

870117

28

*Universidad Autónoma de Guadalajara*

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

ESCUELA DE INGENIERIA



PROYECTO Y CALCULO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL EDIFICIO DE TALLERES DE LA U.A.G.

---

---

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ROGELIO CONTRERAS MANZANO

---

GUADALAJARA, JALISCO

1993

---

---

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

I. GENERALIDADES -----	1
II. SISTEMA DE ALUMBRADO.	
a) Concepto de la Iluminación -----	3
b) Selección del Nivel Lumínico -----	7
c) Proyecto de Alumbrado -----	13
d) Selección de Circuitos -----	22
e) Cálculo de Conductores y Ductos -----	24
f) Selección de Tableros e Interruptores --	44
g) Lista de material -----	46
III. SISTEMA DE FUERZA.	
a) Enumeración y Descripción de la Maqui- naria -----	49
b) Determinación de Circuitos -----	51
c) Cálculo de Conductores y Ductos -----	54
d) Selección de Dispositivos de Control y Tableros -----	62
e) Lista de Material -----	75
IV. SUB-ESTACION E INTERRUPTORES GENERALES --	78
V. BIBLIOGRAFIA -----	96

---

## I. GENERALIDADES

Toda Universidad ha tenido en cuenta durante su - - creación el sentido de su finalidad, las que ahora funcionan lo hacen con un propósito definido.

La Universidad Autónoma de Guadalajara con su idea de progreso aspira a un objetivo mayor que el de una mera subsistencia.

Los conceptos de creación, operación y proyecciones de cada institución se resumen bajo el título de misión educativa, la cual debe de tener lugar dentro de un ambiente físico determinado. Y con el objeto de lograr de una forma expedita los objetivos y propósitos para los cuales existe, debe tener las facilidades y servicios de una planta física adecuada.

El fin primordial de la dirección de planta física constituye la creación, la operación y el mantenimiento de toda Universidad y para que pueda funcionar positivamente en un ambiente educativo debe de estar de acuerdo con los objetivos establecidos y reconocidos, además con los propósitos finales de toda Universidad.

La misión educativa de toda Universidad puede incluir mucho más aun que simplemente la instrucción en el salón de clases como son: servicios generales, el descubrimiento de nuevos conocimientos a través de la investigación, comunicación y diseminación de conocimientos por medio de publicaciones y bibliotecas, experiencia en el campo, el descubrimiento de necesidades físicas en par-

---

ticular, culturales, sociales y de salud.

Además de esta actividad y dependiente de planta física, la Universidad Autónoma de Guadalajara ha contado desde tiempo atrás con una planta especializada en la construcción de todo tipo de muebles para oficinas, aulas y elaboración de trabajos especiales requeridos por las distintas dependencias de la Universidad, conociéndosele con el nombre de TALLERES ESPECIALIZADOS. El fin de contar con estos talleres es el de poder abatir los costos del mercado en los diferentes productos ahí elaborados y a la vez para que los alumnos en sus visitas a dicha planta se familiaricen con el uso de máquinas, herramientas y equipo en general con que ahí se cuenta.

Dichos talleres se han encontrado hasta la fecha en un lugar fuera de los límites de la C.U.A.G. y en un lugar nada estratégico para ninguna de las dependencias de la Universidad, por lo que analizando los costos de la producción se ven aumentados por la transportación y riesgos de esta a su destino, aunando a esto la falta de comunicación para trabajos urgentes; la dirección de planta física optó por construir un edificio dentro del campus universitario para ser ocupado por dichos talleres.

Para la elaboración del proyecto y de su construcción se contó con el departamento de Construcción y Supervisión de la Universidad Autónoma de Guadalajara, además de la valiosa cooperación del director de dichos talleres ya que con su gran experiencia aportó los datos requeridos para una buena planificación.

## II. SISTEMA DE ALUMBRADO

### a) CONCEPTO DE LA ILUMINACION

Luz es el término que se le da a la forma de energía radiante que es percibida por el ojo humano.

La energía capaz de producir visión es la parte de la energía radiante que se desplaza en forma de ondas electromagnéticas a una velocidad de 300,000 Kms/seg. y que cae dentro de los límites de longitudes de onda de 0.00038 y 0.00076 milímetros. Estas ondas se miden en ANGSTROM que es igual a la longitud de un diez millonésimo de milímetro y viajan con un movimiento parecido a las ondas que se observan al arrojar una piedra a un estanque, las ondas se extienden en anillos concéntricos produciendo unas crestas, siendo la distancia entre ellas lo que se llama LONGITUD DE ONDA y el número de ondas por segundo se le llama frecuencia de la fuente de ondas.

Este ejemplo de ondas en el agua se aplica a las ondas electromagnéticas.

La radiación de las ondas electromagnéticas se localiza según sus longitudes de onda en angstrom dentro del rango que se muestra en la Fig. 1.

Cuando la longitud de onda de una radiación electromagnética tiene determinada dimensión se vuelve perceptible a la vista, en términos de esta unidad el sector de energía visible cae entre 3800 v 7600 angstrom.

# RANGO DE LONGITUDES DE ONDA.

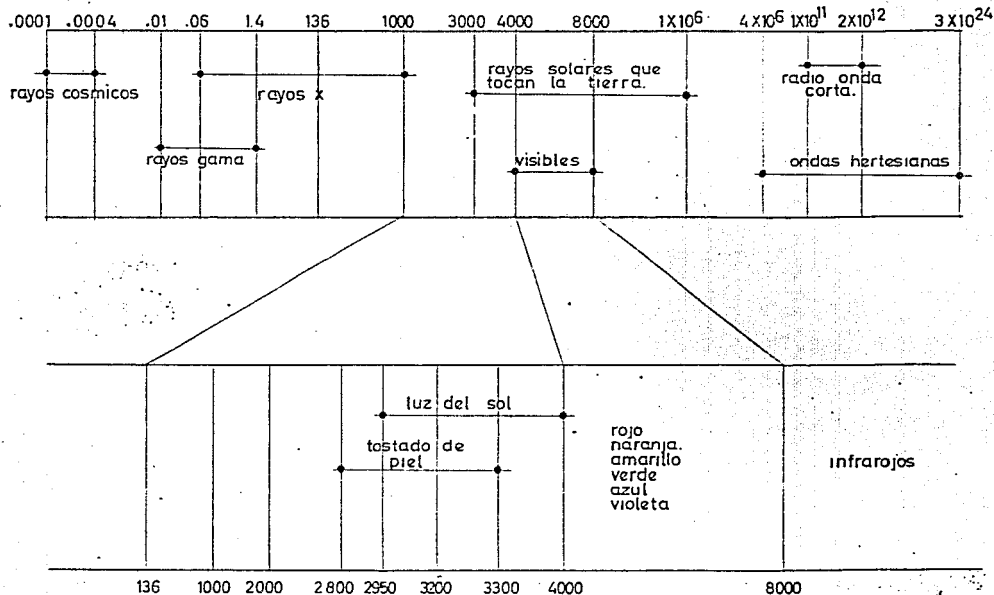


FIG 1

Para medir la potencia luminosa, hay varias unidades de aplicación universal, inicialmente se tomó como unidad el flujo luminoso de una bujía cuando la fuente de iluminación, común era la vela.

La norma actual obtenida científicamente, es la medida de la luz que escapa por la apertura de  $1 \text{ cm}^2$  de una caja cerrada donde se genera a partir del calentamiento del platino a su punto de fusión de  $1755^\circ \text{ C.}$  mientras el platino mantenga su punto de fusión la potencia luminosa permanece constante y representa 60 bujías.

Las nuevas fuentes de iluminación, requirieron para que la bujía fuera considerada como norma que cumpliera especificaciones rigurosas de tamaño de los ingredientes que la componían y de las condiciones en que era encendida, para que la luz en su dirección horizontal tuviera una intensidad tal que fuera la unidad.

Es por tanto una unidad de intensidad luminosa en una dirección determinada.

La intensidad luminosa se usa como cantidad de iluminación, acto de iluminar o el hecho de ser iluminado.

Su unidad es el lumen, que se define como la cantidad de luz producida por una bujía en cada metro cuadrado de la esfera imaginaria de radio unitario. Como la superficie de radio unitario nos da un valor de  $12.57 \text{ mts}^2$ . Cada bujía esférica medida es igual a  $12.57 \text{ lúmenes}$ .

LUX.- Es un valor práctico y se refiere a la canti-



dad de iluminación presente en un punto de un área de  $1\text{-m}^2$  que dista un metro de la fuente productora. La intensidad de luz sobre esa superficie se define como un Lux.

PIE BUJIA.- (FOOT CANDLE). Es la intensidad de la luz de una bujía a un pie de distancia sobre un  $\text{pie}^2$  y equivale a 10.7 luxes.

NIVEL DE ILUMINACION.- Es la cantidad de luz deseada sobre un plano de trabajo determinado, es el promedio de alumbrado continuo comparable con la luz del día exterior, que se toma como un índice deseable para realizar una gran variedad de tareas visuales y que es la base para calcular los equipos luminosos e instalaciones de alumbrado requeridas.

---

## b) SELECCION DEL NIVEL DE ILUMINACION

Existen tres métodos para el cálculo del nivel de iluminación.

- a) De punto por punto
- b) Por lúmenes
- c) De watts/mts<sup>2</sup>

a) ILUMINACION PUNTO POR PUNTO.- Comprende la iluminación de la fuente luminosa, y su posición con respecto al punto en cuestión, se basa en que la intensidad de iluminación producida por una fuente de luz varía con el cuadrado de la distancia, o sea que la intensidad de iluminación en un punto determinado es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, y para obtener el nivel de iluminación requerido en un punto se suman los niveles producidos por cada luminaria. Se utiliza este tipo de cálculo para alumbrado público y alumbrado con proyectores.

b) METODO POR LUMENES.- Se basa en el promedio de nivel de iluminación deseada sobre una área y para lograr el nivel deseado se siguen los siguientes pasos:

### 1) SE DETERMINA EL NIVEL NECESARIO:

Esto se hace en base a los manuales de iluminación y se utilizarán los niveles recomendados en sus tablas.

### 2) SELECCION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y LUMINARIAS.

Debemos tomar en cuenta para la tarea visual que se

se realiza, un adecuado tipo de iluminación que puede ser:

**DIRECTO:** Es el de mayor rendimiento, concentra la luz sobre el plano de trabajo por medio de reflectores de mayor o menor ensanchamiento, tiene como inconveniente el deslumbramiento o sea una marcada diferencia entre el sitio donde se trabaja (plano útil) y el resto del local sumergido en una semiobscuridad.

**INDIRECTO.-** El deslumbramiento puede evitarse haciendo que la luz sea reflejada en el techo de tal manera que llegue al plano de trabajo con un alumbrado suave y sin sombras. El único inconveniente es el no lograr un alumbrado intenso en el área de trabajo.

**MIXTO.-** Es el tipo de iluminación que siendo difuso y con suavidad en las sombras, permite un rendimiento mayor que el alumbrado indirecto. Se consigue por medio de un difusor generalmente opalino, que distribuye la luz en todas direcciones y desde luego mejora el alumbrado sobre el plano útil de trabajo, este tipo será el que utilizaremos para iluminar nuestro edificio.

### 3) DETERMINAR EL COEFICIENTE DE UTILIZACION

Este coeficiente es un factor que tiene en cuenta la eficacia y distribución de las luminarias, altura de montaje, dimensiones del local y la reflexión del techo, paredes y piso.

Es necesario para determinar este coeficiente buscar la relación del local que se encuentra según la fórmula anexa:

---

$$R_l = \frac{a \times l}{h(a + l)}$$

Siendo:

$R_l$  = Relación del local

$a$  = Ancho del local

$l$  = Largo del local

$h$  = Altura de montaje sobre el plano de trabajo.

Teniendo el valor de la relación del local se localiza en las tablas características de cada luminaria el valor del coeficiente de utilización, teniendo presentes los valores de reflexión en el local cuyos valores prácticos recomendables por la ILUMINATING ENGINEERING SOCIETY. Estos valores los presento en la Tabla No. 1

#### 4) ESTIMACION DEL FACTOR DE CONSERVACION

En la operación de cualquier sistema de iluminación existen tres elementos de mantenimiento variables que afectan a la cantidad de luz obtenida del sistema y son:

a) Pérdida en la luz emitida por la lámpara.- El promedio de lúmenes emitidos a lo largo de la vida de la lámpara es de 10 a 25% por abajo del valor inicial, tomando en cuenta que este valor con el tipo y el tamaño.

b) Pérdida por la acumulación de polvo y demás suciedad que se impregna en el reflector de la luminaria misma.

c) Pérdida de luz reflejada por la acumulación de

REFLEXIONES RECOMENDABLES EN %					
superficie.	oficinas	plantas industriales	escuelas.	residencias	hospitales
TECHO	80-92	80-90	70-90	60-90	80-92
PAREDES	40-60	40-60	40-60	35-60	40-60
PISO	21-39	minimo-20	30-50	15-35	20-40

TABLA 1

polvo y suciedad en paredes y techo.

El criterio aplicado para una buena selección del factor de mantenimiento en cualquier proyecto de alumbrado se basa:

**BUENO.**- Donde hay fácil acceso a las luminarias para su limpieza y reemplazo sistemático de las mismas y estén bajo condiciones atmosféricas buenas (0.70).

**MEDIO.**- Cuando las lámparas se cambian únicamente - cuando se funden, la limpieza es regular y la atmósfera es algo sucia (0.60).

**MALO.**- Donde la atmósfera está viciada y el mantenimiento es muy pobre (0.50).

#### 5) CALCULO DE LAMPARAS Y LUMINARIAS.

Para esto se debe de tener ya todos los datos del local a iluminar, tipo de luminarias, de lámparas y con las características de éstas y las necesidades de luxes del local nos da directamente el número requerido de las luminarias por la fórmula siguiente:

$$\text{No. Lámparas} = \frac{N \times S}{\text{Lum-lam.} \times \text{C.U.} \times \text{F.C.}}$$

Siendo:

N = Nivel luminoso requerido en luxes

S = Superficie del local en metros cuadrados

LUM-LAMP = Lumenes emitidos por cada lámpara

~~C.U. = Coeficiente de utilización~~

F.C. = Factor de conservación

$$\text{No. Luminarias} = \frac{\text{No. de lámparas}}{\text{No. Lámparas x luminaria}}$$

6) DETERMINAR LA LOCALIZACION DE LAS LUMINARIAS.

Los factores que intervienen para la localización de las lámparas son:

- a) Arquitectura del local.
- b) Tipo de luminaria.

Para tener una distribución pareja de la iluminación es necesario no exceder de ciertos límites para las distancias de montaje. Las distancias máximas de las luminarias vienen dadas en las tablas características de estas.

### c) PROYECTO DE ALUMBRADO

Considerando que sería tedioso el explicar el círculo lumínico área por área del edificio, lo expongo única mente en las de trabajo como son las de los talleres de carpintería y de herrería, ya que también será suficiente entender la forma y criterio de efectuar este trabajo para todo aquel que desee consultarlo.

En acuerdo tomado con el departamento de arquitectura y el Director General de dicha construcción se acordó que cualesquiera de las luminarias que a continuación -- describo podrían ser tomadas para la iluminación de las áreas de trabajo.

LUMINARIA PRISPACK VAPOR DE MERCURIO-  
400 WATTS, 220 VOLTS, MARCA HOLOPHANE  
O SIMILAR.

LUMINARIA HOLOPHANE TIPO INDUSTRIAL -  
CON TUBOS SLIM LINE DE 2 X 74 WATTS,-  
220 VOLTS.

Debido a esta dualidad, se hizo un estudio económico comparativo para así darnos perfectamente cuenta de - cual de las dos luminarias es la que más nos conviene -, instalar.

Este análisis será aplicado únicamente en el taller de carpintería, ya que la misma solución será para el de herrería.

---



### TALLER DE CARPINTERIA:

Según el manual de alumbrado WESTINGHOUSE LIGHTING-HADBOOK, el nivel lumínico recomendable tanto para talleres de carpintería como de herrería es de 400 luxes.

### PROYECTO CON LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO:

Luminaria Holophane de 400 watts, vapor de mercurio 220 volts, con flujo luminoso de 21000 lumenes acabada - tipo blanca normal cat. 625.

Nivel de iluminación recomendado -- 400 luxes.

Lumenes por luminaria -- 21000 lumenes

Area del local --  $24 \times 31.60 \text{ mts}^2 = 758.4 \text{ mts}^2$ .

Altura de montaje -- 5.00 mts.

Se encuentra el coeficiente de utilización teniendo en primer lugar la relación del local.

$$R_1 = \frac{a \times l}{h (a+1)}$$

$$R_1 = \frac{24 \times 31.60}{5 (24+31.60)} \quad R_1 = 2.74$$

Haciendo una consideración de la reflexión tanto en techo, muros y piso respectivamente del 80, 30 y 30% se procede a localizar el valor del coeficiente de utilización en las tablas características de esta luminaria, - que nos da un valor de C.U. = 0.62.

---

Aplicando un factor de mantenimiento de 0.75 proce-

demos a obtener el número de luminarias necesarias para dicho local.

$$\text{No. LAMPARAS} = \frac{N \times S}{\text{LUM-LAMP} \times \text{C.U.} \times \text{F.C.}}$$

$$\text{No. LAMPARAS} = \frac{400 \times 24 \times 31.60}{21000 \times 0.62 \times 0.75}$$

$$\text{No. LAMPARAS} = 31.2$$

$$\text{No. LUMINARIAS} = \frac{31.2}{1} = 31.2$$

Para tener un acomodo uniforme de las luminarias se colocarán 30 en dicho local.

$$\text{No. DE LUMINARIAS} = 30$$

#### PROYECTO CON LUMINARIA HOLOPHANE TIPO INDUSTRIAL:

Luminaria Holophane tipo industrial, con tubo slim-line, de 74 watts, 220 volts.

Nivel de iluminación recomendable -- 400 luxes.

Lumenes por lámpara ----- 5300

Area del local ----- 758.4 mts<sup>2</sup>.

Considerando el mismo por ciento de reflexiones que en el proyecto anterior localizó el coeficiente de utilización en las tablas características de este tipo de luminaria y nos da un valor de C.U. = 0.54.

Al factor de mantenimiento en este proyecto, se le-

dio un valor menor debido a que a este tipo de luminaria se le acumula con mayor facilidad el polvo, es mayor el número de luminarias a las que hay que aplicarles mantenimiento y además el menor tiempo de horas vida de la lámpara, por lo que tomando en cuenta las consideraciones anotadas se le dio un valor de F.M. = 0.65.

$$\text{No. LAMPARAS} = \frac{400 \times 24 \times 31.60}{5300 \times 0.65 \times 0.54}$$

$$\text{No. LAMPARAS} = 164$$

$$\text{No. LUMINARIAS} = 164/2 = 82$$

Para tener una distribución uniforme se colocarán únicamente 80 en dicho local ya que son despreciables los luxes que se pierden por la falta de las 2 luminarias que se suprimieron.

#### DATOS PARA NUESTRO CALCULO ECONOMICO COMPARATIVO.

##### LUMINARIA V.N. LUMINARIA TIPO I

Costo Unitario	\$ 1,425.00	\$ 380.00
Costo de lámpara	156.00	36.00
Costo por salida	100.00	100.00
Costo por Instalación	75.00	50.00
Horas vida	24000	12000

( Ver Tabla No. 2 )

# ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO

## TALLER DE CARPINTERIA

AREA CONSIDERADA				
Referencia del proyecto	I		II	
TIPO DE UNIDAD	Luminaria Holophran GAT 625 400 watts 220 v.m. Tripack		Luminaria Holophran tipo industrial 2 x 74 watts 220 volt 811m. Lites	
COSTO INICIAL				
Nº Luminarias	30		82	
Costo p luminaria y total	1,581.00	47,430.00	616.00	40,512.00
Nº Salidas	36		82	
Costo p Salida	100.00	3,600.00	100	8,200.00
Iluminación promedio	400		400	
Costo inicial sistema total		51,030.00		48,712.00
Costo inicial sistema por (lux)		137.57		146.78
<b>COSTO ANUAL DE OPERACION</b>				
Consumo de energía	30		82	
Watts por luminaria	400		145	
Watts total en hora	12		12.13	
Horas de uso por año	3600		3600	
Costo de energía por año	43200		11560	
Costo anual de energía	13200x0.30	12,960.00	43560x0.30	13068.00
Costo de la mano de obra	24000		12000	
Costo. luminario, año	0.15		0.30	
Watts. reemplazadas por año	30x0.15=4.5		82x0.3=24.6	
Costo de Lam. reemplazadas	156x4.5	702.00	24.6x36	885.60
Costo de mantenimiento				
Por cada hora de luminaria	1.5x15.00	67.50	146x15.00	369.00
Por hora para el reflector	10x30	300.00	30x10	300.00
Costo anual de costo inicial (10%)		5,103.00		5,871.20
Costo anual de costo inicial		5,103.00		5,871.20
Costo anual de operación (a Luxes)	400	1,235.50	400	6,885.00
Costo anual de operación por Lux		67.58		67.21

CONCLUSIONES BASADAS EN IGUAL NIVEL DE ILUMINACION

Costo Inicial:

Proyecto I \$51,030.00

Proyecto II 58,712.00

Economía en favor del  
Proyecto I \$ 7,682.00

Costo Anual de Operación

Proyecto I 24,235.50

Proyecto II 26,885.00

Economía en favor del  
Proyecto I Anual \$ 2,649.50

Economía total al final del periodo de Amortización ( 10  
años) por proyecto I \$ 34,177.00

Como resultado del análisis económico podemos ver -  
claramente que es más conveniente la instalación de la -  
luminaria de 400 W (V.M.) por lo que será la que instala  
remos en nuestro proyecto.

## CALCULO PARA EL TALLER DE HERRERIA:

Nivel de iluminación -----	400 luxes
Lumenes por lámpara -----	21000
Area del local -----	864 mts <sup>2</sup>
Altura de montaje -----	5.00 mts

Se encuentra el coeficiente de utilización teniendo en primer lugar la relación del local:

$$R_1 = \frac{24 \times 36}{5 (24 + 36)}$$

$$R_1 = 2.88$$

Considerando el mismo por ciento de reflexiones que en el cálculo del taller de carpintería y localizándolos en las tablas caracterfsticas de la luminaria observamos que nos da un valor de C.U. = 0.66.

El factor de mantenimiento será del mismo valor con siderado en el taller de carpintería para esta misma luminaria F.M. = 0.75

Teniendo ya todos los datos procedemos a calcular - el número de luminarias necesarias para este taller:

$$\text{No. LAMPARAS} = \frac{400 \times 36 \times 24}{21000 \times 0.66 \times 0.75}$$

$$\text{No. LAMPARAS} = 33.5$$

$$\text{No. LUMINARIA} = 33.5/1 = 33.5$$

Para tener un acomodo uniforme de las luminarias se instalarán 35 en dicho taller. (ver plano No. 1).

Para el cálculo lumínico de las demás áreas se procedió de manera análoga a los aquí expuestos por lo que únicamente expondré los niveles luminosos aplicados y las cargas encontradas en K.W. de cada una de las mismas

Almacén	100 luxes
Control de calidad	500 "
Comedores	300 "
Oficinas	700 "
Carga y descarga	200 "
Sanitarios	200 "
Escaleras	200 "

Las cargas encontradas en K.W. de las áreas estudiadas son:

Taller de carpintería	12 K W.
Taller de herrería	14 "
Almacén	2.6 "
Control de calidad	1.7 "
Baños y Lockers	1.1 "
Area Administrativa	2.3 "
Zona de carga	0.6 "
TOTAL:	34.3 "

En común acuerdo con el departamento de Arquitectura, se distribuyeron contactos monofásicos a 127 volts - para servicios como, máquinas de escribir, sumadoras, cafeteras y demás; en áreas de Oficinas, baños, zona de

lockers y almacén, teniéndose en total 31 contactos, a los que se les considera una carga de 150 watts por unidad.

$$\text{Carga total} = 31 \times 150 = 4.65 \text{ K.W.}$$



#### d) SELECCION DE CIRCUITOS

En la selección de circuitos hay que tomar muy en cuenta las áreas de trabajo de manera que la iluminación quede a lo largo de las líneas de producción por lo que debe de existir una combinación entre las luminarias, -- los interruptores de control y las áreas en que se vaya a realizar una labor específica.

Un punto muy importante es el de tratar de que sea cual fuere el área iluminada parcialmente la carga entre las fases se mantenga balanceada para no recargar las líneas y el sistema, por lo que se procura que al asignar las cargas se vayan distribuyendo los circuitos entre las fases.

Teniendo ya como base la localización de las luminarias y la línea de producción opté por elegir los circuitos en este sentido, quedándonos cada circuito alimentando a 5 (cinco) luminarias en el taller de carpintería. De el mismo tablero que alimentaremos las luminarias de este taller, lo aprovecharemos para llevar alimentación a las luminarias de las áreas de control de calidad, zona de lockers, almacén de herramienta y privados de la planta baja, procurando tener la misma carga de los circuitos del taller de carpintería para así no tener problemas con el desbalanceo de fases.

En lo que respecta al taller de herrería se llevarán los circuitos con el mismo criterio aplicado al taller de carpintería quedándonos un total de 5 (cinco) luminarias por circuito. Del mismo tablero de control en que se llevará corriente a los circuitos del taller de -

---

herrerfa lo aprovecharemos para llevar corriente a los -  
circuitos de las áreas de salida de producto, al almacén  
de materia prima y al área de carga y descarga.

Nos quedarán por lo tanto un total de siete circui-  
tos en el taller de carpinterfa y diez en el taller de -  
herrerfa.

## e) CALCULO DE CONDUCTORES Y DUCTOS

### a) SELECCION DE DUCTOS:

El reglamento de obras e instalaciones eléctricas - especifica que para la instalación de conductores en ductos deben de tener las siguientes normas:

1) Dejar suficiente espacio en el ducto para colocar y remover los conductores, y para disipar el calor - que se produzca sin dañar el aislamiento de los mismos.

2) El número de conductores que se instalen en una moldura no deberá ser mayor que el número para el cual - haya sido construída y en ningún caso deberá ser mayor - de 10.

3) Las curvas en el tubo conduit deberán hacerse de manera que no resulte averiado y que su diámetro interno no se reduzca. El radio exterior de la curva no deberá - ser menor que seis veces el diámetro exterior del conduit cuando se usa para conductores con forro de plomo.

4) No instalar más de dos curvas de 90° en un tendido de tubo conduit entre dos salidas, en casos especiales se permiten hasta cuatro con tal de que se hagan con un radio suficientemente grande para permitir el fácil - alambrado de las tuberías.

5) Los conductores incluyendo su aislamiento y otros forros no deberán ocupar más del 40% de la sección transversal del conduit con excepción de que cuando se trate de un solo ducto podrá ocupar hasta el 55%, y cuando se trate de dos conductores no deberá de excederse del -

---

30%. Cuando se trate de reemplazar o aumentar los conductores en instalaciones ya existentes y sea impracticable aumentar el diámetro del conduit se permite ocupar hasta el 50% de la sección transversal con más de dos conductores, 40% con dos conductores y 60% con un conductor.

Teniendo las bases anteriores se tiene que, el camino para el cálculo de ductos será: Calcular los porcentajes de sección transversal utilizable en los ductos calcular el área ocupada por los conductores y elegir a criterio el ducto adecuado. Para esto nos auxiliaremos de las tablas que los fabricantes de ductos nos proporcionan, - ver tabla No. 3.

La tabla número 3, fue calculada sobre los siguientes porcentajes utilizables de las áreas de los tubos:

No. de Conductores en un tubo	% Utilizable del área del tubo
2	30%
3	40%
más 3	40%

N° DE CONDUCTORES QUE PUEDEN INSTALARSE EN C/U										
Calibre del conductor	13 mm	19 mm	25 mm	31 mm	38 mm	51 mm	64 mm	76 mm	89 mm	101 mm
14	5	12	21	33						
12	4	9	16	25						
10	3	7	12	19						
8		3	6	10	15	27				
6			4	6	9	16	25			
4			3	4	7	12	19	27		
2				3	5	9	14	20		
1				3	3	6	10	14	20	
1/0					3	5	8	12	17	24
2/0					2	4	7	10	14	19
3/0						4	6	9	12	16
4/0						3	5	7	10	13
200 MCM						1	2	3	4	5

TABLA N°3

**b) CALCULO DE CALIBRE DE CONDUCTORES:**

Para la selección del calibre más adecuado en toda clase de conductores se debe de tener presente los siguientes factores.

1.- CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE

2.- CAIDA DE POTENCIAL POR LA DISTANCIA

En el cálculo de calibres de conductores se deberán tomar muy en cuenta los dos factores y elegir el que resulte para la condición más crítica, presentando así una caída de potencial reclamada y restringiendo el calentamiento por efecto del paso de la corriente en el conductor.

La capacidad de un conductor para conducir corriente está limitada por los siguientes parámetros.

1) CONDUCTIVIDAD DEL METAL CONDUCTOR.- En el caso del cobre que por lo general es utilizado por todos los fabricantes, su conductividad se considera del 100%.

2) CAPACIDAD TERMICA DEL AISLAMIENTO.- O sea la temperatura máxima de operación o régimen permanente de los conductores, que varía entre los 60°C y los 90°C, considerando siempre la tendencia de permanecer lo más alejado posible de los dos límites, para una mayor vida útil de los conductores y sobre todo de su aislamiento.

3) CALOR CIRCUNDANTE.- Esto debido al calor generado por otros conductores instalados en el mismo ducto, y también debido a temperatura ambiente de más de 40°C.

---

En otras palabras la capacidad de conducción de corriente de un conductor está íntimamente ligada con la capacidad del aislamiento para soportar cargas de calor, por lo que es muy importante limitar la corriente al punto en que el calor generado no rebase la temperatura de reblandecimiento del material aislante.

Para un medio por el cual está circulando calor - existe una ecuación que establece que un incremento de temperatura en un medio ambiente determinado es igual al calor circundante en el medio multiplicado por la resistencia térmica del mismo y que por analogía con la ley de Ohm, se le llama LEY DE OHM TERMICA.

$$T = WR_t \quad 1)$$

De donde:

$T$  = Incremento o caída de temperatura en °C.

$W$  = Calor circulante en watts/mts.

$R_t$  = Resistencia térmica del medio en °C mts/watts

Para una explicación más profunda de esta ley tomemos por caso un conductor dentro de un tubo conduit, y a una temperatura ambiente  $T_a$  inferior a la temperatura generada por el conductor  $T_c$ . Existirá por lo tanto un flujo de calor desde el conductor hacia el ambiente pasando por el aislamiento, el aire contenido por el tubo y el tubo mismo. Dadas sus características intrínsecas será la resistencia que opongan al paso del calor estos elementos.

La caída o incremento de temperatura desde el punto

más caliente hasta el punto más frío está dado por la siguiente ecuación:

$$T = T_c - T_a \quad 2)$$

El conductor genera exclusivamente el calor producido por el efecto Joule y que está dado por la ecuación:

$$W = R I^2 \text{ Watts/mts.} \quad 3)$$

De donde:

$R$  = Resistencia eléctrica del conductor Ohm/mts.

$I$  = Corriente del conductor en Amp.

La resistencia térmica total será necesariamente la suma de las resistencias térmicas de los diferentes medios desde el punto más caliente hasta el punto más frío.

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + R_{t3} + \dots + R_{tn} = \sum_{i=1}^{i=n} R_{ti} \quad 4)$$

Sustituyendo 2, 3, 4, en 1 se tendrá:

$$T_c - T_a = I^2 R \sum_{i=1}^{i=n} R_{ti} = R I^2 R_t \quad 5)$$

De la fórmula anterior se puede deducir el valor de la corriente admisible:

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{R R_t}} \quad 6)$$



Si expresamos R en su forma equivalente:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

De donde:

$\rho$  = Resistividad del cobre

A = Area de la sección transversal del cobre

L = Longitud unitaria de la línea.

Sustituyendo el valor de R en la ecuación 6 tenemos:

$$I = \sqrt{\frac{A (T_o - T_a)}{L \cdot \rho \cdot R_t}}$$

Usando la ecuación 6 ó 7 podemos fijar la temperatura de la operación deseada y calcular la corriente admisible en un conductor de calibre determinado.

Existen otras condiciones de pérdida agregadas al efecto joule debidas a: Pérdidas en el aislamiento por efecto capacitivo, pérdidas en el tubo metálico, pérdidas por corrientes inducidas en las pantallas de los cables. Estos factores en niveles inferiores a los 600 - - volts son despreciables con el consiguiente factor a su favor de que en los cables de baja tensión no se usan cables apantallados.

En la práctica los fabricantes se limitan a manufacturar ciertos calibres de cables que cubren entre sí - - cualquier necesidad. Basados ellos en los experimentos - y pruebas efectuadas en sus laboratorios elaboran unas -

tablas donde señalan el poder de conductividad de los -- conductores y toca al proyectista elegir el o los cables de acuerdo a sus necesidades, dando a la vez un margen - de seguridad sin rebasar los límites de la economía (ver tabla No. 5). Estos valores están calculados para una - temperatura ambiente de 30°C y considerado que el ducto no alojará más de tres conductores por lo que hay necesi - dad de afectar de factores de corrección a los valores - de la tabla en caso de instalar más conductores en un - ducto del número antes dado.

Como se prevee en la Ley de Ohm térmica, hay que - considerar como reductores de ampacidad a todos los fac - tores que impliquen calentamiento en los conductores.

Para cuando se instalan más de tres conductores en - el ducto y la temperatura ambiente es más de 40°C se to - man en cuenta los factores dados en la Tabla No. 4.

FACTORES DE REDUCCION DE AMPACIDAD DE CONDUCTORES  
EN CONDUIT O DUCTO CERRADO

POR AGRUPAMIENTO No. DE CONDUCTORES	FACTOR	°C	POR TEMPERATURA AMBIENTE	
			THHN	T W
1 a 3	1.00	40	1.11	1.22
4 a 6	1.25	45	1.18	1.41
7 a 24	1.43	50	1.25	1.73
25 a 42	1.67	55	1.35	2.44
43 ó más	2.00	60	1.49	--

TABLA No. 4

La selección del conductor de acuerdo con la caída de potencial deberá también de apegarse al reglamento de obras e instalaciones eléctricas que nos dice que la máxima caída de potencial desde la entrada de servicio hasta la última carga no deberá ser mayor del 3% para alumbrado y 4% para aparatos y motores.

Teniendo la base del conductor elegido por su conductividad se proseguirá recalculando por la caída de voltaje hasta que el conductor elegido cumpla los requisitos de ampacidad y caída de potencial.

La ley de Ohm que para circuitos de corriente continua nos dice que la caída de voltaje es igual a la corriente que transporta multiplicada por su resistencia ohmica.

$$V = I R$$

Es aplicable a circuitos con frecuencia de 60 HZ - (esta frecuencia es la más utilizable en nuestro país) - ya que se pueden considerar despreciables las caídas de potencial por efectos reactivos.

La resistencia está dada en función de la longitud del cable y del calibre del conductor por las siguientes fórmulas:

$$R = 2 L \Omega \quad \text{Para circuitos monofásicos.}$$

$$R = 1.73 L \Omega \quad \text{Para circuitos trifásicos.}$$

De donde:

---

AMPACIDAD DE LOS CONDUCTORES EN BAJA  
TENSION.

CALIBRE	T W		T H H N	
	1a3 conductores en ducto cerrado.	1 conductor al aire. (en charola)	1a3 conductores en ducto cerrado	1 conductor al aire (en charola)
14	15	20	25	30
12	20	25	30	40
10	30	40	40	55
8	40	55	50	70
6	55	80	70	100
4	70	105	90	135
2	95	140	120	180
10	125	195	155	245
20	145	225	185	285
30	165	260	210	330
40	195	300	235	385
250	215	340	270	425
300	240	375	300	480
400	280	455	360	575
500	320	515	405	660

TABLA 5.

R = Resistencia en Ohm

L = Longitud del circuito en un solo sentido mts.

$\Omega$  = Resistencia intrínseca del conductor.

Por lo que la caída de tensión para circuitos monofásicos está dada por la siguiente fórmula:

$$C_t = 2 L \dot{i} \Omega$$

Para circuitos trifásicos:

$$C_t = 1.73 L \dot{i} \Omega$$

Para obtener la caída de potencial en % del voltaje total tendremos que para circuitos a 127 volts será:

$$\% C_t = \frac{2 L \times \dot{i} \times 100 \Omega}{127}$$

Para circuitos trifásicos a 220 volts, estará dada por:

$$\% C_t = \frac{1.73 L \times \dot{i} \times \Omega}{220} \quad 100$$

Para mayor facilidad en los cálculos podemos tabular los valores de:

$$\frac{2 \Omega}{127} \quad 100$$

$$\frac{2 \Omega}{220} \quad 100$$

---


$$\frac{1.73 \Omega}{220} \quad 100$$

Con la ayuda de las tablas proporcionadas por los fabricantes en las que nos dan el valor de la resistencia intrínseca del conductor para cada calibre de longitud igual a 1 Km., ver Tabla No. 6.

Para darle mayor fluidez al cálculo del conductor por caída de tensión existe una gráfica más completa donde podremos obtener directamente el calibre del conductor, considerando al mismo tiempo el tipo de alimentación del motor o de la carga y la distancia. Ver Fig. No. 3 y Tabla No. 7.

Un factor muy importante al proyectar una instalación eléctrica es la rapidez y la exactitud de los cálculos, ya que el costo del proyecto está íntimamente ligado a estos factores. Por eso conocer y usar eficazmente esta tabla es tan importante como poder elaborar los cálculos sin necesidad de ellas.

Los fabricantes presentan estas tablas con el fin de facilitar la utilización de su equipo y en ellas proporcionan datos en los que han sido consideradas las distintas propiedades de los materiales que usan y además, una serie de pruebas a las que los han sometido, para así recomendar al usuario las condiciones más adecuadas de instalación y operación.

El empleo de estas tablas nos ofrece mayor eficiencia en el cálculo, reduce a un mínimo la posibilidad del error, reduce considerablemente el tiempo empleado en el proyecto y además toma en cuenta las propiedades de los materiales y del equipo a fin de que este trabaje en condiciones adecuadas.

---

DATOS PARA CONDUCTORES DE COBRE.

NUMERO	DIAMETRO mm	AREA m <sup>2</sup>	RES ohms / km
4/0	11.684	107.200	0.168
3/0	10.405	85.030	0.2028
2/0	9.266	67.43	0.2557
1/0	8.251	53.48	0.3221
1	7.348	42.41	0.4046
2	6.544	33.63	0.5126
4	5.140	21.15	0.8152
6	4.115	13.300	1.296
8	2.263	8.366	2.061
10	2.588	5.261	3.271
12	2.052	3.309	5.211
14	1.628	2.081	8.258

TABLA 8.

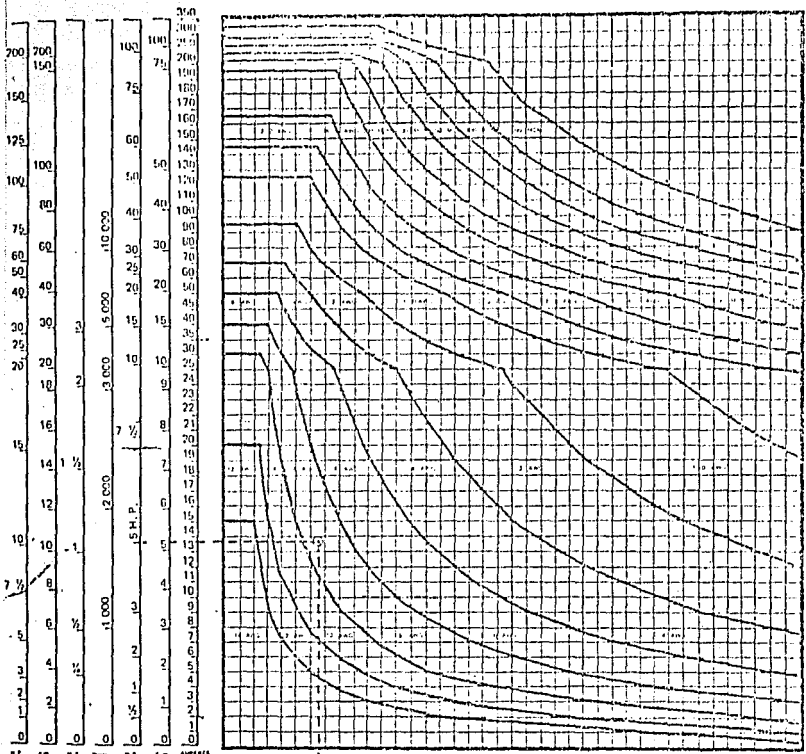
La figura siguiente No. 7, se utiliza de la manera que sigue:

Consideramos un motor ficticio instalado a una distancia de 100 mts. del centro de carga, con una capacidad de 5 H.P. a 220 volts y una caída permisible del 3%.

Se localiza en la columna correspondiente a H.P. y 220 volts el valor de 5, se localiza la longitud de 25 mts. en el renglón de 220 volts y 3% de caída permisible se trazan las coordenadas y en su punto de intersección se encuentra el área que nos indicará el calibre adecuado para llevar alimentación a este motor.



Gráfica para calcular el Calibre de Conductores por Caída de Tensión



Dist. en metros	Dist. en metros	Dist. en metros	Dist. en metros
1000	1000	1000	1000
750	750	750	750
500	500	500	500
250	250	250	250
100	100	100	100
50	50	50	50
25	25	25	25
10	10	10	10
5	5	5	5
2.5	2.5	2.5	2.5
1	1	1	1
0.5	0.5	0.5	0.5
0.25	0.25	0.25	0.25
0.1	0.1	0.1	0.1
0.05	0.05	0.05	0.05

Dist. en metros	Dist. en metros	Dist. en metros	Dist. en metros
1000	1000	1000	1000
750	750	750	750
500	500	500	500
250	250	250	250
100	100	100	100
50	50	50	50
25	25	25	25
10	10	10	10
5	5	5	5
2.5	2.5	2.5	2.5
1	1	1	1
0.5	0.5	0.5	0.5
0.25	0.25	0.25	0.25
0.1	0.1	0.1	0.1
0.05	0.05	0.05	0.05

TABLA N° 7

Teniendo ya especificado la manera de llevar a efecto el cálculo de los conductores y de los ductos procederé a efectuar el cálculo del alambrado llevando para esto la siguiente secuencia:

a) Se determina la potencia total del circuito considerando ya el número de luminarias que abarca.

b) Se calcula la corriente total del circuito por medio de la fórmula siguiente:

$$I = \frac{W}{V \times \text{Cos } \phi}$$

De donde:

I = Corriente total del circuito en ampers.

W = Potencia total del circuito en watts.

V = Voltaje de alimentación del circuito en volts.

Cos  $\phi$  = Factor de potencia del circuito = 0.8.

c) Se consideran los calibres a criterio considerando que la corriente se irá sumando en el transcurso del circuito.

d) Se miden distancias que existen desde el tablero a los circuitos.

e) Se calcula la caída de voltaje del conductor por las fórmulas antes descritas.

f) Se recalculan los calibres empezando por la carga más lejana considerando el calibre que se supuso.

---

Para nuestro cálculo de conductores, tomaremos el - circuito A del centro de carga CC<sub>1</sub> ya que considero que será bastante el explicar el cálculo de este circuito pa ra entender la forma de efectuarlo.

#### CIRCUITO A

Consta de 5 (cinco) luminarias vapor de mercurio de 400 watts, que nos dará una potencia total de 2000 watts en todo el circuito. Por lo siguiente tendremos una corriente en dicho circuito de:

$$I_a = \frac{W_a}{V_a \times \text{Cos } \theta} = \frac{2000}{220 \times 0.8} \text{ amps.}$$

$$I_a = 11.2 \text{ amps.}$$

Según la Tabla No. 5 que nos da el calibre adecuado por ampacidad nos dice que un conductor calibre No. 14 - puede conducir hasta 15 ampers, pero dado que el ducto - en donde va a ir alojado llevará más de 7 conductores se verán afectados por el factor de corrección de valor de 1.43.

$$I_{ar} = 11.2 \times 1.43 \text{ ampers}$$

$$I_{ar} = 16.1 \text{ ampers.}$$

Con este resultado se podrá ver que el calibre No. - 14 es inoperante por lo que se alimentará con calibre - No. 12 hasta la primera carga y No. 14 hasta la última - luminaria.

---

En nuestro circuito tenemos una distancia de 25 mts.

a la primera carga y entre luminaria y luminaria de 5 -  
mts., por lo que la caída de voltaje hasta la última car-  
ga será:

$$\% C_t = \frac{2 L I}{220} 100$$

Para calibre No. 12 = 5.211

Para calibre No. 14 = 8.258

Los ampers que consumirá cada lámpara serán:

$$I_1 = \frac{400}{220 \times 0.8} = 2.24 \text{ amps.}$$

Por lo que el % de caída de tensión será:

$$\% C_t = \frac{2[(0.005(2.24)+0.005(4.48)+0.005(6.72)+0.005(8.96)] 8.25 + \frac{11.2 \times 0.025 \times 5.21}{220}] 100}{220}$$

$$\% C_t = \frac{2(0.92 + 145)}{220}$$

$$\% C_t = 2.1$$

Que como se podrá observar está dentro del valor --  
permisible asignado para este circuito. Todos los demás cir-  
cuitos serán alimentados de la misma manera que en circuito anterior  
ya que también se verán afectados por el factor de corrección eleván-  
dose su corriente como ya lo vimos anteriormente hasta un valor de -  
16.1 amps.

Los circuitos irán conectados al centro de carga de la siguiente manera:

Circuito	A	entre	fases	A y B
"	B	"	"	B y C
"	C	"	"	C y A
"	D	"	"	A y B
"	E	"	"	B y C
"	F	"	"	C y A

Quedándonos el diagrama para cada 2 circuitos de la siguiente manera:

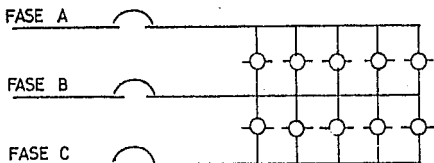


FIG 2

De esta manera como se puede ver se ahorrará en un hilo a todo lo largo de la alimentación, pero como el hi lo común llevará el doble de corriente que los ya calculados, recalcularemos este conductor para su nueva corriente.

$$I = 22.4 \text{ amps.}$$

Por conductividad las tablas nos dicen que un conductor No. 10 sería el adecuado.

Al recalcular por caída de tensión tenemos que al llegar a la primera carga se seguirán conservando los mismos conductores antes calculados por lo que podemos auxiliarnos del cálculo hecho con anterioridad.

$$\% C_t = \frac{2 [0.92 + 0.025 (22.4) 3.37 + 0.025 (11.2) 5.21] 100}{220}$$

$$\% C_t = 2.3$$

Que como se puede apreciar queda dentro del valor permisible para nuestra regulación.

Todas las demás áreas de nuestro edificio se fueron calculando de la misma manera que acabamos de describiendo tomando como base siempre economía y buen funcionamiento del sistema.

#### SELECCION DE DUCTOS.

Teniendo ya la base de los conductores que irán alojados en cada ducto nos auxiliaremos de la Tabla No. 3 - y obtuvimos los diámetros necesarios para nuestra insta-

lación. Ver plano 1 E 1.

f) SELECCION DE TABLEROS E INTERRUPTORES.

Los interruptores termomagnéticos de protección en los tableros se utilizarán en las áreas de talleres como apagadores por lo que los tableros quedarán en un lugar de fácil acceso y estratégicamente colocados para que no queden a una distancia considerable de los circuitos que vayan a alimentar para así economizar en lo más posible de conductor.

Dado que las luminarias de vapor de mercurio estarán alimentadas a 220 volts se utilizarán interruptores de 2 polos y dado que el número de circuitos son 6 en dicho taller, más 2 circuitos en área de control de calidad se utilizará un centro de carga para 12 polos, 3 fases y un neutro todo esto para el taller de carpintería que desde con anterioridad nos estamos basando en el para hacer todos nuestros cálculos.

Para el cálculo de las zapatas principales del centro de carga utilizaremos la siguiente fórmula:

$$I_f = \frac{W_f}{1.73 \times V \times 0.8} \text{ amps.}$$

De donde:

$W_f$  = Potencia total de los circuitos alimentados por tablero.

$I_f$  = Corriente total del tablero.

$$W_f = 400 \times 30 = 12000 \text{ watts.}$$

$$I_f = \frac{12000}{1.73 \times 220 \times 0.8} \text{ amps}$$

$$I_f = 38 \text{ amps.}$$

Dado la corriente, instalaremos un centro de carga con zapatas principales de 50 amps., que es el inmediato superior del valor encontrado.

En cuanto a la unidad térmica que servirá de protección para cada circuito la pondremos de un valor de 15 - amps. ya que ningún circuito consume más de esa corriente. El diagrama unifilar para este centro de carga quedará de la siguiente manera.

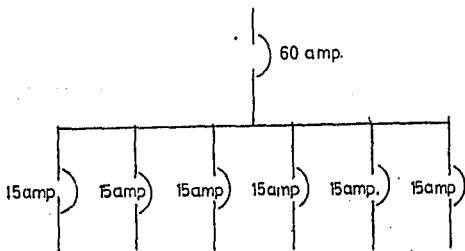


FIG 3



## g) LISTA DE MATERIAL

## LUMINARIAS:

Luminaria Marca Holophane o similar tipo industrial 2 x 74 watts, 220 volts con balastra integral .....	31
Luminaria marca Holophane o similar tipo industrial 2 x 38 watts 220 volts, con balastra integral .....	7
Luminaria marca Holophane o similar Prispack, - 400 watts, 220 volts vapor de mercurio con bulbo R 57, blanco normal .....	74
Posta-spots para empotrar con spot de 75 watts-incandescente .....	4

## TABLEROS:

Centro de carga F.Pacific, tipo N.A. clase 1000, cat. NA 312-24, 12 circuitos, 4 hilos, 3 fases, con zapatas principales de 100 amp. 220/127 volts	2
Centro de carga marca F. Pacific, tipo N.A. clase 1000, cat. 102-4F, 4 circuitos, 4 hilos, 3 - fases con zapatas principales de 50 amp. 220/127 volts .....	1

## INTERRUPTORES:

Interruptor termomagnético tipo NA 215, 2 polos ...	18
---	----

Interruptor termomagnético tipo NA 215, 2 polos ..	18
Interruptor termomagnético tipo NA 015, 1 polo ...	3

## TUBERIAS:

Tuberfa conduit pared gruesa galvanizada en 12.7 mm	75 tr
Tuberfa conduit pared gruesa galvanizada en 19.0 mm	15 tr
Tuberfa conduit pared gruesa galvanizada en 25.0 mm	15 tr

## CONDUCTORES:

Cable tipo T W No. 14 .....	1100 mt
Cable tipo T W No. 12 .....	600 mt
Cable tipo T W No. 10 .....	250 mt

## CAJAS CONDULETS

Tipo E 17 mm .....	25 pz
Tipo C 17 mm .....	44 pz
Tipo L 17 mm .....	9 pz
Tipo T 17 mm .....	8 pz
Tipo T 27 mm .....	6 pz
Tipo LB 27 mm .....	7 pz
Tipo LB 37 mm .....	11 pz

## PLACAS, CONTACTOS Y APAGADORES:

Apagadores sencillos marca Royer con placas .....	5 pz
Contactos monofásicos con placas marca Royer .....	35 pz

---

Apagadores de escalera marca Royer con placa ... 4 pz

Se incluye un lote de material aislante, conectores, abrazaderas, chalupas, guías, taquetes y cajas.

---

### III. SISTEMA DE FUERZA

#### a) ENUMERACION Y DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA

Todo aquel motor que intervenga en el proceso de fabricación, será considerado dentro del sistema a la vez que su instalación, alimentación, protección, interruptores y la subestación aunque esta será estudiada en capítulo aparte.

El sistema de fuerza irá separado del de alumbrado para que de esta manera las operaciones de un sistema no interfieran con las del otro bajo ninguna circunstancia, ya que si por alguna falla, ampliación o reparación de las instalaciones de fuerza se interrumpe el flujo de corriente, no se vea afectado el servicio de alumbrado y el trabajo no se interrumpa en las demás áreas, y permitirá que la operación que se vaya a efectuar en el sistema de fuerza se realice sin tener que incurrir en otros medios de iluminación. Por el contrario si se presentara la interrupción en el sistema de alumbrado por x motivo la instalación independiente de las líneas de producción continuarán en servicio y la producción no se detendrá.

La lista de maquinaria fue proporcionada por el Ingeniero de producción de dicha planta, siendo el contratista el que investigó los datos de placa de los motores que moverán a dicha maquinaria.

ENUMERACION DE LA MAQUINARIA

DESCRIPCION	H.P.	VOLTS	FASES
TROMPO	3	220	3
TROMPO	3	220	3
SIERRA CINTA	3	220	3
SIERRA CIRCULAR	3	220	3
CEPILLO CANTEADOR	5	220	3
TORNO	3/4	117	1
LIJADORA	3	220	3
PRENSA PALETA	8	220	3
COMPRESOR	1½	117	1
COMPRESOR	1½	117	1
MAQUINA DE COSER	1½	117	1
COMPRESOR	2½	220	3
PUNTEADORA	8.8	220	3
TALADRO DE BANCO	3/4	220	3
TALADRO DE BANCO	3/4	220	3
ESMERIL DE BANCO	2	220	3
EXTRACTOR DE AIRE	3/4	117	1
EXTRACTOR DE AIRE	3/4	117	1
EXTRACTOR DE AIRE	3/4	117	1
SOLDADORA	2	220	2
SOLDADORA	2	220	2
SOLDADORA	2	220	2

## b) DETERMINACION DE CIRCUITOS.

### a) TALLER DE CARPINTERIA.

El tablero de Fuerza  $F_1$  se instalará entre el eje 5 y 6 sobre el eje B, quedando así lo más cerca posible -- del interruptor general, se tenderá de este tablero de fuerza un ducto de cemento de 2 (dos) vías que servirá -- también para llevar alimentación al tablero de Fuerza  $F_2$ , esta línea irá perpendicular al eje B entre el eje 5 y 6 y llevará alimentación a los motores distribuidos en mitad del taller y cargados más hacia el eje B, que son los motores marcados con los números 3, 4 y se dejará -- preparación para una futura ampliación de 2 maquinarias -- más.

Otra línea saldrá paralela al muro del eje B, para alimentar a los motores marcados con los números 1 y 2, -- para de ahí seguir la línea para llevar alimentación a -- la línea de contactos monofásicos y bifásicos que nos -- servirán para conectar todas las herramientas que se necesitan para el proceso de fabricación.

El tablero  $F_2$  quedará entre el eje 5 y el 6 cargado sobre el eje F, y como se había dicho ya anteriormente -- se conectará el interruptor general por medio de un ducto de cemento de 2 vías, que servirán también para llevar alimentación a los motores colocados en el centro -- del taller y cargados hacia el eje F, que son los motores marcados con los números 5, 6 y 7 además de la preparación que se dejó para una futura máquina. Otra línea -- de este tablero saldrá paralela al eje F para llevar alimentación a los motores marcados con los números 8 y 9 --

y las líneas de contactos monofásicos y bifásicos.

A un costado de los tableros de fuerza se instalará un tablero de control para instalar los arrancadores de los motores que quedarán instalados en medio del taller y que tendrán su estación de botones instalados en la misma máquina.

Los tableros se procurarán instalarlos a una altura no mayor de 2.00 mts. a su lecho superior para así tener una buena visibilidad sin necesidad de un medio secundario.

#### b) TALLER DE HERRERIA..

Se instalará el tablero de fuerza  $F_3$  en el muro - - oriente del taller cargado hacia el eje 7 a la altura ya especificada en el taller de carpintería. La alimentación a los motores de las máquinas se llevará por medio de 2 ramales siguiendo cada uno el contorno del taller.

Se llevará una línea paralela al eje 7 por donde se canalizará la alimentación a los motores de las máquinas - - marcadas con los números 11, 12, 22 y 23 y los circuitos de los contactos monofásicos y bifásicos.

El segundo ramal saldrá paralelo al eje B y seguirá perpendicular a este al llegar al eje 8. Esta canalización será a base de 2 ductos de tubo conduit donde uno - - llevará la alimentación a los motores de las máquinas - - marcadas con los números 13, 15, 17, 19 y 21 y otra línea a los motores 14, 16, 18 y 20, también contactos monofásicos y bifásicos.

Todos los motores de este taller llevarán su arrancador magnético con su estación de botones sobre la misma máquina.

---

---



## c) CALCULO DE CONDUCTORES Y DUCTOS.

El primer requisito para calcular el calibre más adecuado de la alimentación a cada motor es conocer la corriente a plena carga y ésta se obtiene de la siguiente manera:

Conociendo la potencia nominal de cada motor el voltaje a que será sometido y el número de fases del mismo podemos calcularla a partir de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{746 \times H. P.}{1.73 \times V \times f.p. \times ef.}$$

Donde:

V = Voltaje entre líneas.

H.P. = Potencia nominal.

f.p. = factor de potencia

ef. = eficiencia del motor

La eficiencia de los motores eléctricos varía entre márgenes muy amplios aún para un mismo motor dependiendo de las circunstancias bajo las cuales se haga trabajar.- Hablando de eficiencia de plena carga esta varía según el tamaño de los motores; los motores grandes llegan a tener valores altos de eficiencia.

Aunado a esto, el factor de potencia, es conveniente recurrir a los datos proporcionados por el fabricante; a continuación haré una lista de los motores que usaremos en nuestro cálculo proporcionando los datos del fabricante:

## DATOS PARA MOTORES TRIFASICOS A 220 60 HZ.

H. P.	I	H. P.	I
1/3	1.2	1½	4.4
1/2	1.8	2	5.6
3/4	2.4	3	8.2
1	3.2	5	13.0

La corriente a plena carga para motores monofásicos se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{746 \times \text{H. P.}}{V \times \text{ef.} \times \text{f.p.}}$$

Para motores alimentados a 220 Volts, la corriente a plena carga será:

H. P.	I	H. P.	I
1/4	2.9 Amp.	1	6.4 Amp.
1/2	4.0 "	1½	10.4 "
3/4	4.8 "	2	13.6 "

Para motores alimentados a 117 Volts, será:

H.P.	I	H.P.	I
1/6	4.4 Amp.	1½	20 Amp.
1/4	5.8 "	2	24 "
1/3	7.2 "	3	34 "

H.P.	I	H.P.	I
1/2	9.8 Amp.	5	56 Amp.
3/4	13.4 "	7½	80 "
1	16.0		

Con los datos anteriores y las tablas para seleccionar el conductor por ampacidad y caída de tensión procederé a calcular los conductores que alimentará a cada motor.

Para la exposición de este trabajo me limitaré a explicar el procedimiento a seguir en el cálculo de 2 (dos) motores ya que para los demás será el mismo procedimiento empleado en estos.

Para llevar alimentación al motor marcado con el número 1, que es un motor trifásico de 3 H.P. a 220 volts- y que se encuentra a una distancia de 25 mts. del tablero de fuerza se procederá de la siguiente manera:

Auxiliándonos de la Fig. No. 3, vemos que el conductor apropiado por el método de ampacidad será el de calibre No. 14. Recalculando por caída de tensión vemos en la Fig. No. 5 que la resistencia Ohmica del conductor No. 14, es 8.25 por lo que la caída de tensión será:

$$\% C_t = \frac{1.73 \times 8.25 \times 0.025 \times 8.2}{220} \times 100$$

$$\% C_t = 1.3$$

---

Lo que indica que está dentro del margen de seguri-

dad, pero dado que hay motores que su corriente de arranque llega a tomar hasta el 600% del valor de la intensidad a plena carga consideraremos no instalar conductores de diámetro menor del No. 12, ya que este puede conducir hasta un valor de 30 amps. para que así la línea quede protegida para soportar la corriente de arranque de estos motores.

Llevar alimentación al motor No. 13 de 8.8 K.W. - - (13 H.P.) trifásico, alimentado a 220 volts, y a una distancia de 35 mts. del tablero de fuerza.

Para el cálculo de la alimentación a este motor utilizaremos la tabla No. 7 que nos dará directamente el calibre adecuado. Consideraremos una caída permisible del 3% para dicho motor; en la columna que marca los H.P. a 220 volts, se localiza el valor de 13, en el renglón de la parte inferior de la tabla se busca el que marque 3% y 220 volts, se marca la distancia a que se encuentra el motor y se trazan las coordenadas, en la intersección de estas nos indicará una área que nos da el calibre adecuado y que es del No. 8.

Ahora calcularé la carga conectada a cada tablero para así calcular el calibre adecuado que servirá para alimentar a cada uno.

El tablero de carga  $F_1$  suministrará alimentación a los motores 1, 2, 3, 4, y 5; además a los circuitos monofásicos y bifásico. Para estos circuitos se les calculará una carga de 3 H.P., dado que aunque se instalaran motores de hasta 1 H.P., y el número de contactos llegue a ser hasta 10, tendremos un factor de demanda de carga en

ellos de valor 0.6

TABLERO F - 1

MOTOR	H.P.	V	I
1	3	220	8.2
2	3	220	8.2
3	3	220	8.2
4	3	220	8.2
5	5	220	13.0
C-1	3	117	20.4
C-2	3	220	12.0
TOTAL:			78.2 Amps.

La distancia del tablero F<sub>1</sub> al interruptor general es de 30 metros por lo que calculando el calibre adecuado de igual forma que en los motores antes descritos y proporcionando un máximo de caída de tensión de 1.5% observamos en la tabla No. 7 que el conductor adecuado es del calibre No. 2.

Dado que tenemos que alimentar a un circuito monofásico de este tablero tenemos que llevar un hilo que hará la función del neutro, la carga que llevará a este conductor será la del circuito monofásico únicamente y que es de 20.4 Amps. La distancia es la misma o sea de 30.00 mts. por lo que con un calibre No. 10, será suficiente.

~~Por lo que la alimentación a este tablero quedará:~~

3 CONDUCTORES CALIBRE No. 2

1 CONDUCTOR CALIBRE No. 10.

El tablero de carga  $F_2$  proporcionará corriente a -  
los motores 6, 7, 8 y 9 más a un circuito monofásico y -  
un bifásico.

TABLERO  $F_2$

MOTOR	H.P.	VOLTS	I
6	3/4	117	13.4
7	3	220	8.2
8	8	220	19.0
9	14	117	20.0
$C_3$	3	117	20.4
$C_4$	3	220	8.2

TOTAL: 89.2 Amps.

La distancia del tablero de fuerza  $F_2$  al interruptor general es de 48.00 metros por lo que recurriendo a la tabla No. 7, observamos que el conductor apropiado es de calibre No. 1/0.

Dado que también este tablero tendrá que alimentar cargas monofásicas a 117 volts, es necesario llevar otro hilo que será el neutro. La carga más desfavorable será cuando el motor de 14" y el circuito monofásico trabajen a la par y que estén conectados a la misma fase, por lo que la corriente será de 40.4 amp. lo alimentaremos con-

un conductor también No. 8.

La alimentación al tablero de fuerza  $F_2$ , quedará:

3 CONDUCTORES No. 1/0

1 CONDUCTOR No. 8

El tablero de fuerza  $F_3$  alimentará a los motores --  
 marcados con el No. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18,-  
 19, 20, 21, 22 y 23 más un circuito monofásico a 117 - -  
 volts y un bifásico a 220 volts.

MOTOR	H.P.	VOLTS	I
10	1½	117	20
11	2	220	11.8
12	1½	220	9.0
13	2	220	11.8
14	10	220	21.0
15	¾	220	4.8
16	¾	220	4.8
17	2	220	11.8
18	¾	117	13.8
19	¾	117	13.8
20	¾	117	13.8
21	2	220	11.8
22	2	220	11.8
23	2	220	11.8
C - 5	3	117	20.4
C - 6	3	220	8.2

TOTAL: 214.00 Amps.

La distancia del tablero de fuerza  $F_3$  al interruptor general es de 10 metros y recurriendo a la tabla No. 7 vemos que el conductor apropiado para esta alimentación es de calibre No. 300 MCM.

El conductor neutro lo calcularé para 2 motores que será la corriente más crítica, tomaré por lo tanto el -- circuito monofásico y el motor No. 10 que nos darán una corriente de 40.4 amps. por lo que el conductor apropiado será del calibre No. 8.

La alimentación del tablero  $F_3$  quedará:

3 CONDUCTORES CALIBRE No. 300 MCM  
1 CONDUCTOR CALIBRE No. 8

La carga total de los tableros de fuerza será:

TABLERO F - 1	78.2 Amps.
TABLERO F - 2	89.2 "
TABLERO F - 3	214.0 "
CARGA TOTAL:	395.0 Amps.

---



#### d) SELECCION DE DISPOSITIVOS DE CONTROL Y TABLEROS.

La palabra control significa gobierno, mando o regulación, así cuando hablamos de control de un motor o máquina, nos referimos al gobierno, mando o regulación de las funciones de dicho motor o máquina. Aplicados a los motores los controles realizan varias funciones tales como las de arranque, aceleración, regulación de velocidad de potencia, protección, inversión y parada.

Existen 3 tipos de control: MANUAL, SEMIAUTOMATICO Y AUTOMATICO.

##### a) CONTROL MANUAL.

El control manual es una forma de mando o regulación que se ejecuta manualmente en el mismo lugar en que está situado el dispositivo de control. El más sencillo y conocido es el arrancador manual de pequeños motores a tensión nominal y se utiliza frecuentemente este arrancador donde solo es necesario la función de control para la puesta en marcha y parada del motor.

El arrancador manual proporciona generalmente protección o contra la sobrecarga y desenganche de tensión mínima, pero no protección contra baja tensión.

##### b) CONTROL SEMIAUTOMATICO.

Los controladores que pertenecen a esta clasificación utilizan un arrancador electromagnético y uno o más ~~dispositivos pilotos manuales tales como pulsadores, interruptores de maniobras, combinadores de tambor o dispo~~

sitivos análogos. Los mandos más utilizados son los cuadros de pulsadores a causa de que constituyen una unidad compacta y relativamente económica. Este control se utiliza principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control en aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible.

La clave de la clasificación como sistema semiautomático es el hecho de que los dispositivos piloto son accionados manualmente y de que el arrancador del motor es de tipo electromagnético. Mediante el uso de este arrancador, puede realizarse un cambio desde un lugar opuesto de trabajo cómodo o necesario, lo que no es posible con el control manual que debe maniobrarse en el mismo lugar en que está situado el arrancador.

#### c) CONTROL AUTOMÁTICO.

Un control automático está formado fundamentalmente por un arrancador electromagnético o contactor cuyas funciones están controladas por uno o más dispositivos piloto automáticos. La orden inicial de marcha puede ser automática, pero generalmente es una operación manual realizada en un panel de pulsadores o interruptores.

Una de las funciones de los circuitos de control es la puesta en marcha de los motores. En la selección del equipo para la puesta en marcha de un motor deben tenerse varios factores generales, los más obvios de ellos son la corriente, la tensión y la frecuencia nominal del motor y de los circuitos de control. Los motores necesitan protección de acuerdo con el tipo de servicio tipo -

de motor y funciones de control que requieren.

Dependiendo de la capacidad de corriente de la instalación de la planta y el tipo de motor utilizado, se procederá a emplear un control de arranque a tensión nominal o uno a tensión reducida.

**ARRANQUE A TENSION NOMINAL.**- El requisito de este tipo de arranque es simplemente la conexión directa del motor a la línea de alimentación. El arrancador más empleado de este tipo es el que dispone de un contactor electromagnético para realizar la conexión directa del motor a la línea. Cuando se considere la adopción del arranque a plena tensión es necesario inspeccionar los conductores de la instalación así como la capacidad del sistema de distribución.

La protección contra sobrecargas del motor es proporcionada por dos reelevadores sensibles a la corriente, conectadas en serie con los devanados del motor; si este toma de la línea una corriente mayor que la normal como resultado de una sobrecarga en el motor, se abre un contacto en el circuito de control del arrancador desconectando la bobina y abriendo los contactos del arrancador. Para restablecer la corriente es necesario oprimir nuevamente el interruptor de botones. Ver Fig. No. 4.

**ARRANQUE A TENSION REDUCIDA.**- Los motores jaula de ardilla y otros de corriente alterna pueden absorber hasta el 600% de la intensidad nominal en condiciones severas de arranque, por lo que la gran corriente de línea que toman estos motores al arrancar a plena tensión es ~~perniciosa a causa de la posible rápida caída de tensión~~ del circuito de alimentación con el consiguiente amorti-

guamiento de las lámparas conectadas a la misma línea, - así como efectos convenientes sobre otros dispositivos - también conectados.

La manera más propia de eliminar estos inconvenientes es proporcionar el arranque mediante un arrancador - a tensión reducida, ya sea mediante el sistema de resistencias primarias o autotransformadores o reactancias, a fin de reducir la tensión de la línea hasta un valor deseado durante el arranque.

Los compensadores de arranque así llamados a los - autotransformadores para motores trifásicos pueden estar formados por dos devanados en DELTA abierta o por tres - devanados conectados en ESTRELLA.

Las derivaciones en los devanados del compensador - permiten la selección de una tensión de arranque de la - cuarta parte a la mitad del valor nominal lo que depende rá del par de arranque necesario para conseguir que el - motor y su carga conectada adquiera velocidad. Así si se aplica a las bornas del motor la mitad de la tensión de - la línea, la corriente del motor será la mitad de lo que sería a plena tensión pero la corriente de la línea se - verá reducida a la cuarta parte del valor de plena ten-- sión con lo que suavizará el choque sobre el circuito de alimentación; sin embargo el par de arranque se reduce - igualmente a una cuarta parte de lo que sería en el otro caso, con el consiguiente aumento de tiempo necesario pa - ra alcanzar la plena velocidad.

---

El funcionamiento de estos arrancadores es de la ma - nera siguiente: Cuando se oprime el botón de arranque un

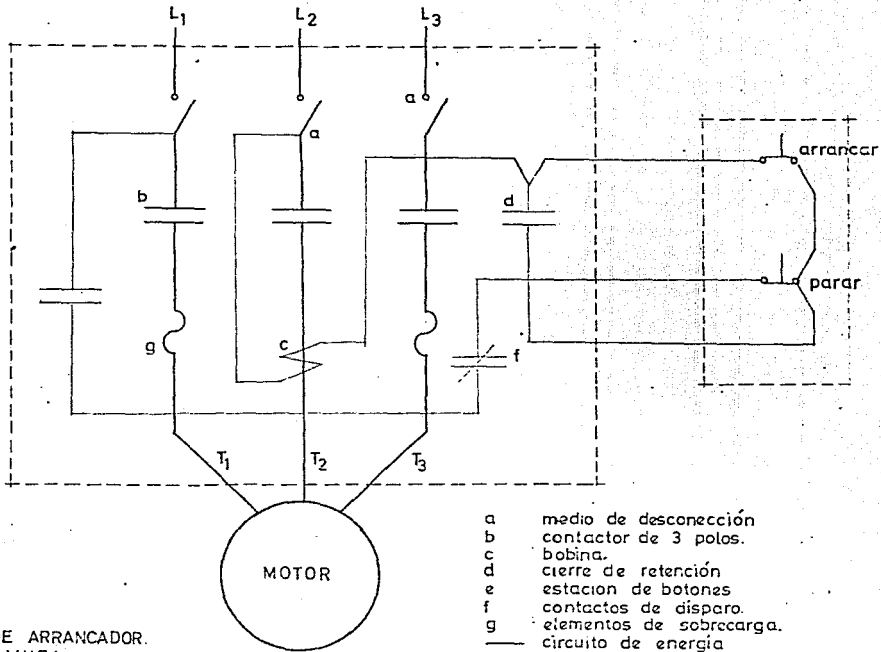
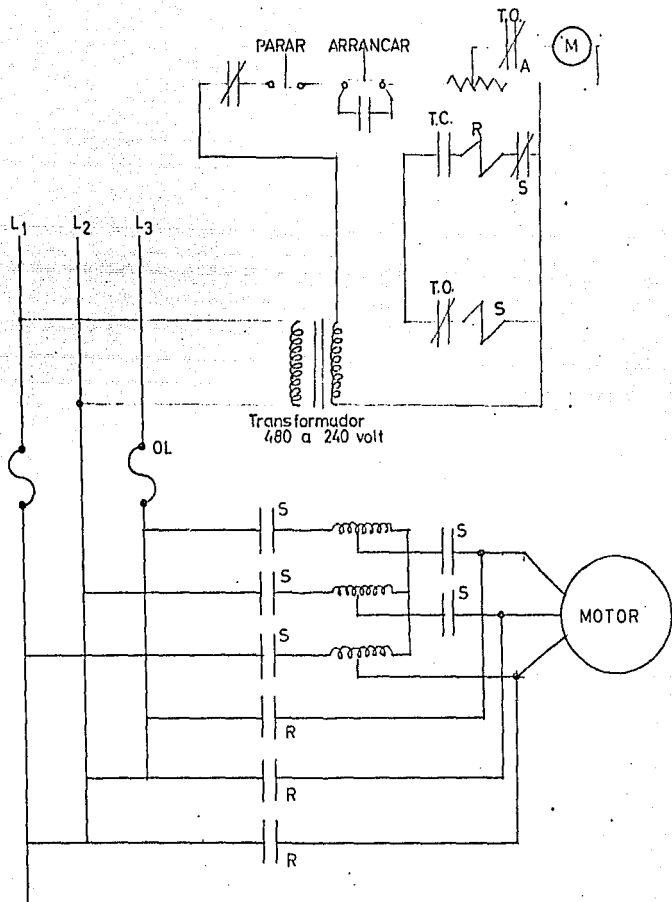


DIAGRAMA DE ARRANCADOR.  
DE LINEA

interruptor magnético de 5 polos conecta el auto-trans--  
formador a la línea y unas derivaciones de este que po--  
seen aproximadamente el 70% del voltaje de la línea se -  
conectan a las terminales de motor. Esta acción constitu  
ye la parte de arranque a voltaje reducido del ciclo y -  
el motor comienza a funcionar, después de transcurrir va  
rios segundos un reelevador de tiempo, abre el primer -  
contacto y cierra el segundo de 3 polos esta acción des  
conecta al auto-transformador de la línea y conecta el -  
motor directamente a través de ella. Ver Fig. No. 5.



ARRANCADOR TIPO AUTOTRANSFORMADOR.

FIG 5

## PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS:

La sobrecarga de un motor puede ser originada por alguna falla mecánica o eléctrica, por consiguiente la protección contra la sobrecarga debe de satisfacer a ambas.

La corriente que absorbe de la línea un motor es proporcional a la carga aplicada al motor, así pues, si esta corriente se emplea para activar el dispositivo de protección la sobrecarga la máquina y el motor estarán protegidos.

La protección contra la sobrecarga generalmente se obtiene en los controladores conectando elementos térmicos bimetálicos en serie con dos conductores que alimentan al motor, por lo menos en los motores trifásicos. Estos elementos térmicos al calentarse debido a la intensidad actúan sobre contactos que abren el circuito de la bobina excitadora de un contactor electromagnético. Cuando se utilizan en arrancadores o controladores manuales los elementos térmicos disparan un dispositivo mecánico que abre los contactos del interruptor de la línea.

Este tipo de dispositivo contra sobrecarga es sensible al porcentaje de sobrecarga por tanto una pequeña sobrecarga en el sistema tardará algún tiempo en disparar el rele, mientras una sobrecarga grande abrirá instantáneamente el circuito. Sin embargo el rele de sobrecarga no proporciona protección contra corto circuito. Es muy posible que en condiciones de corto circuito el rele se mantenga atraído durante suficiente tiempo, dando con esto motivo a que el motor y el mecanismo sufran algún da-

---



ño considerable.

Sería imposible subestimar la necesidad de hacer una solución correcta del equipo protector contra sobrecargas. En la selección de los elementos térmicos para los reles de sobrecarga habrá que atenerse a la intensidad nominal de funcionamiento indicada por el fabricante del motor.

La práctica demasiado frecuente de aumentar el valor nominal del elemento térmico rebasando el valor requerido es probablemente la causa principal de las fallas de los motores en las plantas industriales. Cuando un motor dispara reiteradamente su dispositivo contra sobrecargas deberá hacerse una verificación meticulosa de la corriente que absorbe realmente a fin de determinar si el defecto radica en el dispositivo protector contra la sobrecarga o es que el propio motor absorbe una corriente excesiva, si ocurre esto último habrá que determinar si está originado por una sobrecarga mecánica o por que los arrollamientos del motor están defectuosos. Actualmente ocurre muchas veces que las primas de producción inducen al operario a exigir de su máquina más potencia de la que corresponde al motor que la acciona haciendo que este trabajo forzado. La práctica de regular la protección contra sobrecarga para una intensidad mayor que la admisible conducirá a hacer más frecuente los periodos de inactividad del equipo cada vez que sea necesario rebobinar o reemplazar el motor por averfa.

Cuando falle una fase de un circuito del motor este trabajará como monofásico lo que será causa de una intensidad excesiva en los otros arrollamientos y conductores

---

del motor. En la mayoría de los casos la sobre-intensidad hará que se disparen las unidades de sobrecarga desconectando así el motor de la línea e impidiendo que sequen sus devanados.

En ciertas condiciones de carga es posible que el motor trabaje como monofásico por la falta de una fase - sin que lleguen a actuar los dispositivos térmicos y sequen sus devanados, aunque el dispositivo de protección disponga de dos elementos térmicos. Por esta razón para una mayor protección hay que considerar un tercer elemento térmico para en caso de falla de una fase.

Como ya se había mencionado anteriormente los motores jaula de ardilla y otros absorben hasta un 600% de la intensidad nominal en condiciones severas de arranque. Cualquier carga que exceda de este límite se considera como corriente de corto-circuito. Como los reles térmicos antes mencionados necesitan un cierto tiempo para entrar en acción no pueden proporcionar protección contra los cortos-circuitos.

La línea que alimenta a un motor debe estar provista de corta-circuitos fusibles o de un dispositivo automático que interrumpa rápidamente la corriente en el caso de corto-circuito en el motor. Los fusibles deben abrir el circuito mucho más rápidamente que los reles de sobrecarga en condiciones de corto-circuito. La mejor protección se obtiene con un dispositivo doble que comprende el fusible para en caso de corto-circuito y un elemento interruptor que actúa en caso de sobre-intensidad.

---

El uso de estos dispositivos para la protección contra corto-circuito ofrece un retardo de tiempo que permite la sobre-intensidad de arranque sin que se abran los contactos del mecanismo térmico. Este retardo es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente, cuanto mayor es la sobrecarga más corto es el tiempo necesario para que se abra el circuito.

Dado que la tensión de la línea que alimenta a los circuitos del motor puede disminuir hasta un valor peligrosamente bajo o puede anularse en un instante imprevisto, es necesario que a los motores de gran potencia se le preeve de un rele especial de tensión para que en dichos casos se desconecte el motor. En la mayoría de los motores de poca potencia esta misión queda encomendada a los reles de sobrecarga que abrirán el interruptor o contactor.

Para la selección de interruptores se han establecido normas para la intensidad de régimen o de disparo máximo de dichos dispositivos. (ver Tabla No. 8).

% DE LA INTENSIDAD A PLENA CARGA

TIPO DE MOTOR	INTENSIDAD DE REGIMEN DE - LOS FUSIBLES.	INTENSIDAD DE DISPARO DEL INTERRUPTOR	
		TIPO INSTANTANEO	TIPO LIMITADOR DE TIEMPO
Monofásico todos los tipos jaula de- ardilla, sincrónico	300	700	250
Jaula de ardilla y- sincrónico (arran- que autotransforma- dores)	300	700	250
No más de 30 amp.	250	700	200
más de 30 amp.	200	700	200
Jaula de ardilla de gran reactancia.			
No más de 30 amp.	250	700	250
más de 30 amp.	200	700	200
Rotor bobinado	150	700	150
Corriente continua.			
No más de 50 H P	150	250	150
más de 50 H P	150	175	150

Tabla No. 8

Considerando las especificaciones anotadas en la tabla No. 8 y atendiendo la corriente de plena carga de los motores observamos que los interruptores apropiados para la protección de los motores serán:

Para motor de 1½ H.P.	220 Volts	Interruptor 15 Amp.
Para motor de 2 H.P.	220 Volts	Interruptor 15 "
Para motor de 3 H.P.	220 Volts	Interruptor 20 "
Para motor de 5 H.P.	220 Volts	Interruptor 30 "
Para motor de 8 H.P.	220 Volts	Interruptor 40 "
Para motor de 10 H.P.	220 Volts	Interruptor 50 "

Para motores monofásicos a 117 Volts.

Motor de 1½ H.P.	Interruptor de 40 Amp.
Motor de 2 H.P.	Interruptor de 50 Amp.
Motor de ¾ H.P.	Interruptor de 20 Amp.
Motor de ½ H.P.	Interruptor de 15 Amp.

Para motores de menos de ½ H.P. se protegerán con interruptores de 15 Ampers.

Para motores Bifásicos a 220 Volts.

Motor de ¾ H.P.	Interruptor de 15 Amp.
Motor de 1 H.P.	Interruptor de 15 Amp.
Motor de 1½ H.P.	Interruptor de 20 Amp.
Motor de 2 H.P.	Interruptor de 30 Amp.

## e) LISTA DE MATERIAL.

## TABLEROS

## 3 POLOS:

- 1 Interruptor termomagnético tipo AIB - 350
- 1 Interruptor termomagnético tipo AIB - 340
- 1 Interruptor termomagnético tipo AIB - 300
- 8 Interruptor termomagnético tipo AIB - 320
- 6 Interruptor termomagnético tipo AIB - 315

## 2 POLOS:

- 2 Interruptor termomagnético tipo AIB - 215
- 1 Interruptor termomagnético tipo AIB - 220

## 1 POLO:

- 8 Interruptor termomagnético tipo AIB - 140
- 1 Interruptor termomagnético tipo AIB - 150
- 3 Interruptor termomagnético tipo AIB - 120

## TABLEROS

- 1 Tablero de distribución marca SquareD tipo NAIB, Cat. 14-3L para 14 polos, 3 fases, 4-hilos con zapatas principales de 150 amps.- 220/127 Volts.
- 1 Tablero de distribución marca SquareD tipo NAIB, Cat. 20-3L para 20 polos, 3 fases, 4-hilos con zapatas principales de 150 amps.- 220/127 volts.

1 Tablero de distribución marca SquareD tipo NAIB Cat. 42-3L para 42 polos, 3 fases, 4 hilos con zapatas principales de 225 amps. 220/127 volts.

#### ARRANCADORES:

- 3 Arrancador manual SquareD clase 2510 tipo FG - 2
- 3 Arrancador magnético SquareD clase 8536 tipo BG-1
- 14 Arrancador magnético SquareD clase 8536 tipo BG-2
- 1 Arrancador magnético SquareD clase 8547 tipo CG-3
- 1 Arrancador magnético SquareD clase 8547 tipo CG-5
- 1 Arrancador magnético SquareD clase 8547 tipo DG-2

#### TUBERIA:

Tubo Conduit P.G. 3/8"	8 tramos.
Tubo Conduit P.G. 3/4"	20 tramos.
Tubo Conduit P.G. 1"	18 tramos.
Tubo Conduit P.G. 1 1/4"	15 tramos.
Tubo Conduit P.G. 1 1/2"	5 tramos.
Tubo Conduit P.G. 2"	14 tramos.

#### DUCTOS:

Ducto de cemento de 2 vías	80 tramos.
----------------------------	------------

---

## CONDUCTORES:

Cable tipo Viniphel 900 cl. No. 14	400 metros
Cable tipo Viniphel 900 cl. No. 12	1245 "
Cable tipo Viniphel 900 cal. No. 10	700 "
Cable tipo Viniphel 900 cal. No. 8	200 "
Cable tipo Viniphel 900 cal. No. 6	100 "
Cable tipo Viniphel 900 cal. No. 4	125 "
Cable tipo Viniphel 900 cal. No. 2/0	150 "

1 Lote de material vario, que incluye cajas cuadradas, --  
chalupas, abrazaderas, gufas, cinta aislante, taquetes,  
anclas, etc.

---



#### IV. SUBESTACION E INTERRUPTORES GENERALES

Uno de los aspectos más importantes que se deben -- considerar para la selección de un interruptor es la capacidad interruptiva del marco para corrientes de corto-circuito.

La corriente de corto circuito llega a alcanzar valores de miles de amperes, produciendo no solamente grandes cantidades de calor sino que también esfuerzos considerables en las barras conductoras que el marco tiene -- que soportar.

El caso de sobre-carga en un motor establece un valor de corriente mayor que el normal en los conductores de alimentación. La función del interruptor es entonces la de abrir el circuito para evitar que llegue a perjudicar al motor o a las líneas.

La corriente de plena carga asignada a un circuito no determina la capacidad interruptiva de un interruptor porque entonces este no permitiría el funcionamiento normal del circuito, el interruptor se debe de elegir con un valor un poco mayor pero sin llegar al extremo de un valor excesivo en que el interruptor permita que la sobrecarga dañe a el motor o a las líneas antes de sentir la corriente de disparo.

---

Como se puede observar en el desarrollo de nuestro trabajo se emplearán dos interruptores generales conectados en paralelo para independizar los sistemas de fuerza y alumbrado.

Estos interruptores serán montados en dos tableros de distribución tipo HL - PANEL y en los cuales pueden instalarse interruptores derivados con capacidades desde 15 amps. hasta 1000 amps. y un interruptor general con capacidad máxima de 1200 amps. Se pedirán estos tableros para un voltaje de 220/127 volts de C.A. con interruptores de capacidad interruptiva hasta de 75000 amps. simétricos.

Para la selección de los interruptores generales se deben de seguir al pie de la letra las reglas máximas del N.E.C. los requerimientos del interruptor termomagnético varían dependiendo de si hay uno o varios motores en el circuito.

Para circuitos con un solo motor el interruptor debe tener una capacidad continua de no menos del 115% de la corriente a plena carga del motor. antes de aplicar un interruptor de una capacidad igual o cercana al valor que acabamos de mencionar hay que revisar el efecto de cualquiera de las siguientes condiciones alta temperatura, calentamiento dentro de la cubierta del interruptor debido a los agrupamientos de dispositivos que consumen corriente, arranque frecuente de motores y aceleración de los mismos durante un período largo.

Por lo tanto para cumplir con los requerimientos del N.E.C. la capacidad del interruptor debe de ser por lo menos 115% de la corriente del motor a carga plena y no más de 150%, 200% ó 250% de la corriente del motor a plena carga, dependiendo del tipo del motor y del dispositivo de arranque que se usen. Debido al infinito número de combinaciones de motores y cargas y debido a que -

los interruptores equivalentes de diferente fabricación tienen diferentes características de protección. Para interruptores de circuitos de motores las reglas del N.E.C. son de aplicación general y han sido establecidas como una guía según lo indica la limitación del 400%.

Cuando determinado motor es normal para cierto trabajo como pasa en el caso de una máquina herramienta para producción en serie es práctico y más económico escoger un interruptor que ofrezca protección más estrecha que uno escogido sobre las bases del N.E.C. En estos casos las características de arranque del motor generalmente disponibles en esas aplicaciones deben ser consideradas primero puesto que la magnitud de la carga máxima de arranque y la duración del período de aceleración para cierto motor determinado por la carga son las que dictan el tamaño mínimo del interruptor.

Si se aplica el interruptor de capacidad más baja que permite el arranque del motor, el resultado será que se logrará el más alto grado de protección.

Cualesquiera de estos dos factores: el máximo de la corriente de arranque o la duración de esta corriente -- pueden determinar o cual es el que debe de escogerse.

Mientras más alta sea la corriente de arranque más grande debe ser el ajuste del disparo instantáneo del interruptor. ~~Esto se hace con el objeto de evitar que la~~ corriente máxima de arranque haga actuar el elemento magnético del interruptor.

Para la mayoría de los circuitos de motores el va--

lor de la corriente a rotor bloqueado no es un factor decisivo en la selección de la capacidad del interruptor - ya que el elemento instantáneo no dispara al interruptor en una corriente menor de 900 - 1100% de capacidad continua a 1035 - 1265% de la carga completa del motor, aún cuando se use interruptor seleccionado al mínimo (115%). Este ajuste permitirá el arranque de motores de corriente alterna. La clave en el caso de motores de corriente alterna es la letra de código que se registra en las placas de los motores. Cuando más adelante sea la letra en el alfabeto mayor será la corriente de arranque de dicho motor.

Para cuando hay dos o más motores en un circuito derivado de máquinas herramientas, la capacidad del interruptor del circuito se basa en la corriente máxima de arranque de cualquiera de los motores en el grupo. Más las corrientes de carga plena de todos los demás motores en el grupo, que pueden estar en operación en un momento dado.

El interruptor se selecciona de la manera siguiente. Primero se determinan las corrientes a carga plena del motor más grande o los motores más grandes del grupo. Conociendo los tipos de motores y los métodos usados en el arranque, el motor que requiera la más alta capacidad de interrupción se puede determinar multiplicando los valores de carga plena por los porcentajes correspondientes ya descritos en la tabla No. 8.

---

Al valor más alto obtenido según el párrafo anterior se le sumarán las corrientes de carga plena de todos los otros motores. Si ninguna capacidad del interrup

tor corresponde a la cifra total se le asignará un con-valor inmediato superior al valor encontrado.

Para el tablero de fuerza F-1 la capacidad del interruptor vendrá dada por la suma de la corriente a plena-carga de todos los motores que alimenta excepto la del - motor No. 5 ya que de este se sumará su corriente de - - arranque y que nos da de una capacidad de 97.7 amps. por lo que se instalará un interruptor de 125 amp. ya que no los hay en el mercado de la capacidad encontrada.

Para el tablero de fuerza F-2 que nos da una corrien-te de 117.7 amps. se utilizará un interruptor de 150 -- amp. y para el tablero de fuerza F-3 que nos da una co--rriente de 220.1 amp. pondremos un interruptor de 250 -- amp.

A continuación enumeraré los interruptores usados - en cada tablero de distribución:

TABLERO	I	CAP.DEL INTERRUPTOR
F-1	97.7 Amp.	125 Amp.
F-2	117.2 Amp.	150 Amp.
F-3	220.1 Amp.	250 Amp.
CC-1	38.0 Amp.	60 Amp.
CC-2	76.0 Amp.	100 Amp.
CC-3	15.6 Amp.	40 Amp.

---

Para el cálculo del tablero general de fuerza se su-marán las corrientes de los tableros derivados más la co-rriente de arranque del motor No. 14, que nos da una co-rriente total de 412.9 amp. por lo que instalaremos un - interruptor de capacidad de 500 Amp.

Para el interruptor general de alumbrado la corriente nos da un valor total de 129.6 Amp. por lo que instalaremos un interruptor con capacidad de 225 Amp.

Para determinar la capacidad del transformador se considerará la carga total del edificio convirtiéndola en KILO-VOLT-AMPERS. (KVA) que es el dato necesario para solicitar el transformador.

Se calculan a partir de la fórmula siguiente:

$$\text{K.V.A.} = \frac{\mathcal{L} \times V \times 1.73}{1000}$$

Para nuestro caso el resultado será:

$$\text{K.V.A.} = \frac{511 \times 220 \times 1.73}{1000} = 194.4$$

Por lo que se instalará un transformador de 250 K.-V.A., que es de capacidad inmediata superior al valor en contrado.

---

Para la definición del transformador se hace bajo -  
las siguientes bases:

- A) CAPACIDAD
- B) NUMERO DE FASES
- C) MEDIO REFRIGERANTE
- D) FRECUENCIA
- E) TENSION EN EL PRIMARIO
- F) DERIVACIONES
- G) TENSION EN EL SECUNDARIO
- H) CONEXION EN EL PRIMARIO Y SECUNDARIO
- I) IMPEDANCIA
- J) SOBRECALENTAMIENTO
- K) CONSTRUCCION
- L) ACCESORIOS ESPECIALES
- M) CONDICIONES DE SERVICIO ESPECIAL.

Para encontrar la capacidad del transformador se --  
usará el método usado anteriormente en nuestro caso y -  
que nos dio una capacidad de 250 K.V.A.

La tensión en el primario estará dada por el alimen-  
tador de la compañía, en nuestro caso dado que tenemos -  
una subestación receptora que nos baja la tensión a 4160  
volts para alimentar a nuestras subestaciones secundarias  
será la que nos rija en nuestra tensión primaria.

Las derivaciones que tendremos en el primario del -  
~~transformador serán 2 arriba y 2 abajo de 2.5% cada una-~~  
que servirán para compensar la regulación del alimenta--  
dor.

El medio refrigerante más usual es el aceite, para instalaciones bajo techo o en aquellas donde un incendio provocado por el aceite tendría serias consecuencias al medio refrigerante puede ser el ascarel, o sea un aceite sintético no combustible, debido al costo de este tipo de refrigerante y aún más el tipo seco hace que no gocen de mucha popularidad este tipo de transformadores por lo que instalaremos en nuestro caso uno enfriado por aceite.

La tensión secundaria nos la darán todas las cargas que tendremos instaladas al sistema y será de 220/127 - volts. en conexión estrella.

La impedancia interesa en este tipo de cálculos por dos razones: 1) la necesidad de trabajar transformadores en paralelo, por lo que nos obligan a tener las impedancias sensiblemente iguales. 2) El deseo de limitar las corrientes de corto circuito. En cualquier caso el pedir una impedancia especificada aumenta el precio de un transformador y no es justificable variar una impedancia más allá de ciertos límites. La corriente de corto-circuito en el secundario es proporcional a la capacidad en KVA del transformador, por lo que por esta razón no conviene instalar un transformador muy grande con baja tensión secundaria es preferible instalar varios transformadores de tamaño mediano en forma independiente puesto que se ahorra considerablemente en interruptores secundarios y en cobre de los colectores dentro de los tableros.

Para poder estar seguros y como pruebas de seguridad a todo transformador se le deben de hacer las siguientes pruebas antes de empezar a dar servicio:

---



- A) HUMEDAD
- B) CONEXIONES
- C) RELACION DE TRANSFORMACION
- D) DERIVACIONES
- E) RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

Los transformadores están en las mejores condiciones de funcionamiento al ser enviados por el fabricante ya que han sido probados cuidadosamente y se encuentran perfectamente secos. Pero al ser recibidos deben examinarse antes de sacarlo del medio de transporte de envío y en el caso que exista evidencia de daños o desperfectos se harán las quejas necesarias a la Compañía transportadora y se dará aviso al fabricante.

La humedad se puede condensar sobre cualquier parte metálica si esta se encuentra a menor temperatura que el aire. Si existe producirá una disminución en la rigidez dieléctrica del aislamiento, lo cual podrá producir la falla del transformador.

Otra revisión importante es la de chequear las conexiones del transformador, para así asegurar que la conexión se efectuó a la tensión requerida y en el borne adecuado. Se recomienda pedirlos siempre a la tensión máxima.

Para efectuar la prueba de relación de transformación existen varios métodos, pero el más práctico consiste en aplicar una tensión y medir en el otro devanado la tensión por medio de voltímetros y transformadores de medida apropiados. Otro método que es el que usan los fabricantes es el de utilizar un transformador patrón cali

brado, con relación ajustable en pequeños escalones y se leen las diferencias de voltaje en el devanado secundario.

Para probar si las derivaciones del transformador son las especificadas se hace lo mismo que en la prueba de relación de transformación solo que las conexiones deberán hacerse con estas.

Debido a que el transformador será pedido ya con su aceite este deberá ser inspeccionado a fin de determinar si existen indicios de penetración, humedad u otros materiales extraños, de ser así se deberá vaciar totalmente y tratarse como si hubiese sido expedido sin el mismo, - no debiendo omitirse el secado en ningún caso. Las muestras del aceite se tomarán de la parte inferior del tanque y deberá tener de 22 KV entre dos discos de 25.4 mm de diámetro separados por 2.54 mm, si el resultado fuese inferior a la cantidad antes descrita no debe ponerse a trabajar el transformador.

Para encontrar la rigidez dieléctrica del aceite se utilizan los discos mencionados anteriormente colocando el aceite 0.5 lts. en un recipiente que será previamente lavado con el mismo aceite bajo prueba; el recipiente se llena estando tanto este como el aceite a la misma temperatura ambiente. Este aceite se dejará en reposo durante medio o un minuto para permitir la salida de cualquier burbuja de aire antes de aplicarle la tensión.

La tensión deberá aplicársele a razón de 3 KV por segundo aproximadamente debiéndose efectuar 5 rupturas con cada carga de aceite, después de lo cual se vaciará.

---

y se volverá a llenar del aceite de la muestra original. Se considera como rigidez dieléctrica el promedio de la tensión de ruptura de 15 pruebas.

Si la tensión de ruptura promedio resulta de 22.5 - KV o más el aceite se considera satisfactorio, si es de menos se recomienda hacer el cambio total de este o filtrarlo de suciedad y humedad.

En caso de no disponer de facilidades para efectuar las pruebas de rigidez dieléctrica las muestras podrán enviarse al fabricante o laboratorio especializado, teniendo cuidado de protegerlas contra humedad y suciedad.

En caso de existir humedad es necesario eliminarla pudiendo ser dentro del transformador, para esto se hace circular una corriente a través de los devanados mientras estos permanecen sumergidos en el aceite. La parte superior del tanque deberá permanecer abierta o bien que exista una buena ventilación.

El método consiste en calentar los devanados y el aceite a alta temperatura, manteniéndola durante un tiempo limitado, en condición de corto-circuito y con carga parcial en los devanados. La elevada temperatura del aceite se obtiene cubriendo el transformador con mantas para evitar que pierda calor. Cuando un devanado del transformador está en corto-circuito deberá aplicarse al otro solamente una fracción de la tensión nominal. Al aplicar este método si la carga del transformador no excede de la mitad o de las tres cuartas partes de la nominal la temperatura de los devanados quedará poco por encima de la temperatura máxima del aceite en la parte -

superior, de manera que esta es permisible sin que ocasiona deterioros en el aislamiento por recalentamiento local. Con buena ventilación la humedad que se separa en forma de vapor escapará a la atmósfera sin condensarse sobre la parte inferior de la tapa del transformador o en alguna parte del tanque.

La tabla No. 9 nos indica la corriente de corto-circuito en tanto por ciento de la corriente de plena carga que podrá utilizarse en este método de secado de transformadores, con las correspondientes temperaturas máximas del aceite superior permitidas por lo general una tensión del 5% de la nominal es suficiente para crear la corriente de circulación de los devanados.

La duración del secado deberá ser hasta que la rigidez dieléctrica del aceite superior e inferior sea durante 7 veces consecutivas de 26 KV.

Corriente de corto circuito en % de la de plena carga.		
TRANSFORMADORES	TRANSFORMADORES	TEMPERATURA MÁXIMA DEL ACEITE (parte superior)
%	%	°C
50	50	85
85	85	80
100	100	75

TABLA 9

## DESCRIPCION DE LA SUBESTACION.

El local que ocupará la subestación está colocado en el lado oriente del edificio, ocupando parte de lo que será el almacén de materia prima para el taller de Herrería. Por lo que se proyectará una subestación bajo-techo, para la localización de la subestación se consideraron los siguientes puntos:

- 1) Que se encuentre lo más cerca posible del centro de carga.
- 2) Que sea relativamente sencillo el alimentarla.
- 3) Que se disponga del espacio necesario.

Cualesquier tipo de subestación consta especialmente de tres secciones: la de línea de alta tensión o acometida, un transformador ya sea trifásico o un banco de transformadores monofásicos y un interruptor de control en el lado de baja tensión.

La última consideración respecto a la sección de bajo voltaje es la concerniente a la alimentación a los tableros generales desde el lado de baja tensión del transformador. Respecto a los interruptores estos ya se determinaron quedándonos por calcular la canalización y el calibre de los cables de alimentación.

El calibre de estos conductores los calcularé considerando la capacidad del transformador, y no así la carga que por el momento se le conectará ya que esta tenderá a aumentar con el tiempo según las ampliaciones que se hagan.

La carga se calculará bajo la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1000}{1.73 \times 220} \text{ amps.}$$

$$I = 656.5 \text{ amp.}$$

Dado el valor de la corriente conviene canalizar la alimentación en dos ductos de tubería conduit galvanizada para conducir la mitad de la corriente total en cada uno de ellos dado que dos conductores en paralelo pueden conducir una corriente cuatro veces mayor que un conductor con sección equivalente transversal.

La corriente a considerar será por lo tanto de 328.2 amps. la tabla por ampacidad nos dice que un conductor - tipo THW. cal. 400 MCM. puede conducir 360 amp. por lo - que serán 6 conductores de este calibre los que nos lleven la alimentación a los tableros principales.

El neutro lo formularán 2 conductores calibre No. 4.

Se tenderán dos ductos subterráneos entre un registro que se localizará a un lado del transformador y los tableros generales, de un diámetro de 76.00 mm. Los cables entre las bornas del transformador y el registro se canalizarán a través de dos mufas secas colocadas en el extremo superior de los dos tubos del mismo diámetro y - la llegada a los tableros generales se termina con un - juego de contra y monitor de 3" para cada uno.

---

La subestación constará por lo tanto de:

- 1 Transformador de 250 KVA, tres fases 60 H.Z. Autoenfriado en aceite con cuatro derivaciones a plena capacidad de 2.5% c/u., dos arriba y dos abajo; conexión primaria en delta a 4600 volt y conexión secundaria en estrella a 220/127 volts.
  
- 1 Sistema de tierra efectiva en una fosa de 4.50 mts. - de profundidad constando de placa de cobre al fondo, varilla Copper Weld de tres metros por 5/8" colocada verticalmente en el centro del foso y rodeadas por una mezcla de sal cisco y carbón, conectadas por un cable desnudo de calibre No. 2 AWG. y a la estructura de la subestación al armazón del transformador y a las cajas de los tableros generales.
  
- 3 Corta-circuitos de potencia para 4160 volts, tipo SMD -20 de ácido bórico para montaje vertical. Constituyen la protección en el lado de alta tensión del transformador cuando exista un corto-circuito.
  
- 1 Estructura para recibir los corta-circuitos de potencia, formada de ángulo de 1½" x 1½" x ½".

Se construirá una cerca de alambre con puerta y canda, además un sistema de drenaje para las aguas de limpieza y aceite.

#### LISTA DE MATERIAL

- 1 Transformador de 250 KVA, tres fases cuatro hilos 60-HZ autoenfriado en aceite, con cuatro derivaciones a plena capacidad de 2.5% dos arriba y dos abajo, voltaje de 4160 - 220/127 volts. en conexión delta estrella.

II) 1 Tablero de distribución marca SquareD tipo ML- PA\_ NEL con puerta embisagrada y llave para servicio - de 220/127 volts, 3 fases, 4 hilos, con los interruptores siguientes:

1 Interruptor general tipo MA cat. MAL 36500 para -- 500 amp. con voltaje máximo de 600 volts, con calibración del elemento magnético en ampers de 2500 a 5000 amps.

1 Interruptor general tipo LA cat. LAL 36225 para - 225 amp. para un voltaje máximo de 600 volts. con calibración del elemento magnético de 1125 a 2250- amps.

1 Interruptor termomagnético AIB-340 3F. 4 H. 40 - - Amps.

1 Interruptor termomagnético AIB-360 3F 4 H. 60 Amps.

1 Interruptor termomagnético KAL3150 3F 4 H.150 Amps.

1 Interruptor termomagnético KAL3250 3F 4 H.250 Amps.

### III) TUBERIA

6 Tramos de tubería conduit galvanizada de 3" Ø

6 Codos de tubo conduit galvanizado de 3" Ø

### IV) CONDUCTORES

70 mts. de cable V 900 calibre 400 MCM.

---



25 mts. de cable V 900 calibre 4 AWG

V) MATERIAL VARIO

- 1 Varilla Coppre Weld de 3 mts.
  - 1 Estructura de fierro de 1½" x 1½" x ¼".
  - 1 Juego de Cuchillas fusibles para 100 Amps, 4160 -- volts.
  - 3 Mufas marca domex de 3" Ø
  - 1 Lote de material de fijación, cinta aislante tipo vicil y tricil para efectuar los conos de alivio.
  - 1 Extintuidor contra incendios
  - 1 Tarima aislante con tapete de hule antiderrapante
  - 1 Pértiga telescópica de fibra de vidrio.
  - 1 Estante para guardar equipo como botas, guantes y casco.
-

## V. BIBLIOGRAFIA

Control de Motores eléctricos.

R.L. McIntyre.

Manual Eléctrico de Plantas Eléctricas.

Phelps-Dodge Pycsa, S.A.

Carlos Luca.

Manual de Mantenimiento del IMSS.

Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Catálogo de Squard Co.

---