X	X	X
Aplicación del color A	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2/3
Aplicación del color B					
Acabados e inspecciones					
	X	X	X	X	X

Se puede observar que los sistemas de iluminación no se utilizan los 5 días de la semana en su totalidad una de las cabinas se utiliza 3 días y la otra 2 días en diferentes horarios (turnos 1/2/3) con duración de entre 16 y 24 horas diarias.

En varios sitios se pueden utilizar en el techo planchas de material traslucido o transparente a fin de aprovechar la luz del sol ,al no ser esta una fuente confiable no se podría planificar el trabajo suspendiendo los sistemas de iluminación sin embargo existen temporadas del año y tareas simples en las que se puede emplear luz proveniente del sol eventualmente.

### 4.3 Mantenimiento del sistema de iluminación

El mantenimiento en una planta industrial se refiere frecuentemente a la maquinaria y generalmente al sistema de iluminación se le destina únicamente mantenimiento correctivo ,es decir se reemplaza lamparas y/o Balastos que acusan fallas pero por defectos en el sistema de alimentación se acorta la vida útil de las luminarias y solamente luego de realizar algunos cambios de lamparas se considera revisar el sistema de alimentación que puede haber sufrido cambios no necesariamente por falla sino por la inclusión de maquinaria que no se halla debidamente contemplada en los consumos,es común encontrar conexiones de diferente tipo en un mismo circuito por ejemplo en vez de realizar una conexión independiente para cierto elemento se recurre al circuito de iluminación ,a nivel industrial esto resulta menos factible recordemos que los sistemas de iluminación trabajan a 110 y 220 voltios y la maquinaria en general requiere 440 voltios ,sin embargo se tienen maquinas que operan con 220 voltios.

### 4.3.1. Metodología para planificar el mantenimiento del sistema de iluminación.

A fin de obtener el máximo aprovechamiento del sistema de iluminación se debe realizar el mantenimiento preventivo del mismo para ello se siguen los siguientes pasos:

1) Controlar la regulación de voltaje que no es mas que la caída de tensión en las líneas medido con respecto a la fuente el objetivo es que las luminarias trabajen en rangos de operación adecuados la medida de la regulación se hace empleando la siguiente formulación:

$$RV \% = \frac{V_f - V_l}{V_n} * 100 \quad (\text{Ec.4.6})$$

Donde:

RV%:Es el parámetro regulación de voltaje expresado en forma porcentual.

Vf: Es el valor absoluto de la tensión medida a nivel de la alimentación

VI: Es el valor absoluto de la tensión medida en las terminales de la luminaria

Vn:Es el valor absoluto de la tensión nominal del sistema de iluminación .

Esta ecuación expresa que porcentaje de tensión con respecto a la nominal queda en las líneas de alimentación de la luminaria,son valores normales de regulación aquellos que tienen comprendidos en el siguiente rango:

$$3\% \leq RV \leq 5\% \quad (\text{Ec.4.7})$$

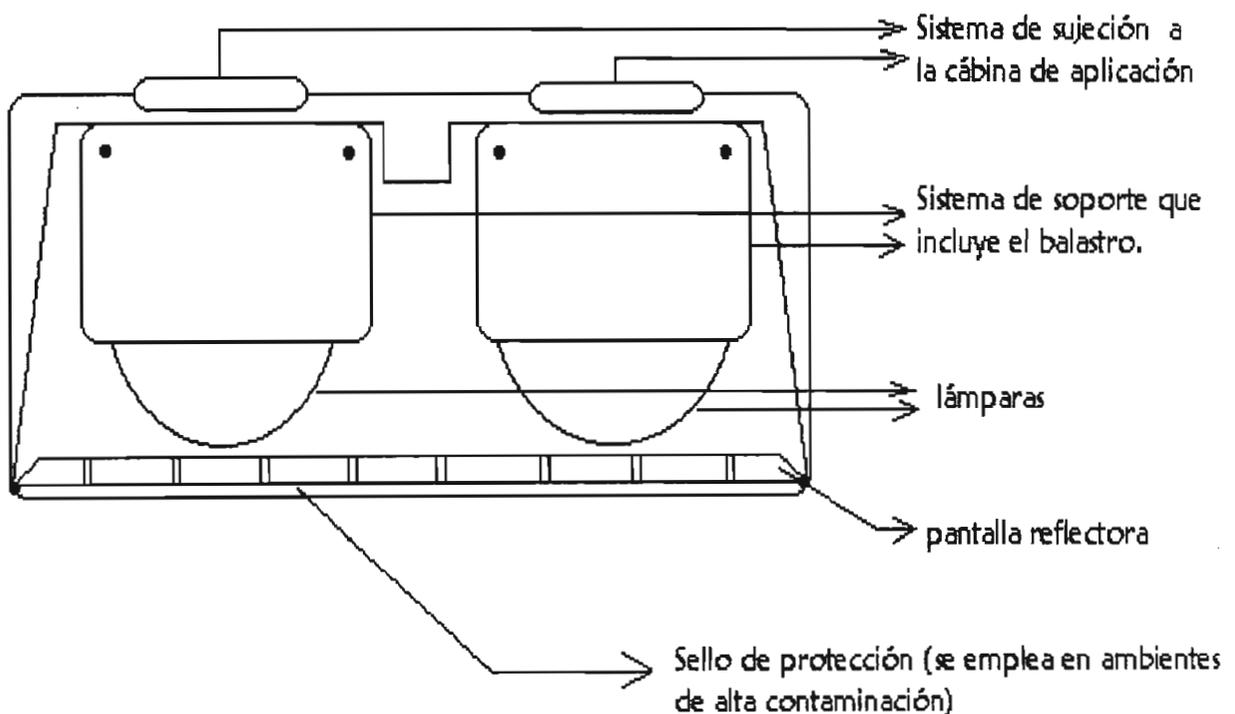
esta evaluación puede realizarse en una hoja electrónica por ejemplo:

TABLA 4.3

Sistema	Luminaria	VI	RV%	Estado final

En los casos en que la regulación exceda los limites establecidos (estado final no satisfactorio) se debe recurrir a las siguientes medidas:

- a) Controlar los niveles de alimentación Vf puede ocurrir que la calidad de la baja tensión no sea adecuada por problemas en la cámara de transformación e inclusive por la calidad del servicio (suministro de la empresa comercializadora )
  - b) Controlar el estado de las instalaciones ,aislamientos deteriorados,contactos sueltos,conexiones no adecuadas causan cambios en el voltaje.
  - c) Utilizar niveles de tensión adecuados por ejemplo en sistemas de iluminación preferir los sistemas a 220v sobre los sistemas a 110v a valores de tensión mayores la regulación es mejor.
  - d) Evitar longitudes extremadamente altas de las líneas de alimentación esto incrementa las caídas de tensión en las mismas.
  - e) Utilizar conductores con capacidad de corriente mayores esto significa usar cable de mayor área transversal,esta es una medida que evita el calentamiento excesivo del conductor así como alarga la vida útil de la instalación.
- 2) Realizar limpieza periódica de lamparas y dispositivos como pantallas y sellos de estas en algunos casos es necesario retirar partes de la luminaria o la luminaria para su limpieza como ejemplo considérese la luminaria de la figura 4.2 que pertenece a una cabina de aplicación de pintura electrostática ,estas lamparas deben retirarse de las cabinas para su mantenimiento estas labores se efectúan en horarios diferentes a los de trabajo.



**figura 4.2**

Las luminarias requieren limpieza de acuerdo al tipo de trabajo en el que se las emplea, el tipo de ambiente que rodea es determinante se establecen tentativamente las siguientes categorías de ambiente que determinan la periodicidad del mantenimiento por limpieza.

TABLA 4.4

<b>Descripción del proceso</b>	<b>categoría</b>	<b>Periodo de mantenimiento en meses</b>
Oficinas y laboratorios	Contaminación nula	9-12
Líneas de producción y zonas de inspección	Contaminación mínima	6-9
Áreas de maquinado ligero y sitios de procesamiento.	Contaminación media	6
Áreas de tratamiento térmico con presencia de aceites y circulación de aire	Contaminación elevada	3
Áreas similares a las de elevada contaminación pero con luminarias sin sello de protección	Las lámparas están sometidas a alta contaminación	1

En sitios cercanos a paredes mantener estas limpias se debe considerar inclusive los niveles de iluminación sobre las paredes que en algunos casos "alivian" el trabajo de las luminarias si los índices de reflectancia son relativamente altos.

3) El mantenimiento se debe realizar en forma global tanto del sistema de iluminación como de sistemas periféricos como podrían ser dispositivos de ahorro de energía el proceso es similar al paso 1 que aplicado a estos dispositivos se podría resumir de la siguiente forma:

- a) Se debe verificar el sistema de alimentación
- b) Se debe verificar el sistema de transmisión (cables y conexiones)
- c) Verificar el dispositivo receptor que puede ser un temporizador programado, sensores e incluso computadoras en este último caso el mantenimiento lo realiza personal de supervisión y/o sistemas.
- d) Realizar una bitácora de fallas y controles de estos dispositivos.

#### **4.3.2. Costo por mantenimiento**

##### **4.3.2.1. Costo por mano de obra**

Básicamente la empresa incurre en costos por mantenimiento al requerir personal para realizarlo, conviene conocer los costos reales por mano de obra destinada a dar mantenimiento al sistema de iluminación para ello considérese lo siguiente:

SB: Salario básico en [\$]  
 SAN: Salario Anual Nominal en [\$/año]  
 SAB: Salario Anual mas Beneficios en [\$/año]  
 T: días laborables por cada 7 días (semana integral)

Base: Una persona

La formulación es la siguiente:

$$SB \cdot \frac{SAB}{SAN} \cdot \frac{T}{2922} \quad (\text{Ec.4.8})$$

Las unidades resultantes para este parámetro serán[\$/hora-hombre]

El costo se refiere a una persona ,para el mantenimiento se requieren un electricista y un ayudante los salarios de cada uno varían (ajustar SB,SAB,SAN) en turnos normales no rigen recargos adicionales de no existir regulaciones que señalen cambios se puede estimar:

50% adicional para trabajos durante la noche  
 100% adicional para trabajos durante fines de semana.

#### 4.3.2.2. Costos por Equipo

El personal de mantenimiento deberá contar con el siguiente equipo

- a) Multímetro (1)
- b) Amperímetro de pinzas (1)
- c) Medidor de intensidad luminosa o luxómetro (1)
- d) Vatímetro (opcionalmente) (1)
- e) Equipo auxiliar básicamente herramientas de uso frecuente (pinzas,destornilladores,etc).

El costo por uso de estos elementos se considera esencialmente en función de su depreciación (D) que no es otra cosa que el valor (V) de cada equipo o del conjunto dividido para el tiempo (t) de vida útil estimado este valor será:

$$D = \sum \frac{V}{t} \quad (\text{Ec.4.9})$$

Generalmente este valor se estima en periodos anuales con el objetivo de que al final del tiempo de vida útil del equipo se haya asumido el costo original del mismo.

### 4.3.3. Costo por reposición del sistema de iluminación

Se considera al sistema de iluminación constituido por un número (N) de luminarias una luminaria se la designa como al grupo integrado por la lámpara (L) en conjunto con el balastro (B) y los elementos auxiliares (A) que son pantallas, sistemas de conexión, filtros, sellos y demás dispositivos que permiten mejorar las condiciones de operación de las lámparas, se considera al sistema de iluminación homogéneo es decir constituido por el mismo tipo de luminarias, adicionalmente un sistema de iluminación puede ser unitario (N=1), es decir referido a una sola luminaria, los costos por reposición del sistema de iluminación pueden evaluarse de la siguiente manera:

Se designa a la función de costo por reposición como CR evaluado de la siguiente manera:

$$CR = C(L) + C(B) + C(A) \quad (\text{Ec.4.10})$$

Donde:

C(L): costo de la lámpara

C(B): costo del balastro

C(A): costo de los elementos auxiliares

En orden de incidencia estos valores quedan ubicados de la siguiente manera:

$$C(A) \leq C(L) \leq C(B) \quad (\text{Ec.4.11})$$

sistema de iluminación	N	COSTO(L)	COSTO(B)	COSTO(A)	COSTO TOTAL POR REPOSICIÓN
------------------------	---	----------	----------	----------	----------------------------

Esta formulación es válida para un instante de tiempo en particular, sin embargo los tiempos a contados luego de la instalación del sistema de iluminación a partir de los cuales se requiere hacer la reposición ( $tr$ ) para determinado elemento se ordena de la siguiente manera:

$$tr ( L ) \leq tr ( B ) \leq tr ( A ) \quad (Ec.4.12)$$

No existe un criterio en particular que permita evaluar los tiempos de reposición sin embargo conviene llevar una bitácora de los tiempos de reposición así como de los proveedores de las luminarias a fin de evaluar el cumplimiento de los periodos de utilidad que garantiza el fabricante.

## CAPITULO 5

### Programa Digital para el diseño de Iluminación Industrial

#### **5.1. Diseño del Programa Digital**

Un programa digital se utiliza a menudo para simular las condiciones de un fenómeno, así como para obtener resultados y conclusiones basados en esas condiciones, pero no basta considerar la acción de ingresar datos y obtener resultados, un programa digital debe ser de fácil aplicación y debe reportar resultados lo mas explícitos posibles , actualmente las versiones de Windows y las aplicaciones de Microsoft Office ofrecen una gran variedad de opciones debido a esta diversidad conviene realizar un programa digital que dentro del ámbito de Windows permita hacer uso de estas opciones, un lenguaje de programación que cubre estas posibilidades es Visual Basic que es un código orientado a objetos de programación activados por la ocurrencia de eventos ,para comprender esta definición vale la pena especificar el significado del termino objetos y del termino eventos que resultan básicos para mostrar las bondades de Visual Basic.

5.1.1. Objetos.- Son objetos de programación de Visual Basic los controles que se trazan con el fin de activar una aplicación por medio de un código previamente introducido, son ejemplos de objetos botones de comando, botones de opción, casillas de verificación, etc.

5.1.2. Eventos.- Son los sucesos que determinan las acciones predefinidas por el código los eventos pueden estar determinados por el sistema o por el usuario son ejemplos de eventos la presión de una tecla determinada, el click del ratón, el doble click del ratón, etc.

Adicionalmente conviene indicar el significado de otros términos que se emplean frecuentemente durante la etapa de diseño del programa digital y que serán enunciados posteriormente.

5.1.3. Variables.- Son cantidades de memoria destinadas al almacenamiento de datos que pueden modificarse durante la ejecución del programa, en Visual Basic las variables almacenan datos de diferente tipo esto significa que dentro del programa se debe indicar el tipo de variable que se utiliza esto sería una declaración de variables.

5.1.4. Código.- Es el conjunto de instrucciones que definen mediante lenguaje de programación las acciones que debe ejecutar el programa, el código implementado emplea lenguaje Basic.

5.1.5. Módulos.- Son partes del programa global que contienen código para ejecutar procedimientos específicos, son esencialmente subrutinas que emplean funciones y procedimientos, se declaran variables para que puedan ser reconocidas no solo dentro del programa, sino desde los módulos que integran el mismo.

Ahora usted conoce que los eventos manejan los objetos que simplemente son los medios para ejecutar una acción predeterminada, los objetos se construyen durante la etapa de diseño del programa dentro de lo que se conoce como formulario, un formulario esta constituido por varios objetos, un formulario también puede estar constituido por presentaciones gráficas importadas desde otras aplicaciones en este programa se emplean presentaciones gráficas diseñadas en Corel

Draw, Paint e imágenes de archivos gráficos, los formularios también pueden mostrar información escrita para el efecto se utilizan las propiedades de las cajas de texto propias de Visual Basic ,el programa que se realiza a partir de esta investigación consta de los siguientes formularios.

#### Análisis de Parámetros

##### Información

Información acerca del programa -----escritura

Información general del programa-----escritura

#### Procesos de Fabricación

##### Procesos de Pintura

Distribución de luminarias en zonas con transportador-----gráfico

Imagen de cabinas de aplicación.-----gráfico

##### Procesos de Ensamble

Información acerca del ensamble-----escritura

Distribución de luminarias-----gráfico

##### Inspecciones

Consulta rápida-----escritura

Distribución de luminarias en sitios donde se realizan inspecciones--gráfico

#### Líneas de producción

#### Análisis para sistemas de iluminación existentes

#### Costos por iluminación

### 5.2 Datos requeridos por el programa

Los datos requeridos por el programa se refieren básicamente a características físicas del sitio y de las condiciones de iluminación requeridas así como referencias de tipo económico que sirven para evaluar las condiciones del proceso, este programa no se constituye solamente por la investigación de la luminotecnía, resulta muy importante conocer a fondo los procesos que se desarrollan para determinar las condiciones adecuadas de iluminación de esos procesos, asimismo se torna importante el conocimiento de las capacidades de la maquinaria involucrada en cada proceso ello determina horarios de trabajo del personal, de los equipos y períodos de operación del sistema de iluminación se observa que condiciones adecuadas de iluminación ofrecen las siguientes ventajas :

- a) Adecuado Control de Calidad durante todo el proceso, se observa que se obtienen mejores resultados si es que todo el personal involucrado en el proceso controla y detecta problemas e imperfecciones de las partes procesadas en forma independiente de los inspectores de Control de Calidad esto solo se consigue si el sistema de iluminación es adecuado no solo el momento de la inspección cuando posiblemente otras partes puedan resultar afectadas por uno o más defectos.

- b) Aunque la circunstancia es subjetiva puede decirse con seguridad que existe un mejor desempeño del personal en condiciones adecuadas de iluminación.
- c) Menores Costos, los sistemas de iluminación industriales significan grandes cantidades de energía eléctrica por esta razón resulta importante administrar adecuadamente este recurso cuyo costo es realmente significativo y se considera a la hora de indicar el precio del producto terminado, por otra parte por muy prospera que sea la empresa resulta obligatorio controlar el uso del recurso que en épocas de crisis significa elevados costos debido al uso intensivo pero necesario de combustible que alimenta sistemas de generación que operan a fin de evitar paralizaciones que posteriormente resultan más costosas.
- d) Condiciones adecuadas de operación.- Los sistemas de iluminación que se dimensionan adecuadamente y operan por períodos planificados de tiempo permiten estimar la vida útil del sistema

El programa esta concebido desde dos puntos de vista el técnico y el económico debido a esto los datos requeridos quedan referidos a ambos tipos de parámetros vale notar que el programa resulta versátil si se considera diferentes tipos de procesos que pueden analizarse en forma simultánea o independientemente, por ejemplo supóngase que se desea instalar una industria entonces se puede realizar el estudio de todas las opciones del programa de ser el caso, si se desea cambiar el sistema de iluminación de un determinado proceso se podrá estudiar el sistema de iluminación de esa opción en particular, a continuación se detalla los datos requeridos por el programa desde los puntos de vista enunciados.

### **5.2.1. Parámetros técnicos**

Los parámetros técnicos se refieren a las condiciones físicas del proceso del que se estudia su sistema de iluminación, esto significa el análisis y verificación de las magnitudes que requiere la aplicación del programa, estas magnitudes están referidas en unidades del sistema internacional solamente a continuación se indican los parámetros técnicos involucrados al aplicar el programa.

#### **a. Procesos de Fabricación**

- a.1. Longitud de zonas de fabricación
- a.2. Ancho de la zona de fabricación
- a.3. Altura de la planta
- a.4. Nivel de iluminación requerido en procesos de fabricación

#### **b. Procesos de pintura**

- b.1. Longitud del tramo recorrido por el transportador
- b.2. Ancho del pasillo por donde transitan las partes suspendidas en el transportador
- b.3. Altura del transportador al piso
- b.4. Nivel de iluminación requerido en procesos de pintura

### c. Procesos de Ensamble

- c.1. Longitud del área de trabajo
- c.2. Ancho del área de trabajo
- c.3. Altura relativa del área de trabajo
- c.4. Nivel de iluminación requerido en procesos de ensamble y subensamble

### d. Zonas de inspección

- d.1. Longitud de la zona de inspección
- d.2. Ancho de la zona de inspección
- d.3. Altura de la zona de inspección

### e. Líneas de Producción

- e.1. Longitud de la nave industrial
- e.2. Ancho de la nave industrial
- e.3. Altura de la nave industrial
- e.4. Nivel de iluminación requerido en procesos efectuados en líneas de producción.

## **5.2.2. Parámetros Económicos**

Los parámetros económicos se refieren a los valores que requiere el programa para realizar el análisis económico, estos valores recomendablemente deberían ser lo mas actualizados, el sistema económico esta sujeto a variaciones y regulaciones que tornan algunos ítems excesivamente dinámicos por ejemplo los costos de luminarias deberían ser aquellos de mejores condiciones de compra y/o financiamiento para la industria, en las empresas existen mecanismos de cotización y estudio de las mejores alternativas, estas cotizaciones las proveen los departamentos de compras locales y en algunos casos los departamentos de importaciones dependiendo de las luminarias que el personal técnico que realiza el estudio hubiere pedido.

Otro tipo de parámetros económicos requeridos son aquellos que se refieren a tarifas exigidas por las empresas eléctricas por uso de la energía suministrada, vale incluir como información de referencia los datos proporcionados por una planilla de este tipo que viene a ser similar al esquema mostrado por la figura 5.1.

<b>Empresa Eléctrica local (0)</b>		<b>Fecha y hora de la evaluación (1)</b>	
<b>Cliente</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Faz</b>	
<b>Número</b>			
<b>Nombre</b>			(2)
<b>Fecha de emisión</b>	<b>Fecha de vencimiento</b>		
<b>Facturado</b>	<b>Fecha del último pago</b>		
<b>Demanda facturada</b>	<b>Desde</b>	<b>factor de potencia</b>	(3)
		<b>factor de corrección</b>	
<b>Lectura y detalle de consumos</b>			(4)
<b>Orden</b>	<b>Tipo Medidor</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Actual Anterior Constante Consumo Tipo de lectura</b>
<b>Consumos</b>			(5)
<b>Tarifa</b>	<b>Energía activa</b>	<b>Energía reactiva</b>	<b>Demanda</b>
<b>Normal</b>			
<b>Horario</b>			
<b>a facturar</b>			
<b>Conceptos facturados</b>			(6)
<b>Número</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor parcial Valor total</b>
	<b>Consumo en Kw-h</b>		
	<b>Demanda en Kw</b>		
	<b>Impuestos varios</b>		

Este es el esquema de una factura de consumo de lo que se tipifica como grandes clientes los cuadros 0,1 y 2 son eminentemente referencias de ubicación y descripción tanto de la empresa eléctrica proveedora del servicio como del cliente, en el cuadro 3 consta la demanda en kilovatios estimada el mes al que corresponde la factura esta no es mas que la potencia eléctrica requerida para operar, a continuación consta el factor de potencia que usualmente en las fabricas e industrias debe corregirse debido a que si no se lo hiciera resultaría bajo debido al uso de componentes reactivos inductivos como son los motores y transformadores, las empresas eléctricas penalizan a las industrias con bajos factores de potencia debido a que el costo de la energía se basa en la potencia activa y no en la potencia total.

Otro dato importante en el cuadro 3 viene a ser el factor de corrección que puede expresarse por la siguiente relación:

Donde:

$$\text{Factor de Corrección} = \frac{\text{Demanda Pico}}{\text{Demanda Máxima}} \quad (\text{Ec.5.1})$$

La Demanda Pico es la máxima demanda registrada en la industria en las horas pico de la empresa La Demanda Máxima es el valor mas alto registrado durante el mes.

En el cuadro 4 constan las lecturas y el detalle de los consumos son importantes los valores de energía activa reactiva el tipo de medidor que indica lecturas iniciales y finales lo que permite determinar realizando una resta el consumo entre la lectura final y la inicial o anterior, los medidores o contadores indican también en estos casos el factor de potencia.

En el cuadro 5 constan detallados los consumos de energía activa y reactiva así como de demanda en condiciones de demanda media y demanda máxima es decir con lo que se denomina tarifa normal y tarifa horaria de aquí se deriva el factor de corrección o factor de carga, en el caso de la energía se factura la suma de las dos tarifas en las cantidades que se hubieren utilizado.

En el cuadro 6 consta un resumen de la planilla denominado conceptos facturados constan el consumo total de energía activa evidentemente en kilovatios hora de manera sencilla se puede obtener el costo del kilovatio hora con la siguiente relación:

$$\text{Costo } [\$ / \text{Kw} - \text{h}] = \frac{\text{CostoTotal } [\$]}{\text{ConsumoEne rgéticoAct ivo} [\text{Kw} - \text{h}]} \quad (\text{Ec.5.1})$$

En forma similar se puede calcular el cargo por demanda efectuando la siguiente operación:

$$\text{Carg o } [\$ / \text{Kw}] = \frac{\text{Costopordemanda} [\$]}{\text{DemandaFacturada} [\text{Kw}]} \quad (\text{Ec.5.2})$$

En caso de existir penalización por bajo factor de potencia este valor consta en el cuadro 6 de conceptos facturados.

Dentro del programa los parámetros económicos requeridos para aplicar el programa serán para

#### A) Sistemas de iluminación existentes o de uso presente

##### a. Características del local

- a.1. Longitud de la zona de trabajo
- a.2. Ancho de la zona de trabajo
- a.3. Altura de la zona de trabajo
- a.4. Altura de Montaje de las luminarias

##### b. Características de las luminarias

- b.1. Potencia Nominal de la lampara y el balastro
- b.2. Flujo luminoso al nivel de la lampara
- b.3. Número de lamparas en uso
- b.4. Nivel de iluminación requerido de acuerdo al proceso.

- c. Condiciones de operación
  - c.1. Tiempo de operación del sistema en horas por mes
  - c.2. Costo del Kilovatio-hora
  - c.3. Cargo por demanda.

#### B) Análisis para sistemas diseñados o de uso futuro

- a. Costos por iluminación
  - a.1. Costo del Kilovatio-hora
  - a.2. Cargo por demanda
  - a.3. Costo de la luminaria alternativa lamparas de sodio de alta presión
  - a.4. Costo de la lampara alternativa lamparas de sodio de alta presión
  - a.5. Tiempo de vida útil de la lampara alternativa lamparas de sodio de alta presión
  - a.6. Costo de la luminaria alternativa lamparas de vapor de mercurio
  - a.7. Costo de la lampara alternativa lamparas de vapor de mercurio
  - a.8. Tiempo de vida útil de la lampara alternativa lamparas de vapor de mercurio
  - a.9. Costo de la luminaria alternativa lamparas de halógenos metálicos
  - a.10. Costo de la lampara alternativa lamparas de halógenos metálicos
  - a.11. Tiempo de vida útil de la lampara alternativa lamparas de halógenos metálicos
- b. Costos en procesos de fabricación
- c. Costos en procesos de pintura
- d. Costos en procesos de ensamble
- e. Costos en procesos de inspección
- f. Costos en procesos efectuados en líneas de producción

\*Las opciones mencionadas sirven para indicar el tiempo de operación del sistema de acuerdo al tipo de proceso involucrado.

### 5.3 Resultados

La inclusión de parámetros tanto de tipo técnico como económico para la ejecución del programa permite obtener resultados que en definitiva son el objetivo del programa, durante el período de investigación se observa que los resultados de la evaluación digital no deben contener solamente frías apreciaciones numéricas sino también consideraciones y observaciones que permitan al diseñador obtener soluciones y alternativas que se puedan implementar dentro de esta tónica se indica como por ejemplo construir una cabina de pintura que reúne los requerimientos de operación que se exigen en las mejores condiciones tanto técnicas como económicas.

Otra consideración que merece especial atención en cuanto a los resultados entregados por el programa es la que se refiere al uso de alternativas al momento de indicar el tipo de lamparas a ser utilizadas para el diseño del sistema de iluminación como se indica en el capítulo 3 los tipos de lamparas de uso industrial más frecuente son:

Lamparas de mercurio  
Lamparas Fluorescentes  
Lamparas de halógeno metálico  
Lamparas de sodio de alta presión

De las lamparas indicadas las lamparas de descarga que son tres de las cuatro enunciadas excluyendo las lamparas fluorescentes resultan ser las de mejores características para uso industrial debido a que son típicamente fuentes de luz focal que generan un haz redondo de luz de muy alta intensidad sobre una superficie especular esto permite obtener zonas con mejores niveles de iluminación que al usar una fuente de luz lineal como es una lampara fluorescente expresado de otra forma en el caso de grandes áreas a ser iluminadas se requiere menor número de unidades de descarga que de lamparas fluorescentes para obtener el mismo nivel de iluminación, adicionalmente el rendimiento de lamparas de descarga es en forma global mejor que el de las lamparas fluorescentes, otra circunstancia que da ventaja a las lamparas de descarga es el tiempo de vida útil de estas lamparas que en forma general tienen períodos de vida útil mayores que al emplear lamparas fluorescentes en períodos de uso continuo como ocurre en las industrias debido a estas ventajas de las lamparas de descarga con respecto a las lamparas fluorescentes las opciones que presenta el programa se refieren básicamente al uso de tres alternativas que son las lamparas de descarga en sodio de alta presión, vapor de mercurio y halógenos metálicos, que quedan definidas totalmente si se indica su potencia y su flujo luminoso, sin embargo y a pesar de estas diferencias existen aplicaciones que requieren el uso de lamparas fluorescentes con fondo blanco como por ejemplo detección de imperfecciones en partes metálicas que van a ser pintadas, una de estas aplicaciones son las cabinas de aplicación de pintura.

Sin embargo y a pesar de lo indicado las lamparas fluorescentes no deben descartarse si en una industria existe un número predominante de este tipo de lámparas debido a que ofrecen las mejores características de visibilidad o porque su vida útil todavía es considerable se debe realizar un análisis de su operación y de ser necesario su reubicación, el programa digital contiene los lineamientos y principios que permiten colocar el número correcto de luminarias en los sitios adecuados con un rango de alturas de montaje que permite superar el escollo que significa la presencia de instalaciones neumáticas, transportadores, vigas, travesaños propios de las industrias.

El carácter de los resultados en lo referente a las luminarias de acuerdo al tipo de proceso sería:

- a. Procesos de fabricación
  - a.1. Número requerido de luminarias
  - a.2. Potencia nominal de las lamparas
  - a.3. Flujo luminoso correspondiente

\*Se presentan tres alternativas

b. Procesos de pintura en zonas con transportador

- b.1. Número requerido de luminarias
- b.2. Potencia nominal de las lamparas
- b.3. Flujo luminoso correspondiente

\*Se presenta la opción lamparas de sodio de alta presión

c. Procesos de pintura en cabinas de aplicación

- c.1. Número requerido de luminarias
- c.2. Potencia nominal de las lamparas
- c.3. Flujo luminoso correspondiente
- c.4. Color de la luz
- c.5. Voltaje de operación

\*Se presenta la opción lamparas fluorescentes

d. Procesos de Ensamble

- d.1. Número requerido de luminarias
- d.2. Potencia nominal de las lamparas
- d.3. Flujo luminoso correspondiente

\*Se presentan tres alternativas

e. Zonas de Inspección

- e.1. Número requerido de luminarias
- e.2. Potencia nominal de las lamparas
- e.3. Flujo luminoso correspondiente

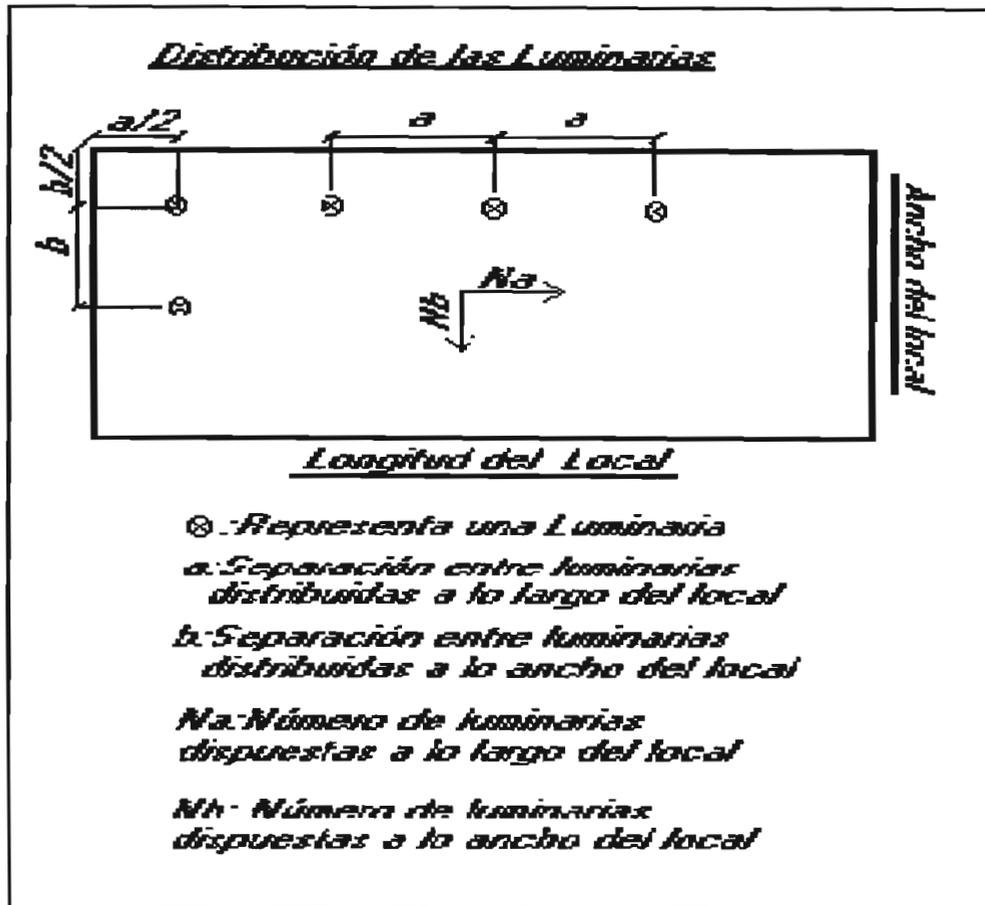
\*Se presenta la alternativa de lamparas de sodio de alta presión

f. Líneas de producción

- f.1. Número requerido de luminarias
- f.2. Potencia nominal de las lamparas
- f.3. Flujo luminoso correspondiente

\*Se presentan tres alternativas

### 5.3.1. Distribución de luminarias



**figura 5. 2**

El programa no estaría completo sin la ubicación física de las luminarias, dentro de los resultados del programa precisamente consta como se distribuye el número de luminarias necesario para proveer los niveles de iluminación requeridos durante la etapa de diseño para mostrar las características de un local con distribución de luminarias se muestra la figura 5.2 dentro del programa también se indican presentaciones gráficas que indican donde colocar las luminarias.

Los resultados derivados de la ubicación de luminarias dentro de cada proceso serian los siguientes:

a. Procesos de Fabricación

- a.1. Altura de montaje de las luminarias
  - a.2. Separación de luminarias a lo largo del local
  - a.3. Separación de luminarias a lo largo del local en las esquinas
  - a.4. Número de luminarias distribuidas a lo largo del local
  - a.5. Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local
  - a.6. Separación de luminarias a lo ancho del local
  - a.7. Separación de luminarias a lo ancho del local en las esquinas
- \*Se presentan tres alternativas

b. Procesos de Pintura en zonas con transportador

- b.1. Distancia luminaria-transportador
- b.2. Distancia entre luminarias a lo largo del transportador
- b.3. Altura de montaje

c. Procesos de Pintura en cabinas de aplicación

- c.1. Distancia pared frontal-luminaria (X)
- c.2. Distancia pared lateral-luminaria (T)
- c.3. Ancho de la cabina (Y)
- c.4. Longitud de la cabina (Z)
- c.5. Altura de la cabina (H)
- c.6. Altura de montaje (h)

d. Procesos de Ensamble

- d.1. Altura de montaje de las luminarias
  - d.2. Separación de luminarias a lo largo del local
  - d.3. Separación de luminarias a lo largo del local en las esquinas
  - d.4. Número de luminarias distribuidas a lo largo del local
  - d.5. Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local
  - d.6. Separación de luminarias a lo ancho del local
  - d.7. Separación de luminarias a lo ancho del local en las esquinas
- \*Se presentan tres alternativas

e. Zonas de inspección

- e.1. Altura de montaje de las luminarias
- e.2. Separación de luminarias a lo largo del local
- e.3. Separación de luminarias a lo largo del local en las esquinas
- e.4. Número de luminarias distribuidas a lo largo del local
- e.5. Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local

- e.6. Separación de luminarias a lo ancho del local
- e.7. Separación de luminarias a lo ancho del local en las esquinas

g. Líneas de Producción

- g.1. Altura de montaje de las luminarias
- g.2. Separación de luminarias a lo largo del local
- g.3. Separación de luminarias a lo largo del local en las esquinas
- g.4. Número de luminarias distribuidas a lo largo del local
- g.5. Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local
- g.6. Separación de luminarias a lo ancho del local
- g.7. Separación de luminarias a lo ancho del local en las esquinas

**5.3.2. Costos por inversión en el sistema de iluminación**

Recordando la formulación empleada en el capítulo 4 se tiene que:

- A. Costo neto de una luminaria
- B. Costo por instalación eléctrica de cada luminaria
- C. Costo de mano de obra por instalación de luminaria
- X. Costo anual por luminaria
- Y. Costo total inicial por luminaria
- T. Tiempo de vida útil

Estos valores quedan distribuidos de la siguiente manera :

$$Y = A + B + C \quad (\text{Ec.5.3})$$

$$X = \frac{A}{T} \quad (\text{Ec.5.4})$$

**5.3.3. Costos por operación del sistema de iluminación**

Los costos operativos se refieren a los valores económicos que representa la operación del sistema de iluminación ,al respecto se presentan dos versiones costos mensuales y anuales esto da una idea clara de la incidencia de los costos operativos de los sistemas de iluminación si se cotejan con las planillas entregadas por la empresa eléctrica que da el servicio , el valor anual da una noción de la magnitud del costo operativo ,es posible encontrar sistemas cuyo costo operativo mensual no resulta apreciable en forma mensual pero a nivel anual los montos resultan considerables, notese que este último valor nada más es una proyección debido a la constante variación de precios referidos a tarifas , salarios ,condiciones de inflación, etc.

Los costos operativos son el resultado de la suma de:

- Costos por consumo
- Cargos por demanda en horas pico
- Costos por depreciación

### 5.3.4. Tiempos de Mantenimiento y operación del sistema de iluminación

Las lámparas tienen períodos de vida útil expresados en horas de funcionamiento, estadísticamente se define la vida útil como el intervalo de tiempo comprendido entre la instalación de un grupo de lámparas hasta que se produce la falla del 50% de las lámparas, pero no solamente la idea de falla determina la vida útil de las lámparas o del sistema de iluminación que estas integran sino también el flujo luminoso generado por las lámparas las de vapor de mercurio luego de 24000 horas pierden tanta eficiencia que su flujo luminoso se reduce significativamente.

Por otra parte y en condiciones de operación normales las lámparas de descarga requieren de 3 a 5 minutos para encenderse, sin embargo el desgaste de la lámpara es significativo debido a que se sobrecarga durante el arranque se requieren potencias elevadas en esta etapa de ahí que en régimen de funcionamiento continuo estas lámparas sufren menos desgaste y consecuentemente duran mayor tiempo estos períodos de uso ininterrumpido ocurren en gran parte de procesos industriales por lo que su uso resulta adecuado, sin embargo los sistemas de iluminación deben recibir mantenimiento preventivo, a nivel operativo vale tener en cuenta que por falla del sistema de iluminación se consideran los siguientes tiempos:

$$T_i = T_{lf} + T_{lg} + T_r \quad (\text{Ec.5.5})$$

Donde:

$T_i$  : tiempo improductivo

$T_{lf}$ : tiempo de localización de la falla

$T_{lg}$ : tiempo de localización del repuesto

$T_r$  : tiempo de reparación

Si bien la falla del sistema no es total a menos que existan cortes en el suministro de energía o contingencias similares se deberá considerar el reemplazo de las luminarias en caso de falla y preventivamente al cumplirse el período de vida útil declarado por el fabricante para las lámparas, se considera con lámparas de mercurio que luego de 24000 horas de cada 100 lámparas 67 siguen funcionando y 33 han dejado de operar normalmente, por otra parte se reduce la depreciación del sistema si es que se cambian las lámparas antes de su deterioro total, el punto de equilibrio ocurre cuando los ahorros por consumo de energía mas el costo inicial del sistema compensan los costos por reposición del mismo

## CAPITULO 6

### Aplicación Práctica en la planta industrial de Ecuatoriana de Artefactos Sociedad Anónima mediante programa digital.

#### 6.1. Recopilación de Información

Resulta de gran importancia conocer los procesos desarrollados en el sitio de trabajo, las experiencias prácticas en conjunto aportan un sinnúmero de observaciones que deben unirse a la experimentación para aportar soluciones reales técnica y económicamente adecuadas que permitan desarrollar las actividades de una planta industrial de gran producción y alta eficiencia como *Ecuatoriana de Artefactos Sociedad Anónima* en forma óptima.

##### 6.1.1. Iluminación de procesos de fabricación

Se entienden por procesos de fabricación aquellas secuencias de transformación de materias primas en partes de uso específico, es decir que las partes obtenidas en estos procesos no tienen utilidad si no se tratan en etapas posteriores, en este tipo de procesos se distingue el uso de 2 tipos de maquinaria:

a) Maquinaria Semiautomática.- En este tipo de procesos la maquinaria cuenta con la intervención directa del personal son máquinas de este tipo las siguientes:

a.1) Máquinas de cizalla o cizalladoras.- Estas máquinas se emplean para cortar lámina metálica del tipo CRS, constan de un mando neumático que sirve para que el operador controle la máquina sin poner en peligro su seguridad, este tipo de máquinas las operan una o dos personas dependiendo del tipo de trabajo a realizar considérese el esquema de la figura 6.1

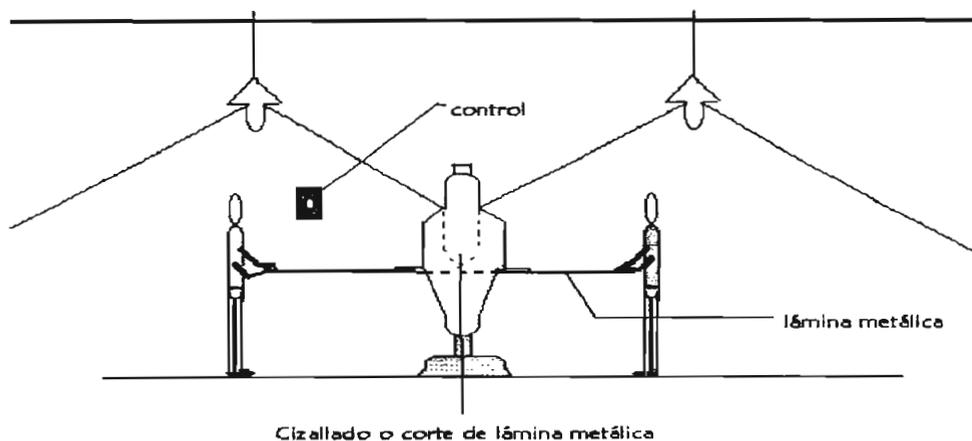


figura 6.1

a.2) Maquinas soldadoras.- Son comunes las soldadoras de punto ,esta maquinaria es de precisión se emplea para construir piezas que van a someterse a grandes esfuerzos y que requieren aplicación especializada de soldadura,un uso frecuente es la unión de bisagras con su eje de rotación conforme se muestra en la figura 6.2

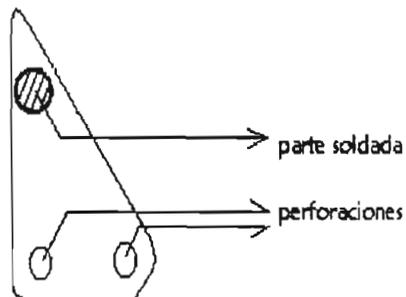


figura 6.2

El trabajo en este tipo de maquinas lo ejecuta un operario tal como se muestra en la siguiente figura

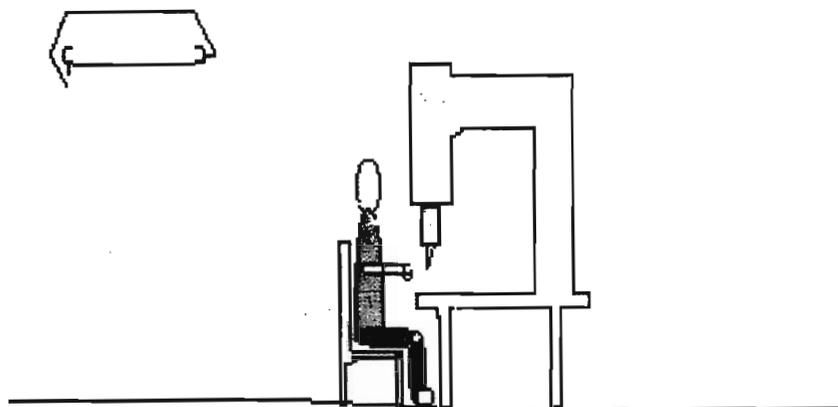


figura 6.3

a.3) Troqueladoras semiautomaticas.-Son maquinas que se emplean para cortar partes con formas determinadas se usan matrices conocidas como troqueles ,estas maquinas realizan presiones capaces de cortar laminas metálicas mediante el accionamiento de motores eléctricos que se controlan para realizar cada operación, en este tipo de trabajos los niveles adecuados de iluminación son esenciales ,existen experiencias de accidentes por deficiencias en la iluminación al trabajar con este tipo de maquinaria, en la figura 6.4 se muestra lamina metálica que ha sido procesada con este tipo de maquinaria.

La figura mostrada se obtiene en forma separada o simultáneamente existe maquinaria capaz de realizar este trabajo de ambas maneras, el trabajo del operador en todo caso finalmente es el mismo.

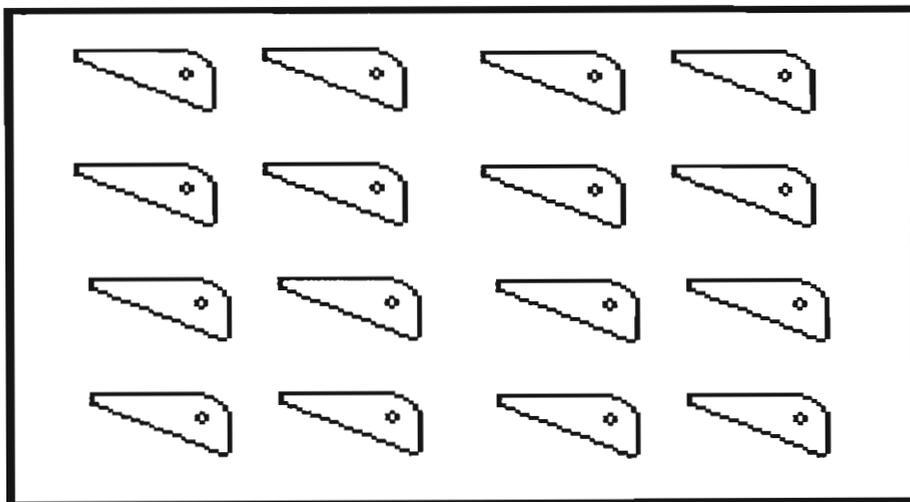


figura 6.4

a.4) Sierras Eléctricas. Existen sierras motorizadas que se emplean para trabajar con diferentes tipos de material como madera e inclusive laminas de plástico a diferencia de los casos anteriores en este tipo de maquinaria el operador trabaja sometido a efectos estroboscópicos de las luminarias es decir que debido al trabajo de las luminarias con la frecuencia de la red al igual que el o los motores eléctricos de la sierra ,podría parecer que la maquinaria no esta activa cuando ocurre lo contrario ,si bien es cierto que los niveles auditivos dentro de una industria están regulados ,no es menos cierto que la seguridad del operador no puede depender de si el motor de la sierra se escucha o no ,en todo caso en este trabajo y en el apartado referido al efecto estroboscópico se explican medidas tendientes a limitar este efecto .

a.5) Inyectoras de Poliuretano.-El poliuretano es una resina que se forma combinando un poliéster (P) que es un plastificante y un diisocianato (I) que actúa como catalizador ,el poliuretano es una espuma que al reaccionar permanece en estado sólido ,se utiliza como relleno y como aislante simultáneamente, el proceso de mezcla de los componentes (P+I) se realiza en forma automática en una maquina dosificadora de la relación P/I que determina la consistencia final del poliuretano ,sin embargo el proceso de inyección de la espuma en un artefacto la realiza un operario en un molde de alta presión que evita deformaciones que aparecerían durante la reacción inicial del poliuretano ,la aplicación en los artefactos resulta conforme se indica en la figura 6.5

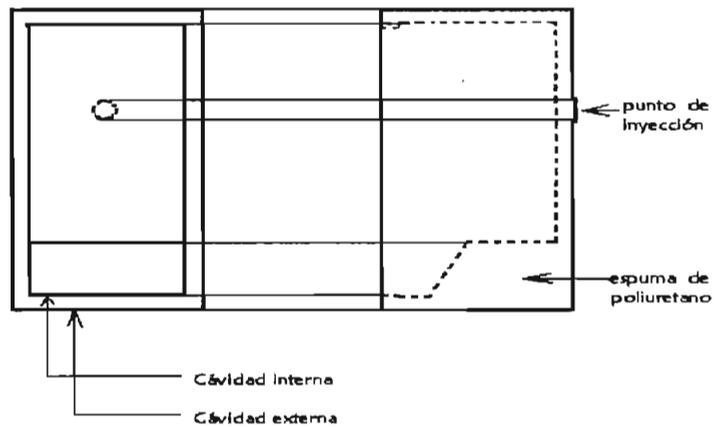
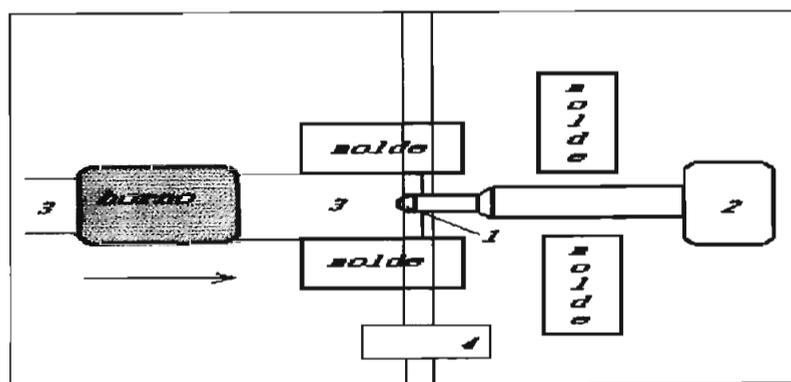


figura 6.5

El suministro de poliuretano (espumado) se realiza simultáneamente en varios moldes debido a la necesidad de estabilizar el poliuretano la inyección no es inmediata ,existe un intervalo de espera conocido como "tiempo de cura " luego de lo cual se realiza la extracción de la parte inyectada del molde que trabaja con altas presiones ,debido a la cantidad de estos moldes y a las grandes presiones que tienen existen rigurosas condiciones de seguridad para el trabajo del personal ,en la figura 6.7 se muestra una zona de trabajo de este tipo.



- 1: Cabezal de inyección (cubrimiento de 180 grados)
- 2: Consola de control
- 3: Transportador motorizado
- 4: Tacle para carga y descarga de partes en proceso

figura 6.6

Las maquinas de inyección de poliuretano trabajan con productos de bajo punto de explosión y por lo tanto sus vapores son extremadamente volátiles debido a esto la iluminación en sitios destinados a espumado con poliuretano se realiza con luminarias especiales, la disposición de las luminarias en estos casos se realiza de la siguiente manera :

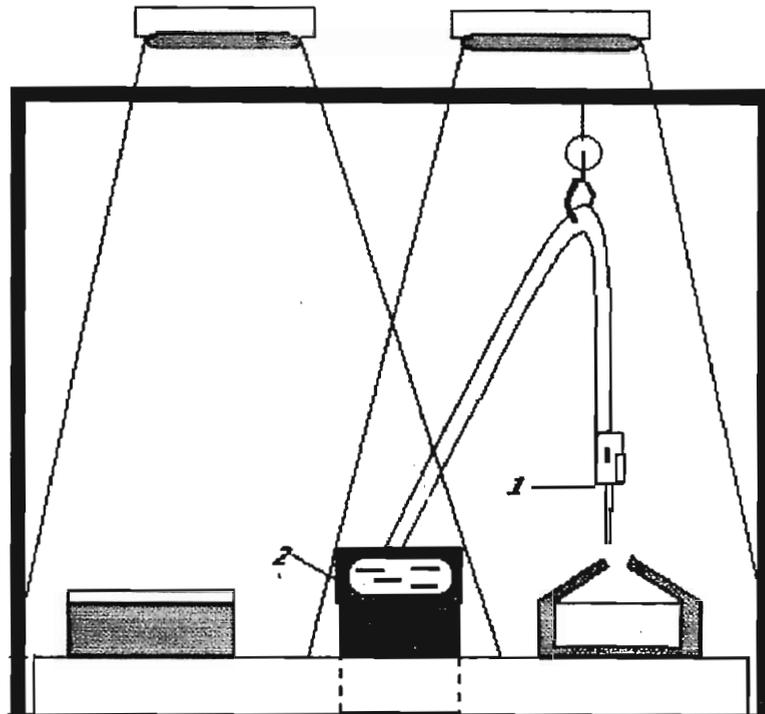


figura 6. 7

a.6) Actividades de Subensamble.- Se conocen como subensambles aquellas actividades destinadas a fabricar partes con materias primas adquiridas para el proceso de manufactura del producto a ser comercializado, estas partes se utilizaran en forma complementaria en el ensamble de los artefactos en este caso son ejemplos de subensambles los siguientes:

-Instalaciones eléctricas que incluye la construcción de controles de temperatura ,la instalación significa realizar uniones y regulación del control previo conocimiento de los diagramas para los diferentes modelos.

-tuberías soldadas ,esta actividad incluye el acoplamiento y prueba de tubería de aluminio que se utilizara para la circulación de gas refrigerante (freón) en la cavidad interna del artefacto durante esta etapa se realizan pruebas de las uniones soldadas mediante suministro de nitrógeno a presión e inmersión en agua verificar la gráfica 6.8.

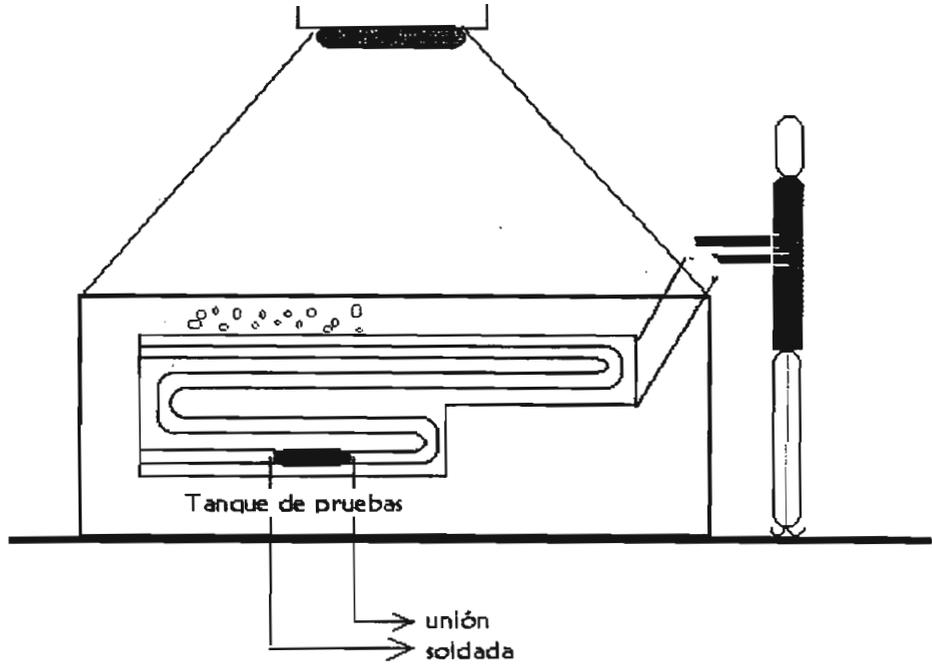


figura 6.8

-Otra actividad de Subensamble es la preparación de puertas para los artefactos ,este tipo de tareas se realiza sobre mesas de trabajo en las que el personal utiliza herramienta neumática como aladros atornilladores ,remachadoras,etc.

El subensamble incluye el montaje de una parte metálica que es la puerta propiamente dicha ,las manijas de sujeción,y el interior denominado contrapuerta que se fabrica en poliestireno el esquema es el de la figura 6.9

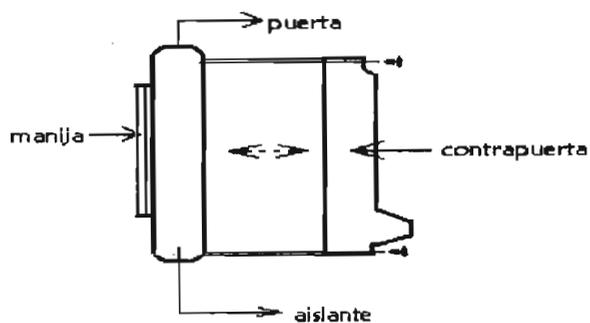
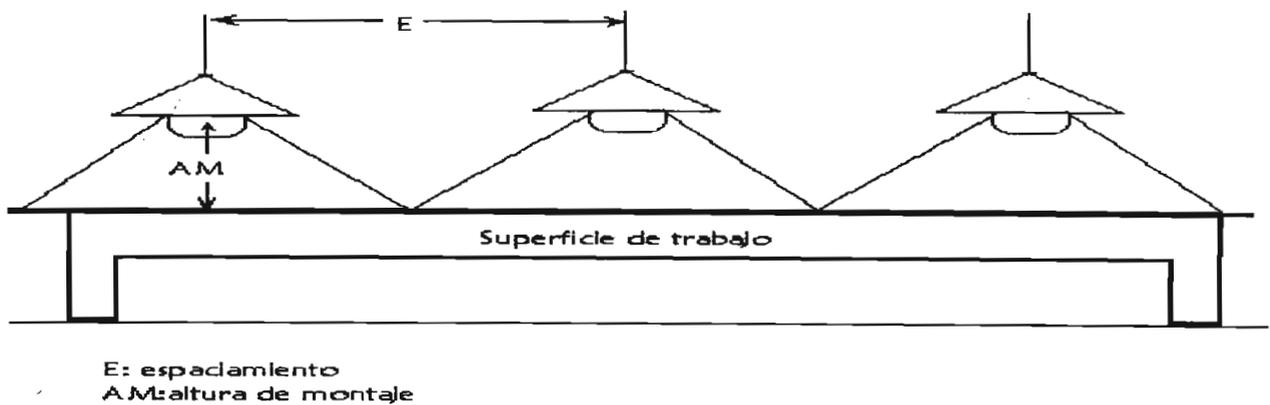


figura 6.9

Para el ensamble de estas partes la disposición de la iluminación se realiza considerando que la zona de influencia de las luminarias es tal que la superposición de los haces producidos se ajusta a los niveles de iluminación requeridos de la siguiente manera:



**Figura 6.10**

b)Maquinaria Automática.- En este tipo de maquinaria los procesos de fabricación de partes se realizan por acción de la maquinaria y de procesos preestablecidos la intervención humana es únicamente tendiente a efectuar supervisión y control de procesos.

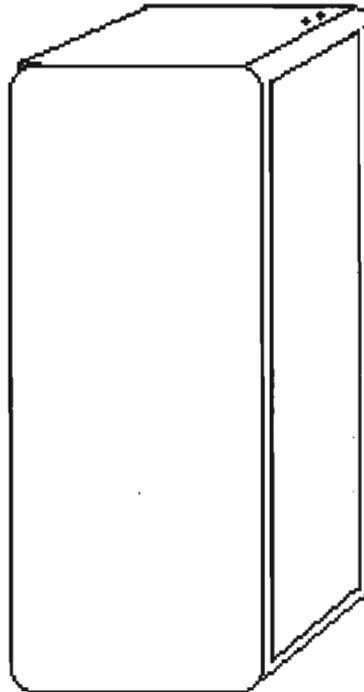
b1)Maquinas roladoras .-Se conoce como rolado de una parte al proceso durante el cual lamina metálica adquiere una forma predeterminada, en este caso se fabrican partes conocidas como gabinetes que son.-Se conoce como rolado de una parte al proceso durante el cual lamina metálica adquiere una forma predeterminada, en este caso se fabrican partes conocidas como gabinetes que son los compartimientos exteriores de las neveras que se fabrican empleando lamina metálica del tipo CRS,para este efecto también se emplea lamina metálica preparada ,esta lamina a diferencia de la anterior no necesita ser pintada debido a que el fabricante la suministra en diferentes colores ,en todo caso este tipo de lamina existe en bobinas de 3000 a 5000 Kg. ,las partes fabricadas toman la siguiente forma:

la maquinaria realiza el proceso en forma automática siguiendo una secuencia preestablecida que comprende los siguientes pasos :

a)Desarrollo de la bobina .-En este evento se examina la calidad de la lamina metálica ,se detectan imperfecciones debidas a fabricación transporte y/o almacenamiento, esta materia prima es importada debido a esto permanece durante varios meses en barcos ,puertos y bodegas puesto que se va a utilizar en la fabricación de la parte externa de un artefacto el examen es bastante riguroso y en casos de fallas de fabrica la devolución al proveedor es posible los principales defectos son:

- Golpes
- Rayaduras
- Señales de corrosión
- Defectos de pintura en el caso de lamina prepintada
- Marcas debido al lubricante con que se almacena la bobina, este no es un defecto permanente, sin embargo debe diferenciarse de otros que si lo son.

b)Corte.-El siguiente paso es cortar la lamina en secciones que no son mas que el desarrollo de la parte mostrada en la figura 6.11 ,para realizar esta operación la maquina requiere un ajuste mecánico previo debido a que entre un modelo y otro las dimensiones son variables.



**figura 6.11**

c)Troquelado.-La lamina cortada se perfora en otra etapa del proceso con la finalidad de emplear estas perforaciones para montar partes del subensamble y ensamble.

d)Dobleses y pliegues.-La parte cortada y troquelada en esta etapa adquiere características tridimensionales debido a que existe un sistema de ventosas y brazos mecánicos que realizan este proceso hasta obtener la parte mostrada en la figura 6.11.

e)Uniones.- Finalmente se realiza la unión de la parte mediante el uso de elementos de sujeción como remaches.

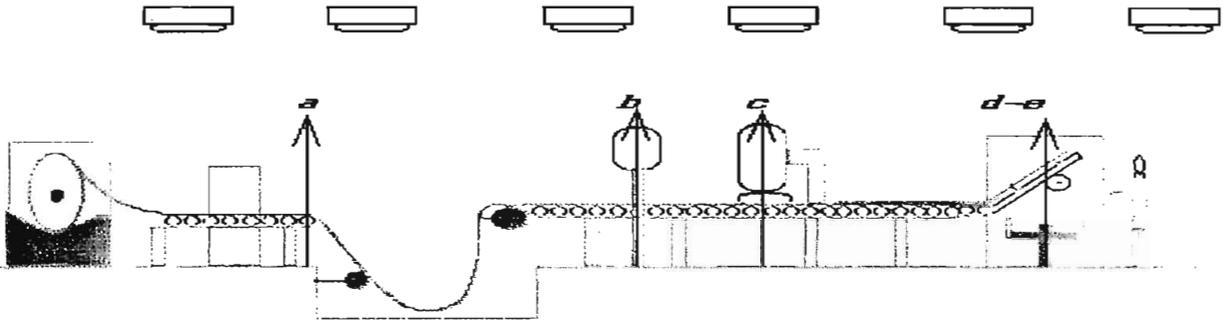
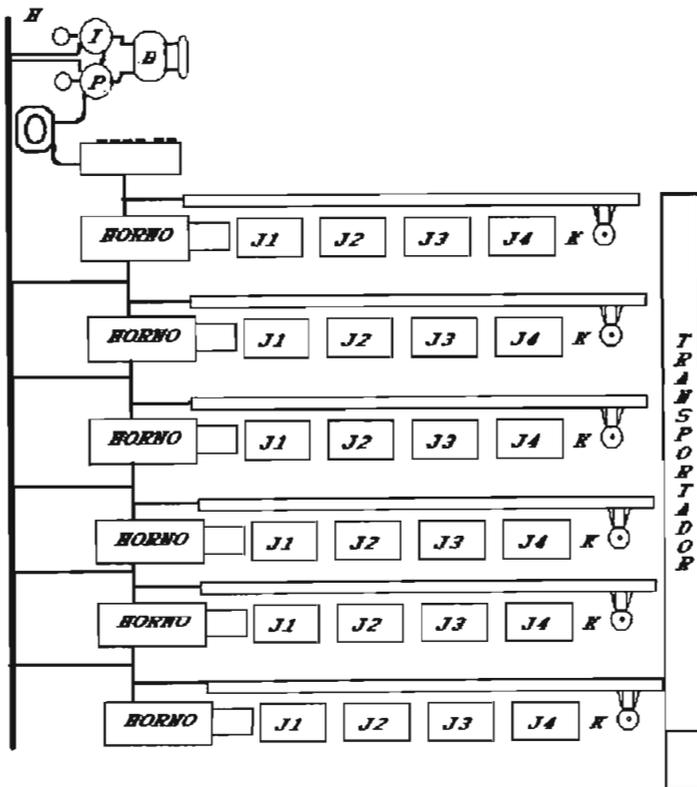


figura 6.12

b2)Inyectoras de Poliuretano.-El proceso es similar al indicado en el apartado a en lo referente a la preparación del poliuretano; Sin embargo existen maquinas con mas de 1 cabezal de inyección en estos casos los moldes de inyección se agrupan en varias columnas y el suministro de poliuretano se realiza en forma automática ,con una programación predefinida para cada cabezal y para cada modelo básicamente esta programación incluye caudales P+I constantes y parámetros de tiempo ajustables para cada modelo ,la figura 6.13 muestra una vista superior de estas distribuciones.



Donde:  
 B : Sistema de alta presión  
 P,I:Depósito de componentes  
 K : Cabezal de inyección  
 H :Tubería de aire presurizado

figura 6.13

b3)Maquinas troqueladoras.- Este tipo de maquinas realizan perforaciones y cortes ,dan secciones en ángulos predeterminados a la lamina metálica este proceso ocurre en forma automática una vez introducida la programación de la maquina ,la parte resultante es lamina con perforaciones que serán empleadas posteriormente un ejemplo se muestra en la figura 6.14.

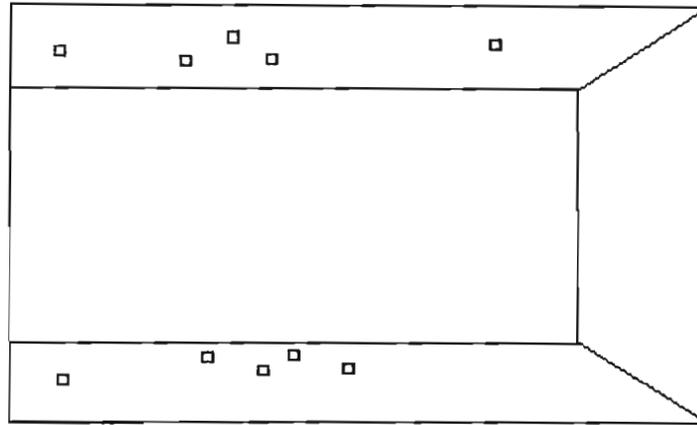


figura 6.14

Esta maquinaria se utiliza en un recinto cerrado donde se realiza el procesamiento de las partes, la iluminación correspondiente se realiza conforme se muestra en la figura 6.15

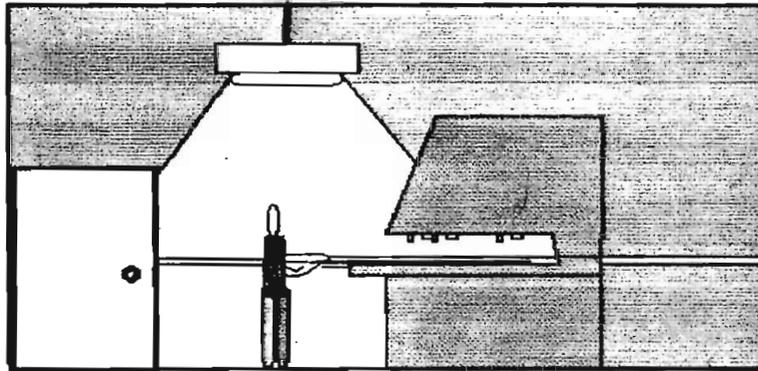


figura 6.15

b4)Maquinas laminadoras.- Este tipo de maquinaria se utiliza para obtener lamina en poliestireno de distintos calibres esta lamina se utiliza para realizar partes en poliestireno mediante un proceso conocido como “estampado” ,para el efecto se emplea otro tipo de maquinaria ,en una inyectora de plástico de este tipo existen niveles de temperatura que deben ser controlados durante todo el proceso, vale notar que cualquier imperfección en el laminado debe detectarse inmediatamente por dos razones:

-las imperfecciones en el laminado se traducen en defectos luego del estampado y no se pueden eliminar de manera alguna.

-el material rechazado se puede reprocesar fácilmente siempre y cuando la lamina o la parte a reprocesar no hubiese resultado contaminada por otro tipo de materiales.

La iluminación en este caso es la misma que en el caso de una maquina roladora ,esto significa que al tener que hacer control de la calidad de la lamina se deberá tomar en cuenta la distribución de las luminarias .

### **6.1.2. Iluminación en procesos de pintura**

No existe una definición exacta de calidad, sin embargo un buen criterio es aquel que dice : “calidad es lo que se puede ver” ,es decir bajo diferentes puntos de vista un producto tiene calidad cuando al realizar una observación la impresión es de aceptación esta es una medida altamente subjetiva sin embargo difícil de conseguir pero necesaria si se fabrica un determinado producto que debe agradar para ser adquirido, en este caso la pintura viene a ser una de las características de un artefacto de línea blanca que le confiere belleza y aceptación o rechazo si fuere el caso.

Los parámetros a considerar para aplicación y acabados de la pintura vienen a ser los siguientes:

- Dureza
- Espesor de la aplicación
- Resistencia al impacto
- Brillo
- Tonalidad
- Textura

Los acabados de pintura se obtienen de las siguientes formas:

- Por aplicación de pintura electrostática
- Por aplicación de pintura líquida (esmaltes horneables)
- Por uso de lamina prepintada.

La iluminación en las cabinas de aplicación se realiza empleando las luminarias que vienen en las cabinas como parte del equipo de pintura como se indica en el capítulo 3 referido a iluminación industrial (apartado 3.27) sin embargo en los sitios destinados a la aplicación de pintura se realizan otras operaciones como transporte ,preparación y acabados de las partes la disposición de las diferentes etapas de tratamiento es la siguiente :

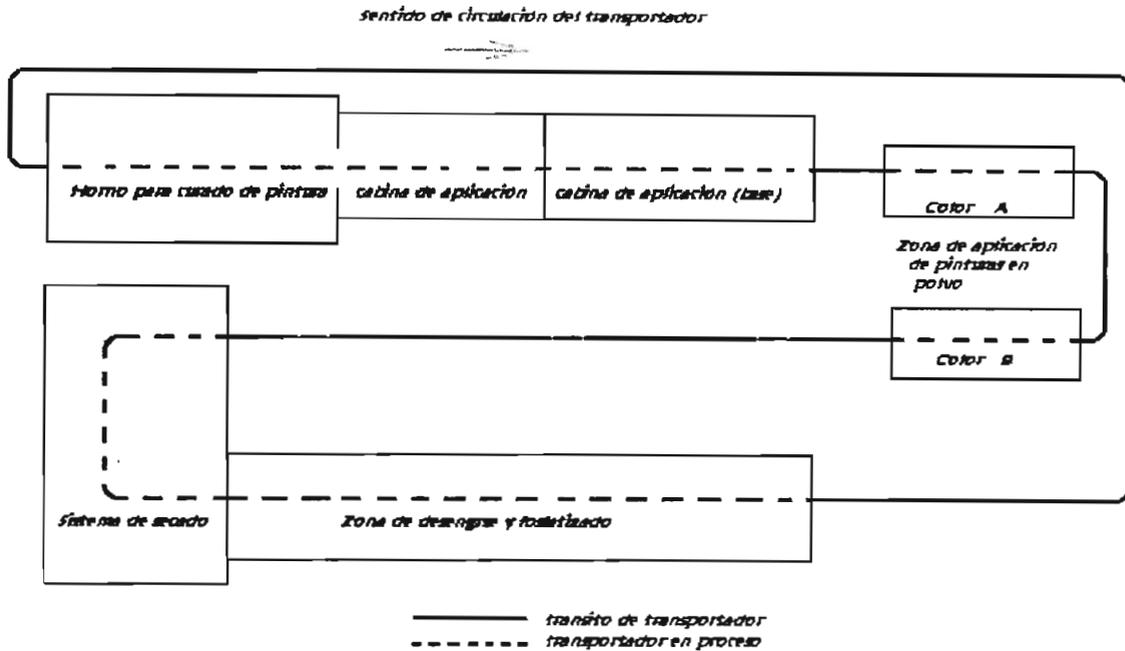


figura 6. 16

### 6.1.3. Iluminación en sitios de ensamble

Los procesos de fabricación de partes se complementan con procesos de subensamble y el posterior ensamble de estas partes para constituir el producto final, puede decirse que la zona de ensamble es el sitio donde se mide la cantidad y la calidad de la producción debido a que los índices de producción dependen de los procesos de fabricación que preceden al ensamble, así mismo la calidad del producto terminado depende de la selección de las partes fabricadas, aquellas que tienen defectos a pesar de haber sido revisadas previamente simplemente no se incluyen en el ensamble.

La etapa del ensamble comprende los siguientes pasos:

-Inspección de material inyectado poliuretano, se revisa fallas de pintura así como golpes y rayaduras, obsérvese que se trata de una segunda inspección la primera se realiza en forma previa a la inyección de poliuretano, de manera que cualquiera de estos defectos habrían ocurrido durante el suministro de poliuretano adicionalmente se debe controlar otros defectos producidos únicamente por inyección del aislante estos pueden ser:

- manchas de poliuretano
- deformaciones debidas a "tiempos de curado" inferiores a los establecidos
- deformaciones, debidas a excesos de presión en los moldes de inyección.
- efectos debidos a dosificación incorrecta de los componentes del poliuretano.

-Montaje de garruchas y bases de madera que se utilizan para el transporte del artefacto adicionalmente se coloca el control de temperatura y se realiza la disposición de los conductores en la parte inyectada.

-Se realiza el montaje del motocompresor así como la conexión eléctrica de este con el control ninguna regulación del control puede realizarse esta se efectúa en la etapa previa al ensamble final, en esta parte tampoco se realiza ninguna conexión del sistema de circulación del refrigerante.

Adicionalmente se ubica el sistema congelador que es una cavidad sobre la que viene montada la tubería por donde circula el refrigerante las terminales de esta tubería sobresalen y así se dejan hasta realizar la soldadura en forma posterior.

-A continuación se realiza el montaje de sistemas de sujeción de otras partes, estos se denominan soportes sirven para sustentar parrillas y superficies de uso futuro. en esta etapa se incluyen las bisagras que servirán para la apertura y cierre de las puertas del artefacto .

Luego se colocan travesaños que sirven para separar la cavidad que refrigera de la que congela, se colocan las puertas que se preparan previamente y que constan de un empaque magnético que servirá para el cierre hermético del artefacto.

-Una vez efectuado el montaje de puertas se coloca un sistema de difusión de calor este se coloca en la parte posterior del artefacto.

-En la zona de suelda se realiza la conexión de las siguientes tuberías

aquellas debidas al sistema del congelador son 2 terminales  
las que se emplean en el sistema de refrigeración son 2 terminales  
las del motocompresor son 4 terminales

Todo el circuito se carga con gas freon que actúa como refrigerante dentro de esta parte se debe considerar la presencia de bombas de vacío que se emplean para evacuar el aire que se encontraría en el interior de las tuberías.

-Posteriormente se realiza detección de fugas de gas de los sistemas de refrigeración, solo los artefactos que no presenten fugas se someten a pruebas que incluyen al menos un ciclo de trabajo, este ciclo comprende la operación del motocompresor en rangos preestablecidos de temperatura que se puede describir de la siguiente manera:

Sea  $T_1$  el limite inferior de temperatura y  
 $T_2$  el limite superior de temperatura  
Y  $t_i$  los tiempos respectivos de estos ciclos

$T_2$ -----periodo de corte ( $t_2$ )  
 $T_1$ -----periodo de arranque ( $t_1$ )

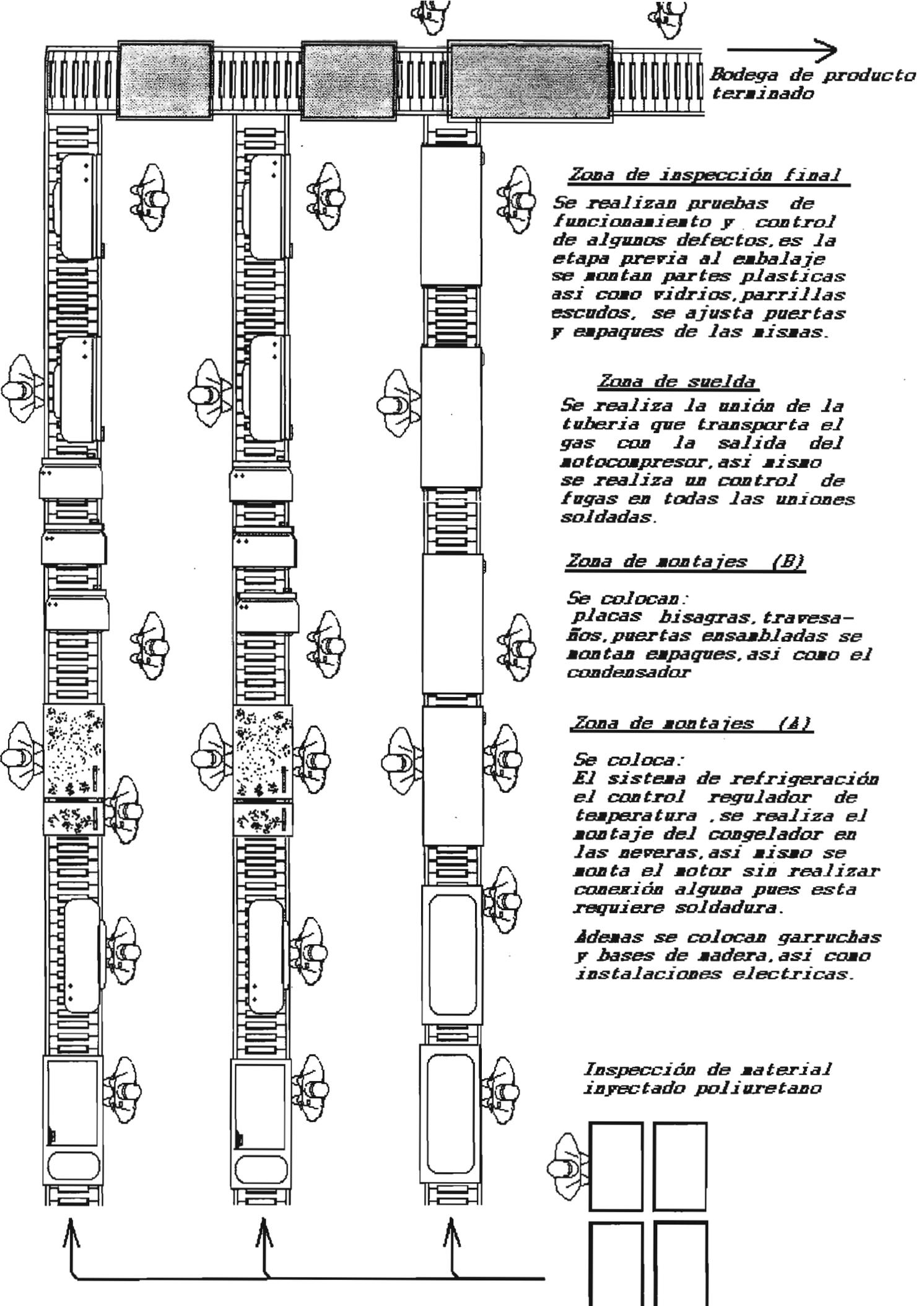
A  $t_1$  el motocompresor arranca cuando la temperatura es  $T_1$ , al conseguir en el interior la temperatura  $T_2$  (recordar que debe cumplirse que  $T_2 < T_1$ ) el motocompresor se apaga (corta) esto ocurre a  $t_2$ , el tiempo transcurrido hasta ahora es  $t_2 - t_1$  que es el periodo que dura el motocompresor en funcionamiento un valor típico es 8 minutos.

Posteriormente y durante un periodo en el que la temperatura aumenta hasta temperaturas  $T < T_1$  el motocompresor se mantiene apagado un valor típico de este periodo es 30 minutos y nuevamente cuando  $T = T_1$  el ciclo se inicia; las temperaturas de control  $T_2$  y  $T_1$  son ajustables y determinan los periodos de funcionamiento del sistema.

-Luego se realiza el montaje de partes plásticas así como limpieza y “retoques” del artefacto, en esta etapa se realiza una inspección de producto terminado que es bastante rigurosa.

-Se realiza el embalaje y entrega del producto a bodegas para su comercialización posterior .

La descripción que muestra la distribución de las líneas de producción y la secuencia de los procesos asociados al ensamble se muestra en la gráfica 6.17



→ Bodega de producto terminado

**Zona de inspección final**

Se realizan pruebas de funcionamiento y control de algunos defectos, es la etapa previa al embalaje se montan partes plasticas asi como vidrios, parrillas escudos, se ajusta puertas y empaques de las mismas.

**Zona de suelda**

Se realiza la unión de la tubería que transporta el gas con la salida del motocompresor, asi mismo se realiza un control de fugas en todas las uniones soldadas.

**Zona de montajes (B)**

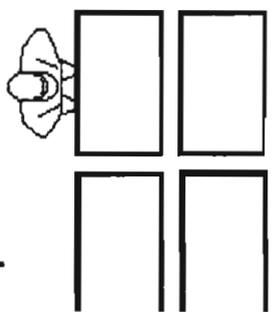
Se colocan: placas bisagras, travesaños, puertas ensambladas se montan empaques, asi como el condensador

**Zona de montajes (A)**

Se coloca: El sistema de refrigeración el control regulador de temperatura, se realiza el montaje del congelador en las neveras, asi mismo se monta el motor sin realizar conexión alguna pues esta requiere soldadura.

Ademas se colocan garruchas y bases de madera, asi como instalaciones electricas.

**Inspección de material inyectado poliuretano**



Las líneas de producción requieren iluminación especializada tanto para procesos de ensamble como para trabajos especiales por ejemplo aplicación de soldadura, puesta en vacío, carga de gas e inspecciones que requieren diversos grados de minuciosidad, en artefactos de "línea blanca" la detección de imperfecciones resulta difícil debido a los altos índices de reflexión producidos por niveles de iluminación no adecuados, las luminarias generalmente se colocan de acuerdo a las necesidades iniciales durante la construcción de la planta, sin embargo cambios posteriores en las actividades no necesariamente significan la reubicación del sistema de iluminación aunque la situación lo amerite en vez de esto la tendencia es a incrementar el número de luminarias en donde aparentemente se requiere mayor iluminación en este caso el sistema de iluminación resulta modificado pero no necesariamente en las condiciones más adecuadas.

Adicionalmente se emplea el mismo tipo de luminarias para diferentes tipos de tareas, es decir se realiza inspecciones, trabajos de ensamble con los mismos niveles de iluminación, esto significa tener en el mejor de los casos iluminación adecuada en ciertas zonas pero deficiencias en otros sitios (zonas de sombra) e inclusive sitios con exceso (zonas de deslumbramiento), en definitiva los niveles de iluminación no son específicos y tampoco uniformes.

Conviene decir que diferentes tipos de tareas significan diferentes tipos de luminarias vale anotar que una luminaria está definida por los siguientes parámetros:

-Su posición con respecto al local y a otras luminarias ( $E_x, E_y$ ) que son los espaciamientos entre luminarias.

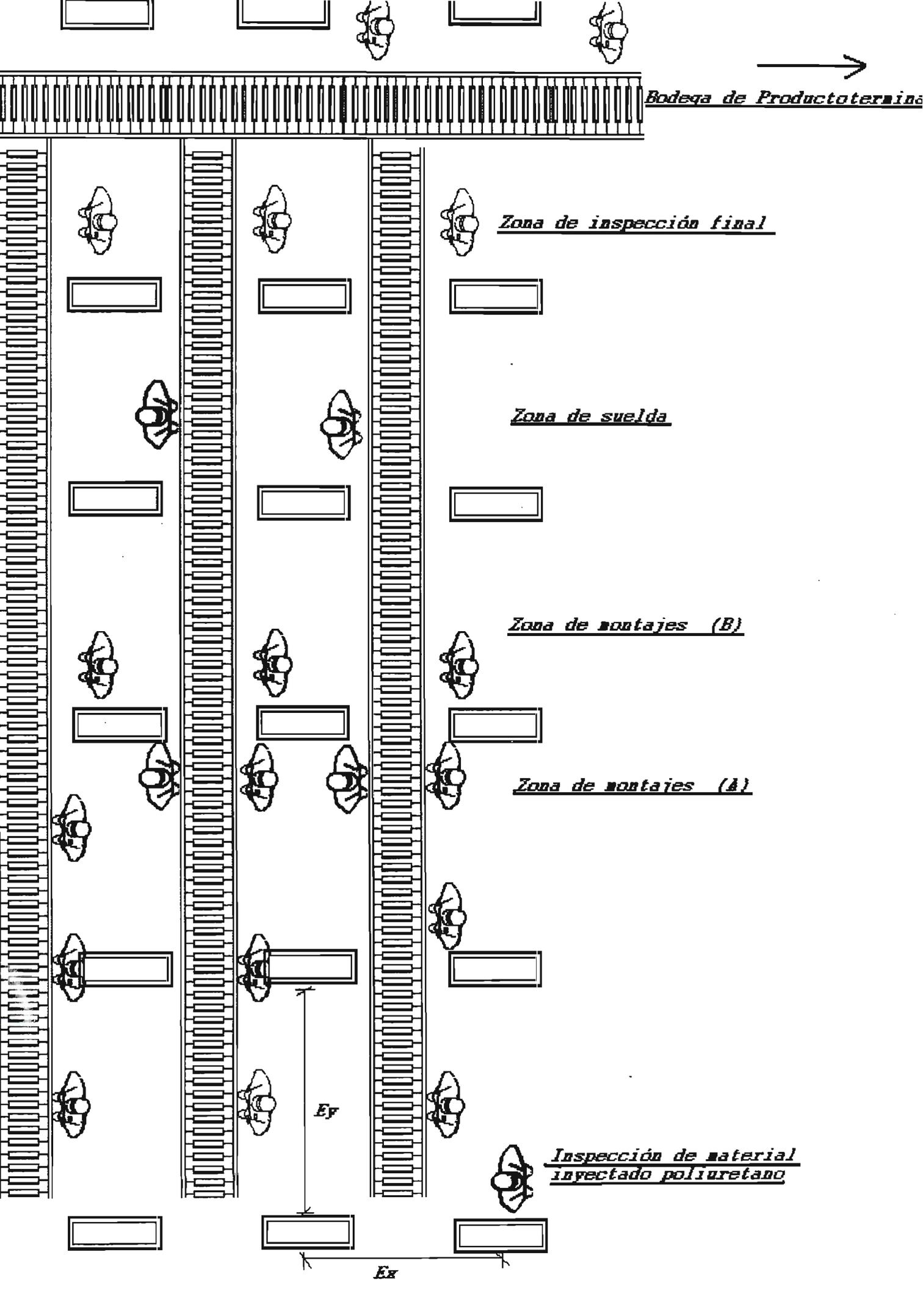
-Su posición con respecto a la superficie de trabajo (AM) que es la altura de montaje, esta es la distancia entre la lámpara y el sitio de trabajo que puede ser una mesa, una cuba de pruebas, una línea de ensamble, un transportador, etc.

-Su potencia eléctrica en vatios que no es más que la energía consumida por unidad de tiempo.

-Su potencia luminosa en lúmenes

Estos dos últimos parámetros se especifican a través de un tercer parámetro que es la eficiencia luminosa en lúmenes por vatio, esta notación es útil cuando se comparan diferentes tipos de luminarias.

El sistema de iluminación utilizado se especifica en la figura 6.18 este es homogéneo, es decir se emplean los mismos tipos de lámparas con los parámetros descritos anteriormente.



#### 6.1.4. Análisis de Costos

El análisis de costos se basa en el consumo energético ocasionado por el sistema de iluminación sea este un sistema existente como sería el caso de industrias que requieren mejorar sus sistemas de iluminación o de sistemas que han sido diseñados mediante programa digital y que se encuentran previstos dentro de la planificación de una industria de futuro establecimiento y operación, para ello es importante tener toda la información disponible al respecto en este apartado se describen las condiciones del análisis de costos.

Es importante notar las fórmulas utilizadas para realizar las evaluaciones económicas estas son las siguientes:

$$Q_e = N * n * P * V * T \quad (\text{Ec.6.1})$$

Donde:

Q<sub>e</sub>: El costo por consumo de energía en \$ por año

V: El costo por mes del kilovatio hora

T: El tiempo de operación del sistema de iluminación en horas por año.

$$Q_p = N * n * P * V_p * 12 \quad (\text{Ec.6.2})$$

Donde:

Q<sub>p</sub>: El costo por demanda en \$ por año

V: El costo por mes del kilovatio en horas pico

$$Q_d = \frac{N * n * CL * T}{T_u} \quad (\text{Ec.6.3})$$

Donde:

Q<sub>d</sub>: El costo por depreciación o uso en \$ por año

CL: Es el costo de las lámparas

T<sub>u</sub>: Es el tiempo estimado de vida útil de la lámpara

Si se designa por Q<sub>t</sub> el costo total anual del sistema de iluminación se tiene que:

$$Q_t = Q_e + Q_p + Q_d \quad (\text{Ec.6.4})$$

Existen otros parámetros que constan en el formato estos son requerirán al momento de evaluar los dos sistemas, el que se halla en operación presente y el que se emplearía a futuro de ser mejor que el actual.

## 6.2. Propuesta del nuevo sistema de iluminación.

Esta parte del trabajo resulta interesante porque permite diseñar mediante simulación digital un nuevo sistema de iluminación para procesos que ya se conocen y de los que existe información además ilustra a manera de ejemplo como se aplicaría el programa y los resultados y varias mejoras que se podrían implementar aún con sistemas de iluminación existentes y que podrían continuar en operación.

### 6.2.1. Iluminación en procesos de fabricación.

Los procesos de fabricación se realizan en naves industriales individuales o en recintos donde se llevan a cabo otros procesos las características de estos recintos se indican en cada caso para reformar el sistema de iluminación los procesos analizados son:

#### Fabricación de partes para lavadoras investadas en polipropileno

##### *Características del local*

Longitud	12.00 metros
Ancho	6.00 metros
Altura de la planta	12.00 metros
Altura de la maquinaria	2.40 metros

##### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Número de luminarias empleado	4.00 unidades
Tipo de luminarias	vapor de mercurio
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	175.00 vatios
Potencia del balastro	17.00 vatios
Flujo luminoso	8600.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

##### Campana industrial ancha

Color	El del aluminio inyectado
Altura	0.225 metros
Diámetro	0.310 metros

##### Localización de las luminarias

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	2.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00 metros
Separación en los extremos	~3.00 metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	2.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	3.00 metros
Separación en los extremos	1.50 metros
Altura de montaje utilizada	6.60 metros

Nivel de iluminación medio	211.11	Luxes
Consumo energético mensual	73.72	Kw-h
Tiempo de operación mensual	96.00	h

*Características luminotécnicas del sistema propuesto*

Numero de luminarias requerido	8.00	unidades
Tipo de luminarias	Vapor de mercurio	
Color	Blanco	
Potencia Nominal de la lámpara	175.00	vatios
Potencia del balastro	17.00	vatios
Flujo luminoso	8600.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Soporte tipo	E40	

Tipo de reflector		
Campana industrial ancha		
Color	El del aluminio inyectado	
Altura	0.225	metros
Diámetro	0.310	metros

Localización de las luminarias		
Número de luminarias distribuidas a lo largo del local	2.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00	metros
Separación en los extremos	3.00	metros
Numero de luminarias distribuidas a lo ancho del local	3.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	3.30	metros
Separación en los extremos	~1.65	metros
Altura de montaje recomendada	6.60	metros

Nivel de iluminación medio	301.50	Luxes
Consumo energético mensual	110.59	Kw-h
Tiempo de operación mensual	96.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	497.871.36	\$
Costo total por inversión	760.000.00	\$
Vida útil de las lámparas	10.000.00	h
Vida útil esperada	8.70	años
Costo de las luminarias	380.000.00	\$ (*)

(\*) Estos valores son obtenidos a la fecha de consulta del trabajo, sin embargo el programa puede trabajar con valores vigentes a la fecha de su aplicación.

## Observaciones

El sistema de iluminación de este proceso utilizaba inicialmente lámparas de vapor de mercurio de 175 vatios en número de 4 los niveles de iluminación resultantes resultaron inferiores a los requeridos se realizó el estudio y se determino que el número requerido de estas luminarias debería ser de 6 ,se tenían las 2 luminarias faltantes en existencia sin embargo se incluye su costo por inversión que es de  $2*(380.000)\$=760.000\$$  con el número de luminarias correcto y la posición de cada una indicada por el programa se obtienen los valores adecuados de costo e iluminación.

## Fabricación de partes para refrigeradores, congeladores y cocinas en lamina metálica

### Sección Corte

#### *Procesos realizados*

Corte de partes metálicas

Doblado de partes metálicas

#### *Características del local*

Longitud	18.65	metros
Ancho	15.00	metros
Altura de la planta	6.00	metros
Altura media del plano de trabajo	1.20	metros

#### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	6.00	unidades
Tipo de luminarias	2 lámparas fluorescentes tipo F40T12	
Color	blanco 4500	
Potencia Nominal de la lámpara	40.00	vatios
Potencia del balastro	17.00	vatios
Flujo luminoso de la lámpara	2900.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	110.00	voltios

Tipo de reflector

Soporte tipo bandeja

Color blanco

#### Localización de las luminarias

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	3.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00	metros
Separación en los extremos	2.00	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	2.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.00	metros
Separación en los extremos	4.00	metros
Altura de montaje utilizada	4.50	metros
Número de luminarias que no funcionan	3.00	unidades
Nivel de iluminación medio	190.00	Luxes

Consumo energético mensual	4120.00	Kw-h
Tiempo de operación mensual	248.00	h

*Características luminotécnicas del sistema propuesto*

Tipo de luminarias		
Numero de luminarias requerido	35.00	unidades
Tipo de luminarias	Sodio de alta presión	
Color	Blanco	
Potencia Nominal de la lámpara	400.00	vatios
Potencia del balastro	19.00	vatios
Flujo luminoso	50000.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Soporte tipo	E40	

Tipo de reflector		
Campana industrial ancha		
Color	El del aluminio inyectado	
Altura	0.305	metros
Diámetro	0.375	metros

Localización de las luminarias		
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	7.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	9.43	metros
Separación en los extremos	4.71	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	7.00	metros
Separación en los extremos	3.50	metros
Altura de montaje recomendada	8.64	metros

Nivel de iluminación medio	500.00	Luxes
Consumo energético mensual	4120.00	Kw-h
Tiempo de operación mensual	280.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	13'533.389	\$
Costo total por inversión	13'650.000	\$
Vida útil esperada	7.14	años
Costo de las luminarias	390.000	\$ (*)

(\*) Estos valores son obtenidos a la fecha de consulta del trabajo, sin embargo el programa puede trabajar con valores vigentes a la fecha de su aplicación.

### Observaciones

El sistema de iluminación de este proceso utilizaba inicialmente lámparas de vapor de mercurio de 175 vatios en número de 4 los niveles de iluminación resultantes resultaron inferiores a los requeridos.

## Fabricación de partes para refrigeradores, congeladores y cocinas en lamina metálica

### Sección Suelda

#### *Procesos realizados*

Suelda de pines  
Suelda de tanques  
Suelda de gabinetes

#### *Características del local*

Longitud	38.25	metros
Ancho	8.85	metros
Altura de la planta	6.00	metros
Altura media del plano de trabajo	1.10	metros

#### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	12.00	unidades
Tipo de luminarias	4 lámparas fluorescentes	tipo F40T12
Color		blanco 4500
Potencia Nominal de la lámpara	40.00	vatios
Potencia del balastro	17.00	vatios
Flujo luminoso	3250.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	110.00	voltios

Tipo de reflector		
Soporte tipo bandeja		
Color		blanco

Altura de montaje utilizada	3.50	metros
Número de luminarias que no funcionan	1.00	unidad
Nivel de iluminación medio	298.00	Luxes
Consumo energético mensual	339.84	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

*Características luminotécnicas del sistema propuesto*

Tipo de luminarias		
Numero de luminarias requerido	12.00	unidades
Tipo de luminarias	4 lámparas fluorescentes tipo F40T12	
Color		Blanco
Potencia Nominal de la lámpara	40.00	vattios
Potencia del balastro	17.00	vattios
Flujo luminoso	3250.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	110.00	voltios

Tipo de reflector		
Reflector tipo bandeja		
Color		Blanco

Localización de las luminarias		
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	12.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	3.18	metros
Separación en los extremos	1.59	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	4.43	metros
Separación en los extremos	4.43	metros
Altura de montaje recomendada	3.50	metros
Nivel de iluminación medio	300.00	Luxes
Consumo energético mensual	339.84	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	1'276.821.00	\$
Costo total por inversión	184.061.80	\$
Vida útil esperada	3.25	años
Costo de las lamparas	12.556.00	\$ (*)

(\*) Estos valores son obtenidos a la fecha de consulta del trabajo, sin embargo el programa puede trabajar con valores vigentes a la fecha de su aplicación.

Los costos por inversión se obtienen de la siguiente forma:

El costo por inversión se refiere en las circunstancias actuales al valor que implicaría reubicar las luminarias esto lo realiza personal de mantenimiento con los siguientes costos por mano de obra:

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día  
Costo mano de obra Ayudante= 31.640 \$/día  
Costo total por mano de obra =66.918.9 \$/día

El trabajo dura dos días con lo que el costo por reubicar las luminarias será de:

$$2 \text{ días} * 66.918 \frac{\$}{\text{dia}} = 133.837,8 \$$$

Costo de las lámparas que deben reponerse

Costo unitario	12.556.00	\$
Costo de 4 lámparas	50.224.00	\$
Costo de mano de obra	133.837.80	\$
Costo total por inversión	184.061.80	\$

Esta parte resulta interesante debido a que no necesariamente se debe cambiar en su totalidad un sistema de iluminación en la planta el tiempo promedio de uso de las luminarias de este tipo es de 3 años ,estas lamparas tienen una vida útil estimada de 12.000 horas considerando 160 horas por mes de uso se tendría que las luminarias funcionarían durante:

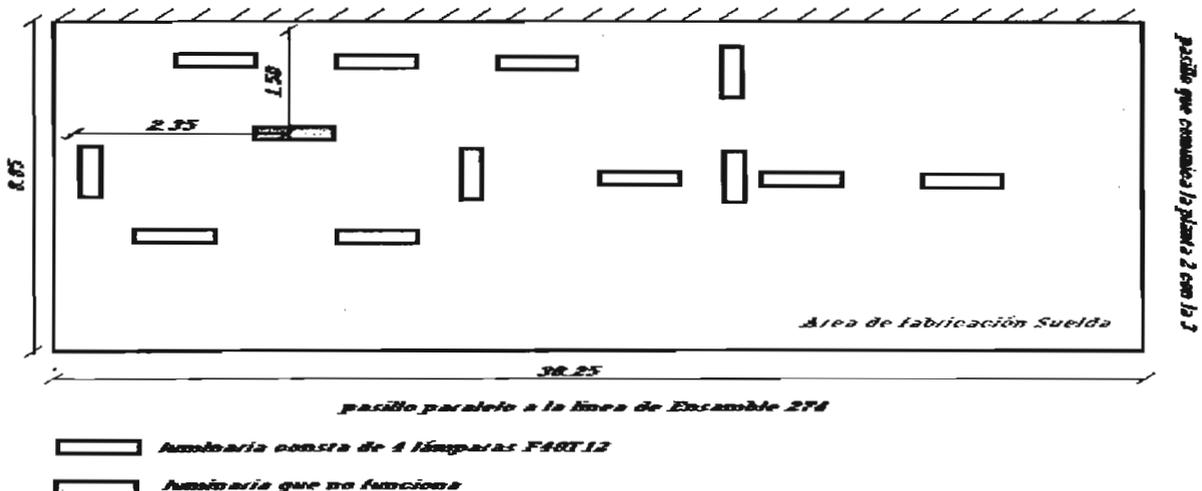
$$12.000 \text{ h} * \frac{1 \text{ mes}}{160 \text{ h}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 6.25 \text{ años}$$

Luego la vida útil del sistema alternativamente sería de:

$$(6.25 - 3) \text{ años} = 3.25 \text{ años}$$

**Observaciones**

El sistema de iluminación de este proceso utilizaba inicialmente 12 luminarias con lámparas fluorescentes en número de 4 los niveles de iluminación resultantes fueron similares a los requeridos con la disposición mostrada a continuación.



**figura 6.19**

La disposición inicial era la mostrada en la figura 6.19 que presentaba varias zonas de sombra por una ubicación de las luminarias originada en las necesidades que se iban presentando la localización de las luminarias como indica el sistema propuesto garantiza un nivel medio uniforme de 300 luxes .

### Fabricación de partes para refrigeradores, congeladores y cocinas en poliestireno

#### *Procesos realizados*

Uso de laminadoras  
 Estampado de partes como tanques, bandejas, contrapuestas de varios modelos  
 Inyección de soportes, perillas, separadores de varios modelos  
 Corte y refilado de partes  
 Reproceso de partes con el uso de un molino

#### *Características del local*

Longitud	56.70 metros
Ancho	35.00 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura de la superficie de trabajo	1.10 metros

#### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	48.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 4 lámparas fluorescentes tipo F40T12
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	40.00 vatios
Potencia del balastro	17.00 vatios
Flujo luminoso de cada lámpara	3250.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	110.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	Blanco

Localización de las luminarias		
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	8.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00	metros
Separación en los extremos	~ 3.00	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	6.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	8.00	metros
Separación en los extremos	6.00	metros
Altura de montaje utilizada	4.50	metros
Número de luminarias que no funcionan	10.00	unidades
Nivel de iluminación medio	210.00	Luxes

Consumo energético mensual	2.38	Kw-h
Tiempo de operación mensual	280.00	h

Características luminotécnicas del sistema de iluminación propuesto

Numero de luminarias requerido	30.00	unidades
Tipo de luminarias	Sodio de alta presión	
Color	Blanco	
Potencia Nominal de la lámpara	250.00	vattios
Potencia del balastro	17.00	vattios
Flujo luminoso	27500.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Soporte tipo	E40	

Tipo de reflector	Campana industrial ancha	
Color	El del aluminio inyectado	
Altura	0.305	metros
Diámetro	0.375	metros

**Localización de las luminarias**

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	9.45	metros
Separación en los extremos	4.73	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	7.00	metros
Separación en los extremos	3.50	metros
Altura de montaje recomendada	8.72	metros

Nivel de iluminación medio	300.00	Luxes
Consumo energético mensual	2.23	Kw-h
Tiempo de operación mensual	280.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	7'323.090.00	\$
Costo total por inversión	10'001.513.40	\$
Costo de las luminarias	320.000.00	\$ (*)
Vida útil esperada	6.25	años

(\*) Estos valores son obtenidos a la fecha de consulta del trabajo, sin embargo el programa puede trabajar con valores vigentes a la fecha de su aplicación.

**Observaciones**

El programa indica el número de luminarias del tipo que se halla funcionando total o parcialmente debido a la gran extensión del área en estudio este numero de luminarias resulta ser de 72 con lo cual los costos operativos se incrementan notablemente ,adicionalmente la altura de montaje

sugerida para las luminarias resulta ser de 8.72 metros, estas condiciones sugieren rediseñar el sistema empleando lámparas de mayor rendimiento .

Otra consideración especial es el cambio de voltaje de operación el programa sugiere considerar el uso de voltajes de operación de 220 voltios, observar que el sistema de iluminación de este caso opera a 110 voltios este cambio significa lo siguiente:

Sistema a 110 voltios

$$\begin{aligned} \text{Potencia eléctrica por luminaria} &= \text{Potencia eléctrica de las lamparas} + \text{Potencia del balastro} \\ &= 4 \cdot 40 \text{ [vatios]} + 17 \text{ [vatios]} \\ &= 177 \text{ [vatios]} \end{aligned}$$

Del concepto de potencia eléctrica se tiene que:

$$P = V \cdot I \cdot fp$$

Donde:

P: Potencia eléctrica de la luminaria

V: Voltaje de operación

I: Corriente de operación de la luminaria

fp: Factor de potencia (para condiciones de dimensionamiento se considera fp=1)

se puede deducir que :

$$I = \frac{P}{V \cdot fp} \text{ [ A ]} \quad (\text{Ec.6.5})$$

reemplazando valores se obtiene:

$$I_{110} = \frac{177}{110 \cdot 1} = 1.609 \text{ [ A ]} \quad (\text{Ec.6.6})$$

Sistema trifásico a 220 voltios

$$I_{220} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot fp} \text{ [ A ]}$$

reemplazando valores se tiene que :

$$I_{220} = \frac{250}{1.73 \cdot 220 \cdot 1} = 0.656 \text{ [ A ]}$$

por comparar la variación de corriente se considera que:

$$\Delta I = \frac{I_{220} - I_{110}}{I_{110}} * 100 = \frac{0.656 - 1.609}{1.609} * 100 = -59.22 \%$$

la corriente de los conductores se reduce en un 59.22% el conductor del sistema actual (calibre 12 flexible 600 v, resistente a la humedad, antiinflamable, capacidad de conducción 34 [A]) para cada luminaria puede emplearse con seguridad sin que sea necesario considerar la adquisición del sistema de cableado.

Otro costo a considerar es el de la mano de obra para el cambio se emplea la mano de obra de 2 electricistas y 2 ayudantes los trabajos tomarían 3 días

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día

Costo mano de obra Ayudante= 31.640 \$/día

Costo total por mano de obra =2\*66.918.9 \$/día=133.837.8 \$/día

En 3 días los costos por mano de obra seran de :

$$3\text{días} * 133.837.8 \text{ \$/día} = 401.513.4 \text{ \$}$$

tomese en cuenta que el costo de mano de obra por luminaria serían de:

$$\frac{401.513,4 \text{ \$}}{30 \text{ luminarias}} = 13.383.78 \left[ \frac{\text{\$}}{\text{luminaria}} \right]$$

El costo por inversión será el costo de las luminarias mas el costo de la mano de obra:

Costo de 30 luminarias=30\*320.000 \$=9'600.000 \$

Costo de mano de obra=401.513,4 \$

Costo por inversión =10'001.513.4 \$

El tiempo de vida útil del sistema es el período estimado por el fabricante reducido a períodos determinados por el usuario del sistema.

### Subensamble del sistema de refrigeración para congeladores y refrigeradores

#### *Procesos realizados*

Doblado de tuberías de aluminio y cobre  
Soldadura del sistema filtro-capilar a la tubería  
Carga de gas  
Prueba de fugas

#### *Características del local*

Longitud	23.33 metros
Ancho	11.50 metros

Altura de la planta	6.00 metros
Altura de la maquinaria	0.94 metros

Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	6.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	Blanco

Localización de las luminarias

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	3.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	~7.00 metros
Separación en los extremos	2.00 metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	2.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.00 metros
Separación en los extremos	~2.50 metros
Altura de montaje utilizada	4.50 metros
Nivel de iluminación medio	217.00 Luxes
Consumo energético mensual	235.20 Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00 h

Características luminotécnicas del sistema de iluminación propuesto

Número de luminarias requerido	14.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	Blanco
Potencia Nominal de la luminaria	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso por lámpara	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Reflector tipo bandeja	
Color	Blanco
Largo	2.54 metros
Ancho	0.29 metros

Localización de las luminarias		
Número de luminarias distribuidas a lo largo del local	7.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	3.33	metros
Separación en los extremos	1.67	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	2.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.75	metros
Separación en los extremos	2.88	metros
Altura de montaje recomendada	3.50	metros
Nivel de iluminación medio	508.00	Luxes
Consumo energético mensual	540.00	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

#### *Características económicas*

Costo anual por consumo	2'061.910.20	\$
Costo total por inversión	133.837,80	\$ (*)
Vida útil esperada	3.25	años (*)

#### Observaciones

Esta parte resulta interesante debido a que no necesariamente se debe cambiar en su totalidad un sistema de iluminación en la planta el tiempo promedio de uso de las luminarias de este tipo es de 3 años ,estas lamparas tienen una vida útil estimada de 12.000 horas considerando 160 horas por mes de uso se tendría que las luminarias funcionarían durante:

$$12.000 \text{ h} * \frac{1 \text{ mes}}{160 \text{ h}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 6.25 \text{ años}$$

Luego la vida útil del sistema alternativamente sería de:

$$( 6.25 - 3 ) \text{ años} = 3.25 \text{ años}$$

El costo por inversión se refiere en las circunstancias actuales al valor que implicaría reubicar las luminarias esto lo realiza personal de mantenimiento con los siguientes costos por mano de obra:

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día  
 Costo mano de obra Ayudante= 31.640 \$/día  
 Costo total por mano de obra =66.918.9 \$/día

El trabajo dura dos días con lo que el costo por reubicar las luminarias será de:

$$2 \text{ días} * 66.918.9 \frac{\$}{\text{día}} = 133.837.8 \$$$

Aunque el programa es capaz de rediseñar completamente el sistema de iluminación los costos se reducen significativamente si se puede reubicar las luminarias existentes cuya vida útil todavía es apreciable en lo posterior siempre y cuando sea posible se recurrirá a la reubicación de las luminarias existentes que no deberían ser descartadas si todavía pueden cumplir sus funciones solamente porque se rediseña el sistema con lámparas nuevas .

### Subensamble e inyección de puertas en poliuretano

#### *Procesos realizados*

Subensamble previo a la inyección en poliuretano  
Inyección en poliuretano

#### *Características del local*

Longitud	25.20	metros
Ancho	10.20	metros
Altura de la planta	6.00	metros
Altura de la maquinaria	1.10	metros

#### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	4.00	unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX	
Color	luz de día	
Potencia Nominal de la lámpara	110.00	vatios
Potencia del balastro	25.00	vatios
Flujo luminoso	7500.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Tipo de reflector		
Soporte tipo bandeja		
Color		Blanco
Altura de montaje utilizada	4.50	metros
Nivel de iluminación medio	302.30	Luxes
Consumo energético mensual	313.60	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

#### Características lumotécnicas del sistema de iluminación propuesto

Número de luminarias requerido	8.00	unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX	
Color	Blanco	
Potencia Nominal de la luminaria	110.00	vatios
Potencia del balastro	25.00	vatios
Flujo luminoso por lámpara	7500.00	lúmenes

Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Tipo de reflector		
Reflector tipo bandeja		
Color		Blanco
Largo	1.50	metros
Ancho	0.25	metros
Localización de las luminarias		
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	8.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	3.15	metros
Separación en los extremos	1.58	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	5.10	metros
Separación en los extremos	5.10	metros
Altura de montaje recomendada	3.90	metros
Nivel de iluminación medio	302.30	Luxes
Consumo energético mensual	313.60	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	1'178.234.40	\$
Costo total por inversión	133.837,80	\$ (*)

Vida útil esperada	3.25	años (*)
Observaciones		

Se verifica nuevamente la conveniencia de reubicar las luminarias en este proceso no se realizan inspecciones ,únicamente se modifica la altura de montaje de 4.5 m a 3.9m,el tiempo promedio de uso de las luminarias de este tipo es de 3 años ,estas lamparas tienen una vida útil estimada de 12.000 horas considerando 160 horas por mes de uso se tendría que las luminarias funcionarían durante:

$$12.000 \text{ h} * \frac{1 \text{ mes}}{160 \text{ h}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 6.25 \text{ años}$$

Luego la vida útil del sistema alternativamente sería de:

$$( 6.25 - 3 ) \text{ años} = 3.25 \text{ años}$$

El costo por inversión se refiere en las circunstancias actuales al valor que implicaría reubicar las luminarias esto lo realiza personal de mantenimiento con los siguientes costos por mano de obra:

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día  
 Costo mano de obra Ayudante = 31.640 \$/día  
 Costo total por mano de obra = 66.918.9 \$/día

$$2 \text{ días} * 66.918.9 \frac{\$}{\text{día}} = 133.837,8 \$$$

El trabajo dura dos días con lo que el costo por reubicar las luminarias será de:

Subensamble e inyección de gabinetes en poliuretano

*Procesos realizados*

Subensamble previo a la inyección en poliuretano

Inyección en poliuretano

Inspecciones de nivel medio

*Características del local*

Longitud	21.00	metros
Ancho	15.60	metros
Altura de la planta	6.00	metros
Altura de la maquinaria	1.00	metros

Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	12.00	unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX	
Color		luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00	vatios
Potencia del balastro	25.00	vatios
Flujo luminoso	7500.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios

Tipo de reflector		
Soporte tipo bandeja		
Color		Blanco

Localización de las luminarias		
Número de luminarias distribuidas a lo largo del local	6.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	3.50	metros
Separación en los extremos	~1.75	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	2.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	6.00	metros
Separación en los extremos	4.50	metros
Altura de montaje utilizada	3.50	metros
Nivel de iluminación medio	339.04	Luxes

Consumo energético mensual	470.40	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h
<i>Características económicas</i>		
Costo anual por consumo	1'767.351.60	\$
Costo total por inversión	0.00	\$
Vida útil esperada	3.25	años (*)

#### Observaciones

En este caso el sistema de iluminación es técnicamente adecuado el nivel de iluminación medio de 339.04 luxes sobre los 300 luxes requeridos, esta diferencia representa en costos 308.506,411 \$/año es decir unos 25.708.87 \$/mes ,estos valores no son significativos frente a la ventaja que significa tener niveles de iluminación dentro de los rangos adecuados, por lo que se decide permitir operar este sistema en sus condiciones iniciales.

#### 6.2.4. Iluminación en zonas de inspección

Inspección de fugas en tanques con tubería soldada

##### *Procesos realizados*

Inspección de fugas en una cuba

##### *Características del local*

Longitud	8.50	metros
Ancho	3.00	metros
Altura de la planta	6.00	metros
Altura de la zona de inspección	1.00	metros

##### *Condiciones iniciales del sistema de iluminación*

Numero de luminarias empleado	2.00	unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX	
Color		luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00	vaticos
Potencia del balastro	25.00	vaticos
Flujo luminoso	7500.00	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00	voltios
Tipo de reflector		
Soporte tipo bandeja		
Color		Blanco

### Localización de las luminarias

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	2.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	3.15	metros
Separación en los extremos	~1.50	metros

Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00	metros
Separación en los extremos	1.50	metros

Altura de montaje utilizada	3.50	metros
Nivel de iluminación medio	516.03	Luxes
Consumo energético mensual	78.40	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

### *Características económicas*

Costo anual por consumo	294.558.60	\$
Costo total por inversión	0.00	\$
Vida útil esperada	3.25	años (*)

### Observaciones

En este caso el sistema de iluminación es técnicamente adecuado el nivel de iluminación medio obtenido es de 516.03 luxes sobre los 500 luxes requeridos, esta diferencia representa en costos 21.920,10 \$/año estos valores no son significativos frente a la ventaja que significa tener niveles de iluminación dentro de los rangos adecuados, por lo que se decide permitir operar este sistema en sus condiciones iniciales.

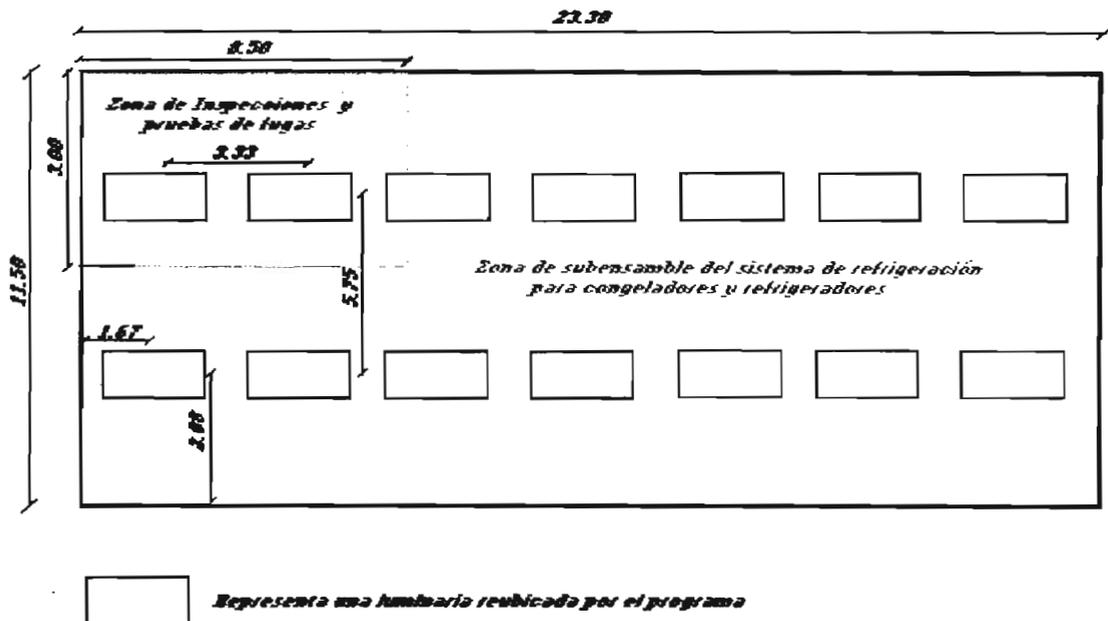


figura 6. 20

Vale notar que esta zona de inspección se encuentra integrando una zona de fabricación donde se ha reubicado el sistema de iluminación considerando justamente un nivel de iluminación medio de 500 luxes la zona en consideración se utiliza para el subensamble del sistema de refrigeración de congeladores y refrigeradores con la reubicación de las luminarias el resultado sería el mostrado en la figura 6.20

Inspección-fabricación de gabinetes en lamina prepintada con el uso de maquinaria automática

*Procesos realizados*

- Inspección de lamina prepintada
- Troquelado-Corte-Doblado
- Inspección de gabinetes procesados

*Características del local*

Longitud	56.70 metros
Ancho	5.00 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura de la maquinaria	1.00 metros

Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	10.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	blanco

Localización de las luminarias

Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	10.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	5.15 metros
Separación en los extremos	~4.00 metros

Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	~3.00 metros
Separación en los extremos	~3.00 metros

Altura de montaje utilizada	3.50 metros
Nivel de iluminación medio	316.56 Luxes
Consumo energético mensual	39.20 Kw-h
Tiempo de operación mensual	16.00 h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	541.401.60	\$
Costo total por inversión	0.00	\$
Vida útil esperada	3.25	años (*)

Observaciones

En este caso el sistema de iluminación es técnicamente adecuado el nivel de iluminación medio de 316.56 luxes sobre los 300 luxes requeridos, esta diferencia representa en costos 28.330,95 \$/año estos valores no son significativos frente a la ventaja que significa tener niveles de iluminación dentro de los rangos adecuados, por lo que se decide permitir operar este sistema en sus condiciones iniciales.

### 6.2.3. Iluminación en procesos de pintura

El estudio del sistema de iluminación se realiza a partir de un levantamiento del plano de la sección pintura resulta mas explícito e involucra una sectorización que permite analizar el desarrollo de procesos relativos en forma independiente ,la distribución es la mostrada a continuación:

La figura mostrada indica la disposición de los equipos y básicamente la realización de procesos asimismo se esquematiza cualitativamente la disposición de las luminarias con el recorrido de un transportador aéreo.

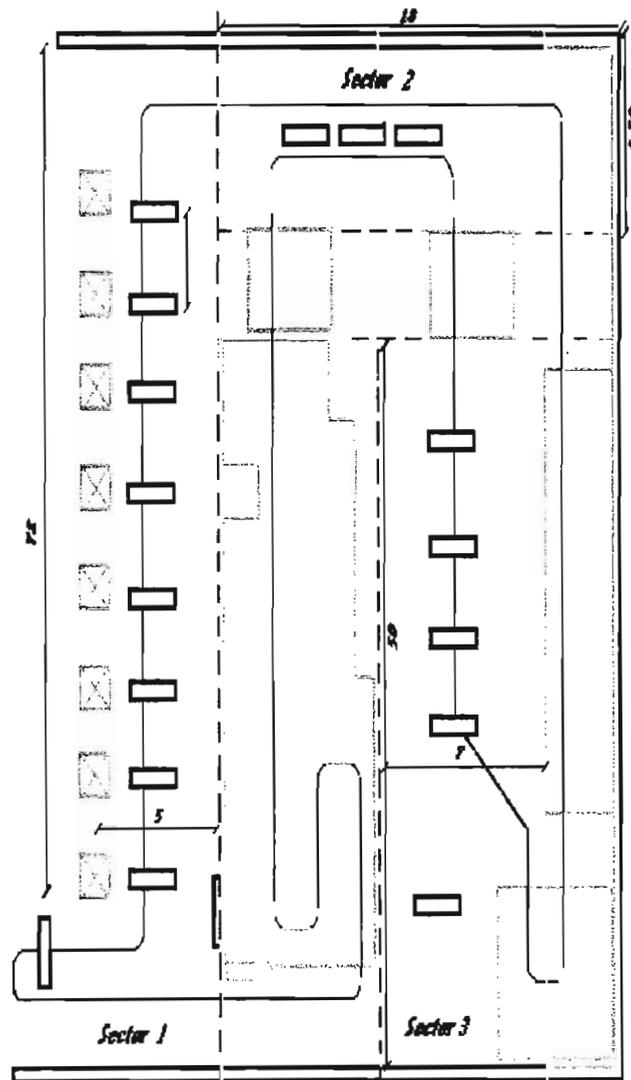


figura 6. 21

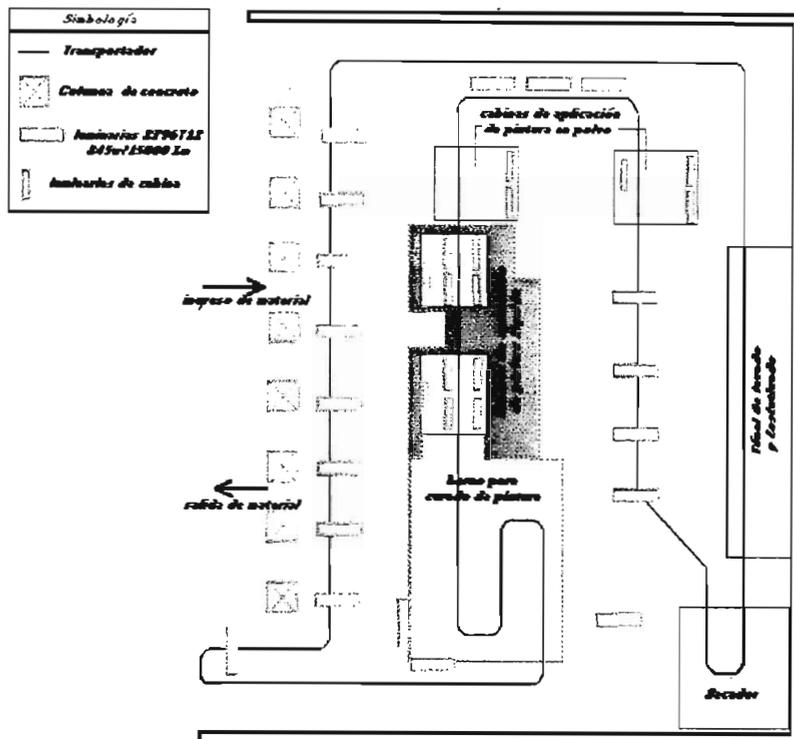


figura 6. 22

A continuación se indica las dimensiones físicas involucradas por el sistema de iluminación utilizado y que permitirán el análisis técnico económico del mismo.

Como se observa se ha sectorizado el recorrido del transportador aéreo a fin de poder estudiar independientemente el estado del sistema de iluminación y sus condiciones luminotécnicas tómesese en cuenta que en dichos sectores se realizan diferentes procesos a saber:

Sector 1

Partes por procesar

En el sitio de ingreso de material las partes fabricadas en lámina metálica de diferentes calibres de acuerdo a su uso se encuentran generalmente inspeccionadas con anterioridad ,sin embargo previa su carga en el transportador se controlan problemas como los siguientes:

1. Defectos de fabricación como problemas de pulido, rayaduras, marcas ocasionadas por regulación defectuosa de la maquinaria, etc.
2. Dimensiones y perforaciones de acuerdo a los modelos fabricados, cambios recientes en planos de diseño, etc.

3. Estado de las partes generalmente se controlan problemas de corrosión debidos a almacenamiento no adecuado de la lamina metálica , así como puntos de soldadura y numero correcto de elementos de sujeción.

### Material procesado

Esencialmente salida de material pintado desde el horno de curado hacia zonas de procesamiento donde son inspeccionadas previo el subensamble o ensamble posterior, sin embargo mientras las partes están en el transportador es posible detectar defectos que pudieran ser evitados en partes que todavía no ingresan a la cabina, esto causa eventualmente la paralización de la producción en este proceso a fin de controlar el problema, son ejemplos típicos los siguientes:

1. Partes escasas.- Este es un problema de aplicación de la pintura sobre la parte, un medidor de espesor de pintura detectaría el problema para partes pintadas en polvo los espesores aceptables van de 45 a 60 micras tratándose de pinturas liquidas como esmaltes y bases horneables los espesores varian entre 25 y 35 micras, en este caso es posible durante la paralización revisar las pistolas de aplicación así como instruir a los operadores para combatir el problema así mismo las partes con el defecto no se bajarían del transportador para su reproceso inmediato de ser el caso.
3. Defecto "Piel de naranja".- En este caso las partes pintadas muestran una rugosidad que no es uniforme en la parte pintada y se considera un defecto que causa el rechazo de la parte su causa esta originada por la diferencia de " reactividad " entre pinturas de diferentes marcas y/o proveedores que utilizan pigmentos diferentes en sus formulaciones la solución en este momento sería limpiar los depósitos de polvo con aire presurizado evacuando la pintura contaminada para reemplazarla con pintura nueva .
4. Defecto "Punto de aguja".- Este defecto aparece por problemas en el fosfatizado y desengrase de las partes,recuerdese que las partes metálicas se transportan en bobinas que contienen lubricantes que el fabricante incluye en este producto las partes procesadas se liberan de estos lubricantes únicamente antes de ser pintadas.
5. Defecto "Ojo de pescado".-En las partes defectuosas se aprecia una especie de cráter similar al ojo de un pescado de ahí su nombre, ocurre por contaminación del aire presurizado que se utiliza para aplicar la pintura electrostática ,esta contaminación puede deberse a presencia de agua o aceite en el sistema de circulación de aire o en el compresor en este caso se debe revisar los filtros y realizar la "purga" del sistema de aire.
6. Otro defecto es la presencia de impurezas (mugre) en las partes la causa así mismo puede estar en el fosfatizado que se realiza utilizando un sistema de recirculación de agua que puede contener sedimentos que se adhieren a las partes y aparecen unidas a la pintura en el acabado final,otra fuente de contaminación de este tipo puede ser la falta de limpieza en las cabinas o su limpieza con escobas y cepillos que dejan pelusas y restos que aparecen en las partes pintadas, en este caso se debe revisar filtros del sistema de recuperación de la cabina .

7. Exceso de pintura en forma irregular debido a una mala calibración de la relación aire/pintura en las pistolas de aplicación en este caso se debe ajustar los valores de presión y/o velocidad de aire en las consolas que controlan las pistolas.

Con la información recopilada se puede evitar defectos en otras partes ,se ha visto que en esta zona prácticamente se realiza una inspección conocida como inspección "post-mortem" en partes rechazadas pero que sirve para realimentar el proceso y controlar algunas variables del mismo.

### Sector 2

El sector 2 es una zona de paso eventualmente se controla la aplicación de pintura desde este sitio en partes criticas generalmente este control se realiza en la cabina respectiva .

### Sector 3

En esta zona prácticamente las partes que van a ser pintadas han recibido una limpieza que garantiza la adhesión de la pintura en los estándares requeridos posteriormente ,esta limpieza sigue la secuencia descrita a continuación:

1. Lavado con el uso de un sistema de duchas alineadas a lo largo de todo el túnel
2. Desengrase con el uso de detergentes mezclados en tinas por donde circula el agua hacia las duchas
3. Enjuagues con el uso de medidas dosificadas de fosfatos que le dan una primera capa de resistencia contra la posible corrosión a la parte que va a ser pintada.
4. Secado de las partes que se realiza en un horno donde se eliminan los restos de agua,recordar que la pintura electrostática es pintura en polvo de mezclarse con partes húmedas significaría una parte con defectos y que sería rechazada por inspecciones de control de calidad.

Una vez que las partes han recibido el tratamiento descrito anteriormente son inspeccionadas por ultima vez ,de ahí que este sector sea una zona de inspección que se realiza durante el movimiento del transportador que lleva las partes, la velocidad del transportador es de aproximadamente unos 3 metros por minuto se inspecciona lo siguiente:

1. Que las partes estén completamente secas y libres de humedad
2. Que las partes estén completamente limpias de residuos debidos a la reacción química durante el tratamiento de limpieza estos residuos darían como resultado partes defectuosas por contaminación.
3. Se verifica la ausencia de corrosión y fallas no detectadas durante el ingreso de las partes al transportador.

Cuando se detecta cualquiera de las anomalías anteriores (excepto la debida a humedad) la parte debe ser retirada del transportador y no ingresa a las cabinas de aplicación, las correcciones efectuadas antes de que la parte sea pintada facilitan su reparación de ser el caso y obviamente significan costos menores que si se repara una parte pintada vale notar que la pintura electrostática se adhiere por un proceso físico y no por un proceso químico como ocurre con las pinturas líquidas de ahí que los solventes de este tipo de pinturas no tengan gran efecto en partes pintadas con polvo electrostático.

Como se ha descrito anteriormente el sector 3 es una zona de inspección de gran importancia, un análisis del sistema de iluminación mediante la simulación digital de este trabajo permitiría conocer el estado del mismo.

### Análisis del sistema de iluminación mediante simulación digital en procesos de pintura

#### Sector 1

#### *Características del local*

Longitud	72.00 metros
Ancho	5.20 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura del transportador	3.50 metros

#### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	10.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	blanco

Localización de las luminarias	
Conforme a la figura 6.21	
Altura de montaje utilizada	3.60 metros
Nivel de iluminación medio	220.30 Luxes
Consumo energético mensual	392.00 Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00 h

#### *Características económicas*

Costo anual por consumo	122.732.75 \$
Costo total por inversión	0
Vida útil esperada	3.25 años (*)

## Sector 2

### *Características del local*

Longitud	18.00 metros
Ancho	6.50 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura del transportador	3.50 metros

### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	3.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso de la lámpara	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	blanco

### Localización de las luminarias

Conforme a la figura 6.22	
Altura de montaje utilizada	3.60 metros
Nivel de iluminación medio	220.00 Luxes
Consumo energético mensual	117.60 Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00 h

### *Características económicas*

Costo anual por consumo	36.819.83	\$
Costo total por inversión	0.00	
Vida útil esperada	3.25	años (*)

## Sector 3

### *Características del local*

Longitud	50.00 metros
Ancho	7.00 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura del transportador	3.50 metros

Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	5.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.0 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	blanco

Localización de las luminarias	
Conforme a la figura 6.21	
Altura de montaje utilizada	3.60 metros
Nivel de iluminación medio	130.00 Luxes
Consumo energético mensual	196.00 Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00 h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	122.732.75 \$
Costo total por inversión	0
Vida útil esperada	3.25 años (*)

Características luminotécnicas del sistema de iluminación propuesto

Número de luminarias requerido	12.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Reflector tipo bandeja	
Color	Blanco

Localización de las luminarias	
Número de luminarias distribuidas a lo largo del local	12.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	4.17 metros
Separación en los extremos	2.09 metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	1.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	3.50 metros
Separación en los extremos	1.75 metros

Altura de montaje recomendada	3.70	metros
Nivel de iluminación medio	308.25	Luxes
Consumo energético mensual	470.40	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h
<i>Características económicas</i>		
Costo anual por consumo	1'767.351.60	\$
Costos anuales por pérdidas	107.898.89	\$
Costo total por inversión	2'773.837.80	\$ (*)
Vida útil esperada	6.25	años (*)

#### Observaciones

El costo por incluir en este caso ha sido el originado por la inclusión de 12 luminarias y la mano de obra originada por la reubicación e instalación de las luminarias que son los siguientes :

Costo por inversión en luminarias= Número de unidades\* Costo unitario

$$= 12 \text{ luminarias} * 220.000 \frac{\$}{\text{luminaria}}$$

$$= 2'640.0000 \$$$

Costo por mano de obra

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día

Costo mano de obra Ayudante= 31.640 \$/día

Costo total por mano de obra =66.918.9 \$/día

El trabajo dura dos días con lo que el costo por instalar las luminarias será de:

$$2 \text{ días} * 66.918.9 \frac{\$}{\text{día}} = 133.837.8 \$$$

Costo total por inversión= Costo de las luminarias + Costos por mano de obra

$$= 2'640.000 \$ + 133.837.8 \$$$

$$= 2'773.837.8 \$$$

No necesariamente se debe cambiar en su totalidad el sistema de iluminación en el sector 3, el tiempo promedio de uso de las luminarias de este tipo es de 3 años ,estas lamparas tienen una vida útil estimada de 12.000 horas considerando 160 horas por mes de uso se tendría que las luminarias funcionarían durante:

Obsérvese que en el local en estudio constan 5 lámparas estas muestran un excesivo deterioro lo que justifica retirarlas y reubicarlas en sitios como pasillos e inclusive como refacciones de emergencia .

#### 6.2.4. Iluminación en líneas de producción

##### Ensamble de congeladores y refrigeradores en líneas de producción

###### *Procesos realizados*

Montaje de partes fabricadas  
 Aplicación de suelda oxiacetilénica  
 Instalación eléctrica  
 Prueba de funcionamiento  
 Inspección final

###### *Características del local*

Longitud	80.00 metros
Ancho	35.00 metros
Altura de la planta	6.00 metros
Altura de la línea	0.94 metros
Altura de la línea durante el ensamble	2.20 metros
Altura media del plano de trabajo	1.57 metros

###### Condiciones iniciales del sistema de iluminación

Numero de luminarias empleado	40.00 unidades
Tipo de luminarias	luminarias con 2 lámparas fluorescentes tipo F96T12DHOEX
Color	luz de día
Potencia Nominal de la lámpara	110.00 vatios
Potencia del balastro	25.00 vatios
Flujo luminoso	7500.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios

Tipo de reflector	
Soporte tipo bandeja	
Color	blanco

Localización de las luminarias	
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	10.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	~8.00 metros
Separación en los extremos	8.00 metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	4.00 unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	8.00 metros
Separación en los extremos	~4.00 metros
Altura de montaje utilizada	4.50 metros

Nivel de iluminación medio	140.00	Luxes
Consumo energético mensual	1560.00	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

Vale indicar que en la zona de inspección final se incluyen lámparas de vapor de mercurio de las siguientes características:

Número de luminarias empleado	12.00	unidades
Tipo de luminarias	vapor de mercurio	
Color	luz de día	
Potencia Nominal de la lámpara	175	vattios
Potencia del balastro	17	vattios
Flujo luminoso	8600	lúmenes
Voltaje de operación nominal	220	voltios

Campana industrial ancha		
Color	El del aluminio inyectado	
Altura	0.225	metros
Diámetro	0.310	metros

Localización de las luminarias		
Numero de luminarias distribuidas a lo largo del local	4.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	~6.00	metros
Separación en los extremos	~8.00	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	4.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	8.00	metros
Altura de montaje utilizada	6.00	metros
Nivel de iluminación medio	140.00	Luxes

La norma recomienda mantener 500 luxes como nivel de iluminación en las líneas de producción estos valores son inferiores lo cual dificulta las operaciones que se realizan durante el ensamble y dificulta las tareas de inspección del producto terminado.

El número de luminarias que sugiere utilizar el programa en su parte relativa a las alternativas de mejora considera luminarias del tipo existente esta cantidad es excesiva lo cual sugiere considerar alternativas de mayor eficiencia ,el programa en su parte de diseño de sistemas de iluminación en líneas de producción indica la conveniencia de utilizar un sistema de iluminación con las siguientes características :

Número de luminarias empleado	50.00	unidades
Tipo de luminarias	Sodio de alta presión	
Color	luz de día	
Potencia Nominal de la lámpara	400.00	vattios
Potencia del balastro	19.00	vattios
Flujo luminoso	50.000.00	lúmenes

Voltaje de operación nominal	220.00 voltios
Tipo de reflector	
Campana industrial ancha	
Color	El del aluminio inyectado
Altura	0.305 metros
Diámetro	0.375 metros
Altura de montaje recomendada	8.34 metros
Nivel de iluminación medio	584.52 Luxes
Consumo energético mensual	3200.00 Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00 h
<i>Características económicas</i>	
Costo anual por consumo	12'593.803.00 \$
Costos anuales por pérdidas	2'176.420.58 \$
Costo total por inversión	19'500.000.00 \$
Costo de las luminarias	390.000.00 \$
Vida útil esperada	6.25 años

Los costos por pérdidas se refieren a la diferencia entre los costos de operación del sistema diseñado considerando márgenes que permitan obtener niveles de iluminación adecuados, estos márgenes significan costos que a criterio personal resultan altos por lo que con el sistema diseñado se realiza una realimentación de esta información al programa ,esto se realiza considerando el sistema diseñado que se estima todavía de alto costo operativo como el sistema actual o existente esta información se ingresa justamente dentro de la categoría de sistemas de iluminación existentes y se revisa las alternativas de mejora del nuevo sistema que arroja los resultados expuestos a continuación.

*Características luminotécnicas del sistema de iluminación propuesto*

Número de luminarias requerido	44.00 unidades
Tipo de luminarias	sodio de alta presión
Color	Blanco
Potencia Nominal de la luminaria	400.00 vatios
Potencia del balastro	19.00 vatios
Flujo luminoso por lámpara	50.000.00 lúmenes
Voltaje de operación nominal	220.00 voltios
Tipo de reflector	
Campana industrial ancha	
Color	El del aluminio inyectado
Altura	0.305 metros
Diámetro	0.375 metros

<b>Localización de las luminarias</b>		
Número de luminarias distribuidas a lo largo del local	11.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local	7.27	metros
Separación en los extremos	3.64	metros
Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local	4.00	unidades
Separación entre luminarias distribuidas a lo ancho del local	8.75	metros
Separación en los extremos	4.38	metros
Altura de montaje empleada	8.00	metros
Nivel de iluminación medio	513.50	Luxes
Consumo energético mensual	2949.76	Kw-h
Tiempo de operación mensual	160.00	h

*Características económicas*

Costo anual por consumo	11'002.617.04	\$
Costos anuales por pérdidas	665.154.62	\$
Costo total por inversión	17'160.000.00	\$ (*)
Vida útil esperada	9.38	años (*)

**Observaciones**

Como se observa en este análisis los costos operativos y de inversión pueden reducirse si así se considera pertinente, el límite de estas reducciones depende del diseñador sin embargo el programa indica las condiciones de pérdida mínimas, es posible que otro diseñador hubiere considerado adecuado el diseño inicial del programa aun con los costos reportados pero con la idea de tener mejores niveles de iluminación que podrían significar inspecciones mas adecuadas así como producto terminado de mejores condiciones por un mejor desempeño del personal que utiliza condiciones de iluminación que aunque de mayor costo son de relativa mayor calidad.

$$18.000h * \frac{1mes}{160h} * \frac{1ano}{12meses} = 9.375 años$$

El tiempo de vida útil estimado es de :

El costo por inversión se refiere en las circunstancias actuales al valor que implicaría instalar las luminarias esto lo realiza personal de mantenimiento con los siguientes costos por mano de obra:

Costo mano de obra Electricista= 35.278 \$/día  
 Costo mano de obra Ayudante= 31.640 \$/día  
 Costo total por mano de obra =66.918.9 \$/día

El trabajo dura cinco días con 2 electricistas y 2 ayudantes con lo que el costo por reubicar las luminarias será de:

Costo total por mano de obra =2 \*66.918.9 \$/día=133.836.00 \$/día

$$5 \text{ días} * 133 \text{ } .836 \frac{\$}{\text{día}} = 669 \text{ } .180 \$$$

Otra consideración a realizar es la referida al conductor utilizado en sistemas de iluminación existentes se debe verificar el estado del mismo así como su capacidad de conducción para soportar las nuevas condiciones de operación del sistema diseñado.

#### Sistema de iluminación rediseñado

$$\begin{aligned} \text{Potencia eléctrica por luminaria} &= \text{Potencia eléctrica de las lamparas} + \text{Potencia del balastro} \\ &= 400 \text{ [vatios]} + 19 \text{ [vatios]} \\ &= 419 \text{ [vatios]} \end{aligned}$$

Del concepto de potencia eléctrica se tiene que :

$$P = V \cdot I \cdot fp$$

Donde:

P: Potencia eléctrica de la luminaria

V: Voltaje de operación

I<sub>R</sub>: Corriente de operación de la luminaria del sistema rediseñado

fp: Factor de potencia (este tipo de luminarias fp=0.90)

en sistemas trifásicos a 220 voltios

$$I_R = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot fp} \text{ [ A ]}$$

reemplazando valores se tiene que :

$$I_R = \frac{417}{1.73 \cdot 220 \cdot 0.90} = 1.216 \text{ [ A ]}$$

El conductor del sistema actual (calibre 12 flexible 600 v, resistente a la humedad, antiinflamable, capacidad de conducción 34 [A]) para cada luminaria puede emplearse con seguridad sin que sea necesario considerar la adquisición del sistema de cableado.

#### 6.2.5. Análisis técnico

El análisis técnico se encuentra incluido en los resultados proporcionados por el programa en la sección indicada por características luminotécnicas del sistema de iluminación propuesto referido a los siguientes parámetros:

Potencia nominal de la lámpara  
Flujo luminoso de la lámpara  
Número de luminarias propuesto  
Voltaje de operación nominal  
Localización de las luminarias  
Nivel de iluminación medio  
Vida útil esperada para el sistema  
Consumo energético mensual

Adicionalmente se indica dentro de las características técnicas los siguientes parámetros:

Tipo de luminarias  
Color de las lámparas  
Tipo de reflector  
Color del reflector

Los análisis muestran en algunos casos las corrientes de operación de las luminarias, vale notar que el programa incluye una base de datos en el que constan las lámparas y el balastro que estas requieren el conjunto permite dimensionar el conductor o verificar las condiciones de un conductor ya instalado.

El análisis técnico indica la necesidad de utilizar lámparas de descarga en las siguientes secciones:

Zonas de fabricación de partes para lavadoras (inyectora Farrell)  
Zonas de fabricación de partes en lamina metálica (Corte)  
Zonas de fabricación de partes plásticas  
Líneas de producción

Se debe reubicar luminarias del tipo fluorescente en las siguientes secciones:

Zonas de fabricación de partes en lamina metálica (Suelda)  
Subensamble del sistema de refrigeración para congeladores y refrigeradores(Intercambiadores)  
Subensamble e inyección de puertas en poliuretano  
Zonas de aplicación de pintura

Son adecuados los sistemas de iluminación que se emplean en las siguientes secciones:

Zonas de inyección de gabinetes en poliuretano  
Zonas de inspección de gabinetes inyectados  
Zonas de fabricación de gabinetes en lámina prepintada  
Zonas de inspección de gabinetes.

### **6.2.6. Análisis económico**

En forma similar al análisis anterior las características consideradas se encuentran referidas a los siguientes parámetros:

Costo anual por consumo

Costo total por inversión

Se incluyen costos por mano de obra involucrada, esto producto de la investigación de condiciones salariales de los trabajadores, estos valores no los considera el programa debido a que están sujetos a un sinnúmero de variables que dependen de las condiciones laborales del personal, esto no significa que no se pueda seguir un camino similar al mostrado en los análisis económicos derivados del estudio a manera general se observa que los análisis deberían tender a reubicar y reponer luminarias antes que a reemplazarlas esto por dos razones

Los costos por reubicar reparar y mantener sistemas de iluminación existentes son relativamente menores si se cuenta con el personal de mantenimiento de la planta.

La incidencia de los costos reportados por la operación de los sistemas de iluminación es menor a los costos reportados por la operación de maquinaria, esto significa que invertir en nuevos sistemas de iluminación de mayor eficiencia no necesariamente justificaría la inversión inicial.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

En el ámbito de procesos industriales la incidencia de los costos operativos de los sistemas de iluminación no es significativa frente a los costos operativos del resto de maquinarias y equipos, esta circunstancia permite deducir que se debe dar mayor importancia a la calidad de los sistemas de iluminación que a los costos que su uso reporta.

En naves industriales donde se realizan múltiples procesos conviene diseñar el sistema de iluminación con un solo nivel de iluminación que sería el nivel dado por la condición mas critica nótese que la variación de los niveles dentro de una nave industrial sería mínima, trabajos especializados generalmente se realizan en recintos independientes.

La calidad de la luz utilizada incide en la calidad del producto terminado no porque se realicen mejores inspecciones para detectar imperfecciones y defectos sino porque durante los procesos es posible detectar anomalías que pudieran dañar partes por procesar, adicionalmente adecuados niveles de iluminación significan un desempeño más eficiente del personal.

Los costos operativos de los sistemas de iluminación no son determinantes pero los costos por inversión en diferentes tipos de luminarias si son considerables de ahí que en industrias establecidas se debería iniciar con una reubicación de luminarias y un reemplazo parcial de aquellas que estén deterioradas, las luminarias con lámparas de descarga especialmente son de alto costo.

La incidencia de los coeficientes de reflexión en el caso de naves industriales es relativa, la presencia de paredes no necesariamente delimita las secciones de trabajo, así mismo el techo de las edificaciones industriales generalmente es convexo y no necesariamente esta pintado o por su gran altura no incide al reflejar luz.

La incidencia de sistemas de iluminación industriales mejorados con respecto a sistemas anteriores generalmente involucran un descenso en el factor de potencia del sistema de iluminación debido a que las luminarias del sistema rediseñado son de tecnología mejorada ,sin embargo debido a que los costos por consumo energético están dados por la operación de la maquinaria y no por los sistemas de iluminación este cambio no necesariamente significa la corrección del factor de potencia por cambios en el sistema de iluminación.

Los cambios en los horarios de operación de las industrias involucran cambios drásticos en los consumos por ejemplo suspender dos turnos de trabajo significa tener descensos del consumo energético y posibles penalizaciones por descensos en el factor de potencia.

A nivel industrial predominan los métodos de iluminación directos ,estos son necesarios tanto durante la realización de procesos como de inspecciones ,en los puntos donde se concentra la luz por tanto existe materia prima procesandose o producto terminado.

El deterioro del sistema de cables de los sistemas de iluminación industriales se reduce sensiblemente si se trabaja con voltajes de operación lo mas altos posibles debido a que la corriente de operación se reduce, y la regulación de voltaje mejora . Generalmente los voltajes de operación son de 220 voltios nominales, adicionalmente los conductores se tienden a grandes alturas lo que mejora su confiabilidad, además debido a que se adquieren conductores dimensionados para las maquinas que utilizan voltajes y corrientes mayores que la de los sistemas de iluminación y que sin embargo se utilizan para iluminación es frecuente encontrar sistemas de cables en perfecto estado en sistemas establecidos.

Un plan de mantenimiento preventivo sobre los sistemas de iluminación alarga la vida útil del sistema, el mantenimiento correctivo por el contrario acorta la vida útil del mismo debido a que luminarias que funcionan por períodos superiores a los estimados y que muestran descensos en los niveles de iluminación que se reemplazan en estas condiciones generan variaciones de voltaje que afectan al resto de luminarias incluidas en el circuito del sistema de iluminación

## RECOMENDACIONES

Es recomendable usar lámparas con reflectores únicamente debido a que en ambientes industriales los factores de reflexión son reducidos, en estos casos el reflector permite aprovechar mejor la luz.

Las lámparas de descarga se operan con la vigilancia de un plan de mantenimiento que permita detectar anomalías en su funcionamiento o el término de su vida útil que puede variar de acuerdo a las condiciones de operación y que no necesariamente son las estipuladas por el fabricante, debido a esto es mejor reemplazarlas antes

La renovación completa de los sistemas de iluminación de plantas industriales en los que se mejora la eficiencia de las luminarias significa reducciones en el factor de potencia, sin embargo la incidencia de los costos por iluminación no es de elevada incidencia en el consumo total.

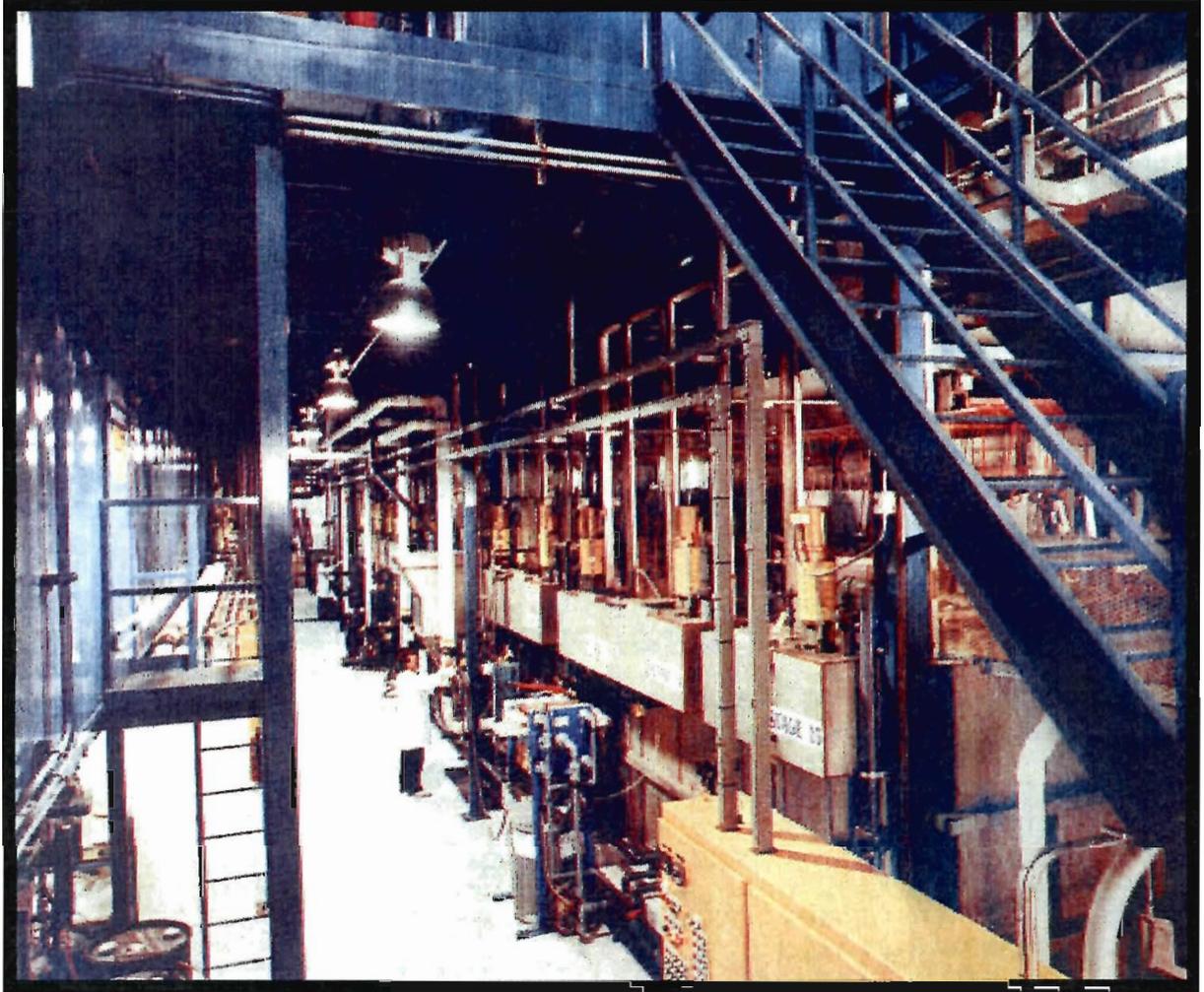
En una sección o zona de trabajo conviene tener un solo tipo de luminarias, no es recomendable utilizar lámparas de descarga y lámparas fluorescentes por ejemplo, resulta preferible sustituir lámparas deterioradas por nuevas pero del mismo tipo esto es lo que se llamaría un sistema de iluminación homogéneo que se puede monitorear y operar más fácilmente.

Es recomendable utilizar las técnicas de diseño de sistemas de iluminación en zonas de inspección únicamente para recintos especializados en sitios donde se realizan simultáneamente otras tareas es adecuado diseñar el sistema de iluminación para esas tareas considerando los niveles de iluminación requeridos por los inspectores en esos sitios.

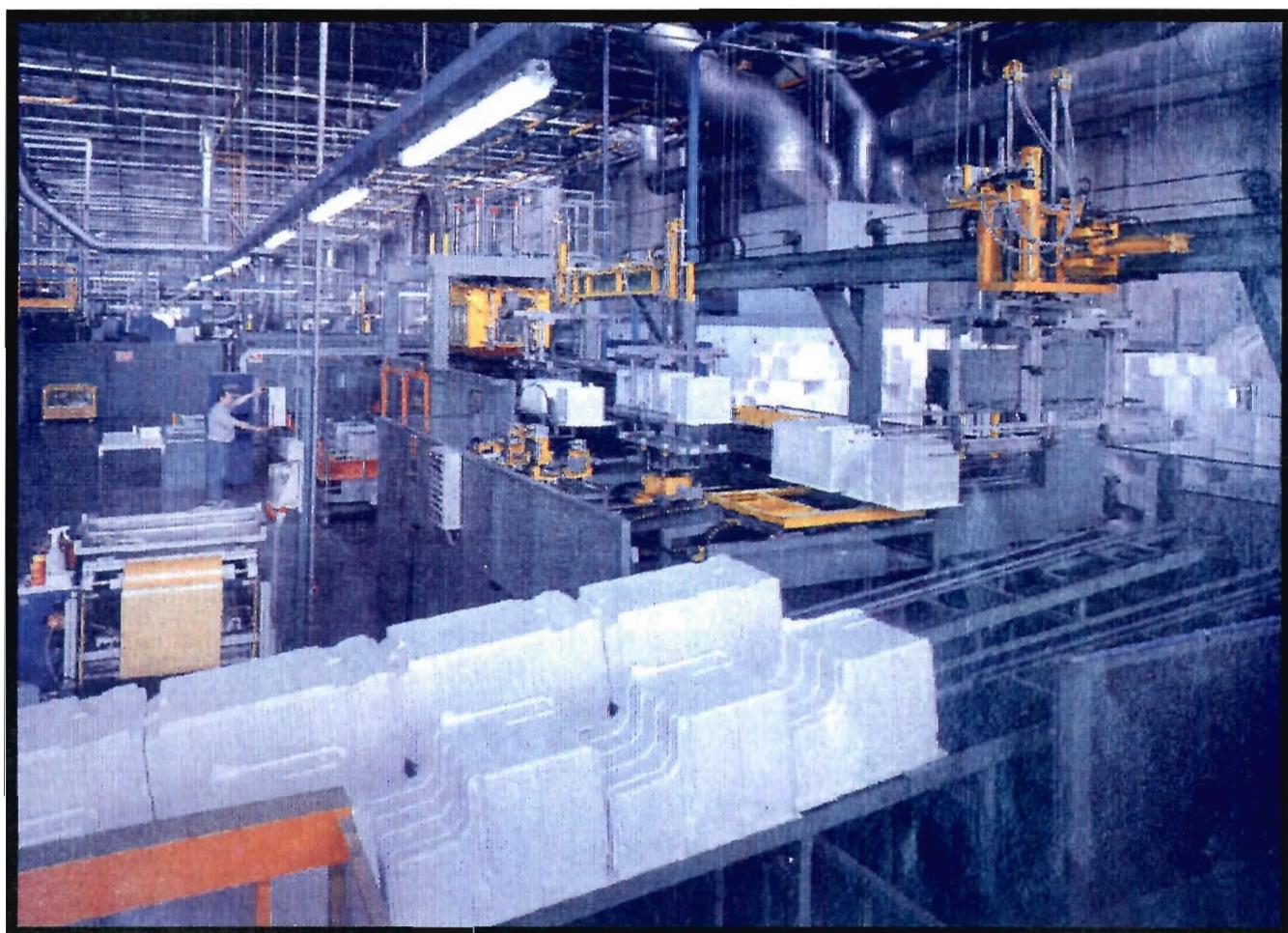
Conviene sectorizar los sistemas de iluminación, debido a las condiciones cambiantes del mercado una industria podría dejar de fabricar un cierto tipo de producto y continuar produciendo otro esto significaría suspender las secciones donde no se fabrica el producto cuya demanda ha descendido o cuya oferta excede las condiciones del mercado.

La presencia de translúcidos en el techo no necesariamente es adecuada, generalmente la presencia de estos dispositivos es fuente de calor en la planta esto incomoda al personal y no es una fuente confiable de iluminación especialmente en determinadas épocas del año.

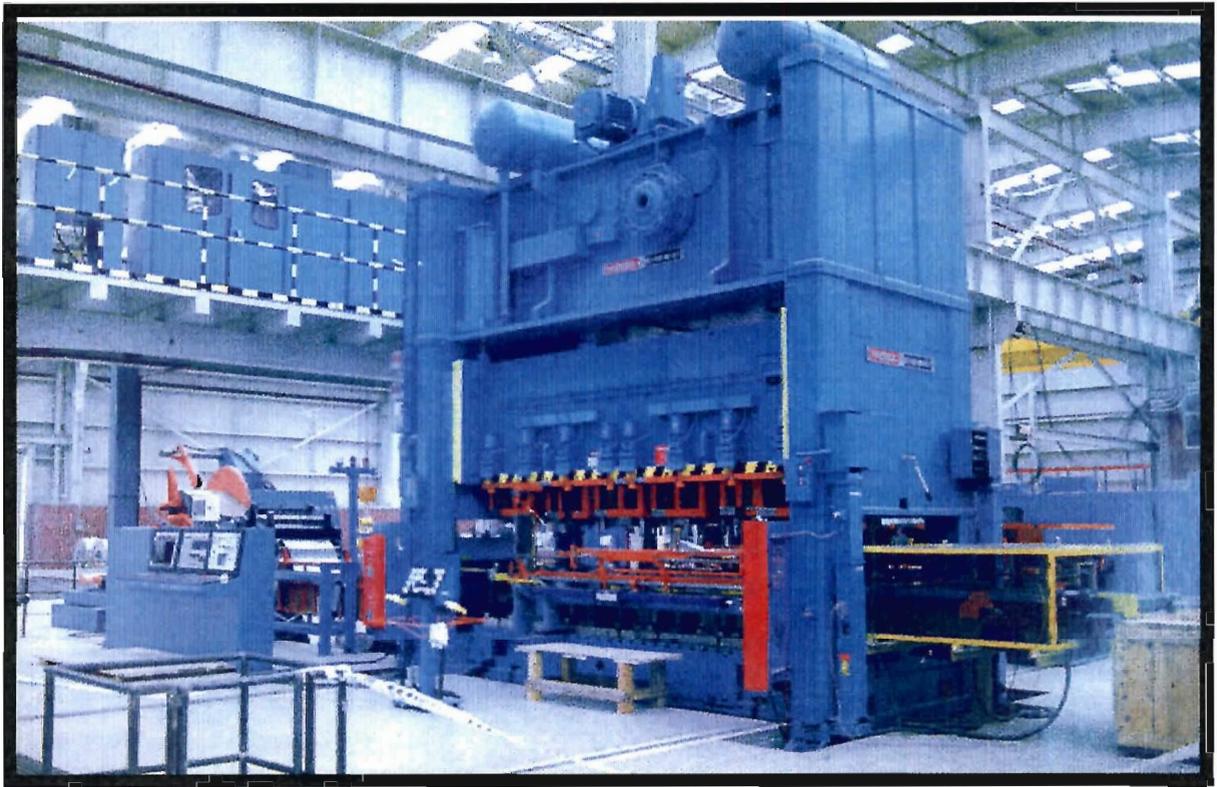
**A N E X O S**



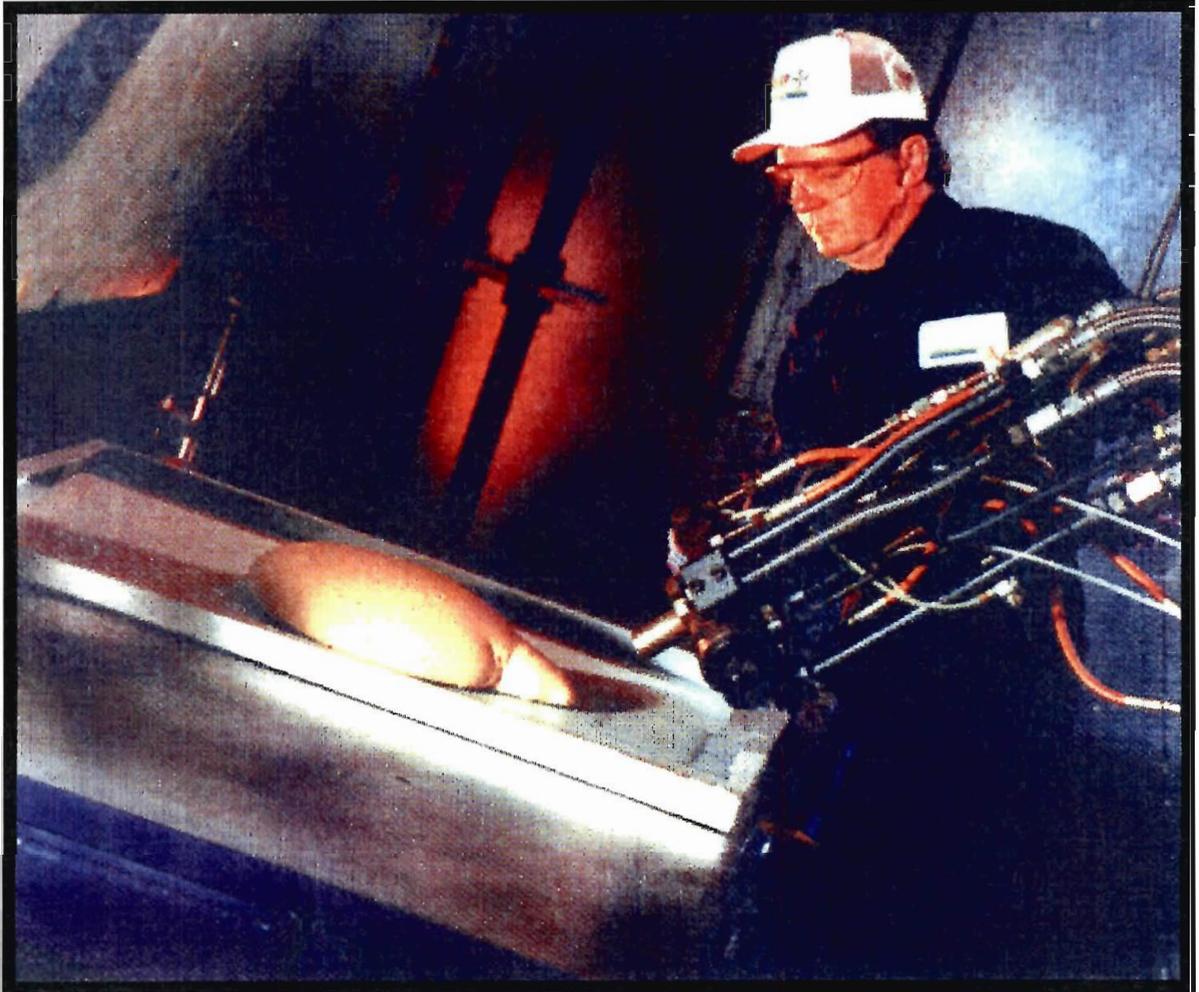
**USO DE LAMPARAS DE DESCARGA EN INDUSTRIAS METALMECANICAS**



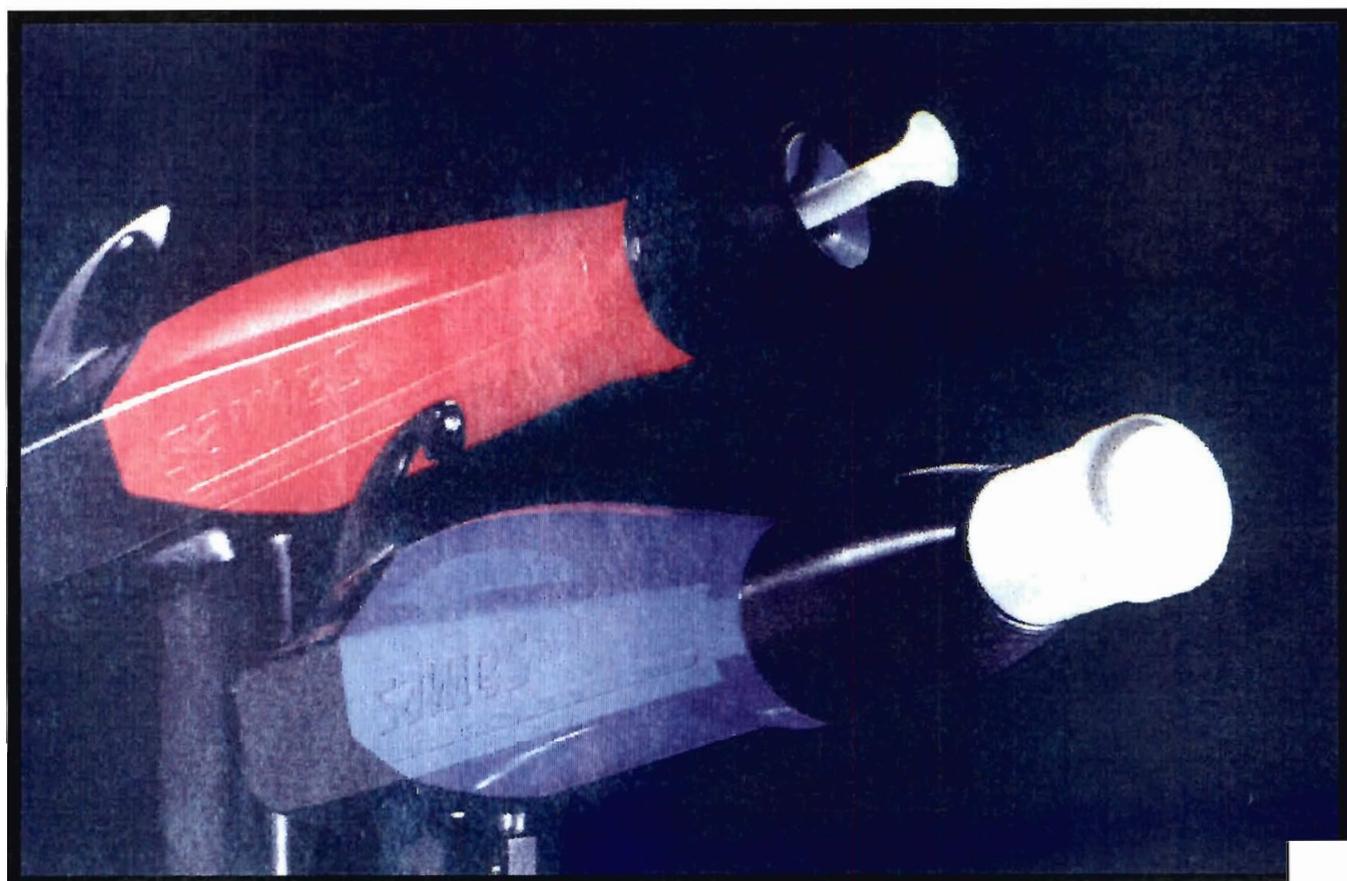
**USO DE LAMPARAS FLUORESCENTES EN PROCESOS DE TERMOFORMADO**



**MAQUINA PRENSADORA**



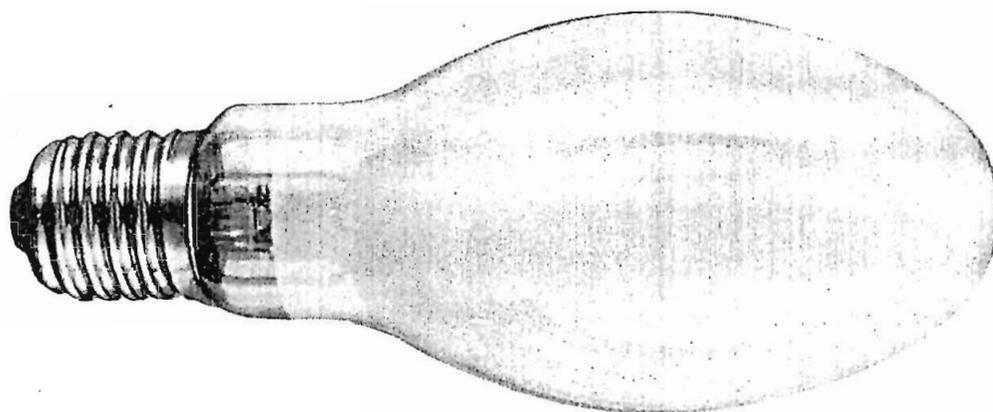
**SISTEMA DE INYECCION EN ESPUMA DE POLIURETANO**



**PISTOLAS DE APLICACION DE PINTURA ELECTROSTATICA**

# Philips Iluminación

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE LUZ MIXTA



### DESCRIPCIÓN

LÁMPARAS DE LUZ MIXTA SE UTILIZAN TANTO EN INTERIOR COMO EN EXTERIOR, NO NECESITAN BALASTO. ELAS COMBINAN LA ALTA EFICIENCIA LUMINOSA DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN CON LAS PROPIEDADES CROMÁTICAS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES.

- DISPONEN DE UN TUBO DE DESCARGA DE CUARZO, EN CUYO INTERIOR HAY MERCURIO, CONECTADO EN SERIE CON UN FILAMENTO DE TUNGSTENO, ESTOS DOS COMPONENTES SE ALOJAN EN LA AMPOLLA DE VIDRIO, INTERIORMENTE RECUBIERTA DE VANADATO DE ITRIO.
- EN ÉSTAS LÁMPARAS LA FUNCIÓN DEL FILAMENTO ES DOBLE; ACTÚA COMO UNA FUENTE DE LUZ DE INCANDESCENCIA, CON SU CARACTERÍSTICA LUZ CÁLIDA Y SIRVE COMO UN SISTEMA LIMITADOR DE CORRIENTE, POR LO QUE REEMPLAZA AL BALASTO.
- ÉSTAS LÁMPARAS PUEDEN SER INSTALADAS EN LUMINARIAS DISEÑADAS PARA LÁMPARAS INCANDESCENTES Y POR ELLO SON LAS IDEALES PARA MODERNIZAR LAS INSTALACIONES EXISTENTES DE INCANDESCENCIA. DEBIDO A SU LARGA VIDA, LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO PUEDEN SER REDUCIDOS, CON LA VENTAJA DE SU MAYOR EFICIENCIA LUMINOSA.

### APLICACIONES

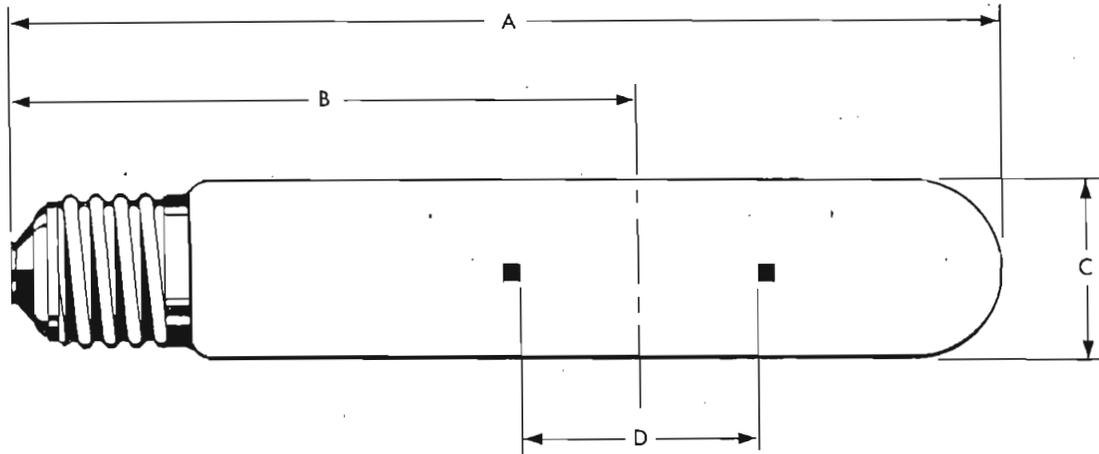
- CALLES.
- PLAZAS.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- GASOLINERAS.
- FÁBRICAS.
- GARAJES Y APLICACIONES SIMILARES.

Philips Lighting



PHILIPS

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO TUBULAR



### DIMENSIONES

LÁMPARA TIPO	A MÁX.	B NOM.	C MÁX.	D NOM.
SON-T 70	158	105	38	35
SON-T 150	211	132	48	58
SON-T 250	257	158	48	65
SON-T 400	283	175	48	85
SON-T 1000	380	240	67	148

### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS.

(SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

POSICIÓN DE OPERACIÓN VERTICAL

TIEMPO DE ENCENDIDO 2 MIN.

(80% DE INTENSIDAD)

INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR 20

TEMPERATURA DE COLOR 1.900° K.

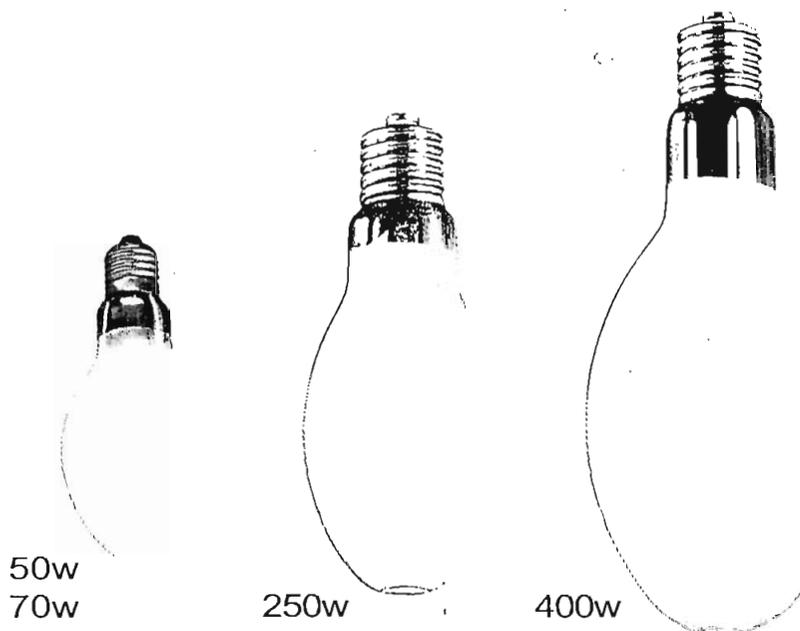
ACABADO DEL BULBO CLARO.

VIDA ÚTIL 24.000 HORAS.

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLOJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	PULSO VOLTAJE (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)
SON-T70W	70	80	8.000	80	BSM70	E-27	2.300	24.000
SON-T150W	150	100	14.500	107	BSN150	E-48	5.000	24.000
SON-T250W	250	100	27.500	110	BSN250	E-48	5.000	24.000
SON-T400W	400	100	48.000	120	BSN400	E-40	5.000	24.000
SON-T1.000W	1.000	100	125.000	125	BSN1.000	E-48	5.000	24.000

# Philips Iluminación

**LÁMPARAS DE DESCARGA  
DE SODIO ALTA PRESIÓN. SON**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS SON DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN TIENEN FORMA OVOIDE Y ESTÁN COMPUESTAS POR UN TUBO DE DESCARGA DE ÓXIDO DE ALUMINIO SINTETIZADO. ESTE TUBO ESTÁ ALOJADO EN UNA AMPOLLA DE VIDRIO DURO, EN CUYO INTERIOR SE HA PRACTICADO EL VACÍO. EL INTERIOR DEL BULBO EXTERIOR ESTÁ RECUBIERTO DE UNA CAPA DE POLVO DIFUSOR.

ESTAS LÁMPARAS TIENEN LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- POSICIÓN UNIVERSAL DE FUNCIONAMIENTO QUE SE HA LOGRADO POR MEDIO DE UN MÉTODO ESPECIAL DE CIERRE DEL TUBO DE DESCARGA Y DE LA POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS.
- DEBIDO A LA ALTA PRESIÓN DEL SODIO, ESTA LÁMPARA TIENE ALTA EFICIENCIA LUMINOSA Y BUEN RENDIMIENTO DE COLOR.
- LA SUPERFICIE INTERIOR DE LA AMPOLLA, ESTA RECUBIERTA ELECTROSTÁTICAMENTE CON UNA CAPA UNIFORME DE PIROFOSFATO DE CALCIO.
- LA GEOMETRÍA DE LA LÁMPARA HACE DE ÉSTA, UNA FUENTE IDEAL PARA USO EFICIENTE Y CONFIABLE EN LOS MISMOS SISTEMAS ÓPTICOS, EMPLEADOS PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.
- EN 70 VATTOS EXISTEN DOS VERSIONES DE LÁMPARAS:  
*SON 70WIE27* CON IGNITOR INCORPORADO.  
*SON 70WE27* PARA IGNITOR EXTERNO.

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- AEROPUERTOS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- IRRADIACIÓN DE PLANTAS.

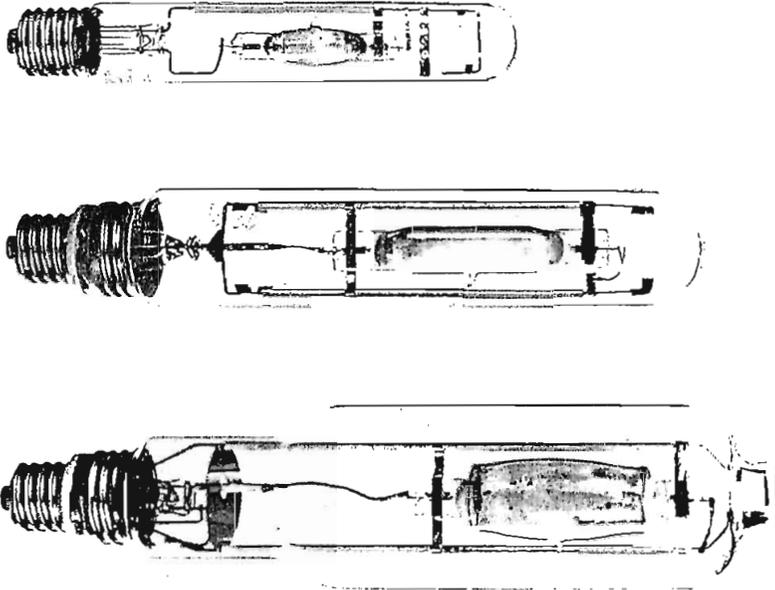
Philips Lighting



**PHILIPS**

# Philips ..uminación

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO HALOGENADO



### DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE HALUROS METÁLICOS PARA SU USO EN INTERIOR Y EN EXTERIOR, TIENEN ADITIVOS DE YODUROS DE ITRIO, TALIO Y SODIO, JUNTO AL MERCURIO, EN EL TUBO DE DESCARGA.

BÁSICAMENTE LAS LÁMPARAS HPI-T, FUNCIONAN CON EL MISMO PRINCIPIO DE TODAS LAS LÁMPARAS DE DESCARGA. CON EL FIN DE CONSEGUIR UNA FUENTE DE LUZ CON UN EXCELENTE RENDIMIENTO DE COLOR, COMBINA CON UNA ALTA EFICIENCIA, EL TUBO DE DESCARGA CONTIENE VARIOS COMPONENTES HALÓGENOS, LOS CUALES PRODUCEN EL EFECTO DE INCREMENTAR LA INTENSIDAD EN LAS TRES BANDAS ESPECTRALES CORRESPONDIENTE A LOS AZULES, VERDES Y AMARILLO-ROJO.

CONSECUENTEMENTE, LA APARIENCIA Y EL RENDIMIENTO DE COLOR SE MEJORA Y LA EFICACIA LUMINOSA SE INCREMENTA CONSIDERABLEMENTE.

EL ESPECTRO DE LAS LÁMPARAS CON HALUROS METÁLICOS CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS PARA FILMAR O TELEVISAR EN COLOR.

### APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PARA TV A COLOR.
- CAMPOS DEPORTIVOS.
- ILUMINACIÓN DE FACHADAS.
- ILUMINACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL.
- ÁREAS EXTERIORES EN GENERAL.

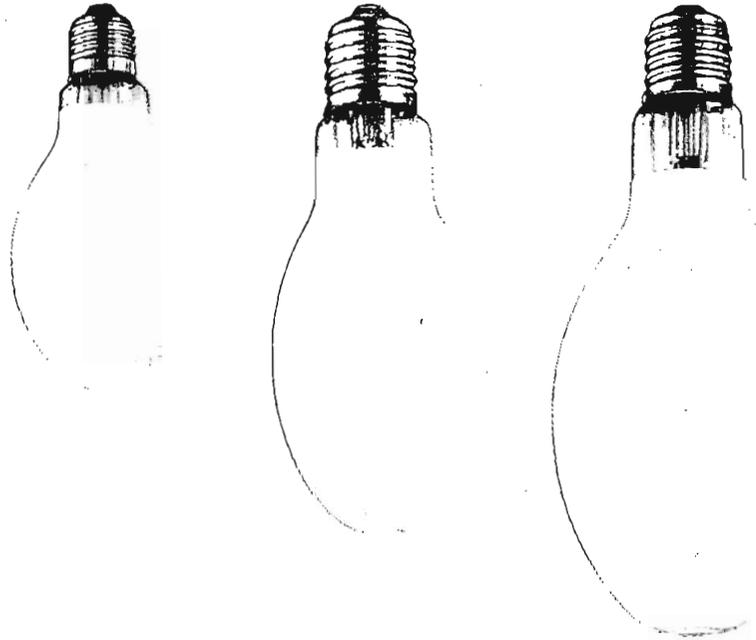
Philips Lighting



# PHILIPS

# Philips Iluminación

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO. HPL-N



### DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS HPL-N DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN ESTÁN COMPUESTAS POR UN TUBO DE DESCARGA DE CUARZO RESISTENTE A ALTAS PRESIONES Y TEMPERATURAS, SITUADO EN EL INTERIOR DE UNA AMPOLLETA CON RECUBRIMIENTO INTERIOR. ES UN FUENTE DE LUZ DE USO UNIVERSAL.

PARA SU FUNCIONAMIENTO ESTE TIPO DE LÁMPARAS REQUIEREN DE UN BALASTO DE ACUERDO A LA POTENCIA DE LA LÁMPARA.

LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN SON:

- EL BULBO OVOIDE EXTERIOR ESTA RECUBIERTO INTERIORMENTE CON UNA CAPA DE VANADATO DE ITRIO, LA CUAL CONVIERTE LAS RADIACIONES ULTRAVIOLETA EN LUZ VISIBLE, Y REFUERZA LA PARTE ROJA DEL ESPECTRO OBTENIÉNDOSE ASÍ UNA BUENA CALIDAD DE COLOR.
- LAS LÁMPARAS ESTÁN DISEÑADAS CON UNO O DOS ELECTRODOS AUXILIARES, LOS CUALES EN CONJUNTO CON LOS DOS PRINCIPALES ASEGURAN UN RÁPIDO Y SEGURO ENCENDIDO.
- EL TUBO DE DESCARGA DE CUARZO, CONTIENE UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE MERCURIO Y UN GAS PARA FACILITAR EL ENCENDIDO.
- COMO EL MERCURIO TIENE QUE EVAPORARSE, LA LÁMPARA NECESITA UNOS MINUTOS ANTES DE EMITIR SU FLUJO TOTAL.

### APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- GALPONES INDUSTRIALES.
- FÁBRICAS.
- ESTACIONES DE FERROCARRIL.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- SUPERMERCADOS.
- ETC.

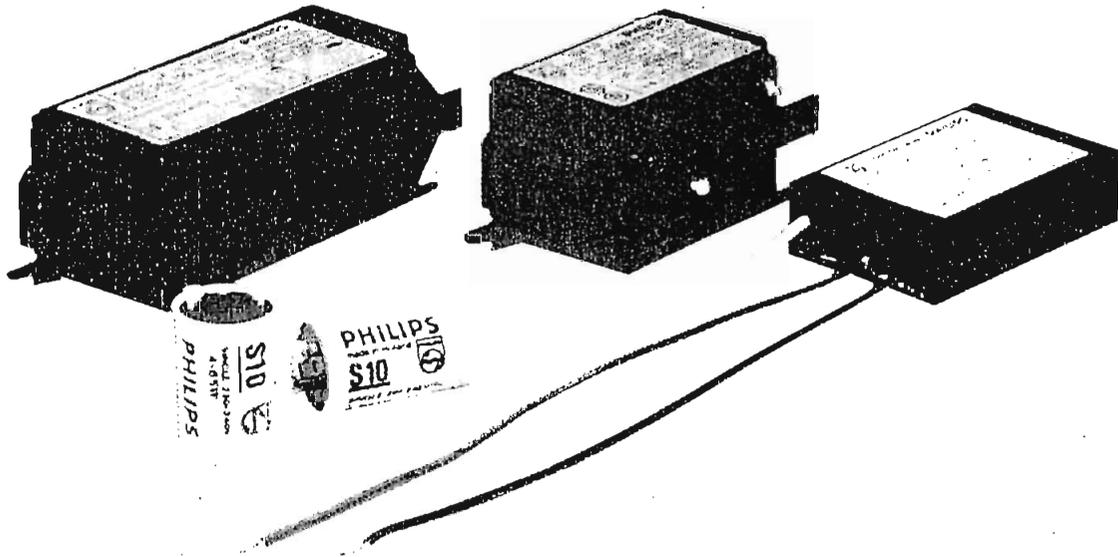
Philips Lighting



# PHILIPS

# Philips Iluminación

## IGNITORES PARA LÁMPARAS DE DESCARGA



### DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO ALTA PRESIÓN (SON) Y MERCURIO HALOGENADO REQUIEREN DE UN PULSO DE VOLTAJE BASTANTE MAYOR AL VOLTAJE DE RED, PARA ESTABLECER INICIALMENTE LA DESCARGA Y ENCENDER. ÉSTE PULSO ES GENERADO POR EL EQUIPO ELÉCTRICO ASOCIADO MEDIANTE LA AYUDA DE UN IGNITOR.

UNA VEZ QUE LA LÁMPARA SE ENCIENDE EL IGNITOR DEJA DE FUNCIONAR AUTOMÁTICAMENTE, PERO CUANDO LA LÁMPARA ESTÁ DAÑADA O EL IGNITOR ESTÁ ENERGIZADO SIN QUE LA LÁMPARA ESTÉ CONECTADA, EL IGNITOR PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO.

ALGUNAS LÁMPARAS NO REQUIEREN DEL IGNITOR PARA SU FUNCIONAMIENTO COMO LAS DE MERCURIO ALTA PRESIÓN, MIENTRAS QUE OTRAS VIENEN CON EL IGNITOR INCORPORADO TALES COMO EL SODIO DE 70W (SON 70W).

ESTOS IGNITORES ELECTRÓNICOS SÓLO SE PUEDEN USAR CON BALASTOS INDUCTIVOS, POR LO QUE SE RECOMIENDA USARLOS CON BALASTOS PHILIPS.

### APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- ILUMINACIÓN DE ÁREAS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.

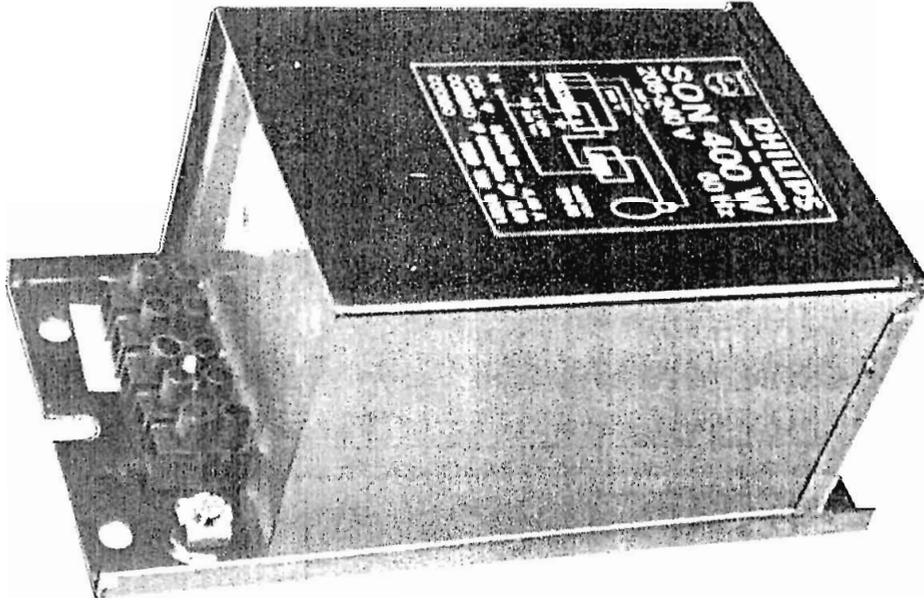
Philips Lighting



# PHILIPS

# Philips Iluminación

**BALASTOS PARA LÁMPARAS  
DE DESCARGA**



## DESCRIPCIÓN

LOS BALASTOS PARA LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO, HALUROS METÁLICOS Y SODIO ALTA TENSION, SON FABRICADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS INTERNACIONALES IEC-662, IEC-262 E IEC-459.

PARA QUE LAS LÁMPARAS DE DESCARGA TENGAN UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO, DEBEN SER OPERADAS CON UN BALASTO APROPIADO Y UN IGNITOR CUANDO LA LÁMPARA LO REQUIERA PARA SU ENCENDIDO Y UN CAPACITOR PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.

LOS BALASTOS PRESENTAN LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- ENCAPSULADOS EN POLIÉSTER DENTRO DE UNA CAJA METÁLICA, LO QUE LOS HACE MÁS RESISTENTES A LA HUMEDAD Y ALTAS TEMPERATURAS.
- TAMAÑO COMPACTO, DISEÑADO PARA SER INSTALADO DENTRO DE LAS LUMINARIAS O EN TABLEROS Y CAJAS AUXILIARES.
- REGLETA DE CONEXIONES PARA FACILITAR SU INSTALACIÓN.

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- ILUMINACIÓN DE ÁREAS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.

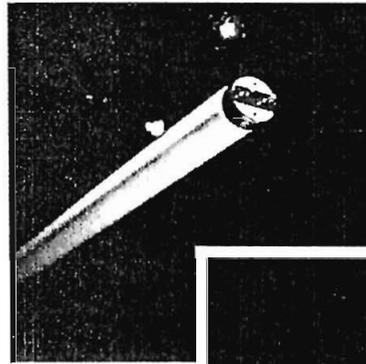
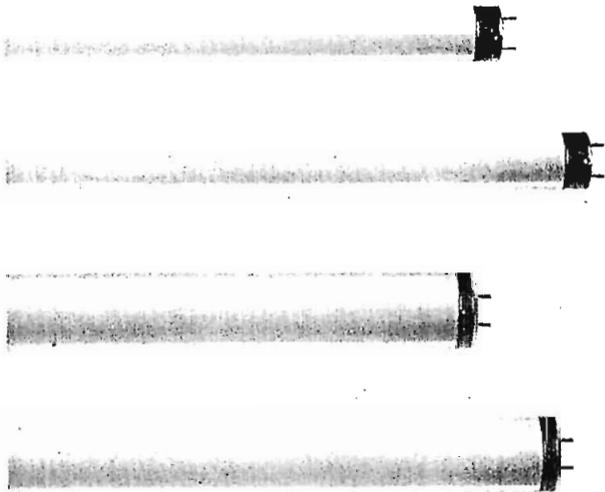
Philips Lighting



PHILIPS

# Philips Iluminación

**TUBOS FLUORESCENTES  
TL Y TLD**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES TL PRODUCEN LA CANTIDAD DE LUZ Y COLOR ADECUADO PARA UN AMPLIO RANGO DE APLICACIONES, ESTÁN DISPONIBLES EN LOS COLORES STANDAR 54 (DAYLIGHT) Y 33 (WARM WHITE).

LOS TUBOS FLUORESCENTES TL VIENEN EN POTENCIAS DE 20 Y 40W. PARA SU FUNCIONAMIENTO NECESITAN DE UN BALASTO ELECTROMAGNÉTICO.

EL DIÁMETRO DE LOS TUBOS TL ES DE 38 MM (T 12).

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES TLD ESTÁN BASADAS EN LA SOFISTICADA TECNOLOGÍA DE LOS POLVOS FLUORESCENTES "TRI-FÓSFOROS", CON LOS CUALES SE LOGRAN TUBOS FLUORESCENTES QUE OFRECEN EXCELENTE PROPIEDADES DE RENDIMIENTO DE COLOR (RA = 85), JUNTO CON UNA MUY ALTA EFICIENCIA LUMINOSA.

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES DE LA FAMILIA TLD ESTÁN DISPONIBLES EN POTENCIAS DE 17 Y 32 W.

EL DIÁMETRO DE LOS TUBOS TLD ES DE 26MM (T8).  
LOS TUBOS TLD PARA SU FUNCIONAMIENTO NECESITAN DE UN BALASTO ELECTRÓNICO.

LOS TUBOS TLD HAN SIDO DISEÑADOS PARA REEMPLAZAR A LOS TUBOS FLUORESCENTES CONVENCIONALES TL DEBIDO A SU MAYOR RENDIMIENTO LUMÍNICO, LARGA VIDA Y MENOR CONSUMO DE POTENCIA.

## APLICACIONES

- OFICINAS.
- COLEGIOS.
- BANCOS.
- INDUSTRIAS.
- HOTELES.
- LOCALES COMERCIALES.
- EDIFICIOS PÚBLICOS.

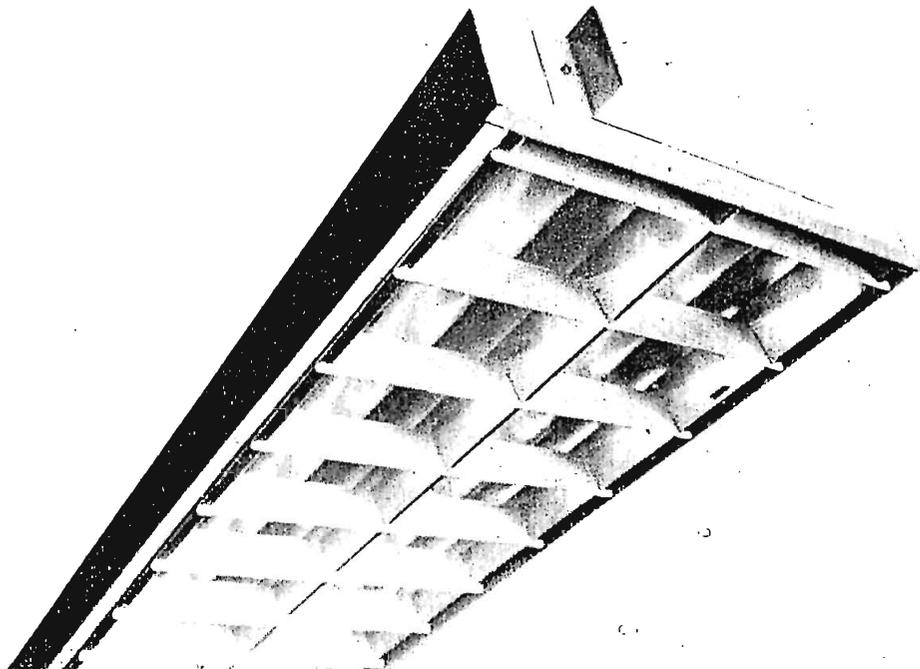
Philips Lighting



# PHI' IPS

# Philips Iluminación

**LUMINARIA FLUORESCENTE  
TBS-300**



## DESCRIPCIÓN

LA LUMINARIA FLUORESCENTE DE ALTA EFICIENCIA PARA EMPOTRAR EN CIELO FALSO PARA 3 TUBOS DE 17 O 20 VATTOS Y PARA 2 Y 3 TUBOS DE 32 O 40 VATTOS. SE COMPONE DE UN CUERPO Y UN SISTEMA ÓPTICO CONTROLADOR DE LUZ.

EL CUERPO DEL EQUIPO ESTÁ FABRICADO EN PLANCHA DE TOL DE 0.5 MM DE ESPESOR DE COLOR BLANCO PINTADA AL HORNO.

EL EQUIPO ELÉCTRICO VA INCORPORADO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA LUMINARIA Y SE ACCEDE A ÉL SIN HERRAMIENTAS.

EL BALASTO ES ELECTROMAGNÉTICO PARA LOS TUBOS DE 20 O 40 Y ELECTRÓNICO PARA LOS TUBOS DE 17 Y 32 VATTOS.

EL SISTEMA ÓPTICO ESTÁ COMPUESTO POR DOS REFLECTORES LONGITUDINALES FACETADOS POR CADA TUBO Y DE LÁMINAS TRANSVERSALES PARA EL APANTALLAMIENTO DE LOS MISMOS. EL CONJUNTO PROPORCIONA UNA EXCELENTE DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ, UN ELEVADO CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO Y BRILLO Y UNA ALTA EFICIENCIA LUMÍNICA.

### ÓPTICA M2

EL CONTROLADOR ÓPTICO ESTÁ FABRICADO EN PLANCHA DE ALUMINIO ANODIZADO ESPECULAR DE ALTA REFLEXIÓN Y BAJA DEPRECIACIÓN EN EL TIEMPO. SIENDO LAS LÁMINAS Y EL REFLECTOR LONGITUDINAL FACETADO FABRICADOS EN ALUMINIO, SE OBTIENE UNA MÁXIMA EFICIENCIA LUMINOSA Y UNA DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDAD ES LUMÍNICAS MÁS AMPLIA, LOGRÁNDOSE UN PERFECTO CONTROL DE BRILLOS EN EL PLANO TRANSVERSAL DEL EQUIPO.

LAS LÁMINAS TRANSVERSALES POSEEN UNA TEXTURA LINEAL CON LA QUE SE OBTIENE UN MUY BAJO BRILLO EN EL SENTIDO LONGITUDINAL DEL EQUIPO.

## APLICACIONES

- OFICINAS.
- SALAS DE REUNIÓN.
- BIBLIOTECAS.
- HALLS.
- SALAS DE CONFERENCIA.
- SALAS DE LECTURA.
- SALAS DE DIBUJO.
- SALAS DE COMPUTACIÓN.

Philips Lighting



PHILIPS

**PROGRAMA DE EVALUACION DIGITAL**

**VISUAL BASIC 4.0**

**PARA WINDOWS 95**

## Análisis técnico para sistemas de iluminación industriales

### Opción procesos de fabricación

```
Private Sub Option1_Click()  
Dim newProfa As New frmProfa  
newProfa.Caption = "Procesos de Fabricación"  
newProfa.Show  
End Sub
```

### Etapas de fabricación

#### Procesos estáticos

```
Private Sub optProestatic_Click()  
If optProestatic = 1 Then End  
MsgBox ("En el caso de procesos de fabricación localizados en una ubicación específica conviene dividir el sitio en un recinto imaginario en el que se realiza el proceso son ejemplos comunes trabajos de soldadura, cizallado, corte, prensado, estampado, una buena guía son las dimensiones de la maquinaria que realiza este trabajo para cualquier verificación asegúrese que la maquinaria no se encuentre energizada"), vbInformation, "Procesos de fabricación Estáticos:"  
End Sub
```

#### Procesos dinámicos

```
Private Sub optProdin_Click()  
MsgBox ("Se entienden por procesos de fabricación dinámicos aquellas etapas de procesamiento de partes que emplean maquinaria automática o semiautomática este tipo de tareas requiere supervisión y control generalmente el personal suministra la materia prima y se encarga de retirar el producto final procesado conviene dividir el sitio en un recinto imaginario en el que se realiza el proceso son ejemplos comunes trabajos de rolado, llenado y empaque de partes, maquinaria de estampado en partes plásticas, laminadoras; una buena guía son las dimensiones de la maquinaria que realiza este trabajo para cualquier verificación asegúrese que la maquinaria no se encuentre energizada y fijese en los puntos donde existan sistemas de control como pantallas y accesos de PLC que podrían requerir iluminación adicional en este caso referirse al menú inspecciones"), vbInformation, "Procesos de fabricación Dinámicos:"  
End Sub
```

#### Ingreso de parámetros

```
Private Sub Optiingparprofa_Click()  
Getevar  
Getpfe  
End Sub
```

#### Distribución de luminarias

```
Private Sub Optgeoprofab_Click()  
Print "Los siguientes parámetros son validos para todos los casos"  
Print "Altura de montaje="; vAM  
Print "Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYY  
Print "Separación a lo largo en las esquinas="; vYYe  
Print " "  
Print "Lamparas de Sodio de Alta Presión"  
Print "Potencia nominal="; vPSAP; "[w]"; "Flujo luminoso "; vFlujosap; "[Lm]"  
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealsap  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vY
```

```

Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXSap
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXSap
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXSape
Print "
"
Print "Lamparas de Vapor de Mercurio"
Print "Potencia nominal="; vPmerc; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujovmpf; "[Lm]"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealvm
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vY
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXvmpf
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXvmpf
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXvmepf
Print "
"
Print "Lamparas de Halógeno Metálico"
Print "Potencia nominal="; vPHM; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujohmpf; "[Lm]"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealhm
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vY
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXhmpf
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXhmpf
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXhmepf

```

End Sub

#### Borrar pantalla

```

Private Sub Optborrar_Click()
Cls
End Sub

```

```

Private Sub Optborrar_DblClick()
End
End Sub

```

#### Imprimir resultados

```

Private Sub Option1_Click()
PrintForm
End Sub

```

#### SUBROUTINAS EN PROCESOS DE ENSAMBLE

```

Global vLens As String
Global vAens As String
Global vdifens As String
Global vHpens As String
Global vHens As String
Global vEens As String
Global vAMens As Double

```

```

Global vFlujosapensa As Double
Global vFlujosapens As Double
Global vFlujovrnens As Double
Global vFlujohmens As Double

```

```

Global vRCLens As String
Global vRCTens As String
Global vRCPens As String

```

Global vPSAPens As Double  
Global vPrmercens As Double  
Global vPHMens As Double

Global vCUens As Double  
Global vNsapens As Double  
Global vNvmens As Double  
Global vNhmens As Double  
Global vNrealsapens As Double  
Global vNrealvmens As Double  
Global vNrealhmens As Double

Global vRens As Double  
Global vSens As Double

Global vYens As Double  
Global vXsapens As Double  
Global vXvmens As Double  
Global vXhmens As Double  
Global vYYens As Double  
Global vXXsapens As Double  
Global vXXvmens As Double  
Global vXXhmens As Double  
Global vXXvrneens As Double  
Global vXXhrneens As Double  
Global vYYeens As Double  
Global vXXsapeens As Double

Sub Getevarensdos()

Lens:

vLens = InputBox("Indicar la longitud del Area de Trabajo ", "Areas de Trabajo ")

If vLens = " " Then

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "longitud del Area de Trabajo"

GoTo Lens

End If

Aens:

vAens = InputBox("Ingrese el Ancho del Area de Trabajo ", "Areas de Trabajo")

If vAens = " " Then

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Ancho del Area de Trabajo"

GoTo Aens

End If

Hens:

vHens = InputBox("Ingresar la Altura de montaje de las luminarias si no tiene ningun valor en especial indique la altura de la planta como valor límite ", " Areas de Trabajo")

If vHens = " " Then

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura del Area de Trabajo"

GoTo Hens

End If

vHpens:

vHpens = InputBox("Indicar la altura del plano útil de trabajo ", "Areas de Trabajo")

If vHpens = " " Then

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura del plano útil de trabajo"

GoTo vHpens

End If

Eens:

```

vEens = InputBox("Si lo desea ingrese el valor de intensidad luminosa en luxes,caso contrario el programa
ingresa un valor normalizado de 500 luxes ", "Niveles de iluminación en Areas de Trabajo")
If vEens = "" Then vEens = 500
End Sub

```

```

Function Getpfesapens()
vdifens = Val(vHens - vHpens)
vAMens = Val(vdifens * 0.8)
If vHpens > vAMens Then vAMens = vHens
vRens = Val(vLens - (-vAens))
vSens = Val(vAens * vLens)
vGens = Val(vRens / vSens)
vRCLens = Val(vAMens * vGens * 5)
vRCTens = Val(vHens * vGens)
vRCPens = Val(vRCTens * 1.25)
vCUens = Val(-0.0423 * vRCLens + 0.7696)
vFlujosapensa = Val(vEens / vCUens) * (vAMens ^ 2)
vPSAPens = Val(0.0069 * vFlujosapensa + 42.065)

```

```

Dim smsj As String
Select Case vPSAPens
Case Is < 60
smsj = "con potencias nominales de 50 vatios"
vFlujosapens = 3300
vPSAPens = 50
Case 60 To 80
smsj = "con potencias nominales de 70 vatios"
vFlujosapens = 5800
vPSAPens = 70
Case 80 To 130
smsj = "con potencias nominales 100 vatios"
vFlujosapens = 9500
vPSAPens = 100
Case 130 To 180
smsj = "con potencias nominales de 150 vatios"
vFlujosapens = 16000
vPSAPens = 150
Case 180 To 220
smsj = "con potencias nominales de 200 vatios"
vFlujosapens = 22000
vPSAPens = 200
Case 220 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujosapens = 27500
vPSAPens = 250
Case 300 To 360
smsj = "con potencias nominales de 310 vatios"
vFlujosapens = 37000
vPSAPens = 310
Case 360 To 700
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujosapens = 50000
vPSAPens = 400
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"

```

```

vFlujosapens = 140000
vPSAPens = 1000
End Select
vNsapens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujosapens * vCUens * 0.7))
If vNsapens < 1 Then vNsapens = 1
vYens = vLens \ vAMens
If vYens = 0 Then vYens = 1
vXsapens = vNsapens \ vYens
If vXsapens = 0 Then vXsapens = 1
vYYens = vLens / vYens
vXXsapens = vAens / vXsapens
vYYeens = vYYens / 2
vXXsapeens = vXXsapens / 2
If vXsapens = 1 Then vXXsapens = vXXsapeens
vNrealsapens = vXsapens * vYens
smsj = "Se requieren " & vNrealsapens & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujosapens & " Lumenes al menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Sodio de Alta Presión"

```

```

vPmercens = Val(0.0151 * vFlujosapensa + 50.777)
Select Case vPmercens
Case Is < 120
smsj = "con potencias nominales de 100 vatios"
vFlujovmens = 4200
vPmercens = 100
Case 120 To 200
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
vFlujovmens = 8600
vPmercens = 175
Case 200 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujovmens = 12100
vPmercens = 250
Case 300 To 600
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujovmens = 22500
vPmercens = 400
Case 600 To 1200
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujovmens = 63000
vPmercens = 1000
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
vFlujovmens = 94500
vPmercens = 1500
End Select
vNvmens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujovmens * vCUens * 0.7))
If vNvmens < 1 Then vNvmens = 1

vXvmens = vNvmens \ vYens
If vXvmens = 0 Then vXvmens = 1
vXXvmens = vAens / vXvmens

vXXvmeens = vXXvmens / 2
If vXvmens = 1 Then vXXvmeens = vXXvmeens

```

```
vNrealvmens = vXvmens * vYens
```

```
smsj = "Se requieren " & vNrealvmens & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujovmens & " Lumenes al menos."
```

```
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Vapor de Mercurio"
```

```
vPHMens = Val(0.0091 * vFlujosapensa + 60.344)
```

```
Select Case vPHMens
```

```
Case Is < 200
```

```
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
```

```
vFlujohmens = 14000
```

```
vPHMens = 175
```

```
Case 200 To 330
```

```
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
```

```
vFlujohmens = 20500
```

```
vPHMens = 250
```

```
Case 330 To 600
```

```
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
```

```
vFlujohmens = 34000
```

```
vPHMens = 400
```

```
Case 600 To 1200
```

```
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
```

```
vFlujohmens = 110000
```

```
vPHMens = 1000
```

```
Case Else
```

```
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
```

```
vFlujohmens = 155000
```

```
vPHMens = 1500
```

```
End Select
```

```
vNhmens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujohmens * vCUens * 0.7))
```

```
If vNhmens < 1 Then vNhmens = 1
```

```
vXhmens = vNhmens \ vYens
```

```
If vXhmens = 0 Then vXhmens = 1
```

```
vXXhmens = vAens / vXhmens
```

```
vXXhmeens = vXXhmens / 2
```

```
If vXhmens = 1 Then vXXhmens = vXXhmeens
```

```
vNrealhmens = vXhmens * vYens
```

```
smsj = "Se requieren " & vNrealhmens & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujohmens & " Lumenes al menos."
```

```
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Halogenos Metálicos"
```

```
Exit Function
```

```
End Function
```

### Opción procesos de pintura

```
Private Sub Option2_Click()
```

```
Dim newProPintura As New frmPropintura
```

```
newProPintura.Caption = "Procesos de Pintura"
```

```
newProPintura.Show
```

```
End Sub
```

### Zonas con transportador elevado

```

Private Sub OptEtapasPrevias_Click()
MsgBox ("En el caso de procesos de aplicación de pintura se requiere el uso de transportadores elevados que permiten someter las partes a los diversos procesos de preparación y aplicación de pintura,se requiere por tanto un sistema de iluminación que permita detectar brevemente anomalías e imperfecciones en las partes antes y después de ser pintadas la presencia del transportador generalmente produce zonas de sombra durante su recorrido,sin embargo las inspecciones se realizan en forma previa y posterior a la inclusión de partes en el transportador"), vbInformation, "Se debe tener en cuenta lo siguiente:"
Getevarpin
Getpfesapin
Print " "
Print "Características de las luminarias "
Print "Luminarias de Sodio de alta presión"
Print "Color de Luz :Blanco"
Print "Número de luminarias recomendado es de "; vNrealsapp
Print "Potencias Nominales de "; vPSApp; " [vatios]"
Print "Flujo luminoso de "; vFlujosap; " [Lumenes]"
Print " "
Print "Las siguientes distancias se especifican en metros"
Print "Altura de montaje "; vAMP
Print "Separación entre luminarias "; vd
Print "Separación luminaria-transportador "; vmi
End Sub

```

#### Disposición de luminarias para zonas con transportador elevado

```

Private Sub Option1_Click()
Dim newdispin As New Frmdispin
newdispin.Caption = "Distribución de luminarias en zonas con transportador"
newdispin.Show
End Sub

```

```

Private Sub Option1_DblClick()
Cls
End Sub

```

#### Cábinas de aplicación

```

Private Sub OptEtaplicación_Click()

MsgBox ("En procesos de manufactura se utiliza en general pintura líquida y pintura en polvo esta última se adhiere a las partes por un proceso electrostático y se realiza en cabinas que permiten recuperar la pintura no utilizada estas,cabinas son cerradas para evitar pérdidas de pintura y vienen con su propio sistema de iluminación,sin embargo las cabinas de aplicación de pinturas líquidas como bases y esmaltes se construyen independientemente se emplean en estos casos lámparas con sellos que evitan el deterioro prematuro de las lámparas"), vbInformation, "Se debe tener en cuenta lo siguiente:"

Dim newEnsu As New FrmEnsu
newEnsu.Caption = "imagen"
newEnsu.Show

End Sub

```

```

Private Sub Command1_Click()
MsgBox "Se sugiere emplear 6 luminarias con 4 lámparas fluorescentes de 40 vatios (3000 lumenes) tipo Luz de día (daylight) F40T121D Rapid Start o sus similares que son de uso frecuente en varias aplicaciones ", vbInformation, "Sobre las luminarias:"

```

End Sub

```
Private Sub OptEtaplicación_DblClick()  
Print vPflpcab  
Print "vNcab= "; vNcab  
Print "vCUsapp= "; vCUsapp  
Print "vFlujocab="; vFlujocab  
Print "vEcab= "; vEcab  
Print "vRCLcab= "; vRCLcab  
Print "vRCTcab= "; vRCTcab  
Print "vRCPcab= "; vRCPcab  
Print "vGcab= "; vGcab  
Print "vAMcab= "; vAMcab  
Print "vRcab= "; vRcab  
Print "vScab= "; vScab
```

End Sub

#### Borrar pantalla

```
Private Sub Optborrar_Click()  
Cls  
End Sub
```

```
Private Sub Optborrar_DblClick()  
Cls  
End Sub
```

#### Imprimir resultados

```
Private Sub Option2_Click()  
PrintForm  
End Sub
```

#### SUBROUTINAS EN PROCESOS DE PINTURA

Global vLp As String

Global vAp As String

Global vhpp As String

Global vHp As String

Global vEp As String

Global vAMp As Double

Global vGp As Double

Global vFlujosapp As Double

Global vRCLp As String

Global vRCTp As String

Global vRCPp As String

Global vPSApp As Double

Global vCUsapp As Double

Global vm As Double

Global vNsapp As Double

```
Global vRp As Double
Global vSp As Double
Global vd As Double
```

```
Global vYp As Double
Global vYYp As Double
Global vYYep As Double
Global vXsapp As Double
Global vXXsapp As Double
Global vXXsapep As Double
```

```
Global vNrealsapp As Double
```

```
Sub Getevarpin()
```

```
Lp:
```

```
vLp = InputBox("Cual es la longitud del transportador? (conviene dividir el recorrido en tramos rectos)",  
"Zonas de Pintura con Transportador")
```

```
If vLp = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Longitud del tramo"
```

```
GoTo Lp
```

```
End If
```

```
Ap:
```

```
vAp = InputBox("Considerando al transportador como un eje de simetría vertical indicar la longitud desde el  
centro hasta uno de los extremos de la parte de mayor volumen a ser pintada? ", "Zonas de Pintura con  
Transportador")
```

```
If vAp = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "ancho de linea"
```

```
GoTo Ap
```

```
End If
```

```
Hpp:
```

```
vhpp = InputBox("Cuál es la altura del transportador al piso ? ", "Zonas de Pintura con Transportador")
```

```
If vhpp = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura del transportador al piso"
```

```
GoTo Hpp
```

```
End If
```

```
Ep:
```

```
vEp = InputBox("Si lo desea ingrese el valor de intensidad luminosa en luxes, caso contrario el programa  
ingresa un valor normalizado (mayor a 500 luxes) ", "Niveles de Iluminación en Zonas de Pintura")
```

```
If vEp = "" Then vEp = 1000
```

```
End Sub
```

```
Function Getpfesapin()
```

```
vAMp = Val(1.05 * vhpp)
```

```
vRp = Val(vLp - (-vAp))
```

```
vSp = Val(vAp * vLp)
```

```
vGp = Val(vRp / vSp)
```

```
vRCLp = Val(vAMp * vGp ^ 5)
```

```
vRCTp = Val(vhpp * vGp)
```

```
vRCPp = Val(vRCTp * 1.25)
```

```
vCUsapp = Val(-0.0367 * vRCLp + 0.7506)
```

```
vFlujosapp = Val(vEp / vCUsapp) * (vAMp ^ 2)
```

```
vPSAPp = Val(0.0069 * vFlujosapp + 42.065)
```

```
Dim smsj As String
```

```
Select Case vPSAPp
```

```
Case Is < 60
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 50 vatios"
```

```
    vFlujosap = 3300
```

```
    vPSAPp = 50
```

```
Case 60 To 80
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 70 vatios"
```

```
    vFlujosap = 5800
```

```
    vPSAPp = 70
```

```
Case 80 To 130
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 100 vatios"
```

```
    vFlujosap = 9500
```

```
    vPSAPp = 100
```

```
Case 130 To 180
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 150 vatios"
```

```
    vFlujosap = 16000
```

```
    vPSAPp = 150
```

```
Case 180 To 220
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 200 vatios"
```

```
    vFlujosap = 22000
```

```
    vPSAPp = 200
```

```
Case 220 To 300
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 250 vatios"
```

```
    vFlujosap = 27500
```

```
    vPSAPp = 250
```

```
Case 300 To 360
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 310 vatios"
```

```
    vFlujosap = 37000
```

```
    vPSAPp = 310
```

```
Case 360 To 700
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 400 vatios"
```

```
    vFlujosap = 50000
```

```
    vPSAPp = 400
```

```
Case Else
```

```
    smsj = " con potencias nominales de 1000 vatios"
```

```
    vFlujosap = 140000
```

```
    vPSAPp = 1000
```

```
End Select
```

```
vNrealsapp = Val((vEp * vLp * vAp) \ (vFlujosap * vCUsapp * 0.7))
```

```
If vNrealsapp < 1 Then vNrealsapp = 1
```

```
vd = vLp / vNrealsapp
```

```
vrn = vAp / 2
```

```
smsj = "Se requieren " & vNrealsapp & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujosap & " Lumenes al menos."
```

```
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Sodio de Alta Presión"
```

```
Exit Function
```

```
End Function
```

### Opción procesos de ensamble

```
Private Sub Option4_Click()  
Dim newEns As New FrmEns  
newEns.Caption = "Procesos de Ensamble"  
newEns.Show  
End Sub
```

### Manufactura y ensamble

#### Información relativa a los tipos de ensamble

```
Private Sub OptInfens_Click()  
Dim newInfens As New FrmInfens  
newInfens.Caption = "Información acerca del ensamble"  
newInfens.Show  
End Sub
```

#### Ingreso de parámetros

```
Private Sub Optiinparens_Click()  
Getevarensdos  
Getpfesapens  
End Sub
```

#### Distribución de luminarias

```
Private Sub Option2_Click()  
Print "Los siguientes parámetros son validos para todos los casos"  
Print "Altura de montaje="; vAMens  
Print "Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens  
Print "Separación a lo largo en las esquinas="; vYeens  
Print "  
Print "Lamparas de Sodio de Alta Presión"  
Print "Potencia nominal="; vPSAPens; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujosapens; "[Lm]"  
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealsapens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXsapens  
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapens  
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXsapeens  
Print "  
Print "Lamparas de Vapor de Mercurio"  
Print "Potencia nominal="; vPmercens; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujovmens; "[Lm]"  
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealvmens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXvmens  
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXvmens  
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXvmeens  
Print "  
Print "Lamparas de Halógeno Metálico"  
Print "Potencia nominal="; vPHMens; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujohmens; "[Lm]"  
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealhmens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens  
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXhmens
```

```

Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXhmens
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXhmeens
Print "
"
Print "Para muestra grafica Usted puede hacer doble click en la opción Distribución de luminarias"
End Sub

```

```

Private Sub Option2_DblClick()
Dim newdistribuir As New Frmndistribuir
newdistribuir.Caption = "Distribución de luminarias"
newdistribuir.Show
End Sub

```

Distribuir

```

Private Sub Form_Load()
Print "Los siguientes parámetros son validos para todos los casos"
Print "Altura de montaje="; vAMens
Print "Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYYens
Print "Separación a lo largo en las esquinas="; vYYeens
Print "
"

```

```

Print "Lamparas de Sodio de Alta Presión"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealsapens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXsapens
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapens
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXsapeens
Print "
"
Print "Lamparas de Vapor de Mercurio"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealvmens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXvmens
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXvmens
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXvmeens
Print "
"

```

```

Print "Lamparas de Halógeno Metálico"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealhmens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYens
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXhmens
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXhmens
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXhmeens

```

End Sub

Borrar pantalla

```

Private Sub OptBorrarens_Click()
Cls
ChkC = 0
ChkD = 0
End Sub

```

Inprimir resultados

```
Private Sub Option1_Click()  
PrintForm  
End Sub
```

#### SUBRUTINAS EN PROCESOS DE ENSAMBLE

Global vLens As String

Global vAens As String

Global vdifens As String

Global vHpens As String

Global vHens As String

Global vEens As String

Global vAMens As Double

Global vFlujosapensa As Double

Global vFlujosapens As Double

Global vFlujovmens As Double

Global vFlujohmens As Double

Global vRCLens As String

Global vRCTens As String

Global vRCPens As String

Global vPSAPens As Double

Global vPmercens As Double

Global vPHMens As Double

Global vCUens As Double

Global vNsapens As Double

Global vNvmens As Double

Global vNhmens As Double

Global vNrealsapens As Double

Global vNrealvmens As Double

Global vNrealhmens As Double

Global vRens As Double

Global vSens As Double

Global vYens As Double

Global vXsapens As Double

Global vXvmens As Double

Global vXhmens As Double

Global vYYens As Double

Global vXXsapens As Double

Global vXXvmens As Double

Global vXXhmens As Double

Global vXXvmeens As Double

Global vXXhmeens As Double

Global vYYeens As Double

Global vXXsapeens As Double

```

Sub Getevarensdos()
Lens:
vLens = InputBox("Indicar la longitud del Area de Trabajo ", "Areas de Trabajo ")
If vLens = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "longitud del Area de Trabajo"
GoTo Lens
End If
Aens:
vAens = InputBox("Ingrese el Ancho del Area de Trabajo ", "Areas de Trabajo ")
If vAens = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Ancho del Area de Trabajo"
GoTo Aens
End If
Hens:
vHens = InputBox("Ingresar la Altura de montaje de las luminarias si no tiene ningun valor en especial
indique la altura de la planta como valor límite ", " Areas de Trabajo")
If vHens = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura del Area de Trabajo"
GoTo Hens
End If
vHpens:
vHpens = InputBox("Indicar la altura del plano útil de trabajo ", "Areas de Trabajo ")
If vHpens = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura del plano útil de trabajo"
GoTo vHpens
End If
Eens:
vEens = InputBox("Si lo desea ingrese el valor de intensidad luminosa en luxes,caso contrario el programa
ingresa un valor normalizado de 500 luxes ", "Niveles de iluminación en Areas de Trabajo")
If vEens = "" Then vEens = 500
End Sub

```

```

Function Getpfesapens()
vdifens = Val(vHens - vHpens)
vAMens = Val(vdifens * 0.8)
If vHpens > vAMens Then vAMens = vHens
vRens = Val(vLens - (-vAens))
vSens = Val(vAens * vLens)
vGens = Val(vRens / vSens)
vRCLens = Val(vAMens * vGens * 5)
vRCTens = Val(vHens * vGens)
vRCPens = Val(vRCTens * 1.25)
vCUens = Val(-0.0423 * vRCLens + 0.7696)
vFlujosapensa = Val(vEens / vCUens) * (vAMens ^ 2)
vPSAPens = Val(0.0069 * vFlujosapensa + 42.065)

```

```

Dim smsj As String
Select Case vPSAPens
Case Is < 60
smsj = "con potencias nominales de 50 vatios"
vFlujosapens = 3300
vPSAPens = 50
Case 60 To 80
smsj = "con potencias nominales de 70 vatios"
vFlujosapens = 5800

```

```

vPSAPens = 70
Case 80 To 130
smsj = "con potencias nominales 100 vatios"
vFlujosapens = 9500
vPSAPens = 100
Case 130 To 180
smsj = "con potencias nominales de 150 vatios"
vFlujosapens = 16000
vPSAPens = 150
Case 180 To 220
smsj = "con potencias nominales de 200 vatios"
vFlujosapens = 22000
vPSAPens = 200
Case 220 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujosapens = 27500
vPSAPens = 250
Case 300 To 360
smsj = "con potencias nominales de 310 vatios"
vFlujosapens = 37000
vPSAPens = 310
Case 360 To 700
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujosapens = 50000
vPSAPens = 400
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujosapens = 140000
vPSAPens = 1000
End Select
vNsapens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujosapens * vCUens * 0.7))
If vNsapens < 1 Then vNsapens = 1
vYens = vLens \ vAMens
If vYens = 0 Then vYens = 1
vXsapens = vNsapens \ vYens
If vXsapens = 0 Then vXsapens = 1
vYYens = vLens / vYens
vXXsapens = vAens / vXsapens
vYYeens = vYYens / 2
vXXsapeens = vXsapens / 2
If vXsapens = 1 Then vXXsapens = vXXsapeens
vNrealsapens = vXsapens * vYens
smsj = "Se requieren " & vNrealsapens & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujosapens & " Lumenes al
menos."
MsgBox smsj, vbInformation, " Alternativa Lamparas de Sodio de Alta Presión"

vPmercens = Val(0.0151 * vFlujosapensa + 50.777)
Select Case vPmercens
Case Is < 120
smsj = "con potencias nominales de 100 vatios"
vFlujovmens = 4200
vPmercens = 100
Case 120 To 200
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
vFlujovmens = 8600

```

```

vPmercens = 175
Case 200 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujovmens = 12100
vPmercens = 250
Case 300 To 600
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujovmens = 22500
vPmercens = 400
Case 600 To 1200
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujovmens = 63000
vPmercens = 1000
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
vFlujovmens = 94500
vPmercens = 1500
End Select
vNvmens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujovmens * vCUens * 0.7))
If vNvmens < 1 Then vNvmens = 1

vXvmens = vNvmens \ vYens
If vXvmens = 0 Then vXvmens = 1
vXXvmens = vAens / vXvmens

vXXvmeens = vXXvmens / 2
If vXvmens = 1 Then vXXvmens = vXXvmeens
vNrealvmens = vXvmens * vYens

smsj = "Se requieren " & vNrealvmens & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujovmens & " Lumenes al
menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Vapor de Mercurio"

vPHMens = Val(0.0091 * vFlujosapensa + 60.344)

Select Case vPHMens
Case Is < 200
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
vFlujohmens = 14000
vPHMens = 175
Case 200 To 330
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujohmens = 20500
vPHMens = 250
Case 330 To 600
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujohmens = 34000
vPHMens = 400
Case 600 To 1200
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujohmens = 110000
vPHMens = 1000
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
vFlujohmens = 155000

```

```

vPHMens = 1500
End Select
vNhmens = Val((vEens * vLens * vAens) \ (vFlujohmens * vCUens * 0.7))
If vNhmens < 1 Then vNhmens = 1
vXhmens = vNhmens \ vYens
If vXhmens = 0 Then vXhmens = 1
vXXhmens = vAens / vXhmens
vXXhmeens = vXXhmens / 2
If vXhmens = 1 Then vXXhmens = vXXhmeens
vNrealhmens = vXhmens * vYens
smsgj = "Se requieren " & vNrealhmens & " luminarias " & smsgj & " y " & vFlujohmens & " Lumenes al  

menos."
MsgBox smsgj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Halogenos Metálicos"
Exit Function
End Function

```

### Opcción zonas de inspección

```

Private Sub Option6_Click()
Dim inspec As New frminspec
inspec.Caption = "inspeccion"
inspec.Show
End Sub

```

### Opciones iniciales

#### Información

```

Private Sub OptInformación_Click()
MsgBox ("Las tareas de inspección resultan adecuadas en recintos independientes que pueden ser bodegas de  

recepción de materia prima,sitios de almacenamiento,salas de exhibición de productos  

terminados,laboratorios,etc;Sin embargo inspecciones en recintos donde predomina la realización de tareas  

diferentes a las inspecciones como por ejemplo inspección de trabajos de ensamble requieren los niveles  

normalizados de iluminación en estas zonas estos valores se hallan incluidos en este programa "),
vbInformation, "Se debe tener en cuenta lo siguiente:"
End Sub

```

#### Tabla de consulta rápida

```

Private Sub Option1_Click()
Dim newTabla As New frmTabla
newTabla.Caption = "Consulta rapida"
newTabla.Show

End Sub

```

#### Borrar pantalla

```

Private Sub Optborrar_Click()
Cls
End Sub

```

#### Imprimir resultados

```

Private Sub Option3_Click()
PrintForm
End Sub

```

### Categorías de las inspecciones

#### Nivel mínimo

```
Private Sub Optminimo_Click()
Print "Inspecciones de nivel mínimo (100 luxes)"
Print "      "
vEi = 100
Getevari
Getpfesapi
Print "Características de las luminarias"
Print " Tipo:Sodio de alta presión"
Print " El número de luminarias requerido es de=", vNrealsapi; "unidades"
Print " Con potencias nominales de=", vPSAPI; " vatios"
Print " Con flujos luminosos de =", vFlujosapi; " lumenes"
Print "      "
Print "Disposición física de las luminarias en metros"
Print "Altura de montaje=", vAMi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo largo del local=", vXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local=", vYYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local (esquinas)=", vYYi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo ancho del local=", vYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local =", vXXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local (esquinas)= ", vXXsapei

End Sub
```

#### Nivel medio

```
Private Sub Optmedio_Click()
Print "Inspecciones de nivel medio (300 luxes)"
Print "      "
vEi = 300
Getevari
Getpfesapi
Print "Características de las luminarias"
Print " Tipo:Sodio de alta presión"
Print " El número de luminarias requerido es de=", vNrealsapi; "unidades"
Print " Con potencias nominales de=", vPSAPI; " vatios"
Print " Con flujos luminosos de =", vFlujosapi; " lumenes"
Print "      "
Print "Disposición física de las luminarias en metros"
Print "Altura de montaje=", vAMi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo largo del local=", vXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local=", vYYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local (esquinas)=", vYYi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo ancho del local=", vYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local =", vXXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local (esquinas)= ", vXXsapei

End Sub
```

#### Nivel superior

```
Private Sub Optsuperior_Click()
Print "Inspecciones de nivel superior (500 luxes)"
Print "      "
vEi = 500
Getevari
Getpfesapi
Print "Características de las luminarias"
Print " Tipo:Sodio de alta presión"
Print " El número de luminarias requerido es de= "; vNrealsapi; "unidades"
Print " Con potencias nominales de= "; vPSAPi; " vatios"
Print " Con flujos luminosos de = "; vFlujosapi; " lurnenes"
Print "      "
Print "Disposición física de las luminarias en metros"
Print "Altura de montaje= "; vAMi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo largo del local= "; vXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local= "; vYYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local (esquinas)="; vYYi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo ancho del local= "; vYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local (esquinas)="; vXXsapei

End Sub
```

#### Nivel semiespecífico

```
Private Sub Optsemiespecifico_Click()
Print "Inspecciones de nivel semiespecifico (1000 luxes)"
Print "      "
vEi = 1000
Getevari
Getpfesapi
Print "Características de las luminarias"
Print " Tipo:Sodio de alta presión"
Print " El número de luminarias requerido es de= "; vNrealsapi; "unidades"
Print " Con potencias nominales de= "; vPSAPi; " vatios"
Print " Con flujos luminosos de = "; vFlujosapi; " lurnenes"
Print "      "
Print "Disposición física de las luminarias en metros"
Print "Altura de montaje= "; vAMi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo largo del local= "; vXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local= "; vYYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local (esquinas)="; vYYi
Print "      "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo ancho del local= "; vYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local (esquinas)="; vXXsapei

End Sub
```

#### Nivel específico

```
Private Sub Optespecifico_Click()
Print "Inspecciones de nivel especifico (3000 luxes)"
Print "      "
```

```

vEi = 3000
Getevari
Getpfesapi
Print "Características de las luminarias"
Print " Tipo:Sodio de alta presión"
Print " El número de luminarias requerido es de= "; vNrealsapi; "unidades"
Print " Con potencias nominales de= "; vPSAPi; " vatios"
Print " Con flujos luminosos de = "; vFlujosapi; " lumenes"
Print " "
Print "Disposición física de las luminarias en metros"
Print "Altura de montaje="; vAMi
Print " "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo largo del local="; vXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local="; vYYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo largo del local (esquinas)="; vYYi
Print " "
Print "Número de luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vYi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapi
Print "Distancia entre luminarias dispuestas a lo ancho del local (esquinas)="; vXXsapei

End Sub

```

#### SUBROUTINAS EN ZONAS DE INSPECCION

```

Global vLi As String
Global vAi As String
Global vdifi As String
Global vHpi As String
Global vHi As String
Global vEi As String

Global vAMi As Double

Global vFlujosapi As Double
Global vFlujovmi As Double
Global vFlujoi As Double

Global vRCLi As String
Global vRCTi As String
Global vRCPi As String

Global vPSAPi As Double
Global vPmerci As Double
Global vPHMi As Double

Global vCUi As Double

Global vNsapi As Double
Global vNvmi As Double
Global vNrealsapi As Double

Global vRi As Double
Global vSi As Double
Global vXsapi As Double
Global vXvm As Double
Global vXhm As Double

```

```

Global vYYi As Double
Global vXXsapei As Double
Global vXXvm As Double
Global vXXsapi As Double
Global vXXvme As Double
Global vXXhme As Double
Global vYYei As Double
Global vYi As Double

```

```

Sub Getevari()

```

```

Li:

```

```

vLi = InputBox("Indicar la longitud de la Zona de Inspección", "Zonas de Inspección y Control")

```

```

If vLi = " " Then

```

```

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "longitud de zona para inspección"

```

```

GoTo Li

```

```

End If

```

```

Ai:

```

```

vAi = InputBox("Ingrese el ancho de la Zona de Inspección", "Zonas de Inspección y Control")

```

```

If vAi = " " Then

```

```

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "ancho de zona para inspección"

```

```

GoTo Ai

```

```

End If

```

```

Hi:

```

```

vHi = InputBox("Ingrese la altura de montaje de las luminarias si no tiene ningun valor en especial indique la altura del local de inspección como valor limite", "Zonas de Inspección y Control")

```

```

If vHi = " " Then

```

```

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura de la zona de Inspección y Control"

```

```

GoTo Hi

```

```

End If

```

```

vHpi:

```

```

vHpi = InputBox("Indicar la altura de la superficie a inspeccionar ", "Zonas de inspección y control")

```

```

If vhpfe = " " Then

```

```

MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "alturas criticas en zonas de inspección y control"

```

```

GoTo vHpi

```

```

End If

```

```

End Sub

```

```

Function Getpfesapi()

```

```

vdifi = Val(vHi - vHpi)

```

```

vAMi = Val(vdifi * 0.8)

```

```

If vHpi > vAMi Then vAMi = vHi

```

```

vRi = Val(vLi - (-vAi))

```

```

vSi = Val(vAi * vLi)

```

```

vGi = Val(vRi / vSi)

```

```

vRCLi = Val(vAMi * vGi * 5)

```

```

vRCTi = Val(vHi * vGi)

```

```

vRCPi = Val(vRCTi * 1.25)

```

```

vCUi = Val(-0.0367 * vRCLi + 0.7506)

```

```

vFlujoi = Val(vEi / vCUi) * (vAMi ^ 2)

```

```

vPSAP = Val(0.0069 * vFlujoi + 42.065)

```

```

Dim smsj As String

```

```

Select Case vPSAPi

```

```

Case Is < 60

```

```

smsj = "con potencias nominales de 50 vatios"

```

```

vFlujosapi = 3300
vPSAPi = 50
Case 60 To 80
smsj = "con potencias nominales de 70 vatios"
vFlujosapi = 5800
vPSAPi = 70
Case 80 To 130
smsj = "con potencias nominales 100 vatios"
vFlujosapi = 9500
vPSAPi = 100
Case 130 To 180
smsj = "con potencias nominales de 150 vatios"
vFlujosapi = 16000
vPSAPi = 150
Case 180 To 220
smsj = "con potencias nominales de 200 vatios"
vFlujosapi = 22000
vPSAPi = 200
Case 220 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujosapi = 27500
vPSAPi = 250
Case 300 To 360
smsj = "con potencias nominales de 310 vatios"
vFlujosapi = 37000
vPSAPi = 310
Case 360 To 700
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujosapi = 50000
vPSAPi = 400
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujosapi = 140000
vPSAPi = 1000
End Select
vNsapi = Val((vEi * vLi * vAi) \ (vFlujosapi * vCUi * 0.7))
If vNsapi < 1 Then vNsapi = 1

vYi = vLi \ vAMi
If vYi < 1 Then vYi = 1
vXsapi = vNsapi \ vYi
If vXsapi = 0 Then vXsapi = 1
vYYi = vLi / vXsapi
If vLi = vAi Then vXsapi = vNsapi \ vLi
vXXsapi = vAi / vYi
vYYei = vYYi / 2
vXXsapei = vXXsapi / 2
If vXsapi = 1 Then vXXsapei = vXXsapei
vNrealsapi = vXsapi * vYi
smsj = "Se requieren " & vNrealsapi & " luminarias " & smsj & " y " & vFlujosapi & " Lumenes al menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Uso de Lamparas de Sodio de Alta Presión"

Exit Function
End Function

```

### Opción líneas de producción

```
Private Sub Option3_Click()  
Dim linpro As New FrmLinpro  
linpro.Caption = "Lineas de Producción"  
linpro.Show  
End Sub
```

### Líneas de producción

#### Información

```
Private Sub Optiinfo_Click()  
MsgBox ("Las Lineas de Producción se montan en naves industriales destinadas totalmente para propósitos de  
ensamble las líneas de producción emplean transportadores elevados, transportadores que constituyen la línea  
de ensamble estos últimos pueden ser motorizados o de rodillos "), vbInformation, "Lineas de Producción  
(Ensamblados Progresivos):"  
End Sub
```

#### Ingreso de parámetros

```
Private Sub Optinglinpro_Click()  
Getaux  
Getnal  
End Sub
```

```
Private Sub Optinglinpro_DblClick()  
Print "vNsapli= "; vNsapli  
Print "vNvrnli= "; vNvrnli  
Print "vNhrnli= "; vNhrnli  
Print "vCUli= "; vCUli  
Print "vFlujo="; vFlujo  
Print "vFlujosapli="; vFlujosapli  
Print "vFlujovrnli="; vFlujovrnli  
Print "vFlujohrnli="; vFlujohrnli  
Print "vEli="; vEli  
Print "vRCLli="; vRCLli  
Print "vRCTli="; vRCTli  
Print "vRCPli="; vRCPli  
Print "vGli="; vGli  
Print "vAMli="; vAMli  
Print "vRli="; vRli  
Print "vSli="; vSli  
End Sub
```

#### Distribución de luminarias

```
Private Sub Optgeoli_Click()  
Print "Los siguientes parámetros son válidos para todos los casos"  
Print "Altura de montaje="; vAMli  
Print "Separación entre luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYYli  
Print "Separación a lo largo en las esquinas="; vYYeli  
Print "  
"  
  
Print "Lamparas de Sodio de Alta Presión"  
Print "Potencia nominal="; vPSAPli; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujosapli; "[Lm]"
```

```

Print "Número requerido de luminarias="; vNrealsapli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXsapli
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXsapli
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXsapeli
Print "
"
Print "Lamparas de Vapor de Mercurio"
Print "Potencia nominal="; vPmercli; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujovmli; "[Lm]"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealvmli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXvmli
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXvmli
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXvmeli
Print "
"

```

```

Print "Lamparas de Halógeno Metálico"
Print "Potencia nominal="; vPHMli; "[w]"; " Flujo luminoso "; vFlujohmli; "[Lm]"
Print "Número requerido de luminarias="; vNrealhmli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo largo del local="; vYli
Print "Número de luminarias distribuidas a lo ancho del local="; vXhmli
Print "Separación entre luminarias dispuestas a lo ancho del local="; vXXhmli
Print "Separación a lo ancho en las esquinas="; vXXhmeli

```

End Sub

#### Borrar pantalla

```

Private Sub Opteraser_Click()
Cls
End Sub

```

```

Private Sub Opteraser_Db1Click()
Cls
End Sub

```

#### Imprimir resultados

```

Private Sub Option1_Click()
PrintForm
End Sub

```

#### SUBROUTINAS EN LINEAS DE PRODUCCION

```

Global vL As String
Global vA As String
Global vHli As String
Global vHpili As String
Global vdi1li As String
Global vEli As String

```

```

Global vAMli As Double
Global vFlujo As Double
Global vFlujosapli As Double
Global vFlujovmli As Double
Global vFlujohmli As Double

```

```
Global vRCLli As String
Global vRCTli As String
Global vRCPlI As String
```

```
Global vPSAPli As Double
Global vPmercli As Double
Global vPHMli As Double
```

```
Global vCUli As Double
Global vNsapli As Double
Global vNvrnli As Double
Global vNhrnli As Double
```

```
Global vRli As Double
Global vSli As Double
```

```
Global vYli As Double
Global vXsapli As Double
Global vXvrnli As Double
Global vXhrnli As Double
Global vYYli As Double
Global vXXsapli As Double
Global vXXvrnli As Double
Global vXXhrnli As Double
Global vXXvmeli As Double
Global vXXhrmeli As Double
Global vYYeli As Double
Global vXXsapeli As Double
Global vNrealsapli As Double
Global vNrealvrnli As Double
Global vNrealhrnli As Double
```

```
Sub Getaux()
```

```
L:
```

```
vL = InputBox("Ingrese la Longitud de la Nave Industrial", "Naves con Lineas de Producción")
```

```
If vL = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "longitud de la nave"
```

```
GoTo L
```

```
End If
```

```
A:
```

```
vA = InputBox("Ingrese el Ancho de la Nave Industrial", "Naves con Lineas de Producción")
```

```
If vA = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "ancho de la nave"
```

```
GoTo A
```

```
End If
```

```
Hli:
```

```
vHli = InputBox("Ingrese la Altura de la Nave Industrial (Considere la altura del transportador)", "Naves con Lineas de Producción")
```

```
If vHli = " " Then
```

```
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura de la nave"
```

```
GoTo Hli
```

```
End If
```

```
vHpili:
```

```
vHpili = InputBox("Indicar la altura de la linea de producción .Este valor tambien puede ser el plano de trabajo determinado por la linea y el producto que se encuentra sobre ella ", "Naves con Lineas de Producción")
```

```

If vHpili = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "altura de montaje en naves con lineas de
producción"
GoTo vHpili
End If
E:
vEli = InputBox("Si lo desea ingrese el valor de intensidad luminosa en luxes,caso contrario el programa
ingresa un valor normalizado de 1000 luxes", "Naves con Lineas de Producción")
If vEli = "" Then vEli = 1000
End Sub

Function Getnal()
vdfli = Val(vHli - vHpili)
vAMli = Val(0.8 * vdfli)
If vHpili > vAMli Then vAMli = vHli
vRli = Val(vL - (-vA))
vSli = Val(vA * vL)
vG = Val(vRli / vSli)

vRCLli = Val(vAMli * vG * 5)
vRCTli = Val(vHli * vG)
vRCpli = Val(vRCTli * 1.25)
vCUli = Val(-0.0367 * vRCLli + 0.7506)
vFlujo = Val(vEli / vCUli) * (vAMli ^ 2)
vPSAPli = Val(0.0069 * vFlujo + 42.065)

Dim smsj As String
Select Case vPSAPli
Case Is < 60
smsj = "con potencias nominales de 50 vatios"
vFlujosapli = 3300
vPSAPli = 50
Case 60 To 80
smsj = "con potencias nominales de 70 vatios"
vFlujosapli = 5800
vPSAPli = 70
Case 80 To 130
smsj = "con potencias nominales 100 vatios"
vFlujosapli = 9500
vPSAPli = 100
Case 130 To 180
smsj = "con potencias nominales de 150 vatios"
vFlujosapli = 16000
vPSAPli = 150
Case 180 To 220
smsj = "con potencias nominales de 200 vatios"
vFlujosapli = 22000
vPSAPli = 200
Case 220 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujosapli = 27500
vPSAPli = 250
Case 300 To 360
smsj = "con potencias nominales de 310 vatios"
vFlujosapli = 37000
vPSAPli = 310

```

```

Case 360 To 700
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujosapli = 50000
vPSAPli = 400
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujosapli = 140000
vPSAPli = 1000
End Select
vNsapli = Val((vEli * vL * vA) \ (vFlujosapli * vCUI * 0.8))
If vNsapli < 1 Then vNsapli = 1
vYli = vL \ vAMli
If vYli = 0 Then vYli = 1
vXsapli = vNsapli \ vYli
vYYli = vL / vYli
vXXsapli = vA / vXsapli
vYYeli = vYYli / 2
vXXsapeli = vXXsapli / 2
vNrealsapli = vXsapli * vYli
smsj = "Se requieren " & vNrealsapli & " luminarias" & smsj & " y " & vFlujosapli & " Lumenes al menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Sodio de Alta Presión"

```

```

vPrnercli = Val(0.0151 * vFlujo + 50.777)
Select Case vPrnercli
Case Is < 120
smsj = "con potencias nominales de 100 vatios"
vFlujovmli = 4200
vPrnercli = 100
Case 120 To 200
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
vFlujovmli = 8600
vPrnercli = 175
Case 200 To 300
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujovmli = 12100
vPrnercli = 250
Case 300 To 600
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujovmli = 22500
vPrnercli = 400
Case 600 To 1200
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujovmli = 63000
vPrnercli = 1000
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
vFlujovmli = 94500
End Select
vNvmli = Val((vEli * vL * vA) \ (vFlujovmli * vCUI * 0.8))
If vNvmli < 1 Then vNvmli = 1
vYli = vL \ vAMli
If vYli = 0 Then vYli = 1
vXvmli = vNvmli \ vYli
vYYli = vL / vYli
vXXvmli = vA / vXvmli

```

```

vYYeli = vYYli / 2
vXXvmeli = vXXvml / 2
vNrealvml = vXvml * vYli

smsj = "Se requieren " & vNrealvml & " luminarias" & smsj & " y " & vFlujovml & " Lumenes al menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Vapor de Mercurio"

vPHmli = Val(0.0091 * vFlujo + 60.344)

Select Case vPHmli
Case Is < 200
smsj = "con potencias nominales de 175 vatios"
vFlujohmli = 14000
vPHmli = 175
Case 200 To 330
smsj = "con potencias nominales de 250 vatios"
vFlujohrli = 20500
vPHmli = 250
Case 330 To 600
smsj = "con potencias nominales de 400 vatios"
vFlujohmli = 34000
vPHmli = 400
Case 600 To 1200
smsj = "con potencias nominales de 1000 vatios"
vFlujohrli = 110000
vPHmli = 1000
Case Else
smsj = "con potencias nominales de 1500 vatios"
vFlujohrli = 155000
vPHmli = 1500
End Select
vNhrmli = Val((vEli * vL * vA) \ (vFlujohrli * vCUli * 0.8))
If vNhrmli < 1 Then vNhrmli = 1

vYli = vL \ vAMli
If vYli = 0 Then vYli = 1
vXhmli = vNhrmli \ vYli
vYYli = vL / vYli
vXXhmli = vA / vXhmli
vYYeli = vYYli / 2
vXXhmeli = vXXhmli / 2
vNrealhrli = vXhmli * vYli
smsj = "Se requieren " & vNrealhrli & " luminarias" & smsj & " y " & vFlujohmli & " Lumenes al menos."
MsgBox smsj, vbInformation, "Alternativa Lamparas de Halogenos Metálicos"
Exit Function
End Function

```

## Análisis Económico de sistemas de iluminación instalados o existentes

```
Private Sub Comdsexist_Click()  
Dim newsexistentes As New Frmsexistentes  
newsexistentes.Caption = "Análisis de Sistemas de iluminación existentes"  
newsexistentes.Show
```

```
End Sub
```

### Ingreso de datos

#### Información (I)

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
Print "Es importante trabajar en esta aplicación ingresando los "  
Print "datos secuencialmente conforme se indica a continuación"  
Print " "  
Print "(1) CARACTERISTICAS DEL LOCAL "  
Print " Largo\Ancho\Altura\Altura de montaje de las luminarias"  
Print " *todas las longitudes se incluirán en metros"  
Print "(2) CARACTERISTICAS DE LAS LUMINARIAS "  
Print " Potencia Nominal (incluir el balastro)-----[vatios]"  
Print " Flujo Luminoso-----[Lúmenes]"  
Print " Número de lámparas que integran el sistema"  
Print " Nivel de iluminación requerido-----[Luxes]"  
Print "(3) CONDICIONES DE OPERACION "  
Print " Tiempo operación mensual del sistema-----[h/mes]"  
Print " Costo del Kilovatio-hora-----[$]"  
Print " Cargo por demanda-----[$]"  
Print " "  
Print "Si se ha recopilado esta información y se dispone de ella se"  
Print "borra esta presentación y adelante con el diagnóstico de su"  
Print "sistema y las recomendaciones para mejorarlo de ser el caso"  
End Sub
```

#### Características del local (II)

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
X:  
vX = InputBox("Indicar la longitud de la zona de trabajo", "Sistemas de iluminación existentes")  
If vX = " " Then  
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "longitud del local"  
GoTo X  
End If  
Y:  
vY = InputBox("Indicar el ancho de la zona de trabajo ", "Sistemas de iluminación existentes")  
If vY = " " Then  
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "ancho del local"  
GoTo Y  
End If  
Zp:  
vZp = InputBox("Indicar la altura de la planta ", "Sistemas de iluminación existentes")  
If vZp = " " Then  
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Altura de la planta"  
GoTo Zp  
End If
```

```

Z:
vZ = InputBox("Indicar la altura del plano de trabajo ", "Sistemas de iluminación existentes")
If vZ = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Altura del plano de trabajo"
GoTo Z
End If
End Sub
Carácter de las luminarias (III)
Private Sub Command2_Click()
PX:
vPx = InputBox("Indicar la potencia nominal de cada lampara que se halle funcionando", "Incluir la potencia del balastro")
If vPx = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Potencias nominales"
GoTo PX
End If
flux:
vflux = InputBox("Indicar el flujo luminoso nominal de cada lampara que se halle funcionando", "Flujo luminoso en lumenes (tabulado)")
If vflux = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Características de flujo"
GoTo flux
End If
NY:
vNy = InputBox("Indicar el número de lámparas que integran el sistema ", "Sistemas de iluminación existentes")
If vNy = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "número de lamparas"
GoTo NY
End If
T:
vT = InputBox("Indicar la altura de montaje de las luminarias", "Separación luminaria-superficie de trabajo")
If vT = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Altura de Montaje"
GoTo T
End If
Edato:
vEdato = InputBox("Indicar el nivel de iluminación requerido", "Valores Tabulados en luxes")
If vEdato = " " Then
MsgBox ("No se ha indicado el valor pedido!"), vbCritical, "Nivel de iluminación en luxes"
GoTo Edato
End If
End Sub

```

### **Díagnóstico del sistema**

#### Condiciones de operación (IV)

```

Private Sub Command4_Click()

vte = InputBox("Indicar el tiempo de operación del sistema de iluminación ", "Tiempo en horas de operación por mes ")
vK = InputBox("Indicar el costo del Kilovatio-hora", "Costo de la energía consumida por mes ")
vKd = InputBox("Indicar el cargo por demanda", "Costo de la demanda en horas pico ")
vZdif = Val(vZp - vZ)
Print "CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA"

```

```

If vT < 0.67 * vZdif Or vT > 0.8 * vZdif Then Print "Es aconsejable que modifique la altura de montaje de su sistema"
If vT > 0.67 * vZdif And vT < 0.8 * vZdif Then Print "La altura de montaje de su sistema es correcta"
vQ = Val(vX - (-vY))
vJ = Val(vX * vY)
vGe = Val(vQ / vJ)

vRCLe = Val(0.67 * vZdif * vGe * 5)
vRCTe = Val(0.67 * vZdif * vGe)
vRCPe = Val(vRCTe * 1.25)
vCUemax = Val(-0.0367 * vRCLe + 0.7506)
vCUemin = Val(-0.0361 * vRCLe + 0.7037)
vCUe = Val(vCUemax - (-vCUemin)) * 0.5
vauximax = vNy * vflux * vCUemax * 0.97
vauximin = vNy * vflux * vCUemin * 0.97
vauxi = Val(vauximax - (-vauximin)) / 2
vEobtmax = vauximax / vJ
vEobtmin = vauximin / vJ
vaxe = Val(vNy * vEdato * 1.05)
vNsex = Val(vaxe / vEobtmin)
vex = vX \ 0.67 * (vZdif)
If vex = 0 Then vex = 1
vey = vNsex \ vex
If vey = 0 Then vey = 1
vexx = vX / vex
veyy = vY / vey
vNsexreal = vex * vey
If vNsexreal > vNy Then Print "El número de luminarias de su sistema no es adecuado*"
If vNsexreal < vNy Then Print "El número de luminarias de su sistema no es adecuado"
If vNsexreal = vNy Then Print "El número de luminarias de su sistema es correcto"

vPtote = vNy * vPx
vEne = ((vte * vPtote / 1000))
vCEne = (vEne * vK) + (vKd * vPtote * 0.001)
Print "Razon de cavidad del local: "; vRCLe
Print "Coeficiente de utilización: "; vCUemin; "<"; "CU"; "<"; vCUemax
Print "El sistema actual demanda: "; vPtote / 1000; "Kw"
Print "El sistema actual consume: "; vEne; "Kw-h"
Print "El sistema actual produce: "; vEobtmin; "<"; "E"; "<"; vEobtmax; "Luxes"
If vEdato > vEobtmax Then Print "Su sistema genera niveles de iluminación diferentes* a los requeridos "
If vEdato < vEobtmin Then Print " Su sistema genera niveles de iluminación diferentes a los requeridos "
If vEdato > vEobtmin And vEdato < vEobtmax Then Print "Su sistema genera niveles de iluminación adecuados"
End Sub

```

#### Análisis de costos (V)

```

Private Sub Command5_Click()
vCEne = (vEne * vK) + (vKd * vPtote * 0.001)
valfa = Val(vEdato * vJ * 1.136) / vCUe
vbeta = Val(vEobtmax * vJ * 1.136) / vCUe
vCEprima = Val(vCEne * valfa / vbeta)
Print "
"
Print "ANALISIS DE LOS CONSUMOS ACTUALES Y OPTIMOS "
Print "El consumo mensual del sistema actual es de: "; vCEne; "$"
Print "El consumo anual del sistema actualmente es de: "; 12 * vCEne; "$"

```

```

Print "Se requiere un sistema cuyo consumo mensual sería de: ", vCEprima, "$"
Print "Se requeriría un sistema cuyo consumo anual sería de: ", 12 * vCEprima, "$"
Print "
"
Print "CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE COSTOS OPERATIVOS"
If vCEprima < 0.95 * vCEne Then Print "Los costos operativos de su sistema resultan altos en este"
If vCEprima < 0.95 * vCEne Then Print "caso le sugiero considerar las alternativas de mejora y luego"
If vCEprima < 0.95 * vCEne Then Print "evaluar nuevamente el sistema antes de rediseñarlo o cambiarlo"
If vCEprima < 0.95 * vCEne Then Print "Los costos por pérdidas respecto al sistema óptimo representan"
If vCEprima < 0.95 * vCEne Then Print "anualmente una cantidad de ", (vCEne - vCEprima) * 12, "$"

If vCEprima > 1.05 * vCEne Then Print "Los costos operativos para obtener las condiciones técnicas"
If vCEprima > 1.05 * vCEne Then Print "requeridas son mayores a las actuales le sugiero considerar"
If vCEprima > 1.05 * vCEne Then Print "aplicar las alternativas de mejora y realizar un nuevo análisis"
If vCEprima > 1.05 * vCEne Then Print "los costos operativos se incrementarían anualmente en ", (vCEprima
- vCEne) * 12, "$"

If vCEprima > 0.95 * vCEne And vCEprima < 1.05 * vCEne Then Print "Los costos operativos son correctos
si se tiene un sistema "
If vCEprima > 0.95 * vCEne And vCEprima < 1.05 * vCEne Then Print "cuyas condiciones son las que usted
necesita para sus procesos"
End Sub

```

#### Alternativas de mejora con el sistema utilizado

```

Private Sub Command6_Click()
Print "
"
Print "LOCALIZACION Y NUMERO DE LUMINARIAS DEL SISTEMA MEJORADO"
Print "La altura de montaje recomendada es de: ", 0.67 * vZdif, "<"; "AM"; "<"; 0.8 * vZdif, "metros"
Print "El número de luminarias del tipo actual debería ser de: ", vNsexreal, " unidades en el local"
Print "A lo largo del local se deberían disponer ", vex, " luminarias"
Print "A lo ancho del local se deberían disponer ", vey, " luminarias"
Print "A lo largo del local se deberían separar ", vexx, " metros"
Print "A lo ancho del local se deberían separar ", veyy, " metros"
Print "En las esquinas la distancia resultante es la mitad de la indicada"
Print "SUGERENCIA: "
Print "Preferir instalar sistemas de iluminación a voltajes "
Print "nominales de 220 voltios sobre sistemas a 110 voltios"

End Sub

```

#### Borrar presentación actual

```

Private Sub Command7_Click()
Cls
End Sub

```

#### Imprimir resultados

```

Private Sub Command8_Click()
PrintForm
End Sub

```

## Análisis Económico de sistemas de iluminación diseñados o por instalarse

```
Private Sub Cmdsdiseñados_Click()  
Dim newcospf As New Frmcospf  
newcospf.Caption = "Costos por iluminación"  
newcospf.Show  
End Sub
```

### Condiciones iniciales

#### Información (I)

```
Private Sub Command8_Click()  
Print "Es importante trabajar en esta aplicación ingresando los datos"  
Print "una vez consultados ,estos datos son básicamente costos de las"  
Print "luminarias de mejor desempeño técnico y económico en procesos"  
Print "industriales,los datos se ingresan una sola vez y los análisis"  
Print "son aplicables a los procesos que usted elija es recomendable"  
Print "borrar cada pantalla luego de obtenerse resultados"  
Print "Los datos solicitados serán:"  
Print "**Costo del Kilovatio-hora"  
Print "**Cargo por Demanda"  
Print "**Los valores anteriores se derivan de la planilla de consumo"  
Print "Costos de las luminarias"  
Print "Alternativa Lamparas de Sodio de Alta Presión"  
Print "Alternativa Lamparas de Vapor de Mercurio"  
Print "Alternativa Lamparas de Halógenos Metálicos"  
Print "Alternativa Lamparas Fluorescentes en procesos de Pintura"  
Print "Período de vida útil de las lamparas"  
Print "Condiciones de operación"  
Print "Tiempo de operación mensual del sistema"  
Print " "  
Print "Si se ha recopilado esta información y se dispone de ella"  
Print "borre esta presentación y adelante con el estudio de su "  
Print "sistema y los costos por inversión y operación del mismo."  
End Sub
```

#### Ingresar datos (II)

```
Private Sub Command6_Click()  
  
vK = InputBox("Indicar el costo del Kilovatio-hora", "Costo de la energía consumida por mes ")  
vKd = InputBox("Indicar el cargo por demanda", "Costo de la demanda en horas pico ")  
MsgBox ("La información requerida posteriormente se refiere al costo de las luminarias vale notar que la  
luminaria comprende :Lampara,Soporte lampara,Sistema de reflexión y en algunos casos sellos protectores de  
la lampara "), vbInformation, "Costo de las luminarias"  
  
vWsap = InputBox("Indicar el costo de las LUMINARIAS de Sodio de Alta Presión", "Costos por inversión  
")  
vtsapfoco = InputBox("Indicar el tiempo de vida util de las lamparas", "Tiempo en horas lamparas SAP ")  
  
vWvm = InputBox("Indicar el costo de las LUMINARIAS de Vapor de Mercurio", "Costos por inversión ")  
vtvmfoco = InputBox("Indicar el tiempo de vida util de las lamparas", "Tiempo en horas lamparas VM ")  
  
vWvm = InputBox("Indicar el costo de las LUMINARIAS de Halogenos metálicos", "Costos por inversión ")
```

```
vthmfoco = InputBox("Indicar el tiempo de vida util de las lamparas", "Tiempo en horas lamparas HM ")
End Sub
```

### Borrar pantalla

```
Private Sub Command7_Click()
Cls
End Sub
```

### Imprimir resultados

```
Private Sub Command9_Click()
PrintForm
End Sub
```

## Operación e inversión

### Costos en procesos de fabricación (op)

```
Private Sub Command1_Click(Index As Integer)
Cls
vtpf = InputBox("Indicar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación destinado a los procesos de FABRICACIÓN ", "Tiempo en horas de operación por mes ")

vpbalsap = Val(-0.00002 * (vPSAP) ^ 2 + 0.0484 * vPSAP + 5.0748)
vpbalmerc = Val(-0.00002 * (vPmerc) ^ 2 + 0.0484 * vPmerc + 5.0748)
vpbalhm = Val(-0.00002 * (vPHM) ^ 2 + 0.0484 * vPHM + 5.0748)
vEnpfsap = Val((vNrealsap * vtpf * (vPSAP + vpbalsap) * 0.001))
vEnpfvm = Val((vNrealvm * vtpf * (vPmerc + vpbalmerc) * 0.001))
vEnpfhm = Val((vNrealhm * vtpf * (vPHM + vpbalhm) * 0.001))

vCEnpfsap = 12 * ((vEnpfsap * vK) + (vKd * vNrealsap * (vPSAP + vpbalsap) * 0.001))
If vtsapfoco = 0 Then vtsapfoco = 1
vdpfsap = (vNrealsap * vWsap * vtpf * 12) / vtsapfoco
vsumpfsap = Val(vCEnpfsap - (-vdpfsap))
vCtotpfsap = (vNrealsap * vWsap)
If vtsapfoco = 1 Then vEnpfsap = 0 And vdpfsap = 0 And vsumpfsap = 0
If vWsap = 0 Then vsumpfsap = 0
If vWsap = 0 Then vCEnpfsap = 0
If vWsap = 0 Then vtsapfoco = 0

vCEnpfvm = 12 * ((vEnpfvm * vK) + (vKd * vNrealvm * (vPmerc + vpbalmerc) * 0.001))
If vtvmfoco = 0 Then vtvmfoco = 1
vdpfvm = (vNrealvm * vWvm * vtpf * 12) / vtvmfoco
vsumpfvm = Val(vCEnpfvm - (-vdpfvm))
vCtotpfvm = (vNrealvm * vWvm)
If vtvmfoco = 1 Then vEnpfvm = 0 And vdpfvm = 0 And vsumpfvm = 0
If vWvm = 0 Then vsumpfvm = 0
If vWvm = 0 Then vCEnpfvm = 0
If vWvm = 0 Then vtvmfoco = 0

vCEnpfhm = 12 * ((vEnpfhm * vK) + (vKd * vNrealhm * (vPHM + vpbalhm) * 0.001))
If vthmfoco = 0 Then vthmfoco = 1
vdpfhm = (vNrealhm * vWhm * vtpf * 12) / vthmfoco
vsumpfhm = Val(vCEnpfhm - (-vdpfhm))
vCtotpfhm = (vNrealhm * vWhm)
```

```

If vthmfoco = 1 Then vEnpfhm = 0 And vdpfhm = 0 And vsurnphvm = 0
If vWhm = 0 Then vsumpfhm = 0
If vWhm = 0 Then vCEnpfhm = 0
If vWhm = 0 Then vthmfoco = 0

Print "Costos en procesos de fabricación"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de SODIO DE ALTA PRESION"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = "; vEnpfsap
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnpfsap; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdpfsap; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsurnpfsap; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotpfsap; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: "; vtsapfoco / (12 * vtpf); "años"
If vWsap = 0 Then Print "La opción lámparas de sodio de alta presión no está en análisis"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de VAPOR DE MERCURIO"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = "; vEnpfvm
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnpfvm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdpfvm; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumpfvm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotpfvm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: "; vtvmfoco / (12 * vtpf); "años"
If vWvm = 0 Then Print "La opción lámparas de vapor de mercurio no está en análisis"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de HALOGENOS METALICOS "
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = "; vEnpfhm
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnpfhm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdpfhm; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumpfhm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotpfhm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: "; vthmfoco / (12 * vtpf); "años"
If vWhm = 0 Then Print "La opción lámparas de halógenos metálicos no está en análisis"
Print " "
Print "El mantenimiento de estos sistemas debe realizarse cada 6 meses"
Print " "
ca = vsumpfsap
cb = vsumpfvm
cc = vsumpfhm
If ca - cb = 0 Then cx = ca
If ca = 0 Then cy = cc
If ca - cb > 0 Then cx = cb
If cb = 0 Then cx = ca
If cb - ca > 0 Then cx = ca
If ca = 0 Then cx = cb
If cx - cc > 0 Then cy = cc
If cc = 0 Then cy = cx
If cc - cx > 0 Then cy = cx
If cx = 0 Then cy = cc
If cx - cc = 0 Then cy = cx
If ca = 0 And cb = 0 And cc = 0 Then Print "Se requieren costos de las luminarias para realizar el análisis"
If cy = ca Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de sodio de alta presión"
If cy = cb Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de vapor de mercurio"
If cy = cc Then Print "La mejor opción es la de las lámparas con halógenos metálicos"
End Sub

```

### Costos en procesos de pintura (op)

```
Private Sub Command2_Click(Index As Integer)
vtp = InputBox("Indicar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación destinado a los procesos de PINTURA ", "Tiempo en horas de operación por mes ")
vpbalp = Val(-0.00002 * (vPSAPp) ^ 2 + 0.0484 * vPSAPp + 5.0748)
vEnpsap = Val((vNrealsapp * vtp * (vPSAPp + vpbalp) * 0.001))

vCEnpsap = 12 * ((vEnpsap * vK) + (vKd * vNrealsapp * (vPSAPp + vpbalp) * 0.001))
vdpsap = (vNrealsapp * 12 * vWsap * vtp) / vtsapfoco
vsumpsap = Val(vCEnpsap - (-vdpsap))
vCtotpsap = (vNrealsapp * vWsap)
Print "Costos en procesos de pintura"
Print " "
Print "Iluminación en procesos de pintura"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = "; vEnpsap
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnpsap; "$/año"
Print "Depreciación anual del sistema = "; vdpsap; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumpsap; "$"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotpsap; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: "; vtsapfoco / (12 * vtp); "años"
Print " "
Print "El mantenimiento de estos sistemas debe realizarse cada mes"
End Sub
```

### Costos en procesos de ensamble (op)

```
Private Sub Command3_Click(Index As Integer)
Cls
vtens = InputBox("Indicar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación destinado a los procesos de ENSAMBLE ", "Tiempo en horas de operación por mes ")

vpbalsapens = Val(-0.00002 * (vPSAPens) ^ 2 + 0.0484 * vPSAPens + 5.0748)
vpbalmercens = Val(-0.00002 * (vPmercens) ^ 2 + 0.0484 * vPmercens + 5.0748)
vpbalhrmens = Val(-0.00002 * (vPHMens) ^ 2 + 0.0484 * vPHMens + 5.0748)
vEnenssap = Val((vNrealsapens * vtens * (vPSAPens + vpbalsapens) * 0.001))
vEnensvm = Val((vNrealvmens * vtens * (vPmercens + vpbalmercens) * 0.001))
vEnenshm = Val((vNrealhmens * vtens * (vPHMens + vpbalhmens) * 0.001))

vCEnenssap = 12 * ((vEnenssap * vK) + (vKd * vNrealsapens * (vPSAPens + vpbalsapens) * 0.001))
If vtsapfoco = 0 Then vtsapfoco = 1
vdenssap = (vNrealsapens * 12 * vWsap * vtens) / vtsapfoco
vsumenssap = Val(vCEnenssap - (-vdenssap))
vCtotenssap = (vNrealsapens * vWsap)
If vtsapfoco = 1 Then vEnenssap = 0 And vdenssap = 0 And vsumenssap = 0
If vWsap = 0 Then vsumenssap = 0
If vWsap = 0 Then vCEnenssap = 0
If vWsap = 0 Then vtsapfoco = 0

vCEnensvm = 12 * ((vEnensvm * vK) + (vKd * vNrealvmens * (vPmercens + vpbalmercens) * 0.001))
If vtvmfoco = 0 Then vtvmfoco = 1
vdensvm = (vNrealvmens * 12 * vWvm * vtens) / vtvmfoco
vsumensvm = Val(vCEnensvm - (-vdensvm))
vCtotensvm = (vNrealvmens * vWvm)
If vtvmfoco = 1 Then vEnensvm = 0 And vdensvm = 0 And vsumensvm = 0
If vWvm = 0 Then vsumensvm = 0
```

```

If vWvrm = 0 Then vCEnensvrm = 0
If vWvrm = 0 Then vtvmfoco = 0

vCEnensshm = 12 * ((vEnensshm * vK) + (vKd * vNrealhmens * (vPHMens + vpbalmens) * 0.001))
If vtvmfoco = 0 Then vtvmfoco = 1
vdensshm = (vNrealhmens * vWhm * 12 * vtens) / vtvmfoco
vsumensshm = Val(vCEnensshm - (-vdensshm))
vCtotensshm = (vNrealhmens * vWhm)
If vtvmfoco = 1 Then vEnensshm = 0 And vdensshm = 0 And vsumensshm = 0
If vWhm = 0 Then vsumensshm = 0
If vWhm = 0 Then vCEnensshm = 0
If vWhm = 0 Then vtvmfoco = 0
Print "Costos en procesos de ensamble"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de SODIO DE ALTA PRESION"
Print "Energia consumida en Kw-h/mes = "; vEnenssap
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnenssap; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdenssap; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumenssap; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotenssap; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de:"; vtsapfoco / (12 * vtens); "años"
If vWsap = 0 Then Print "La opción lámparas de sodio de alta presión no esta el análisis"
Print " "
Print "Sistemas con lámparas de VAPOR DE MERCURIO"
Print "Energia consumida en Kw-h/mes = "; vEnensvrm
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnensvrm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdensvrm; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumensvrm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotensvrm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de:"; vtvmfoco / (12 * vtens); "años"
If vWvrm = 0 Then Print "La opción lámparas de vapor de mercurio no esta el análisis"
Print " "
Print "Sistemas con lámparas de HALOGENOS METALICOS "
Print "Energia consumida en Kw-h/mes= "; vEnensshm
Print "Costo anual por consumo = "; vCEnensshm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = "; vdensshm; "$/año"
Print "Costo total por operación = "; vsumensshm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = "; vCtotensshm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de:"; vtvmfoco / (12 * vtens); "años"
If vWhm = 0 Then Print "La opción lámparas de halógenos metálicos no esta el análisis"
Print " "
Print "El mantenimiento de estos sistemas debe realizarse cada 6 meses"
Print " "
cd = vsumenssap
ce = vsumensvrm
cf = vsumensshm
If cd - ce = 0 Then cw = cd
If cd = 0 Then cz = cf
If cd - ce > 0 Then cw = ce
If ce = 0 Then cw = cd
If ce - cd > 0 Then cw = cd
If cd = 0 Then cw = ce
If cw - cf > 0 Then cz = cf
If cf = 0 Then cz = cw
If cf - cw > 0 Then cz = cw
If cw = 0 Then cz = cf

```

```

If cw - cf = 0 Then cz = cw
If cd = 0 And ce = 0 And cf = 0 Then Print "Se requieren costos de las luminarias para realizar el análisis"
If cz = cd Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de sodio de alta presión"
If cz = ce Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de vapor de mercurio"
If cz = cf Then Print "La mejor opción es la de las lámparas con halógenos metálicos"

```

```
End Sub
```

#### Costos en procesos de inspección (op)

```

Private Sub Command4_Click(Index As Integer)
vti = InputBox("Indicar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación destinado a los procesos de INSPECCION ", "Tiempo en horas de operación por mes ")
vpbali = Val(-0.00002 * (vPSAPi) ^ 2 + 0.0484 * vPSAPi + 5.0748)

vEnisap = Val((vNrealsapi * vti * (vPSAPi + vpbali) * 0.001))

vCEnisap = 12 * ((vEnisap * vK) + (vKd * vNrealsapi * (vPSAPi + vpbalsapi) * 0.001))
vdisap = (vNrealsapi * 12 * vWsap * vti) / vtsapfoco
vsumisap = Val(vCEnisap - (-vdisap))
vCtosisap = (vNrealsapi * vWsap)
Print "Costos en procesos de inspección"
Print " "
Print "Iluminación en Zonas de Inspección"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = ", vEnisap
Print "Costo anual por consumo = ", vCEnisap; "$/año"
Print "Depreciación anual del sistema = ", vdisap; "$/año"
Print "Costo total por operación = ", vsumisap; "$/año"
Print "Costo total por inversión = ", vCtosisap; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: ", vtsapfoco / (12 * vti); "meses"
Print " "
Print "El mantenimiento de estos sistemas debe realizarse cada mes"
End Sub

```

#### Costos en las líneas de producción (op)

```

Private Sub Command5_Click(Index As Integer)
Cls
vtli = InputBox("Indicar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación destinado a las LINEAS DE PRODUCCION ", "Tiempo en horas de operación por mes ")
vpbalsapli = Val(-0.00002 * (vPSAPli) ^ 2 + 0.0484 * vPSAPli + 5.0748)
vpbalmercli = Val(-0.00002 * (vPmercli) ^ 2 + 0.0484 * vPmercli + 5.0748)
vpbalhmli = Val(-0.00002 * (vPHMli) ^ 2 + 0.0484 * vPHMli + 5.0748)
vEnlisap = Val((vNrealsapli * vtli * (vPSAPli + vpbalsapli) * 0.001))
vEnlivm = Val((vNrealvml) * vtli * (vPmercli + vpbalmercli) * 0.001))
vEnlihm = Val((vNrealhmli) * vtli * (vPHMli + vpbalhmli) * 0.001))

vCEnlisap = 12 * ((vEnlisap * vK) + (vKd * vNrealsapli * (vPSAPli + vpbalsapli) * 0.001))
If vtsapfoco = 0 Then vtsapfoco = 1
vdlisap = 12 * (vNrealsapli * vWsap * vtli) / vtsapfoco
vsumlisap = Val(vCEnlisap - (-vdlisap))
vCtosisap = (vNrealsapli * vWsap)
If vtsapfoco = 1 Then vEnlisap = 0 And vdlisap = 0 And vsumlisap = 0
If vWsap = 0 Then vsumlisap = 0
If vWsap = 0 Then vCEnlisap = 0
If vWsap = 0 Then vtsapfoco = 0

```

```

vCEnlivm = 12 * ((vEnlivm * vK) + (vKd * vNrealvml) * (vPmercli + vpbalmercli) * 0.001))
If vtvrmfoco = 0 Then vtvrmfoco = 1
vdlivm = 12 * (vNrealvml * vWvrm * vti) / vtvrmfoco
vsumlivm = Val(vCEnlivm - (-vdlivm))
vCtotlivm = (vNrealvml * vWvrm)
If vtvrmfoco = 1 Then vEnlivm = 0 And vdlivm = 0 And vsumlivm = 0
If vWvrm = 0 Then vsumlivm = 0
If vWvrm = 0 Then vCEnlivm = 0
If vWvrm = 0 Then vtvrmfoco = 0

```

```

vCEnlihm = 12 * ((vEnlihm * vK) + (vKd * vNrealhml) * (vPHMli + vpbalhml) * 0.001))
If vthrmfoco = 0 Then vthrmfoco = 1
vdlihm = 12 * (vNrealhml * vWvrm * vti) / vthrmfoco
vsumlihm = Val(vCEnlihm - (-vdlihm))
vCtotlihm = (vNrealhml * vWvrm)
If vthrmfoco = 1 Then vEnlihm = 0 And vdlihm = 0 And vsumlihm = 0
If vWvrm = 0 Then vsumlihm = 0
If vWvrm = 0 Then vCEnlihm = 0
If vWvrm = 0 Then vthrmfoco = 0

```

```

Print "Costos en Lineas de Producción "
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de SODIO DE ALTA PRESION"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = ", vEnlisap
Print "Costo anual por consumo = ", vCEnlisap; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = ", vdlisap; "$/año"
Print "Costo total por operación = ", vsumlisap; "$/año"
Print "Costo total por inversión = ", vCtotlisap; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: ", vtsapfoco / (12 * vti); "años"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de VAPOR DE MERCURIO"
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = ", vEnlivm
Print "Costo anual por consumo = ", vCEnlivm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = ", vdlivm; "$/año"
Print "Costo total por operación = ", vsumlivm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = ", vCtotlivm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: ", vtvrmfoco / (12 * vti); "años"
Print " "
Print "Sistemas con lamparas de HALOGENOS METALICOS "
Print "Energía consumida en Kw-h/mes = ", vEnlihm
Print "Costo anual por consumo = ", vCEnlihm; "$/año"
Print "Depreciación del sistema = ", vdlihm; "$/año"
Print "Costo total por operación = ", vsumlihm; "$/año"
Print "Costo total por inversión = ", vCtotlihm; "$"
Print "El tiempo de reposición estimado del sistema será de: ", vthrmfoco / (12 * vti); "años"
Print " "
Print "El mantenimiento de estos sistemas debe realizarse cada 6 meses"
Print " "
cp = vsumlisap
cq = vsumlivm
cr = vsumlihm
If cp - cq = 0 Then ct = cp
If cp = 0 Then cu = cr
If cp - cq > 0 Then ct = cq
If cq = 0 Then cq = cp

```

```

If cq - cp > 0 Then ct = cp
If cp = 0 Then ct = cq
If ct - cr > 0 Then cu = cr
If cr = 0 Then cu = ct
If cr - ct > 0 Then cu = ct
If ct = 0 Then cu = cr
If ct - cr = 0 Then cu = ct
If cp = 0 And cq = 0 And cr = 0 Then Print "Se requieren costos de las luminarias para realizar el análisis"
If cu = cp Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de sodio de alta presión"
If cu = cq Then Print "La mejor opción es la de las lámparas de vapor de mercurio"
If cu = cr Then Print "La mejor opción es la de las lámparas con halógenos metálicos"

```

End Sub

#### Declaración de variables

```

Public vtpf As Double
Public vtp As Double
Public vtens As Double
Public vti As Double
Public vtli As Double
Public vpbalsap As String
Public vpbalmerc As String
Public vpbalhm As String
Public vpbalsapens As String
Public vpbalmercens As String
Public vpbalhmens As String
Public vpbalsapli As String
Public vpbalmercli As String
Public vpbalhml As String
Public vpbalp As String
Public vpbali As String
Public vEnpfsap As String
Public vEnpsap As String
Public vEnpfvm As String
Public vEnpfhm As String
Public vEnisap As String
Public vEnenssap As String
Public vEnensvm As String
Public vEnenshm As String
Public vEnlisap As String
Public vEnlivm As String
Public vEnlihm As String
Public vK As Double
Public vKd As Double

Public vCEnpfsap As String
Public vCEnpsap As String
Public vCEnisap As String
Public vCEnpfvm As String
Public vCEnpfhm As String
Public vCEnenssap As String
Public vCEnensvm As String
Public vCEnenshm As String
Public vCEnlisap As String
Public vCEnlivm As String

```

Public vCEnlihm As String  
Public vCtotpfsap As String  
Public vCtotpfvm As String  
Public vCtotpfhm As String  
Public vCtotenssap As String  
Public vCtotpsap As String  
Public vCtotensvm As String  
Public vCtotenshm As String  
Public vCtotlisap As String  
Public vCtotisap As String  
Public vCtotlivm As String  
Public vCtotlihm As String  
Public vSpfsap As String  
Public vSpfvm As String  
Public vSpfhm As String  
Public vWsap As Double  
Public vWvm As Double  
Public vWhm As Double  
Public vWsapfoco As Double  
Public vWvmfoco As Double  
Public vWhmfoco As Double  
Public vtsapfoco As Double  
Public vtvmfoco As Double  
Public vthmfoco As Double  
Public vdpfsap As String  
Public vdpsap As String  
Public vdisap As String  
Public vsumpfsap As String  
Public vsumpsap As String  
Public vsumisap As String  
Public vdpfvm As String  
Public vsumpfvm As String  
Public vdpfhm As String  
Public vsumpfhm As String

Public vdenssap As String  
Public vsumenssap As String  
Public vdensvm As String  
Public vsumensvm As String  
Public vdenshm As String  
Public vsumenshm As String

Public vdlisap As String  
Public vsumlisap As String  
Public vdlivm As String  
Public vsumlivm As String  
Public vdliahm As String  
Public vsumlihm As String

Public ca As String  
Public cb As String  
Public cc As String  
Public cx As String  
Public cy As String

Public cd As String

Public ce As String  
Public cf As String  
Public cw As String  
Public cz As String

Public cp As String  
Public cq As String  
Public cr As String  
Public ct As String  
Public cu As String

## BIBLIOGRAFIA

Stephan Konz Diseño de instalaciones industriales Febrero de 1991

Mark Steven Heyman La esencia del Visual Basic Prentice Hall 1996

José Ramirez Vasquez Luminotecnia Editorial CEAC

Martin Clifford Matemáticas para técnicos electricistas 1974

Philips Compact lighting Catalogue 1994

Dr wolfram Wacker/Dr Andrea Cappella/Werner Hoffmann Evolution of Hydrocarbon-blown formulations Publicación Appliance April 1997

Noticiero de equipos industriales NEI publicación marzo/abril 1998

Dana Chase Jr. Under the gun Latin America Edition Publicación Appliance June 1998

Frier J y Frier M Sistemas de iluminación Industrial editorial Limusa México 1986

General electric Industrial Lighting Nela Park Ohio 1983

Kimberly L.LaPat Moving Mountains Publicación Appliance abril 1998

Cannon industries Manual inyectora de poliuretano operaciones y mantenimiento Italy 1994

Microsoft Excel Manual del Usuario Microsoft Corporation USA 1990-1991

Vitracoat S.A Manual de aplicación de pinturas electrostáticas México 1995

Cevallos R Augusto Hablemos de electricidad Ecuador 1999.