

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería



**Instalación Eléctrica de una Planta Industrial para la
Fabricación de Tubulares y Tableros de Lámina
Metálica**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

**Jesús Contla Ferman
Feliciano de la Cruz Hernández
Francisco Garnica Resenos
Silvino Marcial Alvarado
Ausencio Vázquez Elizalde**

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

P R O L O G O .

El presente trabajo trata lo relativo al proyecto de instalación eléctrica de una planta industrial con capacidad de 1000 KVA, 440V, para la fabricación de tubulares y tableros de lámina de acero.

El proyecto tiene por objeto presentar el desarrollo de la instalación para obtener una visión general de la misma.

Como se trata de una planta tipo, se ha partido de una serie de necesidades eléctricas presentadas por el industrial y demás personal que labora en las diversas funciones de la planta.

El área de la planta es del tipo "no peligrosa", dado que no existen gases, polvos o fibras que pudieran ser inflamables, explosivos o causantes de algún otro problema. Por lo tanto, el equipo y material a utilizar será de uso general (clasificación NEMA 1).

Para la realización del proyecto se han tomado en cuenta varios factores como son, la seguridad y confiabilidad de los equipos, seguridad de las personas, economía, posible crecimiento de la planta, etc. Se han seguido los lineamientos establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas y las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la Dirección General de Normas.

El trabajo se ha desarrollado en cinco capítulos.

El primero incluye la descripción del proceso industrial y los aspectos generales sobre instalaciones eléctricas industriales.

El segundo capítulo comprende el sistema de alumbrado incluyendo el estudio de fuentes luminosas, curvas de distribución y los métodos de cálculo de alumbrado. También se ve el cálculo de los circuitos de alum-

brado.

En el capítulo tercero se ve el sistema de fuerza haciendo un análisis general de motores eléctricos y arrancadores. También se trata lo relativo a la selección de los elementos para la instalación de un motor y las grúas viajeras.

En el capítulo cuarto se estudia lo referente al sistema de tierras y pararrayos. Se ha incluido el cálculo de la red de tierras de la subestación (en la parte de transformación). La red de tierras de la S. E. de Acometida y la red general de tierras tienen un procedimiento de cálculo similar.

El capítulo quinto trata lo concerniente a la subestación y a la corrección del factor de potencia. Aquí se describen las partes constitutivas de la subestación; se determina la capacidad del transformador principal y finalmente se calcula el factor de potencia existente en la planta.

Se han incluido dos apéndices, uno con tablas de datos y otro con los lineamientos principales relativos del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Para el presente proyecto se elaboraron doce planos que se describen a continuación:

- IE-1 Edificio de Oficinas. Alumbrado y Contactos.
- IE-2 Edificio de Servicios. Alumbrado y Contactos.
- IE-3 Planta General. Alumbrado.
- IE-4 Taller Mecánico. Fuerza.
- IE-5 Nave Industrial. Fuerza 440 V.
- IE-6 Nave Industrial. Grúas 440 V.
- IE-7 Alimentadores Generales.
- IE-8 Diagrama Unifilar.
- IE-9 Cuadro de Cargas.
- IE-10 Subestación 1000 KVA, 23 KV/440 V.
- IE-11 Sistema General de Tierras.
- PA-1 Plano Arquitectónico.

I N D I C E

Pág.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES.

1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	Descripción de la Planta.....	1
1.3	Proceso Industrial.....	2
1.3.1.	Taller Mecánico.....	2
1.3.2.	Nave Industrial.....	3
1.4	ASPECTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELECTRICAS.....	9
1.4.1.	Definición de Términos.....	9
1.4.2.	Algunas Consideraciones.....	11
1.4.3.	Selección de Conductores.....	12
1.4.4.	Conductor Neutro.....	14
1.4.5.	Tubería Conduit.....	15
1.4.6.	Protección de Circuitos.....	15
1.5	FORMULAS.....	21

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE ALUMBRADO.

2.1	INTRODUCCION.....	23
2.2	DEFINICION DE TERMINOS.....	24

2.3	CONCEPTOS GENERALES.....	27
2.3.1.	Sistemas de Alumbrado.....	27
2.3.2.	Métodos de Alumbrado.....	29
2.4	FUENTES LUMINOSAS.....	33
2.4.1.	Incandescente.....	33
2.4.2.	Descarga en Atmósfera Gaseosa.....	42
2.5	CURVAS DE DISTRIBUCION.....	58
2.5.1.	Curvas Fotométricas.....	58
2.5.2.	Curvas Isolux.....	59
2.5.3.	Curvas de Utilización.....	61
2.6	ILUMINACION INTERIOR.....	63
2.6.1.	Método de los Lúmenes.....	63
2.6.2.	Método de Cavidad Zonal.....	71
2.6.3.	Método de Punto por Punto.....	73
2.7	ALUMBRADO EXTERIOR.....	76
2.8	CALCULO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO.....	78
2.8.1.	Circuitos Derivados.....	78
2.8.2.	Edificios de Oficinas y Servicios. Circuitos de Alumbrado.....	79
2.8.3.	Nave Industrial. Circuitos de Alumbrado.....	80

C A P I T U L O I I I

SISTEMA DE FUERZA.

3.1	INTRODUCCION.....	82
3.1.1.	Taller Mecánico.....	82
3.1.2.	Nave Industrial.....	83

3.2	DEFINICION DE TERMINOS.....	85
3.3	MOTORES ELECTRICOS.....	86
3.3.1.	Clasificación.....	87
3.3.2.	Motores de Inducción.....	87
3.3.3.	Motores de Corriente Directa.....	90
3.4	ARRANCADORES.....	92
3.4.1.	Clasificación.....	92
3.4.2.	Arrancador Manual.....	92
3.4.3.	Arrancador Magnético.....	93
3.4.4.	Arrancador a Tensión Reducida.....	94
3.4.5.	Arranque del Motor de Inducción.....	95
3.4.6.	Arranque del Motor de Corriente Directa.....	96
3.5	INSTALACION DE UN MOTOR.....	112
3.5.1.	El Alimentador.....	112
3.5.2.	El Interruptor.....	113
3.5.3.	El Arrancador.....	115
3.5.4.	Ejemplo No. 1.....	115
3.6	INSTALACION DE VARIOS MOTORES.....	118
3.6.1.	El Alimentador General.....	118
3.6.2.	El Interruptor General.....	118
3.6.3.	Ejemplo No. 2.....	118
3.7	GRUAS VIAJERAS.....	122
3.7.1.	Generalidades.....	122
3.7.2.	El Alimentador General.....	123
3.7.3.	El Interruptor General.....	125

C A P I T U L O I V

SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS.

4.1	SISTEMAS DE TIERRAS.....	126
4.1.1.	Introducción.....	126
4.1.2.	Efectos de la Corriente en el hombre.....	127
4.1.3.	Tensiones Tolerables en el cuerpo humano.....	128
4.1.4.	Partes de una red de tierras.....	131
4.1.5.	Puesta a tierra.....	133
4.1.6.	Diseño del Sistema de Tierras.....	134
4.1.7.	Cálculo del Sistema de Tierras de la Subestación.....	135
4.2	SISTEMA DE PARARRAYOS.....	146
4.2.1.	Generalidades.....	146
4.2.2.	Descargas Atmosféricas.....	146
4.2.3.	Partes de un Sistema de Pararrayos.....	147
4.2.4.	Recomendaciones Básicas.....	147

C A P I T U L O V

SUBESTACION.

5.1	INTRODUCCION.....	149
5.2	DEFINICION DE SUBESTACION.....	149
5.3	PARTES INTEGRANTES DE LA SUBESTACION.....	150
5.4	SUBESTACIONES Y TIPOS DE INSTALACION.....	153
5.5	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.....	155
5.6	CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.....	157
5.6.1.	Generalidades.....	157
5.6.2.	Como mejorar el factor de potencia.....	158

5.6.3. Determinación del Factor de Potencia.....	158
5.6.4. Cálculo de Capacitores.....	159
APENDICE "A" Tablas de Datos.....	163
APENDICE "B" Normas utilizadas en el proyecto establecidas por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.....	175
BIBLIOGRAFIA.....	195
PLANDS	

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

1.1 INTRODUCCION.

La planta industrial contemplada en este trabajo pertenece al grupo de la industria de la transformación en el área metal-mecánica.

Esta fábrica produce básicamente tubulares y tableros de lámina de acero en diferentes calibres. Entre sus productos terminados están los tubos soldados circulares para usos estructurales (residenciales, comerciales e industriales), los perfiles comerciales estructurales y especiales, los tableros acanalados para diversos usos, las soleras, canales y ángulos.

Por tanto, la materia prima básica es la lámina (cinta) de acero rodada en frío, troquelado profundo en rollos de diferentes calibres, anchos y longitudes. Es conocida como lámina negra la cual es fácil de maquinar.

Los tubulares son obtenidos dando previamente un rolado en frío a la cinta. El rolado en frío es propio para manejar calibres pequeños con precisión. En consecuencia en esta industria destacan en cantidad las máquinas roladoras sobre otras máquinas y además son las que consumen mayor potencia.

Los productos terminados conservan las mismas características de la lámina pues no se le adiciona ningún tratamiento además del rolado.

1.2 DESCRIPCION DE LA PLANTA.

La planta industrial en proyecto abarca un área de 8,800 m² (110 x 80 m) y consta arquitectónica y estructuralmente de las siguientes partes

(ver plano PA-1).

EDIFICIO DE OFICINAS. Existen dos niveles con areas y cubículos para las diversas funciones técnico administrativas y tiene integrada la ca seta para las operaciones de salida de productos donde se encuentra el - equipo registrador de la báscula, así como una bodega para materiales necesarios de proceso como son solubles lubricantes, piezas de repuesto, he rramientas y equipos de trabajo de obreros.

EDIFICIO DE SERVICIOS. Es un solo nivel y consta de baños y comedor para obreros, cuarto de subestación, un taller mecánico para labores de - mantenimiento y reparación y una bodega general.

NAVE INDUSTRIAL. Se tienen cuatro módulos de los que tres son igua- les. En estos tres módulos cuya altura es de 7.00 m operan 6 grúas viaja- ras de 3 Ton. c/u (2 por módulo).

En el cuarto módulo cuya altura es de 11.00 m se encuentra operando una grúa de 10 Ton.

Los tres primeros módulos son de proceso y almacén de producto termi- nado y el cuarto módulo es para recepción, almacén, transporte y abasteci- miento de materia prima.

1.3 PROCESO INDUSTRIAL.

1.3.1. TALLER MECANICO. Con un área de 105 m^2 (21 x 5 m) se destina para diversas actividades relacionadas con la producción. Aquí se fabri- can diversas piezas integrantes de las máquinas herramientas, de las má- quinas de proceso o como producto terminado. Tiene instaladas las siguien- tes máquinas:

MS-1 Compresora de 40 HP. Abastece una red de aire comprimido en - toda la nave para las necesidades de algunos equipos neumáticos. Tiene control de alta y baja presión.

MS-2 Compresora de 10 HP. Abastece la red exclusiva del taller.

MS-3 Torno de 7.5 HP. Es un torno horizontal de operación manual.

MS-4 Fresa de 10 HP. Es una fresa tipo hotizontal, operación manual, trabajo cilíndrico y fresado contradirección.

MS-5 Cepillo de 7.5 HP. Es un cepillo longitudinal de doble opera- ción (vertical y horizontal).

MS-6 Taladro de 1.5 HP. Es un taladro vertical tipo columna.

MS-7 Esmeril de 3 HP. Es un esmeril tipo estacionario.

Se tienen dos soldadoras eléctricas y dos mesas de trabajo.

1.3.2. NAVE INDUSTRIAL. Tiene un área de $3,550 \text{ m}^2$ cuyo 60% corresponde a proceso y el resto a almacén y maniobras.

En esta área están comprendidas las máquinas que a continuación se describen. La descripción se ha hecho en orden tal, según el desarrollo del proceso industrial. Para tal efecto véase diagrama de proceso industrial (Fig. 1.1), así como el plano IE-5.

M10 CORTADORA LONGITUDINAL. La función de esta máquina es cortar la lámina en cintas para abastecer a las roladoras M12 y M8 principalmente y ocasionalmente a las roladoras M1 y M2. El proceso se inicia en la sección llamada desenrollador donde es colocado el rollo de lámina por la grúa No. 7. El desenrollador lleva un motor de 5 HP que hace girar el rollo para que la lámina pase a la segunda sección que es la cizalla. Esta consiste de un banco rotativo de cuchillas circulares de acero, el cual es movido por un motor de 15 HP para iniciar el corte. La cizalla o cortadora propiamente dicha lleva acoplado un motor de 5 HP, cuya función es enrollar las orillas sobrantes de la lámina ya cortada a la salida de la cizalla. De esta sección la lámina sale cortada en cintas y así pasa a la tercera sección que es el enrollador. Este consiste de un cilindro horizontal con diversas secciones para enrollado, accionado por un motor de 50 HP de corriente directa, cuyos arranques son a plena carga. Al entrar este motor en operación deja de funcionar el de 15 HP de la cizalla, ya que aquél jala, corta y enrolla las cintas.

En esta máquina también se tiene un motor de 15 HP que acciona una bomba hidráulica para realizar ajustes y movimientos en las tres partes de la máquina.

El factor de demanda es bajo, pues normalmente sólo operan los motores enrolladores.

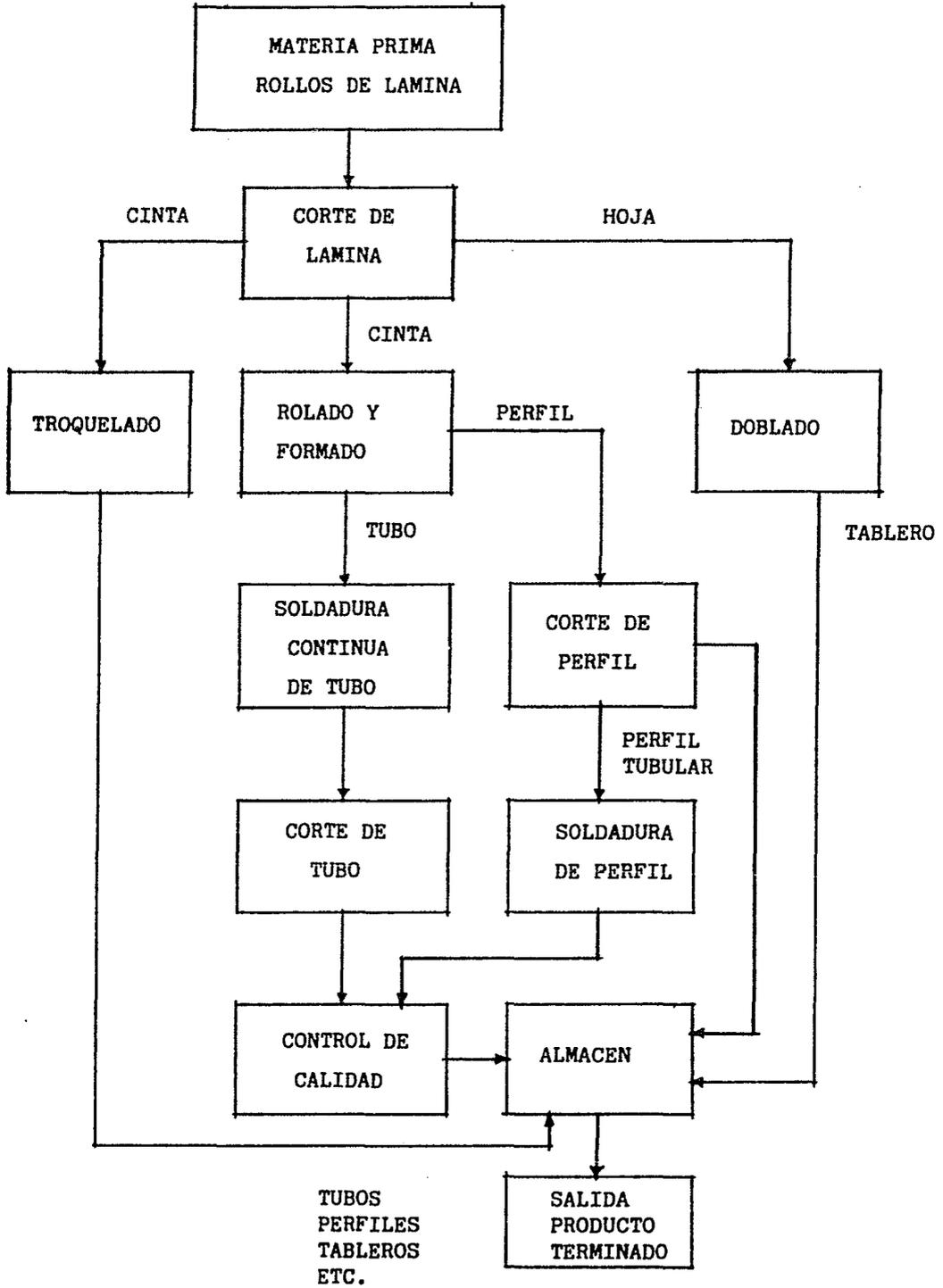
M5 CORTADORA. Su construcción y operación son similares a las de la máquina M10; pero su rendimiento y capacidad son menores y maneja lámina más delgada.

Normalmente abastece a las roladoras M1 y M2.

El desenrollador consiste de un motor de 5 HP, la cizalla es accionada por un motor de 15 HP y el enrollador es operado por un motor de 30 HP.

FIG. 1.1

DIAGRAMA DE SECUENCIA
DEL PROCESO INDUSTRIAL



M11 CORTADORA TRANSVERSAL. El objetivo de esta máquina es cortar la lámina en hojas de diferentes dimensiones y calibres. Comienza con un desenrollador que es accionado por un motor de 5 HP. Es abastecido de ro--llos por la grúa No. 7.

La lámina pasa al enderezador donde se le aplica un alineado y alisado por ambos lados, con un sistema de rodillos movido por un motor de 25 HP. Una vez salida la lámina del enderezador y habiendo recorrido una -cierta distancia, acciona un control eléctrico de límite que opera la cizalla neumática localizada a continuación del enderezador. Así se va cortando en hojas que son llevadas por una banda transportadora accionada -por un motor de 7.5 HP, para ubicarlas cerca de la dobladora M4, que es -la máquina que abastece normalmente.

M6 CIZALLA. Esta máquina tiene por función cortar lámina en calibres delgados en dos sentidos, transversal (en hojas) como primer paso y longitudinal (en cintas) como segundo paso.

Consiste del desenrollador, el cual tiene un motor de 1.5 HP que pasa el rollo a la cortadora de hoja donde se encuentra un motor de 5 HP, -que prepara la lámina dándole un previo alineado. Una vez recorrida una cierta distancia, la lámina es cortada con una cizalla neumática operada en forma eléctrica. Este corte puede omitirse si se quiere cortar sola-mente la lámina en cintas. Luego se tiene la cortadora de cintas que es accionada por un motor de 10 HP. Su operación es similar a la de la má-quina M5; puede obtener las cintas en diferentes dimensiones, ya sea para abastecer a las roladoras M3 y M7 o a la troqueladora (M9), las cuales -abastece normalmente.

Ambas, cortadora de hoja y cortadora de cinta, pueden trabajar con--junta o independientemente. De esta última manera para poder suplir en -parte la deficiencia (por reparación o mantenimiento) de M11.

M12 MOLINO DE TUBOS. Esta máquina (junto con M4, M10.y M11) es de las más importantes ya que su producto es el de mayor demanda; fabrica -tubos soldados en diferentes formas, diámetros y calibres, predominante-mente circulares.

Es abastecida por la cortadora M10 con rollos de cinta que se coloca en el desenrollador y se lleva a la formadora que consiste de una serie de

roles de acero que preparan la cinta y le dan forma de tubo; éste pasa ya formado a la sección soldadora. Una vez soldado, llega a la conformadora (sección de dimensionado), donde se le da un cierto acabado y estirado para obtener la medida al diámetro nominal. El tubo ya terminado pasa por la enfriadora que lo riega con chorros de agua en toda su longitud. Por último pasa a cortarse por medio de una cizalla neumática, la cual es operada por el propio tubo a través de un interruptor de límite cuando ha recorrido una cierta distancia después de la cizalla. Una señal eléctrica abre las válvulas de solenoide de la cizalla y libera el aire comprimido que hace que baje rápidamente el troquel cortando así el tubo.

La formadora es accionada por un motor de 60 HP, corriente directa, cuya transmisión es con flechas y engranes.

La conformadora es accionada por un motor de 40 HP, corriente directa, y su operación es simultánea con el de 60 HP; pero su velocidad es ligeramente mayor, con el fin de darle cierto estirado al tubo, para que la formación y soldadura sean correctas.

El proceso (formado y conformado) se acompaña de soluble que se circula por medio de una bomba de 1 HP; y el mecanismo de la transmisión es lubricado con una bomba de aceite de 1 HP.

Dada la importancia de esta máquina, cuenta con una compresora de 30 HP, exclusiva, para abastecer principalmente a la cizalla. Tiene también una bomba de 2 HP para la circulación de agua dura, para enfriar la cizalla e irrigar el tubo en la enfriadora.

Cuando el tubo apenas sale de la soldadora, es desbastado en la parte soldada por un cepillo y la viruta se enrolla en un cilindro por medio de un motor de 0.75 HP. Con esto el tubo queda circular y la costura no es notoria.

La soldadora forma parte importante del proceso de M12; es eléctrica de inducción, tipo continua, corriente directa de alto voltaje (del orden de 23 kV) y de alta frecuencia. Consiste básicamente de un transformador elevador de 150 kVA, 3 fases, contenido en aceite; una unidad de rectificación y conversión con bobinas de alta frecuencia, tubos al vacío de alta potencia y capacitores. A continuación se tiene un transformador saturador, cuyo secundario es un circuito bipolar formado por una bobina a través de la cual pasa el tubo por soldar. Este, al ir pasando (en forma

de una espiral continua) a través del intenso campo magnético de la bobina, se va autosoldando por un arco eléctrico continuo, causado por el alto voltaje inducido entre sus bordes. El tubo se suelda con su propio material y alcanza temperaturas hasta de 1800 °C.

La soldadora utiliza como conductor, tubo de cobre de 13 mm y por él se hace circular agua bidestilada para refrigeración, tanto del tubo mismo como de los bulbos, con una bomba de 5 HP, que a la vez hace pasar el agua por un cambiador de calor.

La máquina M12 que se acaba de describir es muy eficiente, interesante y novedosa por su proceso.

M4 DOBLADORA. Esta máquina también conocida como prensa de cortina, es abastecida de hojas por la máquina cortadora M11 y tiene por objeto fabricar los tableros acanalados de lámina en diferentes calibres y dimensiones.

La hoja pasa por un mecanismo de tracción que la presiona y la prepara a fin de ser prensada y doblada.

Esta máquina tiene dos motores; uno de 7.5 HP que acciona el mecanismo de tracción y otro de 1 HP que ajusta la posición o altura de la cortina según el calibre de lámina a troquelar. La cortina es accionada neumáticamente y para su operación existe un entrelace electromecánico con el mecanismo de tracción.

La operación de ambos motores nunca es simultánea y el motor de 1 HP funciona esporádicamente.

M1 ROLADORA. La función de esta máquina es elaborar perfiles metálicos con diferentes formas y dimensiones en calibres medianos. Es abastecida normalmente por la cortadora M5 con rollos de cinta que son colocados en el desenrollador. La cinta se hace pasar a presión entre los rodillos (roles), en dos pasos. En el primero se prepara la lámina dándole un buen acabado superficial y en los bordes; el segundo le da forma para obtener el perfil deseado, el cual una vez terminado y avanzado una cierta distancia, acciona un medio de control electroneumático, por medio de un interruptor de límite, que hace que baje la sierra para cortar el perfil (corte automático).

Debido a la gran generación de calor por el rozamiento entre los ro-

les y la lámina, ambos pasos de rolado se acompañan de un líquido que refrigera, lubrica y desaloja residuos (soluble).

Normalmente, esta roladora es operada por una sola persona. Lleva cuatro motores eléctricos; uno de 40 HP, acciona propiamente el mecanismo de la roladora, cuya transmisión es por medio de flechas y engranes; un motor de 0.25 HP para la bomba de aceite que lubrica el mecanismo de la transmisión; un motor de 0.25 HP que opera la bomba del soluble y finalmente un motor de 5 HP que mueve la sierra circular.

Todos los motores son de operación continua y carga aproximadamente constante; excepto para el motor de la sierra, cuya carga es periódica.

M2 ROLADORA. Esta máquina es igual en construcción y operación a la máquina M1.

M3 ROLADORA. Esta máquina desempeña básicamente la misma función de la máquina M1, solo que su capacidad es menor. Su construcción es más sencilla. Tiene dos motores; uno de 10 HP que proporciona la fuerza motriz del rolado y uno de 3 HP que acciona la sierra eléctrica para el corte del perfil. Dicho corte es de tipo manual. La roladora es abastecida de cinta normalmente por la máquina cortadora M6.

M7 ROLADORA. La construcción y operación de esta máquina es similar a la de la máquina M3, pero es aún de menor capacidad, pues fabrica perfiles sencillos en calibres delgados.

El mecanismo de rolado y formado es movido por un motor de 7.5 HP y el corte se efectúa manualmente con un motor de 1 HP. También es abastecida por la máquina M6.

M8 ROLADORA. Esta máquina fabrica perfiles tubulares (para soldarse) o perfiles abiertos en calibres gruesos; el trabajo de esta máquina es más pesado que el de la máquina M1. Es abastecida normalmente por la máquina M10, con rollos de cinta que se hacen pasar por un rolado, cuyo mecanismo se acciona con un motor de 40 HP, donde se le da acabado a la cinta para luego pasar a formado que se lleva a cabo por un motor de 30 HP. Ambos motores arrancan, operan y paran simultáneamente.

Una vez terminado el perfil, es cortado en longitud bien definida por una sierra que tiene acoplado un motor de 5 HP. El motor está funcioo

nando continuamente y con un control de límite accionado por el mismo perfil se hace desplazar a la sierra para cortarlo.

Igual que en la máquina M1, el proceso se acompaña del soluble que es circulado por una bomba de 0.5 HP y el mecanismo de la transmisión se lubrica por una bomba de aceite de la misma potencia.

M9 TROQUELADORA. Esta máquina fabrica diversas piezas a partir de la cinta metálica en varios calibres; consta de un volante de inercia que es movido continuamente en un sólo sentido por un motor de 7.5 HP. El volante tiene acoplado un cuerpo en forma de cigüeñal que lleva integrado un troquel; éste es liberado botando un seguro neumático por medio de dos válvulas, ubicadas una a cada lado del operador y deben ser oprimidas por éste simultáneamente, para así evitar algún accidente. Cada vez que el operador oprime las válvulas, el cigüeñal da una vuelta completa, transmitiéndole al troquel un movimiento de bajada y subida.

1.4 ASPECTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELECTRICAS.

1.4.1. DEFINICION DE TERMINOS.

INSTALACION ELECTRICA. Combinación de equipo eléctrico que se encuentra interconectado, incluyendo conductores y demás elementos de interconexión y accesorios dentro de una determinada localización.

POTENCIA INSTALADA. Es la suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consuman energía eléctrica, conectados a un circuito o a un sistema.

CORRIENTE NOMINAL. Es la que se obtiene al considerar la potencia instalada en un circuito o carga bajo condiciones normales de tensión y frecuencia.

CORRIENTE DEMANDADA. Es la que resulta de multiplicar la corriente nominal por el factor de demanda del circuito o de la carga considerada.

SOBRECORRIENTE. Es un valor de corriente que excede a la corriente nominal de un circuito, una carga o un conductor. Puede presentarse por una sobrecarga o por un cortocircuito.

SOBRECARGA. Es la condición de operación de un circuito en la que se demanda una corriente superior a la nominal debido a un exceso en la potencia de carga ($I=P/V$).

CORTOCIRCUITO. Es una situación en la que se presenta una corriente

muy elevada en un circuito, como resultado de una impedancia nula o casi nula en el mismo ($I=V/R$).

AMPACIDAD. Este concepto se define para conductores aislados en baja tensión y se refiere a la capacidad de conducción de corriente que tiene cada uno, cuando dos o tres conductores de igual calibre están alojados en un tubo conduit metálico y a una temperatura ambiente de 30 °C.

CAPACIDAD INTERRUPTIVA. Referido a interruptores, define la intensidad de corriente de corto circuito que es capaz de librar el interruptor sin deteriorarse.

CONDUCTOR VIVO. Es aquel que se encuentra conectado a una fuente de potencial eléctrico, en tal forma que tiene un potencial diferente al de tierra.

CONDUCTOR ACTIVO. Es el conductor de un circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra. No se consideran conductores activos los neutros que llevan solamente la corriente de desbalanceo de un circuito, ni los conductores de control, ni los de conexión a tierra.

CIRCUITO DERIVADO. Es aquel que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito - alimentador.

CIRCUITO ALIMENTADOR. Es el circuito comprendido entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección - contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

DESCONECTADOR. Dispositivo destinado a abrir o cerrar un circuito, solamente cuando está sin carga.

INTERRUPTOR. Dispositivo destinado a abrir o cerrar un circuito aún con carga. En general existe en combinación con protección contra sobrecorriente.

FACTOR DE DEMANDA. Se define como el cociente de dividir la potencia demandada máxima, entre la potencia instalada de un circuito o de un sistema.

CANALIZACION. Son los medios usados exclusivamente para alojar los conductores de una instalación eléctrica.

TUBO CONDUIT. Tubo destinado a alojar conductores eléctricos.

1.4.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES.

Las instalaciones eléctricas industriales son básicamente de dos tipos: instalaciones de alumbrado e instalaciones de fuerza. En general - al hablar de fuerza se está hablando de motores.

Para el cálculo de una instalación eléctrica en general es necesario considerar una serie de factores ambientales y operativos existentes en la planta como son grado de humedad, grado de corrosión, temperatura, daño mecánico, factor de demanda, etc.

FACTOR DE POTENCIA (fp). En este proyecto de instalación eléctrica, para facilidad de los cálculos, se considera un factor de potencia de 0.85.

TENSION. La tensión considerada en el proyecto (440, 220 y 127 volts en corriente alterna y 500 volts en corriente directa) es la tensión nominal a la que operan los circuitos, excepto si se menciona otra cosa.

Se establece tensión de línea (V) como tensión entre dos conductores de diferente fase y tensión de fase (Vn) como tensión entre un conductor de fase y el conductor neutro.

CONDUCTORES. Los conductores considerados son de cobre con aislamiento termoplástico para 600 volts cuyo calibre está dado en el sistema norteamericano de calibres (AWG o MCM).

Se recomienda que todos los conductores para la instalación eléctrica sean cables en lugar de alambres, dado que poseen mayor resistencia mecánica y flexibilidad y se logran empalmes más efectivos.

IDENTIFICACION DE CONDUCTORES. Se recomienda para identificar los conductores instalarlos en varios colores. El reglamento recomienda: rojo, azul y amarillo para los conductores de fase; blanco o gris para el conductor neutro y negro o verde para el conductor de conexión a tierra.

INSTALACION DE CONDUCTORES. Los conductores alimentadores para alumbrado y para fuerza se instalan separados; asimismo los circuitos a 440 volts y los de 220 volts también se instalan separados entre sí.

Todos los circuitos alimentadores de la planta son circuitos trifásicos a cuatro hilos (3 fases y neutro) excepto las grúas, las cuales se alimenta a tres hilos (3 fases).

EMPALMES DE CONDUCTORES. Los empalmes y derivaciones de conductores se harán aislando de tal manera de recuperar en lo posible el aislamiento

original.

BALANCEO DE CIRCUITOS. Para circuitos de fuerza y/o alumbrado, el - desbalanceo máximo permitido entre fases es del 5%. En circuitos con carga mixta (alumbrado y contactos), el balanceo del alumbrado será prioritario.

Si no es posible conseguir el 5% de desbalanceo, entonces es necesario hacer un incremento en la capacidad tanto de los conductores como del interruptor.

1.4.3. SELECCION DE CONDUCTORES.

Para un circuito en general, los conductores se deben seleccionar tomando en cuenta los factores siguientes:

1. Corriente demandada del circuito.
2. Caída de tensión máxima permitida.
3. Agrupamiento de conductores.
4. Temperatura ambiente (cuando sea superior a 30 °C).
5. Tipo de ambiente (húmedo, corrosivo, etc.).

Los tres primeros constituyen los criterios para seleccionar el calibre y los dos últimos para seleccionar el aislamiento.

En este proyecto los factores 4 y 5 no intervienen por las siguientes razones:

- a). La temperatura ambiente existente dentro del lugar de trabajo se estima que será a lo más de 30 °C.
- b). El ambiente de la planta en general es seco, libre de humedad e impurezas.

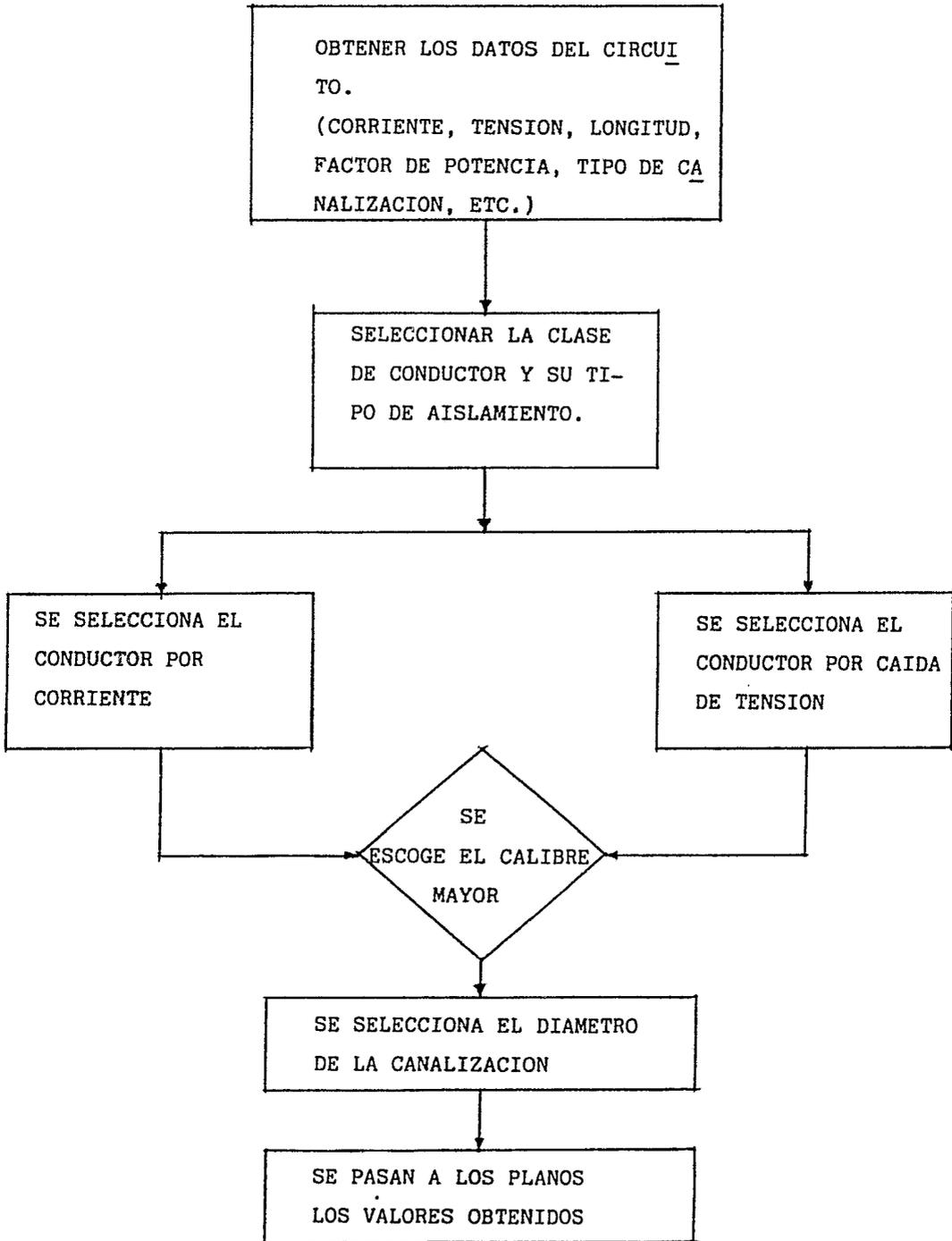
En los circuitos derivados para motores tampoco intervienen los factores 2 y 3, por lo siguiente:

La caída de tensión es despreciable, debido a que la distancia entre el interruptor y el motor es pequeña, pues por norma no debe ser mayor de 15 metros.

La corrección por agrupamiento no procede, pues cada motor se instala con un tubo exclusivo para llevar sus conductores.

Tomando en cuenta lo anterior, se seleccionan conductores con aislamiento termoplástico con una temperatura de operación de 60 °C para todos los circuitos derivados, excepto donde se mencione otra cosa. Para los -

PASOS A SEGUIR PARA SELECCIONAR CONDUCTORES



circuitos alimentadores se elegirán conductores con 75 °C de operación; esto obedece a las corrientes considerables que transportan, el agrupamiento entre ellos y a la mayor dificultad para disipación del calor. (Ver plano IE-7).

1.4.4. CONDUCTOR NEUTRO.

Este conductor es necesario, tanto para poder disponer de la tensión de fase (V_n), o tensión al neutro, como para llevar la corriente de desbalanceo de un circuito. Este conductor neutro hace contacto con tierra solamente en la subestación. No se aterriza en ningún otro punto de la instalación eléctrica, para así evitar que circule corriente en forma permanente por el conductor de conexión a tierra.

Es preciso que el conductor neutro sea interrumpible solamente a la entrada del servicio, o sea, en el medio principal de desconexión, no debe llevar protección contra sobrecorriente.

SELECCION DEL CONDUCTOR NEUTRO. Se selecciona en tres casos diferentes, de acuerdo a lo que se establece a continuación:

1). En un circuito monofásico a dos hilos (fase y neutro) o a tres hilos (2 fases y neutro), el conductor neutro debe ser del mismo calibre del conductor de fase, ya que en ambos casos, está llevando la misma corriente de fase; es decir, no es propiamente "neutro", pues se convierte en conductor activo.

2). En un circuito trifásico prácticamente balanceado, como puede ser un tablero de alumbrado con la mayoría de sus circuitos derivados alimentados a Tensión de fase (127 volts), el conductor neutro se selecciona de tal manera que su ampacidad sea para la corriente demandada por el circuito y no sea menor del 50% de la ampacidad del conductor de fase.

Así se garantiza que en un caso crítico, cuando sólo una o dos fases están operando, el conductor neutro no quede sobrecargado.

3). En un circuito trifásico normalmente balanceado (motor, soldadora, etc.), el calibre del conductor neutro se elige de tal modo que su ampacidad sea de un tercio de la del conductor de fase.

La ampacidad del neutro así calculada puede llevar con un amplio margen una posible corriente de desbalanceo normal. Si llega a ocurrir un desbalanceo mayor, que pudiera sobrecargar el neutro, el interruptor que

protege al circuito debe abrir.

1.4.5. TUBERIA CONDUIT.

La tubería utilizada en nave industrial y taller, es metálica, pared gruesa y galvanizada, que proporciona una mejor resistencia mecánica y al ser roscada es más segura la continuidad eléctrica.

Todos los conductores de mismo circuito se alojan en el mismo tubo.

El número de conductores de igual calibre a instalar en un tubo, se determina con la tabla No. 3 (véase apéndice A). Cuando los conductores sean de calibres diferentes, se suman las áreas de los conductores y la suma debe ser no mayor al 40% del área del tubo; para tal efecto se consulta la tabla No. 4, donde aparecen los diámetros de los conductores.

Así que:

$$\text{Area del tubo} = \frac{\frac{\pi}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots)}{0.40}$$

donde d es el diámetro del conductor.

Una vez calculada el área del tubo, se recurre a la tabla No. 3 para seleccionar el diámetro nominal del mismo.

TUBO FLEXIBLE. Este se usa en tramos cortos para conectar el tubo rígido con el motor para facilidad de conexión y amortiguar vibraciones que pueden afectar la canalización.

CAJAS. En la canalización oculta se utilizan cajas cuadradas galvanizadas. En la canalización que vaya visible se utilizan condulets de aluminio para dar mayor rigidez a la canalización.

1.4.6. PROTECCION DE CIRCUITOS.

Para la protección de circuitos contra sobrecorriente se utilizan los interruptores tanto de fusibles como termomagnéticos.

Todo interruptor al operarse debe desconectar todos los conductores vivos; deben estar alojados en gabinetes metálicos o incorporados en table ros.

INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES. También se le conoce como inte rruptor de seguridad; viene alojado en una caja metálica, es operable por palanca exterior y puede asegurarse en ambas posiciones, abierto o cerrado.

La protección con fusibles es la forma más simple y económica de pro tección; ofrece una excelente protección contra cortocircuito, ya que su tiempo de apertura es de 2 a 3 ciclos.

El interruptor de fusibles puede ser de tipo ligero o de tipo pesado; éste último se utiliza donde el número de operaciones es frecuente y el requisito de seguridad, funcionamiento y continuidad en el servicio son importantes. Su operación (apertura y cierre) es rápida, no depende de la velocidad del operador como sucede en el tipo ligero.

El interruptor de fusibles entre su sencillez, tiene la desventaja de que si ocurre una sobrecorriente en una fase, el fusible de ésta se abre, pero las otras dos siguen energizadas, quedando el circuito en dos fases, lo cual para algunos equipos puede ser peligroso. En ese caso es necesaria la protección contra falla de fase.

Al fundirse un listón fusible, deberá reponerse con otro de iguales características.

Los interruptores de fusibles los hay desde 30 hasta 1200 amperes a 250 y 600 volts.

Los interruptores tipo ligero, los hay hasta de 200 amperes.

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO. Este es un interruptor automático de tipo industrial; los elementos de disparo térmico y magnético forman parte integral del interruptor. Se alojan en una caja moldeada de material sintético; pueden ser parte integrante de un tablero de alumbrado, de fuerza, o de distribución. Normalmente su tiempo de disparo es mayor al de fusibles (es del orden de 6 ciclos). Este interruptor aunque es más costoso que el de fusibles, ofrece la ventaja de que si ocurre una sobrecorriente en una fase, se desconectan las tres fases y además, una vez corregida la falla, sólo bastará restablecer su palanca de operación.

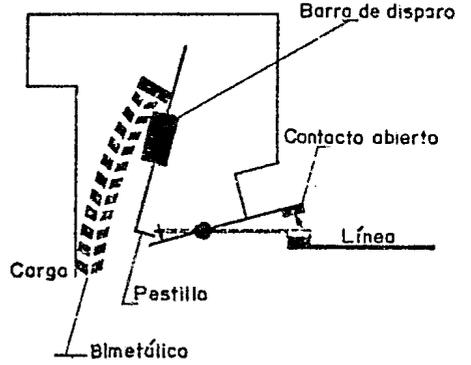
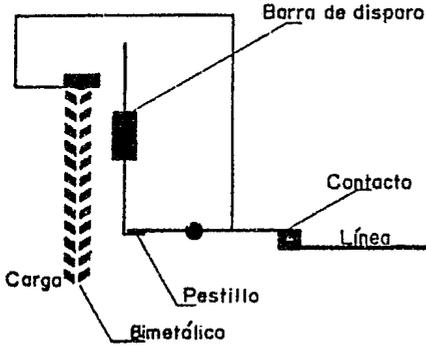
El efecto de la temperatura ambiente sobre el funcionamiento de los interruptores termomagnéticos y en general de los interruptores automáticos controlados térmicamente, debe tomarse en cuenta debido a que pueden llegar a dispararse antes o después de su capacidad nominal. La calibración (capacidad nominal) de estos interruptores se obtiene en general en base a una temperatura ambiente de 25 °C. Por esto al seleccionar un interruptor termomagnético, casi siempre se le agrega hasta un 25% de la corriente demandada por el circuito.

Estos interruptores se fabrican desde 15 hasta 2000 amperes de capacidad, a 600 volts y tiene mayor capacidad interruptiva que el interruptor de fusibles.

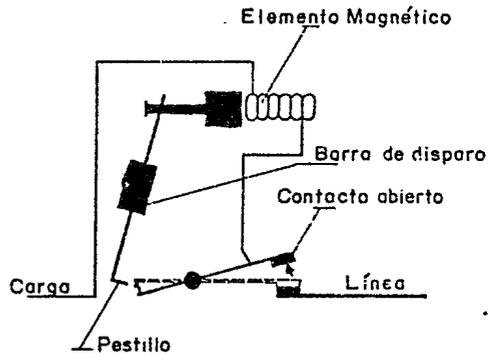
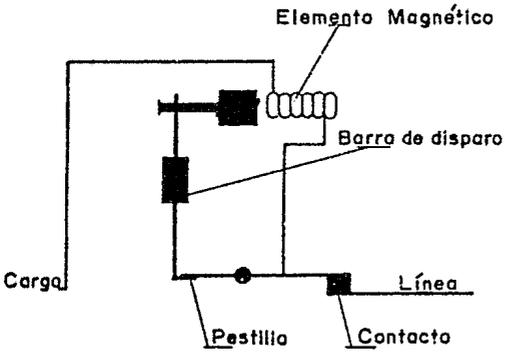
INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO. Es este un interruptor automático cuya característica es la de ser ajustable y puede ser operado por relevadores. Se utiliza para manejar altas corrientes en baja tensión. Sus capacidades nominal e interruptiva son mayores que las del termomagnético. En general arriba de 1000 amperes se recomienda para usarse como interruptor principal.

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
MECANISMO DE OPERACION

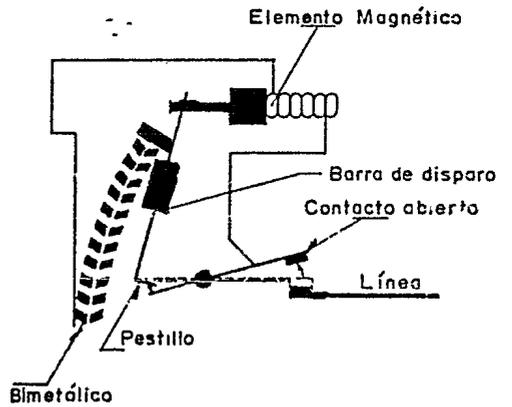
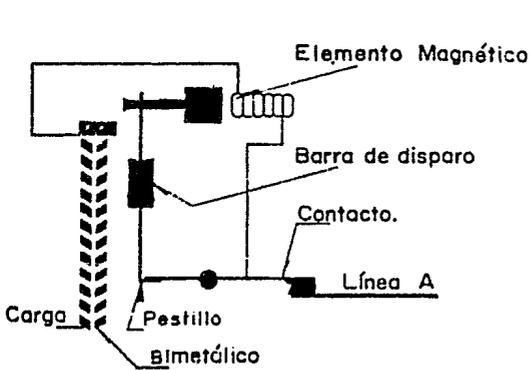
ACCION TERMICA



ACCION MAGNETICA



PROTECCION TERMOMAGNETICA



INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
3 POLOS 100 AMPERES

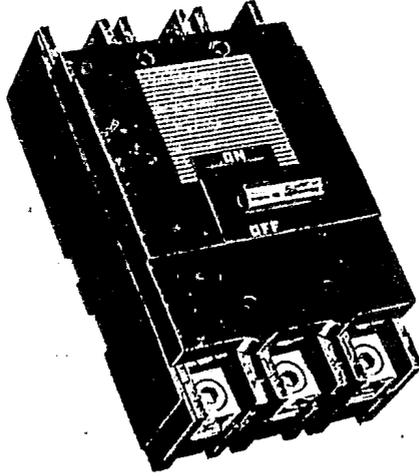


FIG. 1.5

CARTUCHO CON SU LISTON FUSIBLE INTEGRANTE
DEL INTERRUPTOR DE SEGURIDAD

CARTUCHO PARA INTERRUPTOR DE
100 A. O MAS.

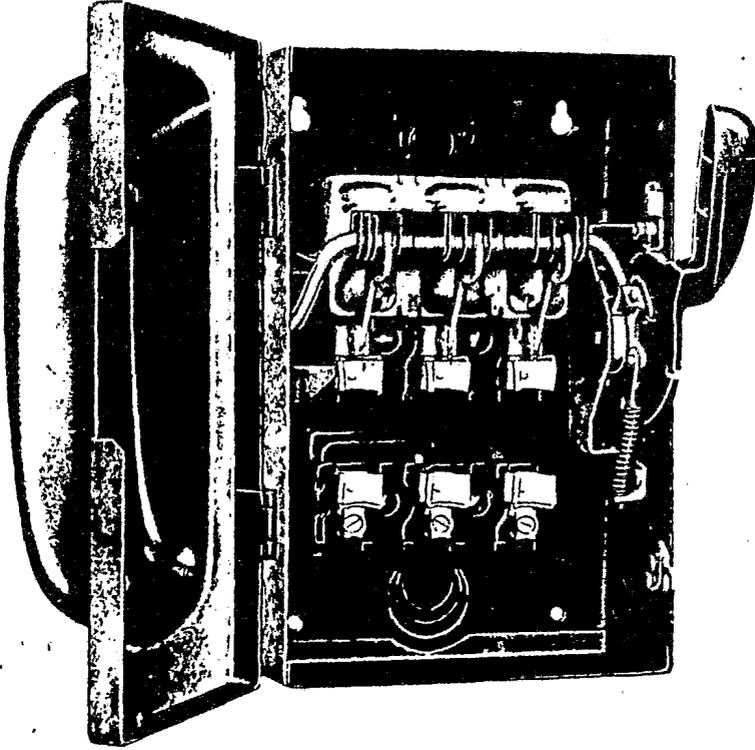


FORMA DEL CARTUCHO
PARA 30 Y 60 A.

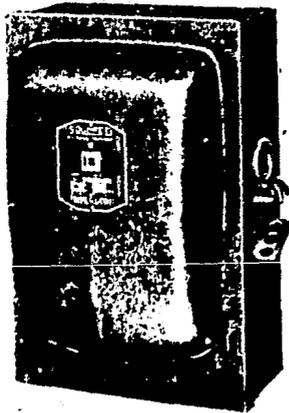
INTERRUPTOR DE SEGURIDAD

3 POLOS 60 AMPERES

TIPO PESADO



TIPO LIGERO



PORTACARTUCHO



MORDAZA

1.5 FORMULAS.

A continuación se dan algunas de las fórmulas necesarias para el proyecto:

A) Potencia Eléctrica (P)

- 1) Circuito monofásico a dos hilos (fase y neutro o dos fases).

$$2 \text{ fases: } P = V I \text{ fp} \quad - - - - - (1.1)$$

$$\text{Fase y neutro: } P = V_n I \text{ fp} \quad - - - - - (1.2)$$

- 2) Circuito monofásico a tres hilos: (2 fases y neutro)

$$P = 2 V_n I \text{ fp} \quad - - - - - (1.3)$$

- 3) Circuito Trifásico a tres hilos o cuatro hilos:

$$P = \sqrt{3} V I \text{ fp} \quad - - - - - (1.4)$$

- 4) Circuito de corriente directa:

$$P = V I \quad - - - - - (1.5)$$

En 2) y en 3) se considera que los circuitos están balanceados.

B) Caída de Tensión (ΔV)

5) La caída de tensión en los conductores de un circuito monofásico se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\Delta V = 2 R I L \quad - - - - - (1.6)$$

ΔV = Caída de tensión en volts.

R = Resistencia del conductor en ohms/metro.

I = Corriente demandada por fase en amperes (A)

L = Longitud del circuito en metros (m)

- 6) Circuito trifásico normalmente balanceado.

$$\Delta V = \sqrt{3} R I L \quad - - - - - (1.7)$$

En base a las ecuaciones (1.6) y (1.7) fue elaborada la tabla No. 2 (ver apéndice A), que proporciona la caída de tensión unitaria (ΔV_u) para los conductores de cobre con aislamiento termoplástico.

De acuerdo a dicha tabla, la caída de tensión total en volts se obtiene con esta ecuación:

$$\Delta V = \frac{\Delta V_u I L}{1000} \quad \text{--- (1.8)}$$

ΔV_u = Caída de tensión unitaria (mV/ A.m)

Y la caída de tensión en por ciento se calcula con la siguiente relación:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V - \Delta V} \times 100 \quad \text{--- (1.9)}$$

V = Tensión de alimentación del circuito en volts.

Sustituyendo (1.8) en (1.9) y despejando a ΔV_u se obtiene:

$$\Delta V_u = \frac{1000 V \Delta V \%}{I L (100 + \Delta V \%)} \quad \text{--- (1.10)}$$

que proporciona el valor de la caída unitaria en función de los datos del circuito y de la caída en por ciento permisible. Con este valor se consulta en la tabla No. 2 para ver a que calibre de conductor corresponde.

C) Balanceo de Circuitos (2 fases, 3 hilos ó 3 fases, 4 hilos)

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{F_M - F_m}{F_M} \times 100 \quad \text{--- (1.11)}$$

F_M = fase con mayor carga

F_m = fase con menor carga

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE ALUMBRADO

2.1 INTRODUCCION.

En este capítulo se pretende dar una idea general de lo que es la iluminación. En él se definen los términos más comunmente empleados en el lenguaje técnico de la iluminación, así como los diferentes tipos y características de las fuentes luminosas (lámparas). La información de las lámparas puede variar en algunos casos, dependiendo del fabricante. También se ve la distribución luminosa a través del espacio que rodea a la luminaria, misma que se puede combinar con los métodos de alumbrado en espacios interiores.

Los métodos de cálculo del número de luminarias y del nivel luminoso también será objeto de nuestro conocimiento. Estos métodos de cálculo se pueden aplicar a los proyectos después de haber seleccionado el tipo de fuente luminosa, sistema de alumbrado y el método de alumbrado.

Por último, se verá el alumbrado público en forma breve debido a que casi no se aplicó al proyecto de la fábrica.

Si se desea profundizar más en el tema se puede consultar la bibliografía que aparecen después de la sección de apéndices.

2.2 DEFINICION DE TERMINOS.

2.2.1. INTENSIDAD LUMINOSA (I).

Es la densidad de una parte del flujo luminoso emitido por una fuente, en una dirección dada, por el ángulo sólido que la contiene. La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la candela (cd). En otras palabras se puede decir que la intensidad luminosa indica la capacidad que tiene una fuente luminosa para iluminar algún objeto en una dirección determinada.

2.2.2. ANGULO SOLIDO (W).

Si en el centro de una esfera de radio igual a 1 m se coloca un proyector de dimensiones tan reducidas que igualara a una fuente puntiforme y si el área en la zona iluminada es igual a 1 m^2 , el ángulo del cono de luz se identifica con la unidad de ángulo sólido. La unidad de medida del ángulo sólido es el estereorradián (W); en una esfera hay 4π estereorradianes. (Fig. 2.1)

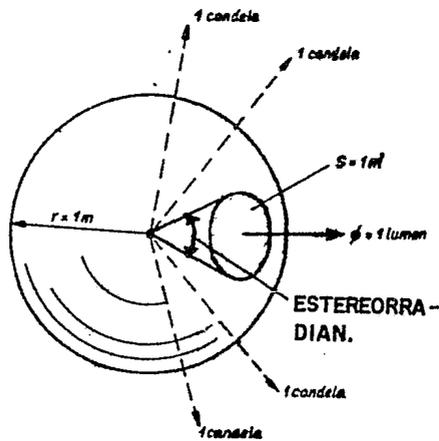


Fig. 2.1 Ángulo Sólido.

2.2.3. FLUJO LUMINOSO (ϕ).

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundos). Lo anterior se puede comparar con la cantidad de agua

que sale de una llave por segundo. La unidad de medida del flujo luminoso es el lúmen (lum).

$$\phi = I W$$

2.2.4. ILUMINACION (E).

Es el flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la unidad de flujo es el lúmen y el área está expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux.

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{\text{lúmen}}{\text{m}^2} = \text{luxes.}$$

2.2.5. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMETRICO (L).

Es la intensidad luminosa emitida en una dirección por una superficie iluminada (fuente secundaria de luz). En otras palabras, es el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano, ya sea dicha fuente primaria (lámpara o luminaria) o secundaria (plano de una mesa que refleja la luz). La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2). A modo de ejemplo se puede decir que la luminancia es similar a las salpicaduras de agua que rebotan de una superficie. La cantidad de agua que rebote depende de la capacidad de absorción de la superficie.

2.2.6. LUMINISCENCIA.

Cuando un cuerpo absorbe energía radiante, bien sea visible o invisible y convierte esta energía en una radiación de longitud de onda diferente. La energía resultante se llama luminiscencia. Este fenómeno se divide en dos grupos, los cuales son la fluorescencia y la fosforescencia.

2.2.7. EFICIENCIA LUMINOSA (η).

Es la relación entre el flujo emitido (ϕ) expresado en lúmenes, y la potencia eléctrica absorbida (P), expresada en watts. Si la eficiencia es grande, el uso de la fuente será más económica.

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

2.2.8. LEY DE LA ILUMINACION.

Esta ley dice que la iluminación de una superficie es inversamente - proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre la fuente de luz y la superficie iluminada. Fig. 2.2. Esta ley es la base del cálculo en el método de punto por punto para proyectos de alumbrado. La ley del inverso de los cuadrados se aplica sólo a fuentes puntiformes. Lo anterior - significa que no es aplicable a fuentes de iluminación extensas como techos luminosos, etc.

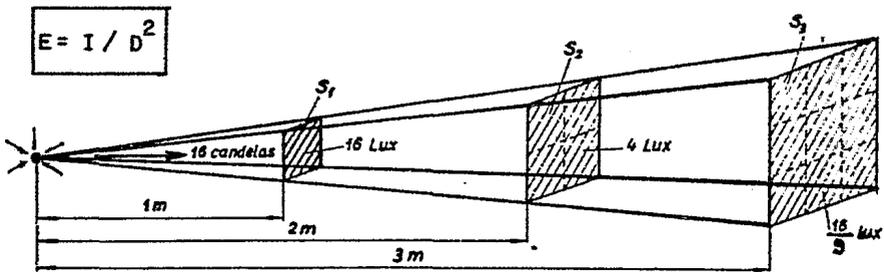


Fig. 2.2 La iluminación de un objeto varía inversamente al cuadrado de la distancia de la fuente luminosa.

2.3 CONCEPTOS GENERALES.

2.3.1. SISTEMAS DE ALUMBRADO.

Una buena iluminación puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias clasificadas con arreglo a la distribución vertical de la luz. La selección del tipo más adecuado depende de las características físicas de la habitación, del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento. (Ver Fig. 2.3).

Los sistemas de iluminación pueden ser:

DIRECTA

SEMIDIRECTA

GENERAL DIFUSA

DIRECTA INDIRECTA

SEMI-INDIRECTA

INDIRECTA.

DIRECTA.

Entre el 90 y el 100% de luz se dirige hacia abajo. Este tipo es el más eficiente desde el punto de vista de obtención de la máxima cantidad de luz (producida por la fuente) en el plano de trabajo. Por otro lado - dicha distribución puede producir la mayor diferencia en luminancia entre el techo y la luminaria, y produce las mayores sombras y deslumbramientos.

SEMIDIRECTA.

Del 60 al 90 % de la luz se dirige hacia abajo. El nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo, procede directamente de la luminaria.

GENERAL DIFUSA.

Del 40 al 60 % de la intensidad de la luz se dirige hacia arriba y - del 40 al 60 % hacia abajo. Este tipo de iluminación hace que la misma - cantidad de luz esté disponible en todas direcciones.

DIRECTA INDIRECTA.

Es una modificación de la luminaria general difusa. La modificación consiste en impedir que se emita luz hacia los lados de la luminaria.

SEMI-INDIRECTA.

Del 60 al 90 % de la intensidad de la luz se dirige hacia el techo, mientras que el resto se dirige hacia abajo. Este tipo de iluminación tiene la mayor parte de las ventajas del indirecto. Es un poco más eficiente y se prefiere a veces para lograr una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminoso.

INDIRECTA.

El 90 % de la intensidad de la luz se dirige hacia el techo. Prácticamente toda la luz efectiva del plano de trabajo es la reflejada por el techo y en menor medida la reflejada por las paredes.

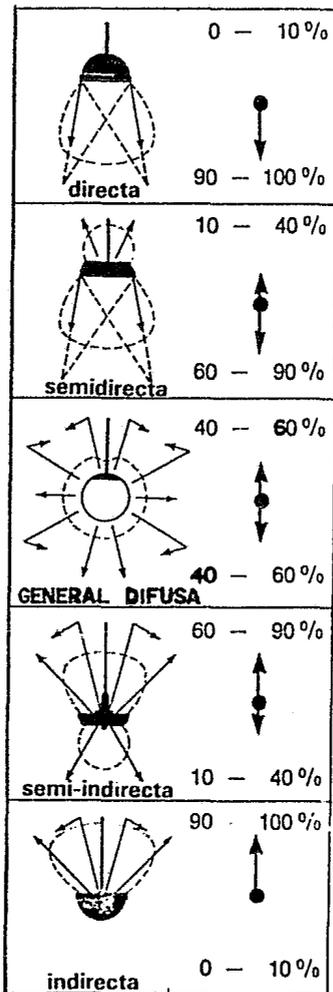


Fig. 2.3 Distribución vertical del flujo luminoso.

2.3.2. METODOS DE ALUMBRADO.

En esta clasificación se hace referencia a la concentración de luz - necesaria para efectuar una tarea determinada. No hay que confundir los métodos de alumbrado con los sistemas de iluminación, anteriormente estudiados. En cualquiera de los métodos de alumbrado que veremos a continuación, puede utilizarse cualquiera de los sistemas de iluminación que se han visto en el tema 2.3.1.

Los métodos de alumbrado pueden ser:

Alumbrado General.

Alumbrado General Localizado.

Alumbrado Suplementario.

Alumbrado Individual.

Alumbrado Combinado.

ALUMBRADO GENERAL.

El alumbrado general proporciona un nivel de iluminación casi uniforme en cualquier punto del local. Un buen alumbrado general hace posible el cambio de lugar de las máquinas sin necesidad de alterar el alumbrado, permitiendo un mejor aprovechamiento de la superficie del piso. Este método se emplea comunmente en oficinas generales, aulas de escuelas, fábricas, supermercados, áreas con nave, etc. (Ver fig. 2.4).

ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO.

En muchas naves industriales, se agrupan las máquinas en sitios determinados (por ejemplo, junto a la pared); por lo tanto no es necesario mantener un nivel uniforme de iluminación en toda la nave. Se suspenden más abajo los equipos de alumbrado que en el caso anterior y, además se agrupan estos equipos de alumbrado, de forma que sobre las máquinas se alcancen elevados niveles de iluminación y al mismo tiempo, se asegure sobre los pasillos y zonas circundantes de las máquinas, una iluminación general, suficiente para eliminar los fuertes contrastes de luminancias -- (que producirían deslumbramiento) y mantener buenas condiciones de seguridad. Véase en la fig. 2.5 un ejemplo de este método de alumbrado.

ALUMBRADO SUPLEMENTARIO.

Algunas veces, sobre todo en los locales comerciales, escaparates, -

etc., se pretende destacar un objeto o un artículo determinado con fines publicitarios o de venta. En este caso, debe suplementarse el alumbrado general por medio de aparatos de iluminación especiales que concentren la luz, colocados en la cercanías del objeto que pretende destacar. Este método se puede comprender mejor viendo la figura 2.6.

ALUMBRADO INDIVIDUAL.

Se utiliza cuando se precisa un alto nivel de iluminación en la zona de trabajo individual, debido a la precisión de la tarea. El ejemplo más característico lo constituyen las lámparas de escritorio, restiradores, - etc. Para mayor claridad ver la figura 2.7.

ALUMBRADO COMBINADO.

En muchas ocasiones se obtiene el mejor resultado combinando dos o más métodos de alumbrado. Por ejemplo véase la figura 2.8 es un alumbrado combinado, en la cual se combina el alumbrado general del taller y el alumbrado individual de cada máquina.

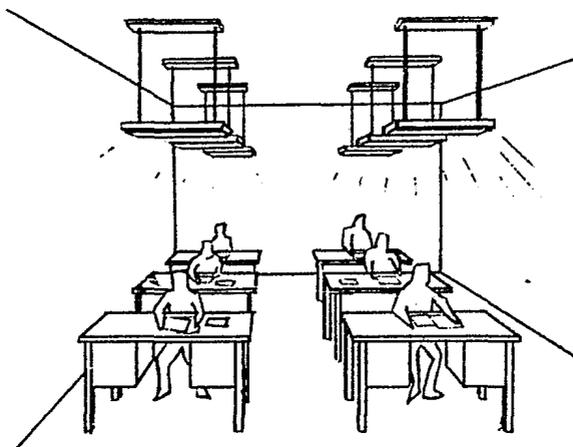


Fig. 2.4 Alumbrado General

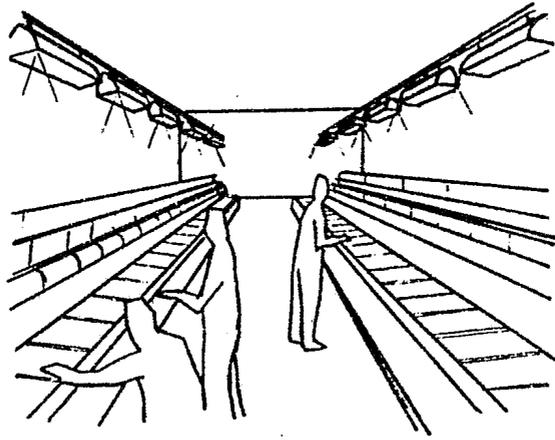


Fig. 2.5 Alumbrado General Localizado.

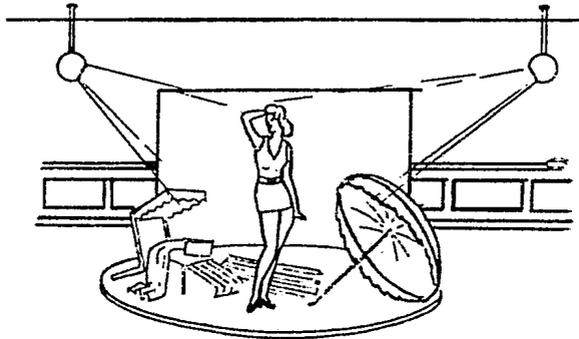


Fig. 2.6 Alumbrado Suplementario.

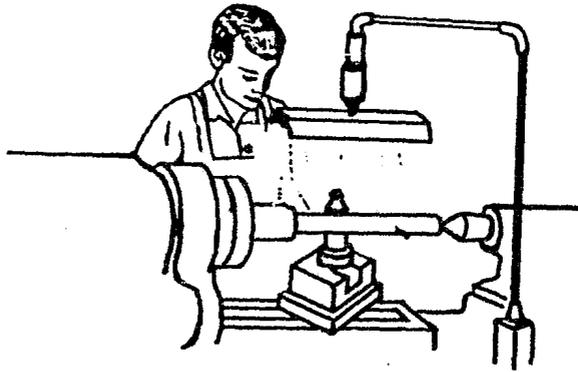


Fig. 2.7 Alumbrado Individual.

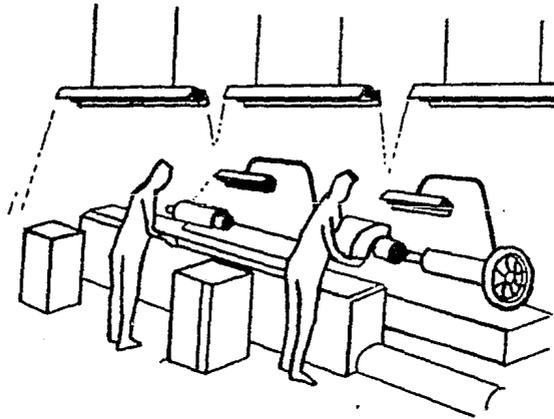


Fig. 2.8 Alumbrado Combinado.

2.4 FUENTES LUMINOSAS.

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la creación de una gran cantidad de lámparas destinadas a usos muy diferentes. Lo anterior ha dado origen a clasificarlas en dos grandes grupos: incandescentes y -descarga en atmósfera gaseosa.

2.4.1. INCANDESCENTE.

Este tipo de lámparas utiliza el tungsteno en forma de filamento espiral, debido a su alto punto de fusión (3 410 °C). Por éste se hace pasar una corriente eléctrica que lo lleva al punto de incandescencia. Esto a su vez, produce radiaciones luminosas visibles. Las tres partes -- principales de una lámpara incandescente son: el bulbo (bombilla), la base y el filamento.

BULBO (BOMBILLA). Es una envoltura de cristal que mantiene el vacío o la atmósfera de gas inerte en la que opera el filamento. De esta manera se evita la rápida combustión del filamento. Para su fabricación se utilizan más de 21 diferentes clases de vidrios, dependiendo del tipo de -lámpara y su aplicación. La mayor parte de los bulbos están hechos de -- óxido de calcio que además es un vidrio blando con finalidades de uso interior. El cristal duro o resistente al calor se utiliza a la intemperie en aquellos lugares donde la lluvia y la nieve pueden entrar en contacto con el bulbo.

Los diferentes tipos de acabados sirven para controlar la distribu--ción de la luz, reducir el deslumbramiento y difundir mejor la luz.

El tamaño y forma de los bulbos viene determinado por la aplicación que se les vaya a dar. (Ver fig. 2.10). Los bulbos se designan con una -letra o letras con números. Por ejemplo: 200A25; esta nomenclatura nos -dice que se trata de una lámpara de 200 watts con bulbo de la forma A, y con un diámetro máximo de 25/8 de pulgada.

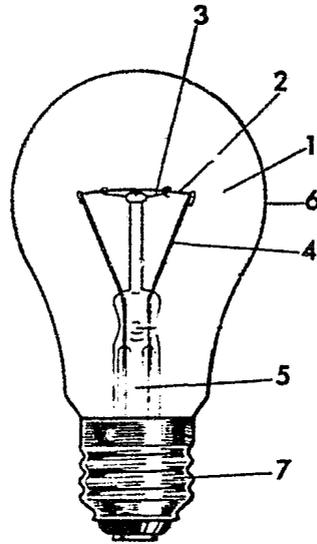


Fig. 2.9 Constitución de una moderna lámpara incandescente con filamento de tungsteno (enrollado) en atmósfera gaseosa: 1) Atmósfera gaseosa. 2) Filamento de tungsteno. 3) Soportes para el filamento. 4) Entradas de corriente. 5) Vástago de vidrio. 6) Bulbo. 7) Base (casquillo).

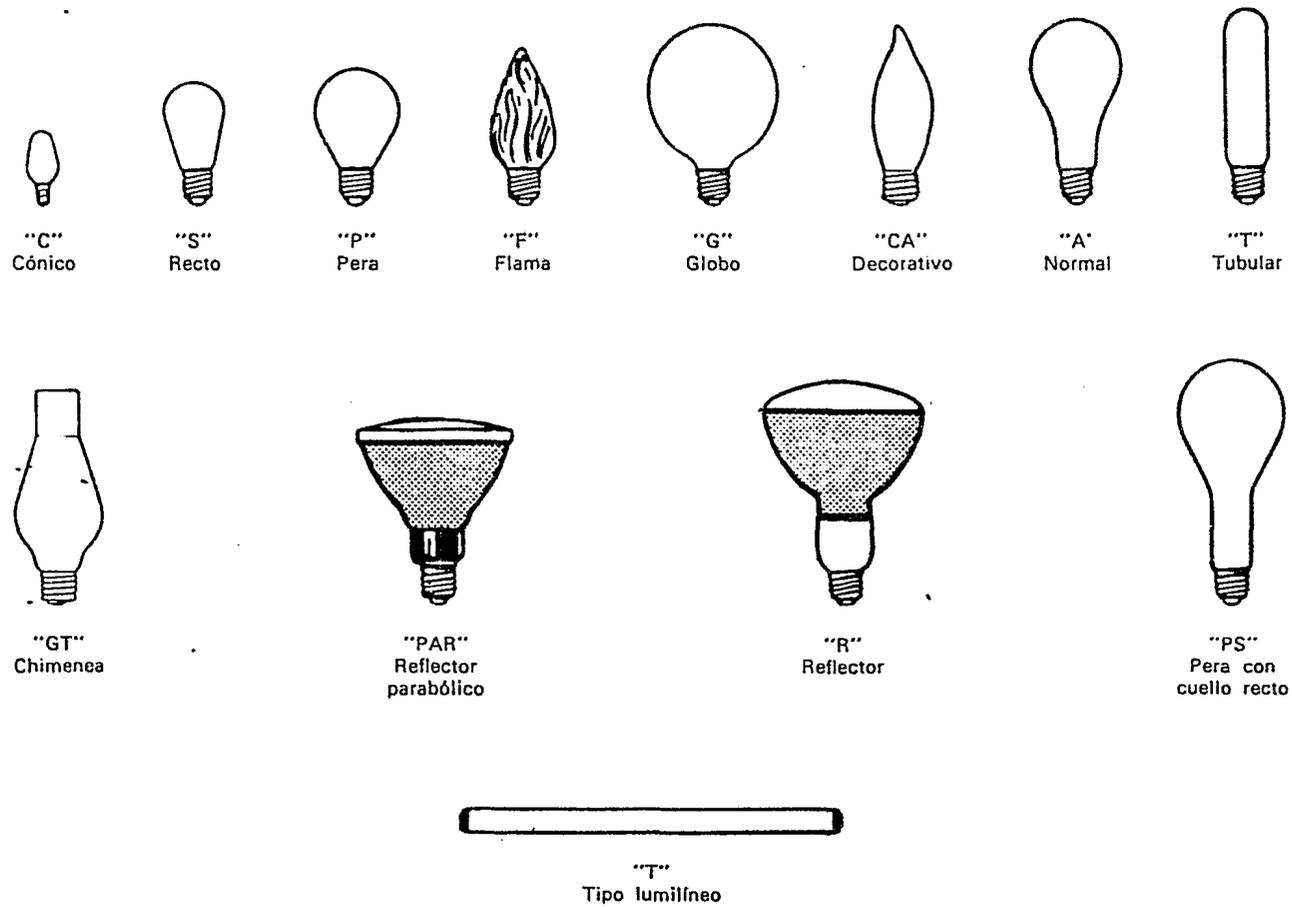


Fig. 2.10 Formas de los bulbos de las lámparas incandescentes.

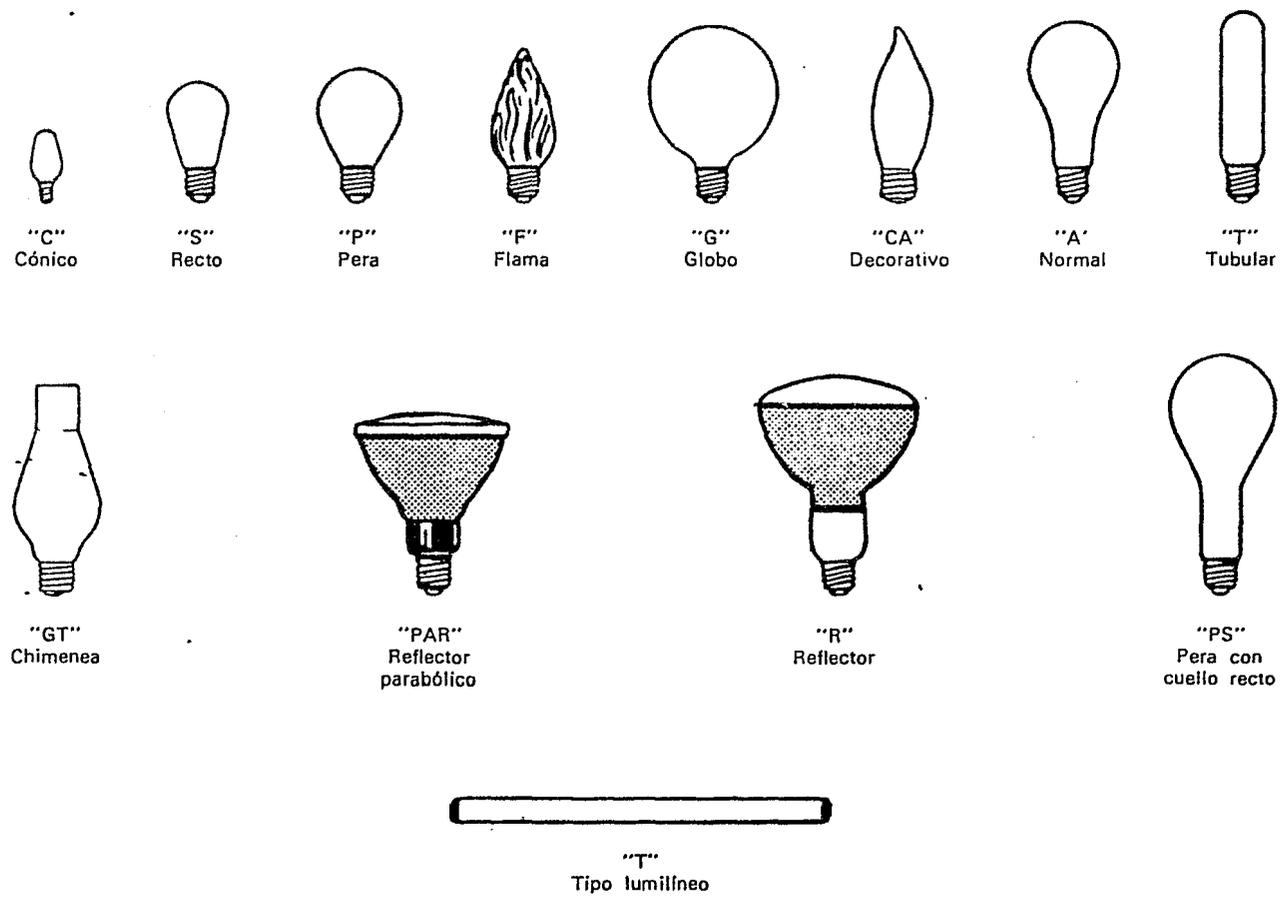


Fig. 2.10 Formas de los bulbos de las lámparas incandescentes.

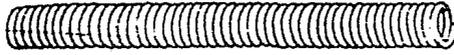


Fig. 2.11a Filamento enrollado sencillo.



Fig. 2.11b Filamento enrollado doble.

Fig. 2.11

Tabla 2.1

TEMPERATURAS DEL FILAMENTO Y EFICIENCIA DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES DE 120 VOLTS.

Lámpara al vacío	Tamaño del bulbo	Resistencia en caliente ohmios	Temperatura del filamento °F	Filamento	Lúmenes iniciales aproximados	Eficacia en lúmenes por vatio
6*	S-14	2400	3860	C-9	39	6.5
10*	S-14	1440	3900	C-9	80	8.0
25*	A-19	576	4190	C-9	235	9.4
40	A-19	360	4470	C-9	460	11.5
60	A-19	240	4530	CC-8	890	14.8
100	A-19	144	4670	CC-8	1740	17.4
150	A-21	96	4710	CC-8	2885	19.2
200	A-23	72	4760	CC-8	3940	19.7
300	PS-30	48	4830	C-9	6000	20.0
500	PS-35	29	4840	CC-8	10500	21.0
1000	PS-52	14	4980	CC-8	23100	23.1
1500	PS-52	10	5010	C-7A	33620	22.4

* Al vacío

FILAMENTO. El filamento como elemento productor de luz radía entre el 10 y el 12 % de la energía consumida en forma de luz visible y el resto bajo la forma de energía infrarroja. Para las diferentes aplicaciones y vidas se han creado distintas clases de filamentos, los cuales pueden ser sencillos, es decir, en forma de cinta(S), enrollado sencillo (C) fig. 2.11a y doble enrollado (CC). Fig. 2.11b. La función de los enrollamientos es la de disminuir las pérdidas de calor y aumentar su eficiencia. Los filamentos para uso general llevan los menos apoyos posibles, debido a que les restan energía al filamento reduciendo la eficiencia de la lámpara. En la fig. 2.12 se pueden ver las diferentes designaciones de filamentos.

GAS. La finalidad de introducir una mezcla de nitrógeno y argón en los bulbos es la de aumentar la eficiencia y el flujo luminoso, así como reducir el ennegrecimiento causado por el polvillo que libera el tungsteno durante su funcionamiento, mismo que siempre se deposita por encima del filamento. Es por esto último que es muy importante la posición en la que opere nuestra lámpara.

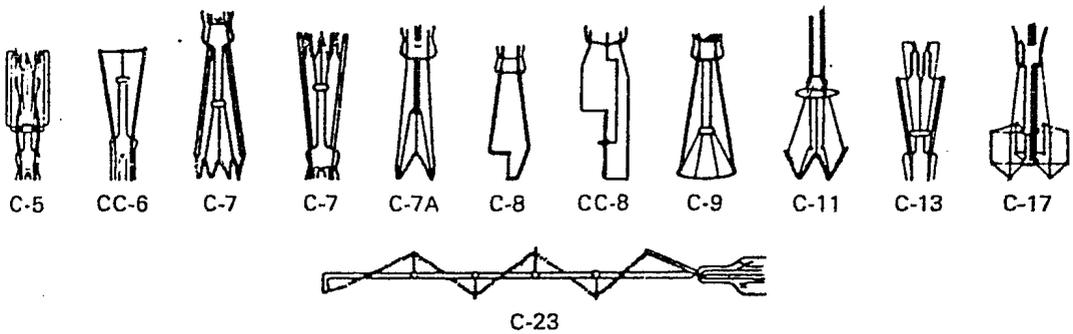


Fig. 2.12 Designación de los filamentos de las lámparas incandescentes.

BASE O CASQUILLO. La base tiene la misión de facilitar el montaje de la lámpara, fijar la posición del filamento, conectar el bulbo con el portalámparas y hacer las conexiones eléctricas necesarias. Para su fa-

bricación se usa el aluminio y el latón. Las lámparas menores de 300 - watts generalmente llevan casquillo de rosca media. Las de mayor potencia, es decir, mayores de 300 watts usan casquillo de rosca mogul. Algunas de las lámparas de menor potencia como las de señales indicadoras y - decoración llevan casquillo de rosca de candelabro o intermedia. En la - mayoría de las lámparas incandescentes para iluminación general tales como las ya mencionadas, es decir, las de tipo candelabro, intermedia y mogul, se usa cemento para unir el vidrio del bulbo al metal de la base. En las lámparas de potencias mayores se usa una mezcla de cementos especialmente diseñados para resistir las altas temperaturas y garantizar mayor consistencia y duración. (ver fig. 2.13).

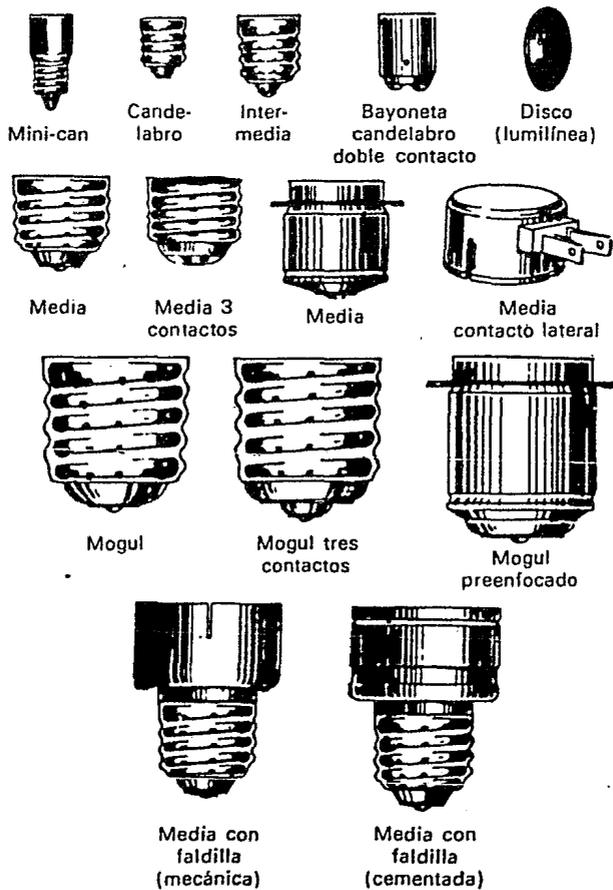


Fig. 2.13 Bases para las lámparas incandescentes.

TABLA 2.2

DIVERSOS TIPOS DE BASES PARA LAS LAMPARAS INCANDESCENTES.

TIPO DE BASE	LAMPARA QUE USA ESTA BASE
Rosca Mini-Can	250V, T-4, tungsteno halógeno
Candelabro	15V, F-10, decorativa
Intermedia	10V, S-11, anuncios
Mediana	100V, A-19, normal
Mediana con faldilla (cemento)	250V, G-30, infrarroja
Mediana con faldilla (mecánica)	150V, PAR-38, reflector
Mediana con 3 contactos	50-100-150V, A-21, tres luces
Mogul	1,000V, PS-52, normal
Mogul con 3 contactos	100-200-300V, PS-25, 3 luces indirectas
Mediana preenfocada	500V, T-10, proyección
Mogul preenfocada	1,000V, G-40, luz concentrada
Candelabro con bayoneta de 2 contactos	25V, T-8, artefactos domésticos
Disco	40V, T-8, lumilínea
Mediana con contacto lateral	150V, PAR-38, reflector

LAMPARAS DE TUNGSTENO HALOGENO (conocidas como Yodo - Cuarzo). Estas son fuentes de luz compactas y con muy alta luminosidad, sin dejar de ser lámparas incandescentes. Cuando la lámpara se conecta al circuito eléctrico la corriente que pasa a través del filamento debe superar su resistencia, la energía consumida lo calienta hasta la incandescencia.

Se denomina halógeno a determinados elementos químicos entre los que destaca el flúor, cloro, bromo y yodo; se caracterizan porque se combinan con facilidad con otros elementos, ya que son muy agresivos químicamente hablando.

El ciclo del halógeno en el interior de la lámpara se realiza en la siguiente forma: al encender la lámpara, las partículas del tungsteno se combinan con el vapor de yodo y forman el yoduro de tungsteno, que se des^uplaza desde la pared del tubo al filamento, la alta temperatura separa los elementos originales y el tungsteno regresa al filamento, mientras que el yodo queda libre para repetir el ciclo.

Otros tipos de lámparas incandescentes que se fabrican son las infra^urojas, con reflector plateado, con reflector semiplateado, etc.

En total se fabrican alrededor de 40 mil diferentes tipos de lámparas incandescentes para aplicaciones muy diversas: alumbrado doméstico, bicicletas, motores, automóviles, ferrocarriles, aviones, buques, linternas, semáforos, hornos, para uso en minas, para estudios cinematográficos y de televisión, para cámara de fotografía (destello), escaparates, máquinas de coser, juguetes, para proporcionar calor a animales recién nacidos, etc.

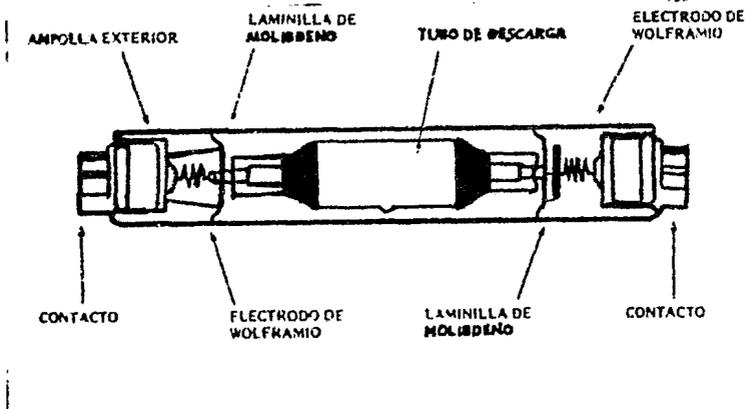


Fig. 2.14 Lámpara de Iodo Cuarzo

VENTAJAS.

Encendido inmediato sin necesidad de equipo auxiliar.

Dimensiones reducidas.

Bajo costo inicial.

Opera a un factor unitario.

La frecuencia de encendido no afecta la vida de la lámpara.

DESVANTAJAS.

Baja eficiencia luminosa y por lo tanto el costo de funcionamiento - es elevado.

Trabaja a alta temperatura.

Elevada luminancia con el correspondiente deslumbramiento.

Típicamente son de corta duración.

Las variaciones de voltaje le afectan en forma crítica.

Están sujetas a fallas por golpes.

2.4.2. LAMPARAS DE DESCARGA EN ATMOSFERA GASEOSA.

Su funcionamiento consiste en hacer pasar una corriente eléctrica a través de un gas. El grupo de las fuentes luminosas de descarga en un gas es muy amplio. Comprende las lámparas fluorescentes, vapor de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio. Los principios de funcionamiento, las características constructivas, el tipo de luz emitida y los campos de aplicación varían de uno a otro tipo de lámpara.

LAMPARA FLUORESCENTE.

Es una lámpara de aspecto tubular que contiene en sus paredes interiores una delgada capa de polvo fluorescente (cristales de fósforo), una mezcla de argón y neón o solamente argón, gotitas de mercurio líquido y dos electrodos. Una vez que la lámpara se enciende aparece una diferencia de voltaje entre sus electrodos provocando un flujo de electrones que a su vez ioniza los gases (argón, neón) facilitando el encendido. Posteriormente el mercurio se vaporiza a presión muy baja difundiéndose por todo el interior del tubo. Es entonces cuando el flujo de electrones que viaja a alta velocidad, fig. 2.15, efectúa impactos en los electrones de los átomos de mercurio sacándolos de sus órbitas; al regresar bruscamente a su posición original emiten radiaciones ultravioletas.

Cuando las radiaciones alcanzan los cristales de fósforo, éstos las transforman en radiaciones visibles.

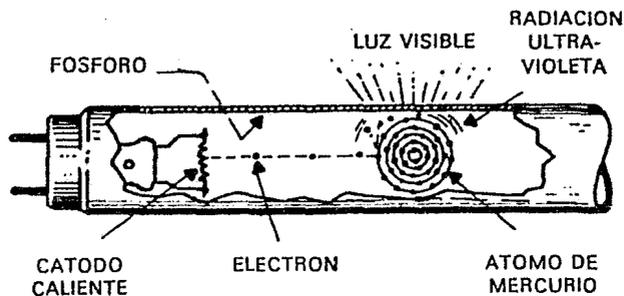


Fig. 2.15 Forma en que se produce la luz en una lámpara fluorescente de cátodo caliente.

Los componentes básicos de una lámpara fluorescente son:

TUBO (BULBO). Está constituido por una envoltura de vidrio que contiene la mezcla de gases y mercurio, sirviendo a su vez de sostén a la película de polvo fluorescente.

Hay una menor variedad en los tipos y diámetros de los bulbos de las lámparas fluorescentes que en los de lámparas incandescentes. Las lámparas fluorescentes pueden ser rectas, circulares, en forma de "U", "W", o en otras configuraciones así como en diferentes diámetros. (Fig. 2.16.).

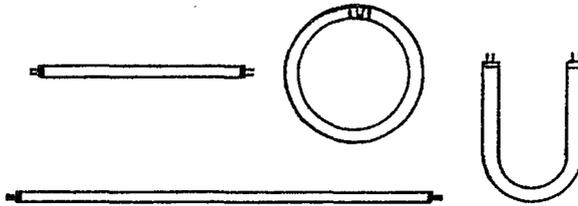


Fig. 2.16

Las lámparas rectas vienen en seis diámetros: T-5, T-6, T-8, T-10, T-12 y T-17. Las circulares se fabrican en dos diámetros: T-9 y T-10. Los tres tamaños de las lámparas Slimline son T-6, T-8 y T-12. Como se recordará el número que sigue a la letra es el diámetro en octavos de pulgada. La longitud de las lámparas fluorescentes varía desde 6 pulgadas hasta 8 pies. Los datos antes mencionados son los más comunes, puede haber algunas variaciones entre fabricantes.

BASE. Conecta la lámpara con el suministro de energía eléctrica y le sirve de apoyo. En la fig. 2.17 se muestran las bases que se usan con las lámparas fluorescentes. Para las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido, se necesitan cuatro contactos eléctricos, dos en cada extremo de la lámpara. Para esto se usa una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tamaños: miniatura de dos espigas para los bulbos de las lámparas tipo T-5; mediana de dos espigas para los bulbos T-8 y T-12; y mogul de dos espigas para los bulbos T-17. En las lámparas circulares los cátodos van conectados a una base con 4 espigas ubicadas entre

la unión de los extremos de la lámpara. Las lámparas Slimline (arranque instantáneo), requieren dos contactos eléctricos solamente, o sea uno en cada extremo de la lámpara y usan bases de una sola espiga.

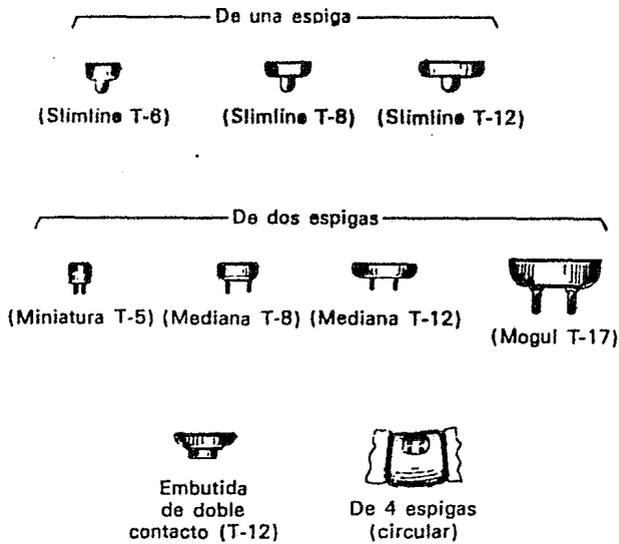


Fig. 2.17 Bases para lámparas fluorescentes.

ELECTRODOS. Proporcionan la fuente de electrones y a su vez las terminales, funcionando alternadamente como cátodo y ánodo. Para estabilizar este tipo de funciones comúnmente se utilizan dos tipos de electrodos.

CÁTODO CALIENTE. Está constituido por un filamento de tungsteno enrollado en espiral, sobre el que se han depositado sustancias emisoras de electrones (bario, estroncio, calcio). Al energizar los electrodos estos se calientan hasta una temperatura de 1000 °C provocando una emisión de electrones que da lugar a la formación del arco entre los dos electrodos.

CATODO FRIO. Estas lámparas encienden directamente aplicando una tensión suficientemente alta para que salte el arco a temperaturas de alrededor de 150 °C.

GAS. El gas argón y neón confinados en el tubo hacen más fácil el encendido, ionizándose rápidamente en tanto el mercurio se vaporiza.

FOSFORO. La función del fósforo consiste en tomar la energía ultravioleta de onda corta y convertirla en energía visible, alargando la longitud de onda para que sean percibidas por nuestros ojos. El fósforo es un compuesto estable que mantiene la emisión luminosa a un alto nivel durante la vida de la lámpara. Es posible producir una considerable gama de colores dependiendo de la composición química del fósforo. Los diferentes tipos de fósforos se puede ver en la tabla 2.3

BALASTRO. Es un dispositivo que limita la corriente de las lámparas fluorescentes al valor requerido para su correcta operación y también suministra la tensión y corriente de arranque cuando es necesario.

TABLA 2.3
FOSFOROS Y COLORES FLUORESCENTES

FOSFORO	FLUORESCENCIA DEL COLOR
Borato de cadmio	Rosado
Halofosfato de calcio	Blanco
Silicato de calcio	Anaranjado
Tungstato de calcio	Azul
Germanato de magnesio	Azul
Tungstato de magnesio	Blanco azulado
Halofosfato de estroncio	Verde claro
Silicato de cinc	Verde

CIRCUITOS DE ENCENDIDO.

PRECALIENTAMIENTO. Las lámparas de precalentamiento utilizan un circuito de arranque que consiste principalmente en un inductor o reactancia y un conmutador automático llamado arrancador (cebador). Cualquier bobina enrollada alrededor de un núcleo tiene dos características:

- 1). Cuando se conecta a un circuito de corriente alterna, tiende a resistir cualquier cambio de corriente que pasa por ella.
- 2). Cuando se corta la corriente que pasa por ella, descarga momentáneamente un voltaje mucho mayor que el que se aplica. El conmutador automático está diseñado de modo que queda cerrado cuando la lámpara está apagada, y cuando es encendida se abre un segundo después (aproximadamente) del paso de la corriente y permanece abierto hasta que se apaga la luz.

Cuando la lámpara es encendida, la corriente circula a través de la reactancia, pasa por los filamentos o electrodos calentándolos, y por el arrancador regresando a la línea. Durante este período la lámpara tiene algo de brillo en sus extremos pero no luce, Fig. 2.18. Entonces el cebador se abre, y la reactancia resuelve el problema descargando un alto voltaje, superior a los 120 volts, lo suficiente para encender la lámpara. La corriente no puede pasar a través del arrancador porque está abierto por lo tanto, tiene que pasar a través del tubo ayudado por el efecto de la reactancia antes mencionado, es entonces cuando se inicia la descarga entre los electrodos, formándose un arco dentro del tubo.(Fig. 2.19).

La corriente circula primero en la dirección indicada por las flechas y luego en el sentido contrario, puesto que se trata de una corriente alterna. Entonces la reactancia efectúa su segunda función: la de limitar que pase por el tubo un valor seguro.

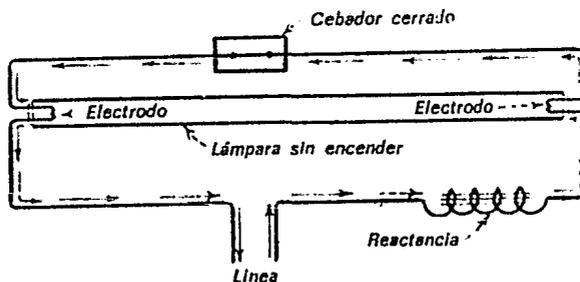


Fig. 2.18

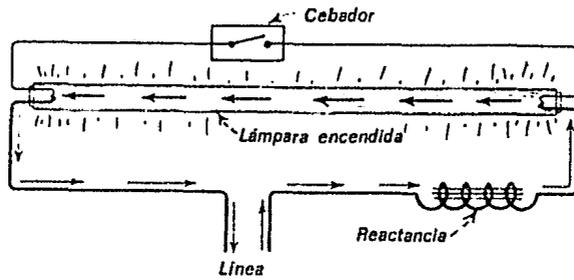


Fig. 2.19

ENCENDIDO INSTANTANEO. Este tipo de lámparas necesita de suficiente voltaje en las terminales para formar el arco sin necesidad de un calentamiento previo en los electrodos. La lámpara de arranque instantáneo se desarrolló para eliminar el inconveniente de utilizar un arrancador y reducir el largo tiempo de arranque del sistema de precalentamiento. El circuito de arranque se elimina al utilizar un reactor que proporciona un mayor voltaje de arranque permitiendo a los electrodos arrancar en frío. Como no requiere precalentamiento, las lámparas de arranque instantáneo tienen un sólo contacto en cada extremo. Reciben el nombre de lámparas Slimline (línea fina).

Las reactancias de encendido instantáneo de dos lámparas pueden ser del tipo adelanto-retraso o bien de secuencia serie.

Para la secuencia serie, fig. 2.20, la primera lámpara arranca con la tensión suministrada por el arrollamiento auxiliar. La corriente que resulta pasa a través del condensador, modificando la relación de fase entre el arrollamiento auxiliar y secundario, de tal manera que se sumen las dos tensiones. La tensión resultante es suficiente para hacer arrancar a la segunda lámpara.

La mayoría de las lámparas funcionan con balastos de secuencia serie en comparación con los balastos de adelanto-retraso (muy raramente usados), el balastro de secuencia en serie es más pequeño, más liviano, más silencioso, más barato y más eficiente. Las dos lámparas realmente

arrancan en secuencia, separadas por una milésima de segundo y funcionan en serie.

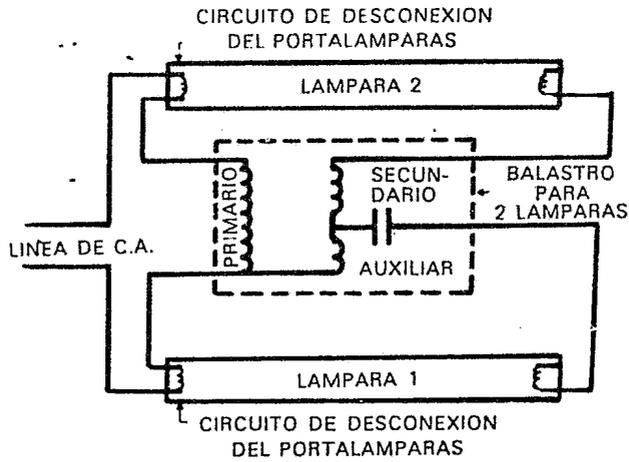


Fig. 2.20 Circuito típico de arranque instantáneo de un balastro de secuencia en serie para dos lámparas.

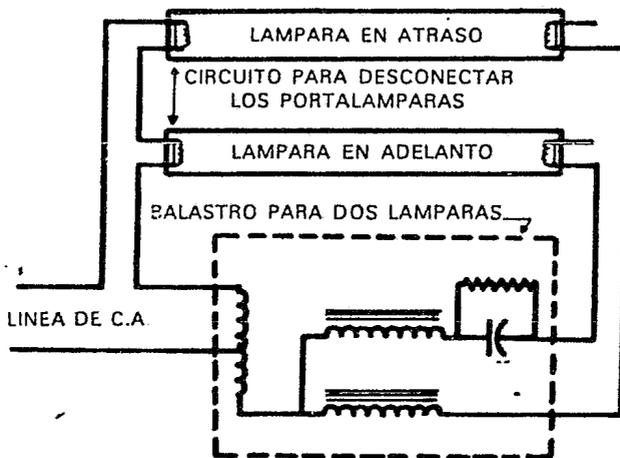


Fig. 2.21 Circuito de adelanto-atraso para dos lámparas de arranque instantáneo.

ENCENDIDO RAPIDO. El circuito de encendido rápido difiere de uno de precalentamiento en que su tensión de calentamiento la suministra un devanado especial de la reactancia y no hay ningún interruptor para abrir el circuito cuando salta el arco. El encendido es más rápido que en las lámparas de precalentamiento y se verifica en menos de un segundo en condiciones normales. Este tipo de lámparas es el más utilizado debido a que combina las mejores características del sistema de precalentamiento y el de arranque instantáneo, (Fig. 2.22).

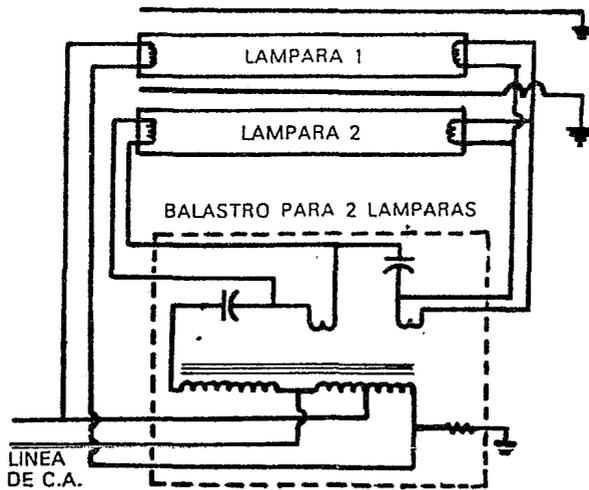


Fig. 2.22 Circuito típico de arranque rápido de un reactor de secuencia en serie para dos lámparas.

VENTAJAS.

Buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mayor que las lámparas incandescentes).

Baja luminancia, de forma que se reducen sensiblemente los problemas de deslumbramiento.

Gran variedad de colores.

Elevada duración de vida media (6000 a 9000 horas).

No tiene limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento.

DESVENTAJAS.

Empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga.

Grandes dimensiones.

Costo: varias veces mayor al de una lámpara incandescente.

Es sensible tanto a la temperatura como a la humedad.

Produce interferencias de radio.

No se presta para un control preciso de la luz.

Produce relativamente pocos lúmenes en relación con el tamaño físico de la lámpara.

LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.

La producción de luz en las lámparas de vapor de mercurio se basa en el principio de la luminiscencia obtenida por la descarga eléctrica, en el seno del mercurio gasificado. La aplicación de una tensión eléctrica ioniza el gas argón y permite que la corriente eléctrica pase de un electrodo a otro. Los electrones que forman la corriente eléctrica están acelerados a grandes velocidades, cuando entran en colisión con los átomos de mercurio; alteran temporalmente su estructura atómica. La energía desprendida por los átomos alterados, al volver a su estado normal produce la luz.

A pesar de que existen muchos tamaños y formas de las lámparas de vapor de mercurio, los tipos comunmente usados están construidos a base de dos bulbos, uno exterior a manera de cubierta y otro interior, que es el tubo de arco. El tubo de arco fabricado de cuarzo contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, electrodos y una pequeña cantidad de gas argón. (Fig. 2.23.).

En algunas lámparas de vapor de mercurio, la superficie interna del bulbo exterior lleva un revestimiento de fósforo a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco, en luz visible predominantemente en la región roja del espectro.

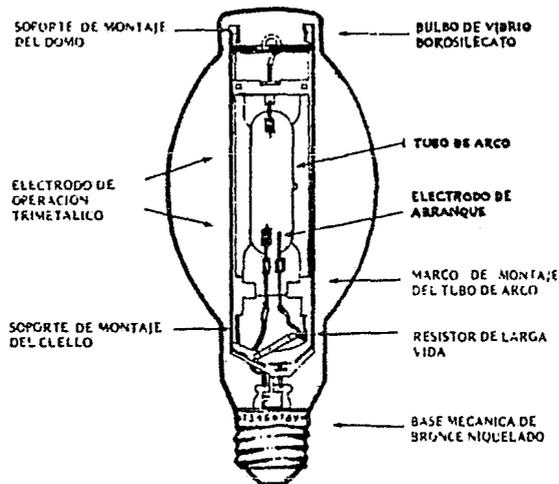


Fig. 2.23 Lámpara de Vapor de Mercurio

DIFERENCIA ENTRE LA LAMPARA FLUORESCENTE Y LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.

La lámpara fluorescente difiere básicamente de la de mercurio en dos aspectos: trabaja a una presión de vapor mucho más baja y tiene fósforo que es activado solamente por la onda corta ultravioleta radiada por un arco de baja tensión; y además más del 90 % de la luz se produce por fluorescencia y el resto por las bandas visibles del espectro del arco de mercurio.

En la lámpara típica de vapor de mercurio, la situación es prácticamente opuesta; las líneas visibles del mercurio aportan aproximadamente el 90 % de luz y la fluorescencia del fósforo sólo el 10 %.

VENTAJAS.

Eficiencia luminosa óptima.

Rendimiento cromático discreto o bueno.

Tamaño pequeño.

Buen promedio de vida.

La gama de potencias en que se suministran es muy alta con respecto a las lámparas fluorescentes.

DESVENTAJAS.

Empleo de equipo auxiliar para el arranque.

Costo elevado.

El encendido no es inmediato (requiere de 4 a 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa).

LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS.

La constitución de las lámparas de aditivos metálicos es similar a la de vapor de mercurio. El recipiente o tubo de descarga es también de cristal de cuarzo de forma tubular con un electrodo en cada extremo, en el que se ha depositado un material emisor de electrones. La corriente se hace llegar a los electrodos a través de unas laminillas selladas herméticamente con el cristal de cuarzo. Las lámparas de mercurio con aditivos metálicos proporcionan aproximadamente de 75 a 125 lum/ watts, dependiendo de los haluros metálicos utilizados y también de la potencia de la lámpara.

Los aditivos del mercurio y el argón en el tubo del arco son generalmente compuestos de yodo con metales, tales como el indio, sodio, torio, escandio. La duración de estas lámparas es de 6,000 a 10,000 horas. Tanto el arranque como el calentamiento de estas lámparas son similares a las de la lámpara de mercurio, aunque requiere más tiempo para llevarse a cabo. (Fig. 2.24).

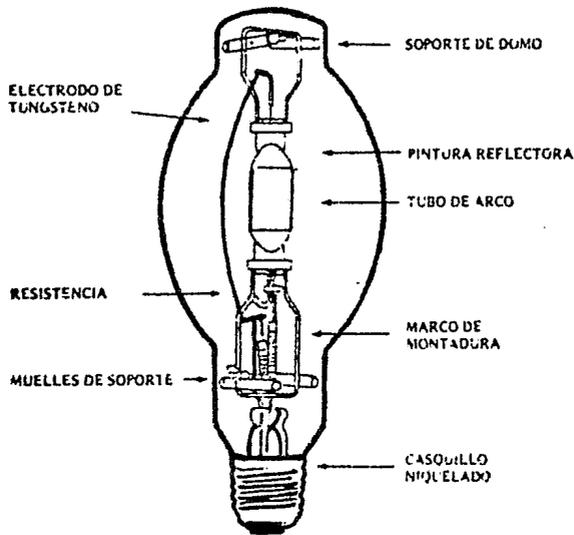


Fig. 2.24 Lámpara de Aditivos Metálicos.

LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION.

Está constituido por un tubo doblado en forma de "U", relleno de una mezcla de gases inertes (neón y argón) a la que se le agrega una cierta cantidad de sodio. Cuando la lámpara está fría, el sodio se deposita a lo largo del tubo en forma de gotitas. Cuando la descarga eléctrica se efectúa a través del sodio vaporizado a baja presión, produce una radiación visible casi monocromática formada por dos rayos muy próximos entre

sí, con longitudes de onda de 589 y 589.6 nanómetros respectivamente. El tubo doblado (tubo de descarga) se encuentra alojado en un bulbo tubular también de vidrio que le sirve de protección mecánica y térmica, reforzando este último por el vacío que se hace en el espacio interior entre el tubo doblado y el bulbo con la finalidad de reducir la cantidad de calor transmitido al exterior. En los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos formados cada uno por un filamento en espiral doble o triple, en cuyos intersticios se deposita un material emisor de electrones. (Fig. 2.25).

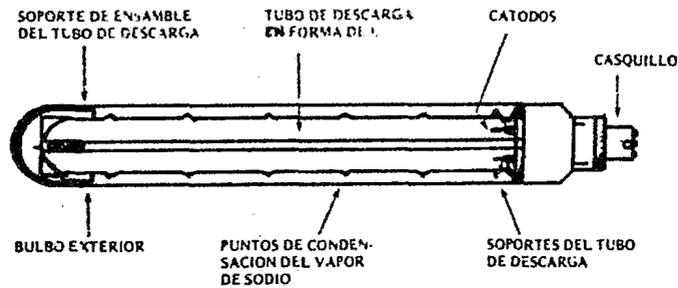


Fig. 2.25 Lámpara de Vapor de Sodio a baja presión.

VENTAJAS.

Notable eficiencia luminosa (puede alcanzar 200 lm por w.)

Larga vida.

DESVENTAJAS.

La luz emitida es monocromático (amarilla), altera los colores reflejados por los objetos.

Necesita dispositivos auxiliares para el arranque.

Hasta transcurridos 5 ó 10 minutos de encendido, no alcanza el 80 % de la emisión máxima.

LAMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION.

En este tipo de lámparas, la luz es producida por el paso de una corriente eléctrica a través del vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura (700 °C). En el interior de una ampolla de vidrio se encuentra alojado el tubo de descarga del sodio, el cual es de cerámica (óxido de aluminio policristalino) muy resistente al calor y a las intensas actividades químicas del vapor de sodio a la temperatura de funcionamiento de 700 °C.

El principal elemento de radiación en el tubo de arco es el sodio; sin embargo, contiene mercurio como gas corrector del color y adicionalmente para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenón, utilizado para iniciar la secuencia de arranque. La función de arranque se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor) que se encuentra en el balastro y trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El ignitor provee un corto impulso de alto voltaje (3Kv) de alimentación, el cual tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y en esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara. La lámpara de vapor de sodio alta presión emite energía a todo lo largo del espectro visible. Se puede aplicar en iluminación de fachadas de edificios, zonas portuarias, naves industriales, aeropuertos, almacenes, etc. (fig. 2.26).

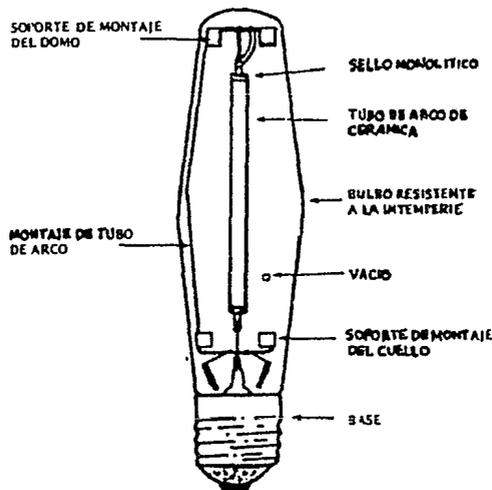


Fig. 2.26 Lámpara de Vapor de Sodio alta presión.

VENTAJAS.

Buena eficiencia luminosa.

Largo promedio de vida.

Reducidas dimensiones.

No existe limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

DESVENTAJAS.

Empleo de dispositivos auxiliares.

Tarda varios minutos en alcanzar el 80 % de la emisión luminosa.

Alto costo.

LAMPARA DE LUZ MIXTA.

La lámpara de luz mixta es una combinación de las lámparas de vapor de mercurio y de las incandescentes. Es el resultado de uno de los intentos para corregir el color de la luz emitida por las lámparas de vapor de mercurio, lo cual se consigue instalando dentro del mismo bulbo un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente. (Ver fig. 2.27.).

El filamento actúa como balastro para la descarga, estabilizando la corriente de la lámpara, por lo tanto no es necesario el balastro.

Por lo que toca al color de la luz, se tienen mejores características que con una lámpara de vapor de mercurio. Ya que el filamento incandescente introduce colores amarillo, naranja y rojo, mismos que proporcionan una mejor identificación de colores.

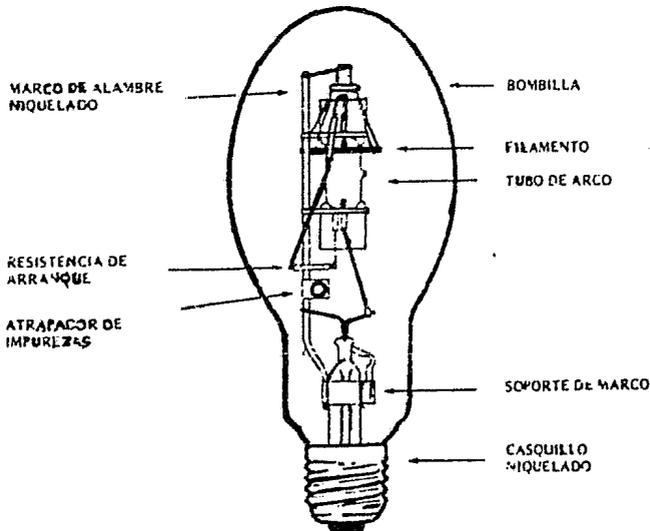


Fig. 2.27 Lámpara de luz Mixta.

2.5 CURVAS DE DISTRIBUCION.

2.5.1. CURVAS FOTOMETRICAS.

Las curvas fotométricas son las curvas de distribución espacial de las intensidades luminosas producidas por una fuente. Se obtienen mediante la medición de las intensidades producidas por una fuente en distintas posiciones alrededor de la lámpara o luminaria y graficando los valores obtenidos por medio de coordenadas polares. La distancia desde cualquier punto de la curva hasta el centro indica la intensidad luminosa en ese sentido, esto se puede comprender mejor viendo la figura 2.28.

Para trazar dichos diagramas se imagina la fuente luminosa reducida a un punto y colocada en el centro del diagrama. A partir de dicho punto se toman medidas de la intensidad luminosa en un elevado número de direcciones (desde 0° hasta 180°) y los valores obtenidos se trasladan al diagrama.

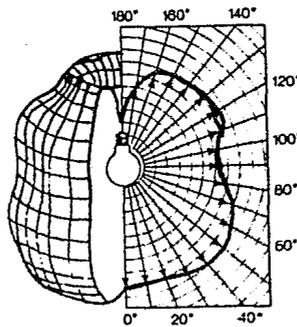


Fig. 2.28

La iluminación que recibe una superficie, proveniente de una sola fuente, puede calcularse fácilmente a partir de la curva de intensidades. Cuando el tamaño de la luminaria comparado con su distancia a la superficie que ilumina, permita considerarla como una fuente puntual, la iluminación en cualquier punto de la superficie puede determinarse utilizando la expresión de la ley del inverso de los cuadrados ($E = I \cos \phi / L^2$). Dividiendo el producto de la intensidad luminosa y la función trigonométrica del ángulo entre la distancia al cuadrado, conoceremos los luxes inci-

dentados en un determinado punto de la superficie. Si el tamaño de la fuente luminosa no permite la aplicación directa de la ley del inverso de los cuadrados se requiere un proceso de cálculo más complicado.

Si la distribución es simétrica respecto a un eje central, puede representarse el haz con una sola curva. Un haz asimétrico, en cambio, requiere al menos una curva vertical y otra horizontal, fig. 2.29, y a veces más para que la descripción sea completa.

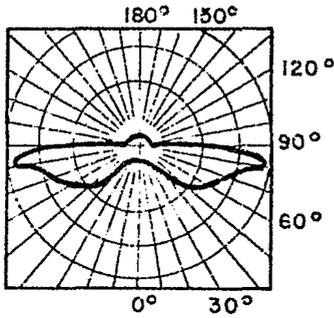


Fig. 2.29a Distribución Horizontal

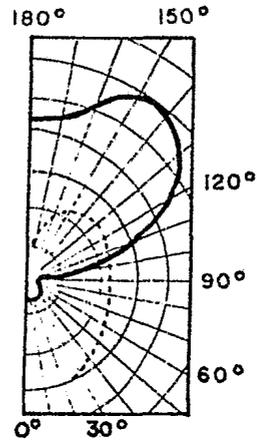


Fig. 2.29b Distribución Vertical

Fig. 2.29

2.5.2. CURVAS ISOLUX.

Está constituido por un conjunto de curvas que unen puntos de un mismo nivel luminoso en un plano de trabajo, esto se aprecia mejor observando la siguiente fig. 2.30.

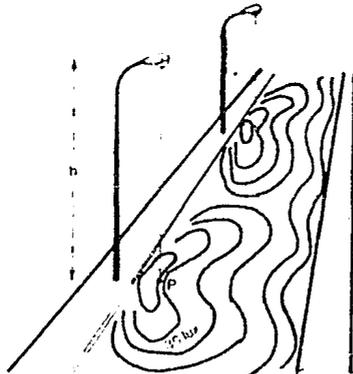


Fig. 2.30

Para facilitar la aplicación de la información a diferentes alturas de montaje, las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. El diagrama isolux que se ilustra en la fig. 2.31 corresponde a una sola unidad luminosa, pero pueden construirse curvas similares para una instalación sumando las aportaciones luminosas de cada una de las luminarias que constituyen la instalación. Cada altura de montaje origina un diagrama isolux distinto. El diagrama isocandela por otro lado, es una característica fija de la luminaria, independientemente de la distancia o altura de montaje. Los diagramas isolux se utilizan más en instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalación de alumbrado.

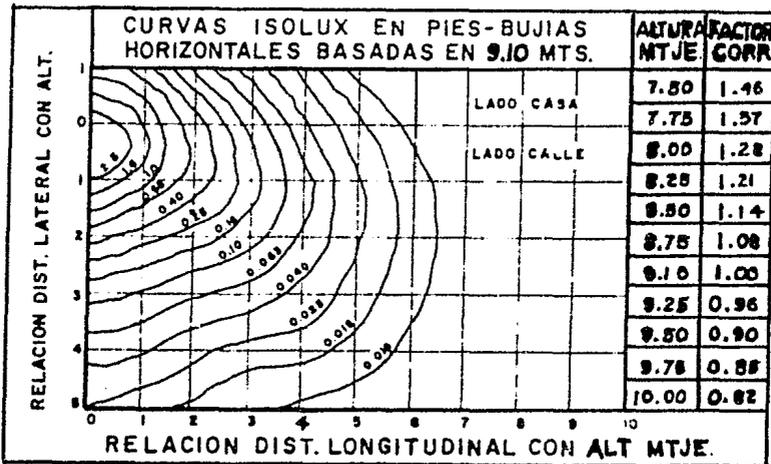


Fig. 2.31

A continuación ilustraremos el manejo de las curvas isolux mediante un ejemplo:

El flujo luminoso de una luminaria es de 26,600 lúmenes, y está montada a una altura de 10 m. Se quiere saber cual es el nivel luminoso en un punto situado longitudinalmente a 20 m y transversalmente a 15 m. La curva está calculada para 1000 lúmenes y 9.10 m de altura de montaje. El procedimiento es el siguiente:

- 1) Localización del punto:

$$\text{Longitudinal: } \frac{\text{distancia}}{\text{altura montaje}} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\text{Transversal: } \frac{\text{distancia}}{\text{altura montaje}} = \frac{15}{10} = 1.5$$

2) El valor de la lectura es de 0.325 luxes con 1000 lúmenes.

3) Nivel con 26,600 lúmenes: $26,600/1000 = 26.6$ lúmenes.

$$26.6 \times 0.325 = 8.64 \text{ luxes.}$$

4) Corrección por altura de montaje:

En vista de que la altura de montaje es de 10 m, el valor del factor de corrección a usar será 0.82, por lo tanto, el nivel de iluminación es:

$$\text{Nivel de iluminación} = 0.82 \times 8.64 = 7.08 \text{ luxes.}$$

2.5.3. CURVAS DE UTILIZACION.

Estas curvas permiten conocer el "factor" o "coeficiente" de utilización de la luminaria en función de la relación distancia transversal entre altura de montaje (DT/AM). Es esta una cifra descriptiva de la eficiencia de la luminaria, ya que si se multiplica por la energía luminosa emitida por la lámpara, permite conocer la energía que la luminaria es capaz de hacer llegar al pavimento, de acuerdo con la relación DT/AM, correspondiente. En vista de que la construcción de reflectores y difusores tienen características diferentes para dirigir la luz hacia el frente y hacia atrás en una misma luminaria, la curva de utilización se presenta en dos partes: la correspondiente a la energía emitida hacia el frente - en sentido transversal (lado calle) y hacia atrás en el mismo sentido (lado banqueta o casa) su uso se analiza en el siguiente ejemplo:

Para conocer el nivel de iluminación promedio aplicamos la siguiente ecuación:

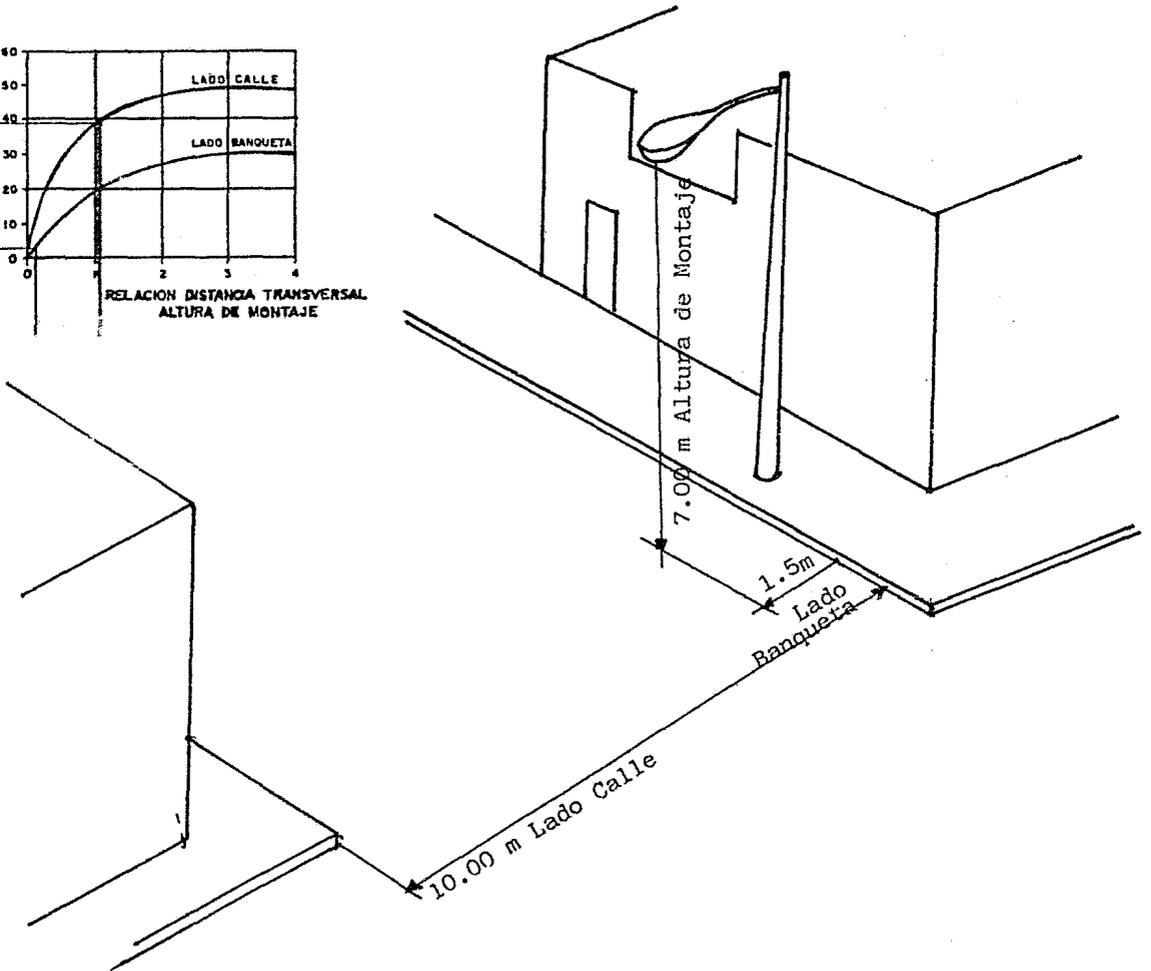
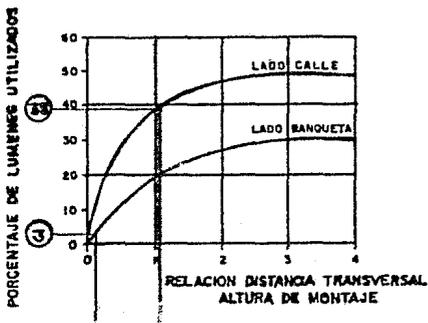
$$E = \frac{\text{Flujo luminoso del luminario} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{Area}}$$

Donde el C.U. lo obtenemos de las curvas de utilización que el fabricante entrega fig. 2.32. El coeficiente de utilización lado banqueta (LB) del luminario es: $LB/AM = 1.5/7 = 0.2$, y con este valor nos referimos verticalmente hasta cruzar la curva (lado banqueta) donde tomaremos la

lectura del eje vertical cero obteniendo un valor de 3 . El lado calle, - el coeficiente de utilización será: $LC/AM = 10-1.5/7 = 1.2$, nos referiremos verticalmente hasta cruzar la curva (lado calle), de donde tomaremos la lectura sobre el eje vertical cero, obteniendo el valor de 38 el valor definitivo del coeficiente de utilización será:

$$C.U. = 3 + 38 = 41$$

El factor de mantenimiento lo seleccionaremos de los datos del fabricante tomando en cuenta el cuidado y el medio ambiente donde vaya a trabajar la luminaria. El flujo luminoso (lúmenes) también deberá ser proporcionado por el fabricante. El área la tomaremos del lugar donde se instalará la luminaria.



2.6 ILUMINACION INTERIOR.

Lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione muy buen confort visual, así como un alto rendimiento que esté acorde con las limitaciones del proyecto. Una de las limitaciones podría ser el alto grado de suciedad. Los factores de conservación o de pérdida de la luz influyen grandemente al momento de elegir el equipo, y se consideran detalladamente en el proceso de cálculo. El aspecto económico siempre interviene, y puede obligar a adoptar una combinación de iluminación general e iluminación local. La iluminación general localizada frecuentemente, se impone por razones de orden económico. En otras áreas este sistema de iluminación se puede aplicar por razones técnicas, tales como la reducción del deslumbramiento directo o reflejado y eliminación de sombras indeseables.

Una vez seleccionada la luminaria que se va a utilizar y el nivel lumínico requerido (de tablas) es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. Hay dos métodos para conocer el número de luminarias y un tercero para comprobar el nivel de iluminación producido por las luminarias en los puntos más críticos. Los nombres de los métodos son: Método de los lúmenes, Método de cavidad zonal y Método de punto por punto. A continuación hablaremos de cada uno de los métodos, mostrando en algunos casos su aplicación en el proyecto.

2.6.1. METODO DE LOS LUMENES.

Los principios básicos para un buen diseño de iluminación industrial son los mismos que para cualquier otra área (edificios, oficinas, residencias). El método seleccionado para el diseño de la iluminación en la fábrica, es el de los lúmenes. Este método consiste en obtener los lúmenes promedio de un local de una forma fácil y rápida, razón por la cual es ampliamente aplicado en el alumbrado interior. El procedimiento es como sigue:

- 1) Determinar el nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII), consultar tabla. (Apéndice A).
- 2) Seleccionar el sistema de iluminación (directa, semi-directa, semi-indirecta, indirecta) y las luminarias (tomando en consideración la eficiencia luminosa, precio, funcionamiento).
- 3) Determinar el coeficiente de utilización (C.U.). Este es un factor

tor que tiene en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria, - su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de -- las paredes, techo y suelo. Hay dos formas de calcular el C.U. y son:

a) Obteniéndose el índice de cuarto (o local). Los locales se cla-- sifican de acuerdo con su forma, asignándoles diez diferentes letras, i-- dentificados por el valor de su relación de cuarto. Esta se puede calcu-- lar a partir de la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{l \times a}{hm(1 + a)}$$

donde:

RC - Relación de Cuarto.

a - Ancho

l - Largo

hm - Altura de Montaje. (A partir del plano de trabajo).

b) El índice de cuarto puede determinarse también mediante la tabla de "Relación de Cavidad Zonal".

4) Estimar el Factor de Mantenimiento (F.M.). Este factor toma en cuenta las causas que afectan la cantidad de luz, siendo éstos la depre-- ciación, envejecimiento, condiciones ambientales, suciedad acumulada en -- la superficie reflectora o refractora, paredes y techos sucios que redu-- cen considerablemente la reflectancia.

Clasificación del factor de mantenimiento.

a) F.M. BUENO (0.7). Cuando las condiciones ambientales son buenas, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se instalan por -- el sistema de substitución en grupo.

b) F.M. MEDIO (0.6). Cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de las luminarias no es frecuente y sólo se sustituyen las lámparas que se funden.

c) F.M. MALO (0.5). Cuando la atmósfera es bastante sucia y la ins-- talación tiene un mantenimiento diferente.

5) Cálculo del número de luminarias. El número de lámparas y lumi-- narias se puede determinar aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Número de Lámparas} = \frac{\text{área del piso} \times \text{Luxes requeridos}}{\text{Lámparas por Luminaria} \times \text{Lúmenes por Lámpara} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

6) Distribución de las luminarias. La distribución de las luminarias depende de la arquitectura general, dimensiones del edificio, tipo de luminaria, etc.

EJEMPLO 1: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL NUMERO DE LUMINARIAS.

El cálculo se efectuará siguiendo el procedimiento descrito. Otra forma de conocer el número de luminarias consiste en utilizar formatos que facilitan el cálculo y control. La localización del taller así como la distribución de las luminarias y características de las mismas se podrán apreciar en los planos IE-2 y IE-10.

1) Para este tipo de talleres donde se realizan trabajos burdos de maquinaria y banco, el nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación, A. C. es de 300 luxes.

2) La luminaria seleccionada es del tipo RLM Industrial, Slimline, con distribución luminosa semidirecta, luz blanca fría, con un flujo luminoso de 5600 lúmenes y dos tubos de 74 W cada uno (2 x 74 W).

3) Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.). Se necesita conocer los datos del local para poder obtener el índice de cuarto y, posteriormente mediante las tablas del fabricante obtenemos el C.U.

$$l = 20.9 \text{ m}$$

$$a = 4.9 \text{ m}$$

$$A = 102.41 \text{ m}^2$$

$$hm = 3.0 \text{ m}$$

$$RC = \frac{102.41}{3(4.9 + 20.9)} = 1.32$$

de la tabla se obtiene la letra del índice de cuarto (I.C.) que le corresponde a 1.32

INDICES DE CUARTO		
J	0.6	MENOS DE 0.7
I	0.8	DE 0.7 a 0.9
H	1.0	DE 0.9 a 1.12
G	1.25	DE 1.12 a 1.38
F	1.50	DE 1.38 a 1.75
E	2.00	DE 1.75 a 2.25
D	2.50	DE 2.25 a 2.75
C	3.00	DE 2.75 a 3.50
B	4.00	DE 3.50 a 4.50
A	5.00	MAS DE 4.50

La letra buscada del I.C. es G. Con esta letra y con las siguientes reflectancias de 30% para el techo, 30% para las paredes y 10% para el piso podremos conocer el valor de C.U. mediante el uso de la tabla del fa--bricante.

TECHO	70%			50%			30%	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
PAREDES							30%	10%
INDICE LOCAL	COEFICIENTE DE UTILIZACION							
J	.10	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.17
I	.17	.18	.19	.20	.21	.22	.23	.24
H	.23	.24	.25	.26	.27	.28	.29	.30
G	.29	.30	.31	.32	.33	.34	.35	.36
F	.33	.34	.35	.36	.37	.38	.39	.40
E	.38	.39	.40	.41	.42	.43	.44	.45
D	.43	.44	.45	.46	.47	.48	.49	.50
C	.48	.49	.50	.51	.52	.53	.54	.55
B	.53	.54	.55	.56	.57	.58	.59	.60
A	.60	.61	.62	.63	.64	.65	.66	.67

Después de haber consultado la tabla del fabricante obtenemos que -
C.U. = 0.41.

4) El factor de mantenimiento es de tipo medio debido a las condi--ciones ambientales de trabajo, por lo tanto F.M. = 0.6.

5) Determinamos el número de luminarias.

$$NL = \frac{102.41 \times 300}{2 \times 5600 \times 0.41 \times 0.6} = 11.15 \text{ luminarias.}$$

6) Por condiciones de simetría del local, las lámparas fluorescen--tes serán 12.

Utilizaremos ahora el formato para hacer de nuevo el cálculo mismo - que nos servirá para verificar el resultado.

AREA MANTENIM. EDIFICIO DE SERVICIOS NIVEL 0.00		HOJA DE CALCULO ILUMINACION - METODO DE LOS LUMENES		
CUARTO TALLER PLANO # IE-2 ENTRE EJES				
(A) DATOS DEL CUARTO		(B) DATOS DE LUMINARIAS		
DIMENSIONES		FABRICANTE NOVALUX		
LONGITUD	20.9 M (1)	TIPO INDUSTRIAL RLM	$R_c = \frac{\text{LONGITUD} \times \text{ANCHO}}{\text{A.M. LUM.} \times (\text{LONG.} + \text{ANCHO})}$ $R_c = \frac{(1) \times (2)}{(5) \times [(1) + (2)]}$ $R_c = \frac{20.9 \times 4.9}{3(4.9 + 20.9)} = 1.32$ <p>I.C. = G</p>	
ANCHO	4.9 M (2)	CAT. No. 226		
AREA DE PISO	102.41 m² (3)	LAMP/LUMINARIA		2 (9)
ALT. AL TECHO	M (4)	LUMENES/LAM.		5600 (10)
A.M. DE LUMINARIA	3 M (5)	COEF. DE UTILIZ.		0.41 (11)
(D) REFLECTANCIAS DE SUPERFICIES		FACTOR DE MANT.	0.6 (12)	
TECHO	30 % (6)	(E) NIVEL DE ILUM. REQUERIDO		
PAREDES	30 % (7)	N. I.	300 LUXES (13)	
PISO	10 % (8)			
(F) CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS				
$\text{LUM} = \frac{\text{AREA DEL PISO} \times \text{LUXES REQUERIDOS}}{\text{LAMP/LUM} \times \text{LUMENES/LAMP} \times \text{C. U. X F.M.}} = \frac{(3) \times (13)}{(9) \times (10) \times (11) \times (12)} = \frac{102.41 \times 300}{2 \times 5600 \times 0.41 \times 0.6} = 11.15$				
(G) OPCIONES DE ARREGLO Y COMPARACION DEL NIVEL LUMINOSO				
OPCION	ARREGLO	NUM. DE LUMIN.	COMPROBACION DE N. I. (LUXES)	
a)	2 x 74w	12 (14)	$\frac{(14) \times (9) \times (10) \times (11) \times (12)}{(3)} = \frac{2 \times 5600 \times 0.41 \times 0.6 \times 12}{102.41} = 323 \text{ LUX}$	
b)		(15)	$\frac{(16) \times (9) \times (10) \times (11) \times (12)}{(3)} = \text{---} = \text{---}$	
NOTA- PARA OBTENER (10) Y (11) USE LA TABLA DEL FABRICANTE PARA LA LUMINARIA SELECCIONADA				

EJEMPLO 2: PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL NUMERO DE LUMINARIAS EN LA NAVE INDUSTRIAL.

La distribución de las luminarias y sus características las podemos ver en los planos IE-3, IE-10.

Procedemos en el orden del ejemplo anterior.

1) El nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. es de 400 luxes.

2) La luminaria seleccionada es del tipo fluorescente Power Groove, con distribución luminosa semidirecta, luz blanca frío, flujo luminoso de 16,000 lúmenes, con dos lámparas de 215 W cada luminaria (2 x 215 W).

3) Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.). Como en el caso anterior se requiere conocer los datos del local para poder obtener el índice de cuarto.

$$l = 76 \text{ m}$$

$$a = 44.75 \text{ m}$$

$$A = 3\,401 \text{ m}^2$$

$$hm = 7 \text{ m}$$

$$RC = \frac{76 \times 44.75}{7 (76 + 44.75)} = 4.02$$

Obtenemos el I.C. de la tabla:

INDICES DE CUARTO		
J	0.6	MENOS DE 0.7
I	0.8	DE 0.7 a 0.9
H	1.0	DE 0.9 a 1.12
G	1.25	DE 1.12 a 1.38
F	1.50	DE 1.38 a 1.75
E	2.00	DE 1.75 a 2.25
D	2.50	DE 2.25 a 2.75
C	3.00	DE 2.75 a 3.50
B	4.00	DE 3.50 a 4.50
A	5.00	MAS DE 4.50

Con la tabla del fabricante de la luminaria y los siguientes datos - podremos conocer el C.U.

Datos, reflectancia del techo 30%, reflectancia de paredes 30%, - I.C. = B.

PISO		20%					
TECHO		75%		50%		30%	
PAREDES		50%	30%	50%	30%	10%	30%
INDICE DE CUARTO	J 0.6	.31	.27	.31	.27	.24	.27
	I 0.8	.40	.35	.39	.35	.31	.34
	H 1.0	.46	.41	.45	.41	.38	.41
	G 1.25	.53	.48	.52	.47	.44	.47
	F 1.5	.57	.53	.56	.52	.49	.52
	E 2.0	.64	.59	.63	.59	.55	.58
	D 2.5	.68	.64	.66	.63	.60	.62
	C 3.0	.71	.67	.69	.66	.63	.65
	B 4.0	.74	.71	.73	.70	.68	.69
	A 5.0	.77	.74	.75	.73	.71	.72

4) El factor de mantenimiento es de tipo medio debido a las condiciones ambientales, por lo tanto, F.M. = 0.6.

5) Determinamos el número de luminarias mediante la siguiente ecuación.

$$NL = \frac{400 \times 3401}{2 \times 14100 \times 0.6 \times 0.69} = 116.5 \text{ luminarias.}$$

6) Debido a la forma del local se instalarán 117 luminarias.

A continuación presentaremos de nuevo el cálculo pero ahora por medio del formato. Este tiene la ventaja de facilitar y controlar mejor los cálculos.

Cálculo del número de luminarias necesarias en la Nave aplicando el formato.

AREA PRODUCCION EDIFICIO NAVE		NIVEL 0.00		HOJA DE CALCULO ILUMINACION - METODO DE LOS LUMENES																																	
CUARTO NAVE PLANO: IE-3		ENTRE EJES																																			
(A) DATOS DEL CUARTO			(B) DATOS DE LUMINARIAS			(C) CALCULO E INDICES DE CUARTO																															
DIMENSIONES			FABRICANTE ELMSA			$RC = \frac{LONGITUD \times ANCHO}{A.M. LUM \times (LONG. + ANCHO)}$ $RC = \frac{(1) \times (2)}{(5) \times ((1) + (2))}$ $RC = \frac{76 \times 44.75}{7(76 + 44.75)} = 4.02$																															
LONGITUD	76 M (1)	TIPO	INDUSTRIAL																																		
ANCHO	44.75 M (2)	CAT. No	SERIE 100-CAPO																																		
AREA DE PISO	3401 M ² (3)	LAMP/LUMINARIA	2 (9)																																		
ALT AL TECHO	9 M (4)	LUMENES/LAM.	14,100 (10)																																		
A.M. DE LUMINARIA	7 M (5)	COEF. DE UTILIZ.	0.69 (11)																																		
(D) REFLECTANCIAS DE SUPERFICIES			FACTOR DE MANT. 0.6 (12)			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>J</td><td>0.6</td><td>MENOS DE 07</td></tr> <tr><td>I</td><td>0.8</td><td>DE 07 a 0.9</td></tr> <tr><td>H</td><td>1.0</td><td>DE 0.9 a 1.12</td></tr> <tr><td>G</td><td>1.25</td><td>DE 1.12 a 1.38</td></tr> <tr><td>F</td><td>1.50</td><td>DE 1.38 a 1.75</td></tr> <tr><td>E</td><td>2.00</td><td>DE 1.75 a 2.25</td></tr> <tr><td>D</td><td>2.50</td><td>DE 2.25 a 2.75</td></tr> <tr><td>C</td><td>3.00</td><td>DE 2.75 a 3.50</td></tr> <tr><td>B</td><td>4.00</td><td>DE 3.50 a 4.50</td></tr> <tr><td>A</td><td>5.00</td><td>MAS DE 4.50</td></tr> </table>		J	0.6	MENOS DE 07	I	0.8	DE 07 a 0.9	H	1.0	DE 0.9 a 1.12	G	1.25	DE 1.12 a 1.38	F	1.50	DE 1.38 a 1.75	E	2.00	DE 1.75 a 2.25	D	2.50	DE 2.25 a 2.75	C	3.00	DE 2.75 a 3.50	B	4.00	DE 3.50 a 4.50	A	5.00	MAS DE 4.50
J	0.6	MENOS DE 07																																			
I	0.8	DE 07 a 0.9																																			
H	1.0	DE 0.9 a 1.12																																			
G	1.25	DE 1.12 a 1.38																																			
F	1.50	DE 1.38 a 1.75																																			
E	2.00	DE 1.75 a 2.25																																			
D	2.50	DE 2.25 a 2.75																																			
C	3.00	DE 2.75 a 3.50																																			
B	4.00	DE 3.50 a 4.50																																			
A	5.00	MAS DE 4.50																																			
TECHO	30 % (6)	(E) NIVEL DE ILUM. REQUERIDO																																			
PAREDES	30 % (7)	N.I.	400 LUXES (13)																																		
PISO	10 % (8)																																				
(F) CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS																																					
$LUM = \frac{AREA DEL PISO \times LUXES REQUERIDOS}{LAMP/LUM \times LUMENES/LAMP \times C.U. \times F.M.} = \frac{(3) \times (13)}{(9) \times (10) \times (11) \times (12)} = \frac{3401 \times 400}{2 \times 14,100 \times 0.6 \times 0.69} = 116.5$																																					
(G) OPCIONES DE ARREGLO Y COMPARACION DEL NIVEL LUMINOSO																																					
= 117																																					
OPCION	ARREGLO	NUM. DE LUMIN.	COMPROBACION DE N.I. (LUXES)				OPCION ELEGIDA																														
a)	2x215W	117	$\frac{(4) \times (9) \times (10) \times (11) \times (12)}{(3)} = \frac{117 \times 2 \times 14,100 \times 0.6 \times 0.69}{3401} = 401.62 \text{ LUX}$																																		
b)			$\frac{(18) \times (9) \times (10) \times (11) \times (12)}{(3)} = \text{---} = \text{---}$																																		
NOTA- PARA OBTENER (10) Y (11) USE LA TABLA DEL FABRICANTE PARA LA LUMINARIA SELECCIONADA																																					

2.6.2. METODO DE CAVIDAD ZONAL.

El método de cavidad por zonas es una modificación del método de los lúmenes presentando una mayor exactitud debido a la mejor consideración - de las cavidades o espacios donde se difunde la luz. Más adelante se hace un ejemplo con formato.

Este método divide el cuarto en tres cavidades: altura de la cavidad del techo (hct), altura de la cavidad del local (hcl), altura de la cavidad del piso (hcp); haciendo posible considerar la cavidad básica del local como un espacio vacío localizado entre los planos de la luminaria y de trabajo. Este concepto permite considerar en detalle la existencia de

obstrucciones y reflectancias abajo del plano de trabajo y arriba del plano de las luminarias, sin que afecte la tabla básica de coeficientes de utilización. Observando la fig. 2.32 nos quedará más claro lo antes explicado.

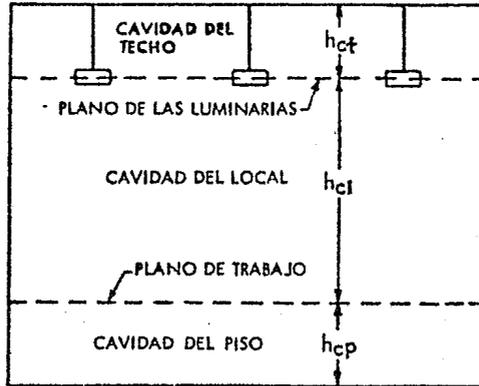


Fig. 2.32

En general el método comprende los pasos siguientes:

1) Obtener los datos del cuarto. Con esto nos estamos refiriendo a las dimensiones (largo, ancho, altura) las podemos conocer a través del plano arquitectónico o midiendo.

Las reflectancias también son necesarias y las podemos conocer midiéndolas con luxómetro o consultando las tablas (letra "A" del formato).

2) Calcular las relaciones de cavidad (h_{ct} , h_{cl} , h_{cp}) sustituyendo los valores en las fórmulas. (Letra "D" del formato).

3) Con el uso de una tabla calcular las reflexiones efectivas por cavidad. Una vez conocidas éstas, las alturas y las relaciones de las cavidades, completamos los datos de las cavidades. (Letra "B" del formato).

4) Con las tablas del fabricante podremos encontrar el coeficiente de utilización (C.U.) de la luminaria. (Letra "C" del formato).

5) Sustituimos los datos obtenidos en la fórmula para conocer el número de luminarias o el nivel luminoso (letra "E" del formato).

EJEMPLO. CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS PARA LA OFICINA DE LA SECRETARIA. (PLANO IE-1 P.A.)

Como ya se mencionó anteriormente, el cálculo se efectuará por medio de formato.

OBRA		EDIFICIO		CUARTO		HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL					
PLANO IE-1 P.A.		OFICINAS		SECRETARIA							
A. DATOS DEL CUARTO				B. DATOS DE CAVIDADES				C. DATOS DE UNIDAD DE ALUMBRADO			
DIMENSIONES		REFLECTANCIAS		CAVIDAD DE:	ALTURA	RELACION	REFLECTANCIA EFECTIVA	FABRICANTE: NOVALUX			
LONGITUD	3.25 M	TECHO	80 %	CUARTO	1.75	5.76	%	TIPO Y NO. DE CATALOGO.			
ANCHO	2.85 M	PARED	50 %	TECHO	0	0	80 %	LAMPARAS / LUMINARIA		17 2	
AREA DEL PISO	9.26 M ²	PISO	20 %	PISO	0.75	2.47	18.35 %	LUMENS / LAMPARA		18 3100	
ALTURA AL TECHO	2.5 M			NOTAS: PARA OBTENER LOS PUNTOS 10, 12, Y 19 VER INCISO "D"				COEFICIENTE DE UTILIZACION (C.U.)		19 0.43	
ALTURA DE MONTAJE DE LAS UNIDADES DE ALUMBRADO.	1.75 M			LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES DE PISO Y TECHO SE ENCUENTRAN USANDO LA TABLA DE % DE REFLEXION EFECTIVA				FACTOR DE MANTENIMIENTO		20 0.7	
D. CALCULO DE RELACIONES DE CAVIDAD						E. CALCULO DE NUMERO DE LUMINARIAS					
FORMULA RELACION DE CAVIDAD = $\frac{5 \times \text{ALTURA DE CAVIDAD} \times (\text{LONGITUD} + \text{ANCHO})}{\text{AREA DEL PISO}}$						NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO 21 400 LUXES					
CUARTO $h_{cl} = \frac{(5) \times (9) \times (1 + 2)}{(3)} = \frac{5 \times 1.75 (3.25 + 2.85)}{9.26} = 5.76$						FORMULA NUMERO DE LUMINARIAS = $\frac{\text{AREA DEL PISO} \times \text{LUXES REQUERIDOS}}{\frac{\text{LAMPARAS}}{\text{LUMINARIA}} \times \frac{\text{LUMENS}}{\text{LAMPARA}} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$					
TECHO $h_{ct} = \frac{(5) \times (11) \times (1 + 2)}{(3)} = \frac{5 \times 0 \times (3.25 + 2.85)}{9.26} = 0$						$\frac{(31) \times (21)}{(17) \times (18) \times (19) \times (20)} = \frac{9.26 \times 400}{2 \times 3100 \times 0.43 \times 0.7} = 1.91$ LUMINARIAS					
PISO $h_{cp} = \frac{(5) \times (14) \times (1 + 2)}{(3)} = \frac{5 \times 0.75 (3.25 + 2.85)}{9.26} = 2.47$						OPCIONES DEL ARREGLO					
						22 2x38W.		23		24	
F. OPCIONES DE ARREGLO Y COMPROBACION DEL NIVEL DE ILUMINACION PARA CADA OPCION.								OPCION ELEGIDA			
a	NO DE LUMINARIAS	ARREGLO	$\frac{(22) \times (17) \times (18) \times (19) \times (20)}{(3)} = \frac{2 \times 2 \times 3100 \times 0.43 \times 0.7}{9.26} =$				25 403 LUX				
b			$\frac{(23) \times (17) \times (18) \times (19) \times (20)}{(3)} =$				26				
c			$\frac{(24) \times (17) \times (18) \times (19) \times (20)}{(3)} =$				27				

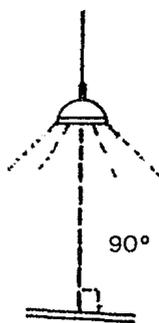
2.6.3. METODO DE PUNTO POR PUNTO.

Este método proporciona la iluminación directa sobre un punto, sin tomar en cuenta la luz reflejada por el techo, paredes y piso. Se aplica preferentemente en alumbrado exterior. Este método tiene como base la ley del inverso de los cuadrados y solamente se refiere a fuentes puntuales.

Cuando se dispone de la curva de distribución de la fuente y la mayor dimensión de esta no es superior a un quinto de la distancia entre la fuente y la zona estudiada, pueden usarse para determinar la iluminación sobre superficies horizontales o verticales, las siguientes fórmulas y datos:

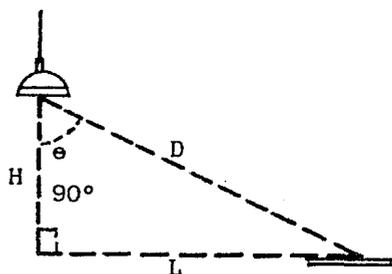
Iluminación en el plano normal (perpendicular). Cuando la dirección del haz luminoso en candelas y el plano de iluminación son perpendiculares.

$$E_n = I/D^2$$



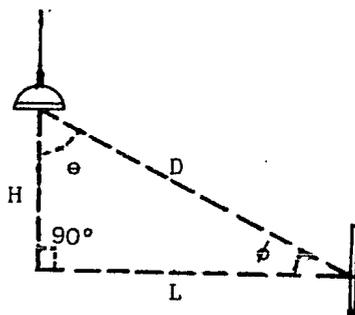
Iluminación horizontal. Para conocer la iluminación en este plano - aplicamos la siguiente ecuación:

$$E_h = (I/D^2) \cos \theta = E_n \cos \theta$$



Iluminación vertical. Aplicando las siguientes ecuaciones podremos conocer la iluminación en este plano.

$$E_v = (I/D^2) \cos \phi = E_n \cos \phi$$



Otra relación útil es el teorema de Pitágoras. Con él podemos determinar la longitud D .

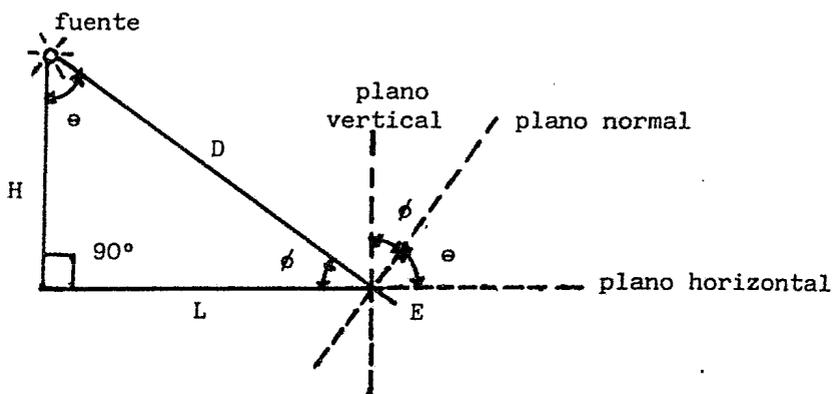
$$D = \sqrt{H^2 + L^2}$$

Las funciones trigonométricas del triángulo rectángulo también son de gran utilidad.

$$\text{sen } e = L/D$$

$$\text{cos } e = H/D$$

$$\text{tang. } e = L/H$$



Donde:

E_n = Iluminación en el plano horizontal al rayo de luz.

E_h = Iluminación en el plano horizontal cuando el rayo de luz incide en el plano con ángulo e .

E_v = Iluminación en el plano vertical cuando el rayo de luz incide en el plano con un ángulo ϕ .

I = Intensidad de la fuente luminosa en dirección del punto E .

D = Distancia entre la fuente luminosa y el punto E .

H = Altura del montaje vertical de la fuente luminosa sobre el plano de medición.

L = Distancia horizontal desde la fuente luminosa al punto E .

e = Ángulo entre el rayo de luz y una línea perpendicular a través de la fuente luminosa.

ϕ = Ángulo de incidencia de entre el rayo de luz y el lado L .

2.7 ALUMBRADO EXTERIOR.

Tiene como fin el alumbrado de calles, avenidas, cruceros, plazas, - áreas verdes, carreteras, fachadas de edificios, monumentos públicos, etc.

La principal aplicación del alumbrado exterior se encuentra en el - alumbrado público que tiene por objeto proporcionar en la noche una visibilidad confortable para tener una mayor seguridad y protección en el tráfico de vehículos y peatones.

Las estadísticas nos dicen que en las zonas urbanas donde hay buen - alumbrado, los accidentes entre vehículos y los actos delictivos disminuyen notablemente.

El nivel luminoso debe ser bien seleccionado debido a los siguientes obstáculos:

- La visibilidad de los colores se pierde a bajos niveles de iluminación.
- A un promedio de 90 Km/h el individuo ve 14% menos que si viajara a 70 Km/h.
- Los objetos o personas deben contrastar bien, o sea, debe haber - una diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo con la finalidad de que puedan ser identificados rápidamente.

La clasificación de la zona y los niveles de iluminación medios recomendados para alumbrado público se dan a continuación:

TIPO DE ARTERIA	TIPO DE ZONA		
	COMERCIAL	INTERMEDIA	RESIDENCIAL
Vías Principales	22	15	11
Vías de Tráfico intenso	13	10	6
Vías de Tráfico mediano	10	6	4
Vías de Tráfico ligero	6	4	4

La tendencia actual del alumbrado de calles y áreas públicas es el - menor mantenimiento posible, el incremento en niveles de iluminación y el

mejoramiento del color de la fuente luminosa; ya que es necesario planear instalaciones más eficientes dado el aumento en las actividades nocturnas, de la densidad del tráfico y las velocidades de los vehículos.

Para la selección de la luminaria adecuada debemos tener en cuenta - la distribución luminosa, su resistencia a los agentes atmosféricos y su estética. La distribución fotométrica (luminosa) es muy importante debido a que con ella se logra la uniformidad de iluminación deseada. Es imprescindible que los fabricantes de luminarias entreguen las curvas isolux para que el proyectista pueda calcular el flujo luminoso que incide - en la calle o avenida y poder así obtener el espaciamiento entre las unidades, conociendo desde luego el valor del nivel de iluminación.

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL ALUMBRADO PUBLICO.

- 1) Determinar el nivel de iluminación.
- 2) Tener los datos del perfil de la calle.
- 3) Seleccionar el tipo de lámpara.
- 4) Obtener el coeficiente de utilización (C.U.) con los datos proporcionados por el fabricante.
- 5) Obtener el factor de mantenimiento de acuerdo al tipo de luminaria, cuidado, condiciones ambientales, depreciación, etc.
- 6) Calcular el espaciamiento interpostal mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Espaciamiento} = \frac{\text{Lúmenes iniciales} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{Iluminación promedio} \times \text{Ancho del arroyo}}$$

- 7) De acuerdo con la relación altura de la luminaria y ancho de la calle, ver que disposición le corresponde (unilateral, bilateral al tresbolillo, bilateral en oposición).
- 8) Con el diagrama isolux verificar el nivel luminoso en varios - puntos.

2.8 CALCULO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO.

2.8.1. CIRCUITOS DERIVADOS.

En general los circuitos derivados de iluminación en toda la planta se hicieron por zonas y tomando como conductor derivado el calibre No. 12 AWG, con aislamiento TW. La capacidad nominal de este conductor es de 20 A.; pero como en general agrupamos 3 circuitos derivados (monofásicos) - por tubo; o sea 6 conductores activos, su capacidad se reduce al 80%, esto es 16A. De lo anterior concluimos que los circuitos derivados de la - iluminación serán como máximo para 16 amp., cuando la caída de tensión - sea despreciable o no rebase el valor permitido. Cuando suceda lo contra- rario la capacidad del circuito será reducida. En todos los casos la pro-- tección contra sobre corriente del circuito se pondrá de acuerdo a su ca- pacidad.

Para el cálculo de la carga de los circuito derivados, a las lumina- rias fluorescentes se les agregó el 25% de su capacidad como estimado de la potencia consumida por el reactor, y para las luminarias de vapor de - mercurio se consideró un 15% adicional de su capacidad.

Se procuró dejar los circuitos de alumbrado separados de los de con- tactos como lo recomienda el reglamento. El dejar alumbrado y contactos separados, así como hacer circuitos por zonas bien definidas, proporciona seguridad y confiabilidad en la instalación, así como fácil mantenimien- to. Los circuitos de contactos también se hicieron tomando como base la capacidad corregida (16 Amperes) del cable 12, y considerando una corrien- te de 5 Amperes por cada 3 contactos, según lo establece el reglamento - (fracción 5.7 b del ROIE). Esto implica 200W por cada contacto aproxima- damente. En general se recomienda instalar 8 contactos por circuito como máximo.

Los circuitos de alumbrado y contactos en las oficinas y servicios - están alimentados a 127 V. (F y N). En la nave los circuitos de alumbra- do están alimentados a 220 V (2F), para así tener menores calibres de con- ductores y menor caída de tensión.

Al seleccionar el interruptor de un circuito que abastezca alumbrado de descarga debe considerarse la corriente de arranque (transitorio que - se tiene por el efecto de energizar una bobina; en este caso el reactor).

2.8.2. CALCULO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO EN LOS EDIFICIOS DE OFICINAS Y SERVICIOS.

Los tableros "A" y "B" se encuentran localizados en el plano IE-1, IE-2. A continuación se presentan las características de los tableros A y B.

Tablero "A". Alumbrado y contactos de Oficinas 12.5 Kw, 3F, 4H .

Tablero "B". Alumbrado y contactos de Depto. de Servicios 6.6 Kw. 2F, 3H.

La corriente demandada por el Tab. "A" en condiciones balanceadas es:

$$I = \frac{(12.5)(1.45)(0.85)}{(1.73)(0.22)(0.85)} = 47.6 \text{ Amp.}$$

Se consideró para el Tab. "A" 45% adicional, con la finalidad de incluir otras cargas. La capacidad de corriente antes calculada la podrá soportar un cable calibre No. 8.

Corrigiendo por agrupamiento (6 conductores activos), dividimos por 0.8 y nos queda 59.5 Amp., esta capacidad requiere un conductor No. 6.

Ahora por caída de tensión, consideramos una $\Delta V = 2\%$ para el circuito alimentador y $\Delta V = 1\%$ para los circuitos derivados.

La distancia del tablero de distribución (T.D.) al tablero "A", es de 70 m.

$$\Delta V_u = \frac{1000(220)(2)}{(47.6)(70)(102)} = 1.3 \text{ mV/A.m}$$

Con este valor podemos seleccionar el cable No. 4.

El tablero A y B será controlado con el mismo interruptor en T.D. La suma de ambas corrientes nos dará la capacidad del interruptor y de acuerdo a su valor modificaremos los conductores alimentadores si procede, para que queden protegidos como lo establece el reglamento, fracción 8.3 ROIE en último caso (ver plano IE-7).

Para el tablero B consideramos un factor de demanda de 0.85 y un factor de crecimiento de 1.15.

$$I = \frac{(6.6)(0.85)(1.15)}{2(0.127)(0.85)} = 29.9 \text{ Amp.}$$

Esta capacidad podrá ser soportada por el cable calibre No. 10 AWG. Despreciamos la corrección por caída de tensión.

La suma de las corrientes de los tableros A y B nos da 78.3 Amp. - Ahora $1.25 (78.3) = 97.9$ Amp. nos lleva a seleccionar un interruptor general de 3×100 .

Asímismo $100/1.5 = 66.7$ Amp. que nos hace modificar el alimentador - del tablero B. Ahora será 3-6, T-25 y el del tablero A será 3-4, 1-6, - T-32.

Ambos conductores alimentadores, en la subestación se conectan a las zapatas de dicho interruptor general y de éste modo evitar conexiones intermedios (no deseables) entre conductores. El neutro de ambos circuitos se seleccionó de acuerdo a los puntos 2 y 3 de los criterios de selección del mismo.

2.8.3. CALCULO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO DE LA NAVE INDUSTRIAL.

Los tableros C, D, E, y F corresponden al alumbrado de la Nave (ver plano IE-3). Como cada circuito derivado de cada tablero es de 220 V., - no es necesario el conductor neutro (la carga queda en conexión delta). No obstante, se instaló un conductor neutro de calibre del 50% del conductor de fase, por si es necesario a futuro o por si se requiere algún servicio (provisional o permanente) a 127V. En estos tableros toda la carga es alumbrado. Tomaremos para todos los tableros un F.d. = 100% y un incremento estimado del 10%.

TABLERO "C" 18.9 Kw NAVE INDUSTRIAL 3F, 3H.

$$I = \frac{18.9 \times 1.1}{\sqrt{3}(0.22)(0.85)} = 64.3 \text{ Amp.}$$

Despreciando ΔV y corrigiendo a 9 conductores obtenemos 91.8 Amp. - lo que nos da como alimentador 3-4, 1-8, T-32.

El interruptor general que protege al alimentador será:

$1.25(64.3) = 80.4$, capacidad que puede proteger un interruptor de 3 x 100.

Los alimentadores de los tableros D, E y F se calcularon en forma similar siguiendo estos lineamientos:

- 1) Considerando un FD = 100% y un incremento del 10%.
- 2) Corrección por agrupamiento de 9 conductores.
- 3) Corrección por caída de tensión (1% para circuitos alimentadores y 2% para circuitos derivados).

4) El interruptor termomagnético que protege al circuito alimentador (en T.D.), se calculó para un 25% adicional de la corriente demandada. Esto para asegurar que no opere por error de temperatura.

Los tableros de alumbrado se seleccionaron en base a la corriente demandada, al voltaje, al número de polos derivados y al lugar donde van a operar. Ver las especificaciones de los tableros en el plano IE-9.

El alimentador y la protección verlas en el plano IE-8. Como todos los circuitos de alumbrado de la nave se controlan directamente del tablero, además de que no son muchos circuitos, dichos tableros no llevan interruptor principal; sino que son del tipo con zapatas principales. El tablero de las oficinas sí lleva interruptor principal debido a que tiene muchos circuitos derivados, hay muchos apagadores y está muy alejado de la subestación.

C A P I T U L O I I I .

SISTEMA DE FUERZA.

3.1 INTRODUCCION.

Este capítulo trata sobre la instalación eléctrica de las cargas de fuerza y más específicamente de los motores. Se exponen los lineamientos generales para calcular los elementos constitutivos de la instalación de un motor. Se considera inicialmente para un motor aislado y luego para un grupo de motores que pueden ser integrantes de una máquina. Después se da un ejemplo para ambas consideraciones.

3.1.1. TALLER MECANICO.

En el taller mecánico todos los motores son de inducción, trifásicos, con rotor jaula de ardilla, alimentados a 220 volts; normalmente operan con régimen de trabajo continuo y la carga varía poco.

Existen dos mesas de trabajo y tienen cada una un interruptor de seguridad de donde se derivan algunos contactos monofásicos y trifásicos, que se utilizan para conectar principalmente herramientas eléctricas portables, lo que obliga a proveer un conductor de conexión a tierra según lo establece el reglamento. (Fracción 38.11 ROIE).

Se tienen dos soldadoras eléctricas portables con transformador de 12 y 18 kVA. Siendo estas dos cargas del mismo tipo y además para mantener constante, en lo posible, su voltaje primario, se proveen con un solo alimentador desde la subestación.

Los motores y las mesas de trabajo se abastecen con un alimentador general alojado a lo largo de un ducto cuadrado metálico embisagrado, colocado a una altura de 2.50 metros sobre el nivel del piso. De este alimentador se obtienen los circuitos derivados para los interruptores, con

conductores cuya capacidad debe ser por lo menos, 1/3 de la ampacidad del conductor alimentador.

Para la carga que se está considerando, el alimentador tiene un interruptor general de seguridad a la entrada, para poder desconectar todos los motores y para protección del alimentador general (ver planos IE-4 e IE-8).

3.1.2. NAVE INDUSTRIAL.

La alimentación eléctrica a los equipos en la nave industrial es a 440 volts corriente alterna, con excepción de 3 motores de corriente directa a 500 volts y una soldadora a 220 volts.

Todos los motores de corriente alterna son trifásicos, rotor jaula de ardilla, 60 Hertz y 1800 rpm, excepto en las grúas donde son de rotor devanado.

En las máquinas M1 a M9 los interruptores van agrupados con los arrancadores formando un panel visible sobrepuesto en el muro o en un bastidor anexo a la máquina.

El alimentador de cada máquina viene de la subestación por un ducto subterráneo (tubos de asbesto cemento) y llega a un registro de mampostería en piso, anexo a la máquina; de aquí sube por tubo metálico hasta un ducto cuadrado embisagrado, colocado a 2.50 metros sobre el nivel del piso. De este ducto se obtienen las derivaciones para los interruptores en forma similar a como se hizo en el taller. Cada máquina tiene un interruptor general para protección y desconexión.

Las máquinas M10, M11 y M12 están provistas de centros de control de motores, anexos a las máquinas, por las siguientes razones:

- a) Son las tres máquinas más importantes.
- b) Se tiene limitación de espacio, dado que estas máquinas poseen mucho equipo complementario.
- c) Es necesaria una mayor protección contra daño mecánico de los dispositivos de protección y control.
- d) Debido a que cada máquina consta de varios motores con sus correspondientes equipos de protección y control, el número de circuitos de fuerza y de control se incrementa, lo que se refleja en un aumento de conductores y medios de canalización.

Los alimentadores generales llegan por ducto subterráneo a un interruptor general integrado en el centro de control de motores.

Los centros de control de motores consisten de gabinetes autosoportados en piso, clasificación NEMA 1 (para uso general en interior), con - arrancadores magnéticos tipo abierto e interruptores termomagnéticos en - caja moldeada.

El motor enrollador de la máquina cortadora (M10) y los motores del molino formador de M12 son de corriente directa porque a menudo es necesario variar su velocidad de acuerdo al calibre de la lámina en proceso y - porque también se requiere un par de operación elevado. Su alimentación proviene de un rectificador de estado sólido (440 volts corriente alterna a 500 volts corriente directa), uno para el motor de M10 y otro para los motores de M12.

Cada rectificador consiste de un gabinete soportado en piso con frente muerto, en el que se alojan los siguientes equipos: un interruptor general termomagnético, la propia unidad de rectificación, la protección - con fusibles del motor, su arrancador magnético reversible a tensión reducida, el control de velocidad del motor (control de campo) y sus demás - elementos de control.

Para las doce máquinas existentes en la nave industrial y en virtud de que todos los motores son trifásicos, el neutro del alimentador se calcula en base a un tercio de la ampacidad del conductor de fase.

La ampacidad de los conductores alimentadores de las máquinas es corregida por los siguientes factores:

a) Por agrupamiento. Los conductores son reunidos en grupos de - tres circuitos trifásicos como máximo por cada tubo para concordar con el reglamento (fracción 11.4 ROIE), que recomienda llevar como máximo 9 conductores activos por cada tubo; en este caso el factor de corrección por - agrupamiento será de 0.7.

b) Por caída de tensión. Dado que el tubo asbesto cemento es un material dieléctrico, dificulta la disipación de calor y como al haber más conductores hay mayor generación de calor, los circuitos alimentadores son conductores de cobre con aislamiento para operar a una temperatura de 75 °C y además se disponen de tal manera que ocupen menos del área permitida del tubo.

3.2 DEFINICION DE TERMINOS.

MOTOR DE INDUCCION. Es un motor eléctrico, en el que solamente una parte, el rotor o el estator, se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética. Puede ser del tipo rotor jaula - de ardilla (rotor con barras en cortocircuito) o rotor devanado.

POTENCIA NOMINAL DE UN MOTOR. Es la potencia que puede entregar un motor, bajo características de tensión, frecuencia, velocidad, corriente y temperatura nominales, de acuerdo con los datos especificados en la placa. Normalmente se da en HP (caballos de potencia).

CORRIENTE DE PLENA CARGA (I_{pc}). También es llamada corriente nominal o de régimen. Es la que demanda un motor, máquina o grupo de motores, - cuando operan con su potencia nominal.

CORRIENTE DE ARRANQUE. Es la corriente que toma el motor al arrancar y que corresponde a la que demanda cuando el rotor está frenado (velocidad cero), bajo tensión y frecuencia nominales.

ALIMENTADOR. Son los conductores que llevan la energía eléctrica - desde la subestación hasta el motor. Se habla de alimentador general si los conductores llegan a un centro de cargas o centro de control de motores para alimentar a una máquina o a un grupo de motores; y de alimentador derivado si los conductores van del centro de control de motores hasta el motor; a éste podrá llamársele simplemente alimentador.

ELEMENTO DE SOBRECARGA. También llamado elemento térmico, es el sen sor del relevador de sobrecarga que conduce la corriente del motor. Puede ser de tipo bimetálico o de aleación fusible; va integrado en el arran cador.

FACTOR DE SERVICIO. Es un factor que aplicado a la potencia nominal, indica la sobrecarga continua máxima permisible que puede soportar el motor sin que exceda los límites de temperatura del aislamiento especificado en la placa.

ESTACION DE BOTONES. Es una agrupación de contactos selectores en - un gabinete o caja, generalmente destinado a controlar la operación de mo tores.

EFICIENCIA (η). Para un motor eléctrico, la eficiencia es la relación entre la potencia mecánica útil en la flecha del motor (dato de -

placa en HP) y la potencia eléctrica que demanda. Esta relación refleja las pérdidas eléctricas y magnéticas dentro del motor. La eficiencia de un motor varía en forma directa con el valor de su potencia (ver tabla de eficiencias en Apéndice A).

ARRANCADOR. Es la combinación de los medios de conexión y desconexión necesarios para arrancar y parar un motor, en combinación con protección por sobrecarga.

SOBRECARGA EN UN MOTOR. Es una corriente que se presenta en el motor, con valor superior a la corriente de plena carga. Puede presentarse cuando la carga conectada al motor es excesiva, cuando la tensión de alimentación es baja o por falta de tensión en una de las fases.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). Es un ensamble metálico autosoportado de uno o más gabinetes verticales, con un bus trifásico horizontal común; en donde se concentran los elementos o dispositivos de protección y control de motores eléctricos.

MOTOR FRACCIONARIO. Es el motor cuya potencia es menor de 0.746 kW (1 HP), a carga plena; pero mayor de 0.0373 kW (1/20 HP).

MOTOR INTEGRAL. Es el motor cuya potencia es igual o mayor a 0.746 kW (1 HP) a carga plena.

RECTIFICADOR. Es un dispositivo cuya función es convertir la corriente alterna en corriente directa.

Para los efectos de este trabajo se utiliza el rectificador de estado sólido con relación: 440 V CA / 500 V CD.

3.3 MOTORES ELECTRICOS.

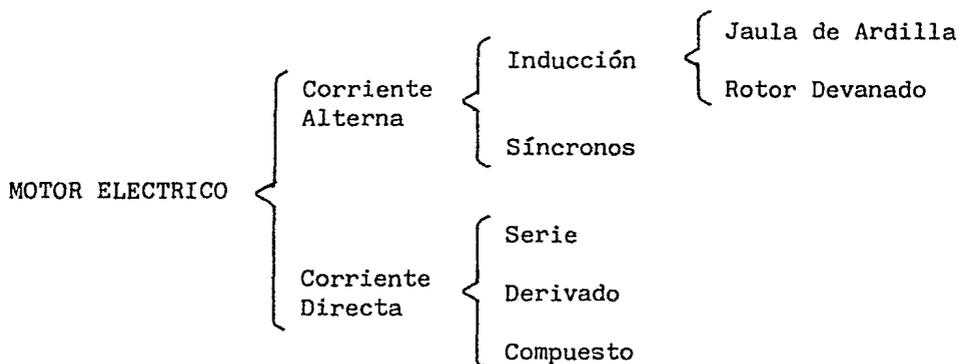
Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica; esta conversión se realiza al acoplar los sistemas eléctrico y mecánico por medio de un campo magnético.

En la planta industrial que se está tratando son utilizados los dos tipos de motores de corriente alterna de inducción (rotor jaula de ardilla y de rotor devanado) y el motor de corriente directa con excitación combinada (motor compuesto).

La mayoría de los procesos son a velocidad constante con régimen de trabajo continuo; en consecuencia, el motor más utilizado es el de inducción con rotor jaula de ardilla.

3.3.1. CLASIFICACION.

Los motores eléctricos pueden clasificarse de la siguiente manera:



Un motor eléctrico consta básicamente de las siguientes partes:

ESTATOR. Es la parte fija y donde se localizan los devanados del inductor o campo.

ROTOR. Es la parte móvil, en la que se enrollan los devanados del inducido o armadura.

CARCAZA. Constituye el soporte y blindaje del estator y rotor.

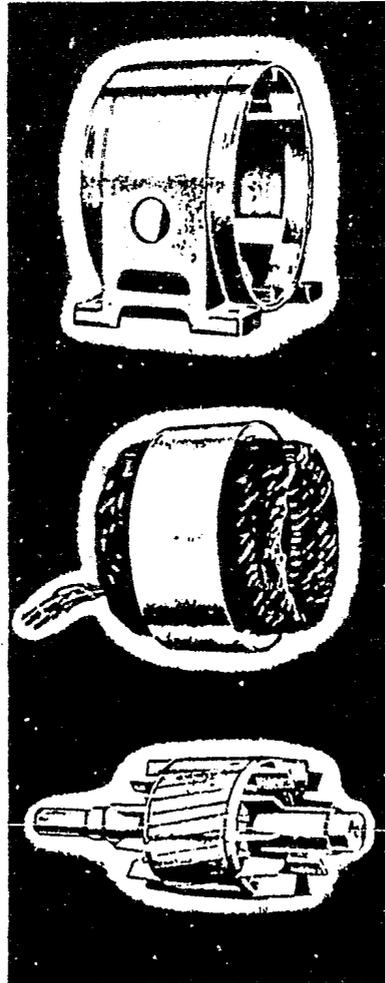
Normalmente el estator es el inductor, aunque en algunos casos específicos puede ser el inducido.

3.3.2. MOTORES DE INDUCCION.

En un motor de inducción se aplica tensión alterna al estator y en el rotor se induce una tensión también alterna, en la misma forma a como se induce una tensión de corriente alterna en el secundario de un transformador.

Hay dos tipos de motores de inducción: el de rotor jaula de ardilla y el de rotor devanado.

MOTOR JAULA DE ARDILLA. En este motor, el núcleo del rotor está ranurado para alojar una serie de barras de cobre como conductores. Estas barras se conectan en circuito corto en sus extremos, remachándolas a anillos de cobre, formando así una jaula que envuelve al núcleo. Dichas barras no están conectadas a circuito exterior alguno; por esta razón, este tipo de motor es el más simple y eficaz. Su operación es confiable y su mantenimiento es bajo. Sin embargo, es de velocidad prácticamente cons-

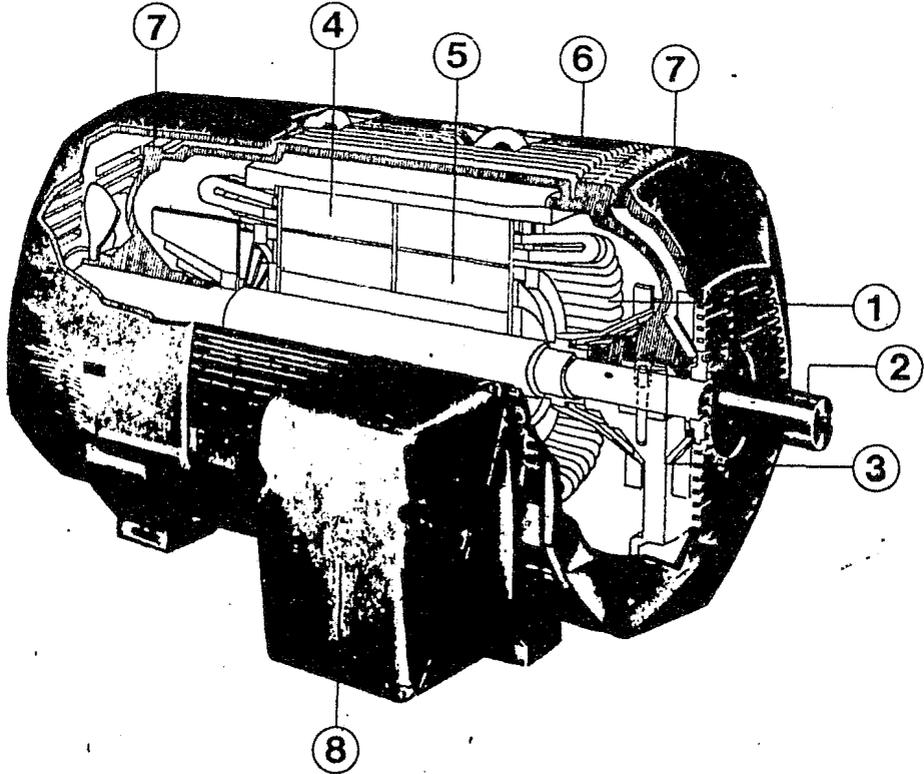


Carcasa

Estator

Rotor

Fig. 3.1 MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA DE INDUCCION
TIPO JAULA DE ARDILLA.
PARTES PRINCIPALES.



- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 1.—DEVANADO DEL ESTATOR | 5.—ROTOR |
| 2.—FLECHA | 6.—CARCAZA |
| 3.—COJINETES | 7.—TAPAS |
| 4.—LAMINACION DEL ROTOR Y ESTATOR | 8.—CAJA DE CONEXIONES |

Fig. 3.2 MOTOR DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA.
Ilustración de las Componentes en conjunto.

tante, por lo que cuando se requiere variación de velocidad ya no es aplicable.

Este tipo de motor generalmente se usa cuando se requiere un regular par de arranque y velocidad constante; por ejemplo en tornos, prensas, bombas, transmisiones de flechas, etc.

En la industria es el motor más utilizado, debido a su bajo costo inicial y a su sencillez de operación.

MOTOR DE ROTOR DEVANADO. En este tipo de motor, el rotor tiene devanados con alambre de cobre. El número de devanados en el rotor es igual al número de devanados en el estator. Los extremos de los devanados del rotor están disponibles al exterior por medio de anillos rozantes, para poder intercalar resistencias en el circuito del rotor y de este modo poder variar la velocidad y el par, así como limitar la corriente de arranque.

Debido al alto par de arranque con poca demanda de corriente, los motores de rotor devanado se usan cuando la carga de arranque es intensa y en los motores grandes cuando el efecto de una alta corriente de arranque y un bajo factor de potencia son indeseables. Se utilizan en prensas de gran tamaño, compresoras de aire, laminadoras, grúas, elevadores, etc.

En contraste con el motor jaula de ardilla, este tipo de motor es de alto costo inicial y requiere mantenimiento continuo, dada su mayor complejidad.

3.3.3. MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.

A diferencia de los motores de inducción en los que sólo el estator se excita, en los motores de corriente directa se excitan tanto el rotor (armadura) como el estator (campo). Debido a esto se tienen dos campos magnéticos estacionarios, uno en los polos y otro en la armadura; al actuar uno sobre el otro se produce el par que provoca la rotación.

La velocidad de este tipo de motor varía conforme varía la carga; en el motor derivado, la variación es poca, en el compuesto es mayor y en el serie es mucho mayor. Cuando se aumenta la carga su velocidad decrece y viceversa. Para variar la velocidad externamente existen dos formas: 1) variando la intensidad del campo y 2) variando la tensión o voltaje a través de la armadura. En general, un incremento en el campo provoca un de-

cremento de velocidad; y un aumento de voltaje en la armadura provoca un aumento de velocidad.

MOTOR SERIE. En este tipo de motor, los devanados de campo y de armadura están conectados en serie. Para cargas ligeras, la velocidad se hace peligrosamente elevada, por esta razón, el motor ha de estar siempre acoplado a la carga por medio de engranes o cadena de tal manera que nunca opere en vacío. Este motor produce un par de arranque muy alto, pero demandando una corriente excesiva. Es adecuado para arranque con cargas intensas como en grúas, trenes, tranvías, etc.

Al motor serie suele llamársele motor de velocidad variable porque ajusta su velocidad a la carga que se le aplica.

MOTOR DERIVADO. En este tipo de motor, el devanado de campo tiene aplicado el voltaje de la línea, por estar conectado en paralelo con el devanado de armadura. La corriente de campo sólo constituye un pequeño porcentaje de la corriente de armadura.

Este motor se considera de velocidad constante, porque su velocidad prácticamente no varía desde su operación en vacío, hasta plena carga. No se aplica con cargas intensas, pero sí puede conectarse a cargas que sean súbitamente rechazadas como en flechas, máquinas herramientas, tornos y en general en cargas con intensidad y velocidad aproximadamente constantes.

MOTOR COMPUESTO. Este tipo de motor tiene devanados de campo tanto en serie como en paralelo con la armadura; por consiguiente comparte la naturaleza de ambos tipos de motores.

La dirección de la corriente en los dos devanados de campo generalmente es la misma, por lo que se dice que el motor es de tipo acumulativo. El motor compuesto diferencial, en el cual el devanado serie se conecta en dirección opuesta al derivado, es poco usado. La variación de velocidad es generalmente del 15 al 20 % desde operación sin carga hasta plena carga.

La gran ventaja de este motor es que no se acelera excesivamente al rechazar la carga, ya que el campo derivado tiene un valor constante para cualquier valor de carga. Esta propiedad, junto con un par de arranque elevado, aún con carga intensa, lo hacen adecuado para cargas pesadas que se conectan y desconectan con frecuencia como en laminadoras, prensas --

grandes, molinos formadores, elevadores, etc.

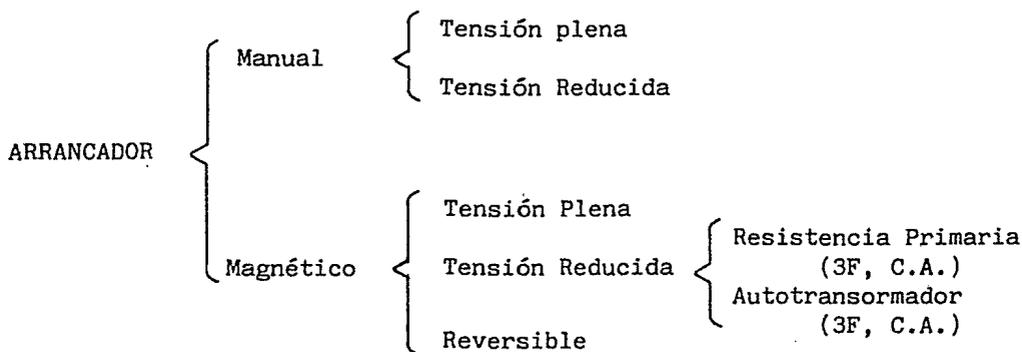
Para invertir la rotación, pueden invertirse ambas corrientes de campo o la corriente de armadura únicamente. Invertir la corriente de armadura es el método más fácil de adoptar.

Cuando se requiere ajuste de velocidad, se obtiene por medio de un reóstato de campo conectado en el circuito de campo derivado.

3.4 ARRANCADORES. (Véase definición de términos).

3.4.1. CLASIFICACIONES.

Los arrancadores para motores pueden clasificarse de la siguiente manera, según su modo de operación y su tipo de arranque.



3.4.2. ARRANCADOR MANUAL.

Conocido también como arrancador a través de la línea, es un arrancador en el cual la fuerza para cerrar los contactos principales se ejerce exclusivamente por energía manual; o sea su operación es directa.

Este tipo de arrancador generalmente no tiene protección contra bajo voltaje; es decir, si estando operando falla la energía eléctrica, los contactos no se separan y entonces al restablecerse aquella vuelve a arrancar, lo que en muchos casos resulta peligroso. Existen algunos casos en que su aplicación es ventajosa.

Los arrancadores manuales a tensión plena en aire, se usan en motores chicos (hasta de 7.5 HP), cuando su operación sea intermitente de corta duración, cuando se encuentre siempre vigilado por un operador, o cuando su arranque inesperado no resulte peligroso. Sus aplicaciones más co-

munas son en herramientas pequeñas ventiladores, bombas, etc.

Estos arrancadores son de bajo costo, tienen mecanismo simple y su operación es silenciosa. La protección contra sobrecarga se provee por medio de dos elementos térmicos, conectados en serie con los devanados del motor en 2 cualquiera de las 3 fases.

ARRANCADOR TIPO TAMBOR. Este dispositivo aunque no es propiamente un arrancador, se le conoce como tal; se trata de un conmutador manual que se utiliza para invertir la marcha de un motor de hasta 7.5 HP; no tiene protección contra sobrecarga, por lo tanto debe usarse en combinación con el arrancador manual o magnético.

3.4.3. ARRANCADOR MAGNETICO.

La característica principal de este arrancador es que la fuerza necesaria para cerrar los contactos principales se ejerce por medio de un electroimán (operación indirecta). Proporciona protección contra bajo voltaje. Puede ser de operación automática por medio de señales que lleguen de un dispositivo de control como un termostato, interruptor de límite, de flotador, etc.

La protección contra sobrecarga es similar a la del arrancador manual. El elemento térmico normalmente es del tipo aleación fusible; su acción es retardada a tiempo inverso, lo que impide que operen con corrientes de arranque normales o con sobrecargas momentáneas no peligrosas.

ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION PLENA. Este conecta al motor directamente al circuito de abastecimiento. El motor conectado así desarrolla un máximo par de arranque que acelera la carga a plena velocidad en el tiempo más corto. El arranque a tensión plena puede causar centelleos y disturbios en otras cargas.

ARRANCADOR MAGNETICO REVERSIBLE. Este tipo de arrancador es capaz de invertir el sentido de rotación del motor, invirtiendo la secuencia de fases; esto es, intercambiando la conexión de dos cualesquiera de las tres fases.

Este arrancador consiste de dos contactores y dos bobinas de operación con dispositivo mecánico de bloqueo para evitar que las bobinas de ambas unidades sean energizadas a un tiempo.

3.4.4. ARRANCADOR A TENSION REDUCIDA.

Este tipo de arrancador se utiliza para aligerar los efectos que causa el transitorio de arranque del motor de inducción. A continuación se describen los dos tipos más comunes de arrancador magnético a tensión reducida.

Tipo Resistencia Primaria. Este arrancador utiliza una unidad de resistencias, conectadas en serie con los devanados del motor durante el arranque. Posteriormente, se eliminan en un paso o gradualmente, en forma manual o automática, cuando el motor alcance cierta velocidad, para dejarlo conectado directamente a la línea.

Este arrancador tiene las siguientes características:

1. Aceleración suave. El voltaje de alimentación del motor se incrementa con la velocidad.
2. Alto factor de potencia durante el arranque.
3. Arranque con transición cerrada; es decir, la conexión del motor con la línea es continua durante el arranque.
4. Disponible hasta con siete puntos de aceleración.

Su aplicación se recomienda para motores con arranques frecuentes y que requieran un bajo par de arranque, como sucede en algunos acoplamientos con engranes, bandas, etc.

Tipo Autotransformador. Este tipo de arrancador usa dos autotransformadores conectados en delta abierta, para proporcionar un voltaje reducido, con derivaciones del 50, 65 y 80 % del voltaje nominal. Después de un tiempo definido se desconecta el autotransformador del circuito, quedando el motor directo a la línea con su tensión nominal. Es de transición cerrada, lo que evita que durante el cambio de arranque a marcha, el par perjudique a la máquina y asegura una carga sucesiva. Este arrancador es completamente automático en su operación. Tiene las siguientes características:

1. Proporciona una corriente de arranque más baja.
2. Las derivaciones del autotransformador permiten ajustes en el arranque de acuerdo a las necesidades de la carga.
3. Es conveniente en periodos largos de arranque.
4. Proporciona un alto par de arranque.

Este arrancador es adecuado para usarse cuando las limitaciones de corriente de arranque son particularmente rigurosas, pues proporciona el mismo par de arranque con menor corriente inicial que uno equivalente de resistencia primaria.

3.4.5. ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCION.

El motor de inducción toma una corriente de arranque alta, especialmente si se arranca con carga. En general, los motores menores de 10 HP se arrancan a tensión completa, ya que las caídas de tensión que provocan en la línea son de poca importancia y con escaso retraso en su aceleración hasta alcanzar su velocidad nominal.

Los motores mayores a 10 HP, debido a los peligros que pueden presentarse, ya sea con la excesiva corriente, el alto par o la caída de tensión, requieren alguna disposición adicional para el arranque. En algunos casos los motores mayores de 10 HP pueden arrancarse a tensión completa, si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

1. Que su diseño sea tal que la corriente de arranque sea baja y - sus arranques no sean frecuentes.
2. Que el motor arranque en vacío o con carga muy ligera.
3. Que sea necesario aplicar el par de plena carga y la línea de alimentación lo permita.

La corriente de arranque en los motores de inducción puede ser de cuatro a ocho veces la corriente de plena carga. Para los motores de uso general con rotor jaula de ardilla, dicha corriente es aproximadamente de seis veces la de plena carga.

Al arrancar un motor a tensión reducida, la corriente de arranque se reduce en la misma proporción; pero el par de arranque se reduce en doble proporción.

En el motor jaula de ardilla la limitación de corriente de arranque y en consecuencia del par de arranque se logran aplicando una tensión menor de la nominal. Los arranques a tensión reducida normalmente son al 65% de la tensión nominal durante unos 15 segundos aproximadamente, para dar tiempo a que el motor acelere su carga. Esta función la desempeña - propiamente el arrancador.

En el motor de rotor devanado la limitación de la corriente de arran

que se logra insertando resistencias en el circuito del rotor. De este modo se consiguen pares de arranque elevados, con corriente reducida de línea y un factor de potencia alto. Su arrancador en el secundario sirve también como regulador de velocidad.

3.4.6. ARRANQUE DEL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA.

En los motores grandes es necesario intercalar una resistencia en serie con la armadura, durante el período de arranque, pues el motor puede llegar a quemarse por la excesiva corriente inicial. Esta corriente tiene un valor alto por la ausencia de fuerza contraelectromotriz en el reposo y por la baja resistencia de armadura.

En el arranque también se presenta un excesivo par, que puede ser perjudicial para la máquina movida.

En general todo motor de corriente directa debe estar provisto de un arrancador que pueda limitar la corriente de arranque, variar la velocidad e invertir la marcha, además de protegerlo contra sobrecarga.

Los arrancadores magnéticos para motores de corriente directa pueden ser de varios tipos: de límite de tiempo, de control de fuerza contraelectromotriz, etc. (Véanse figs. 3.18, 3.20 y 3.21).

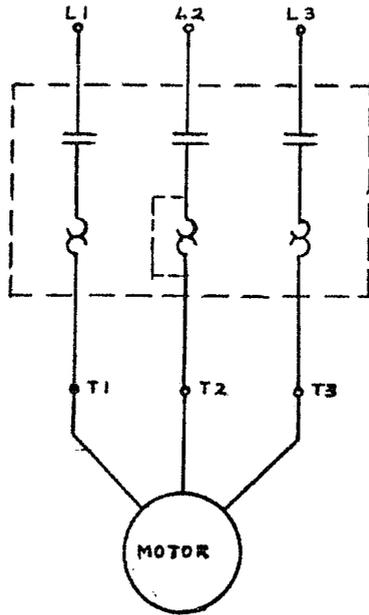


Fig. 3.3 Arrancador manual para motor de corriente alterna trifásico.

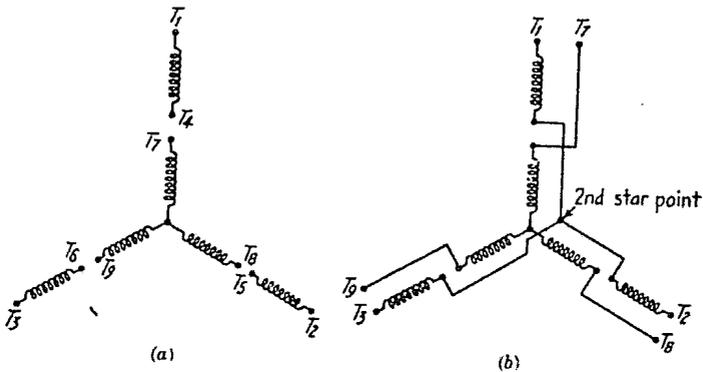
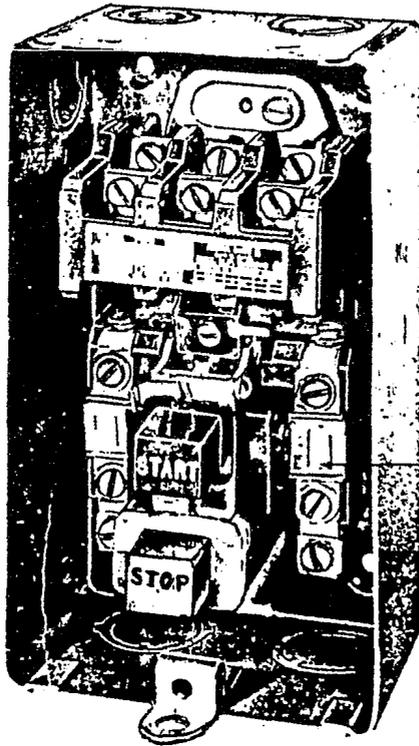


Fig. 3.4 Devanados del estator de un motor de corriente alterna trifásico.
 (a) Para operación en voltaje dual.
 (b) Para arranque por devanado bipartido.



Elemento Térmico.

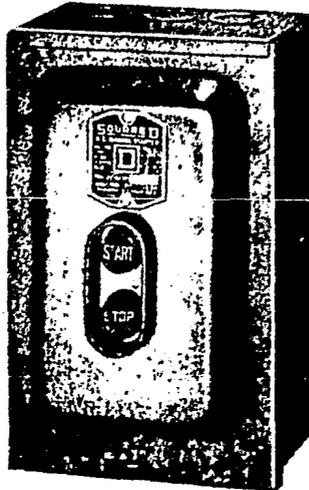
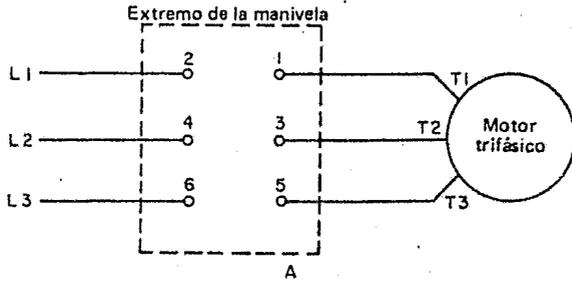


Fig. 3.5 VISTA DE UN ARRANCADOR MANUAL PARA MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO.



Contacto	Adelante	Cerr	Reversa
1-2	X		
3-4	X		
5-6	X		X
1-4			X
2-3			X

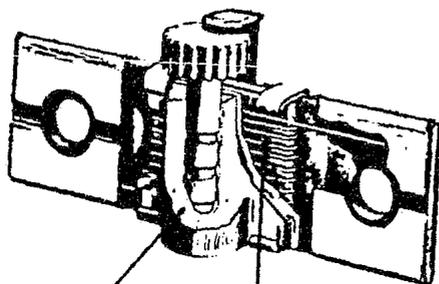
X = Contactos cerrados

B

Diagrama elemental.

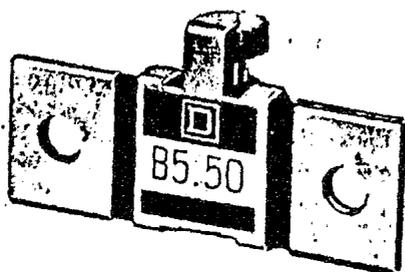


Fig. 3.6 ARRANCADOR MANUAL TIPO TAMBOR.



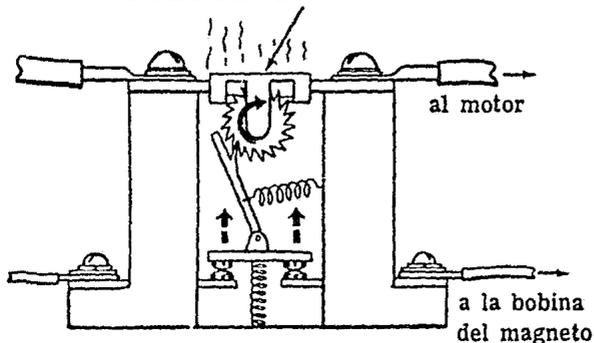
Crisol de soldadura (elemento sensible al calor) es una parte integral de la unidad térmica. Proporciona una respuesta exacta a la sobrecarga de corriente, previniendo ruidos molestos en el disparo.

Devanado calefactor (elemento productor de calor) está permanentemente unido al crisol, para que se asegure una adecuada transferencia de calor. No hay la posibilidad de desalineamiento posterior en el campo.



Unidad Térmica de una Pieza.

Unidad del relevador térmico.



El dibujo muestra la operación del relevador térmico de sobrecarga de aleación fusible. Conforme el calor funde la aleación, la rueda de trinquete gira libremente —los resortes empujan para que los contactos se abran.

Fig. 3.7 RELEVADOR DE SOBRECARGA TIPO TERMICO PARA UN ARRANCADOR.

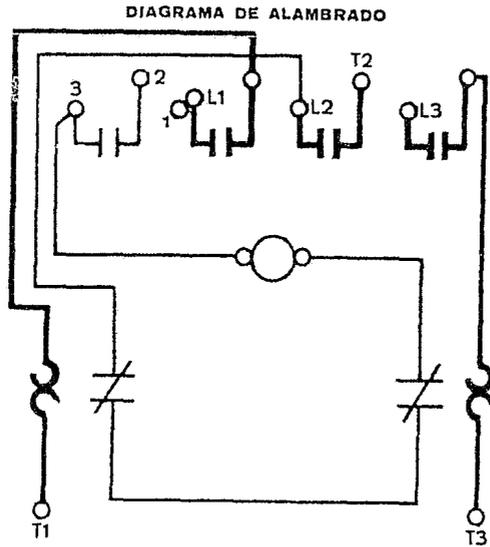


Diagrama de alambrado

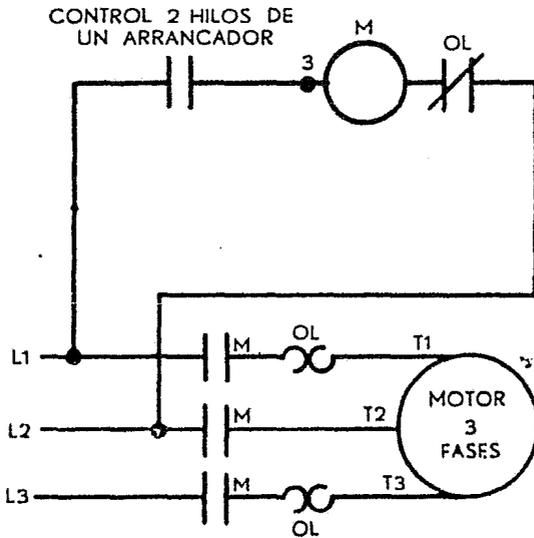


Diagrama elemental.

Fig. 3.8 ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION PLENA.
CONTROL A DOS HILOS.

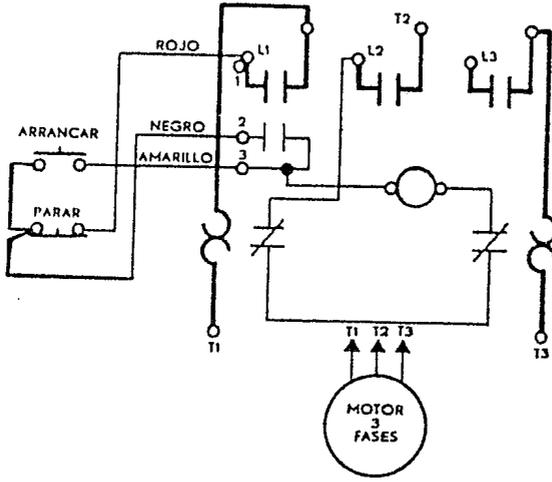


Diagrama de alambrado.

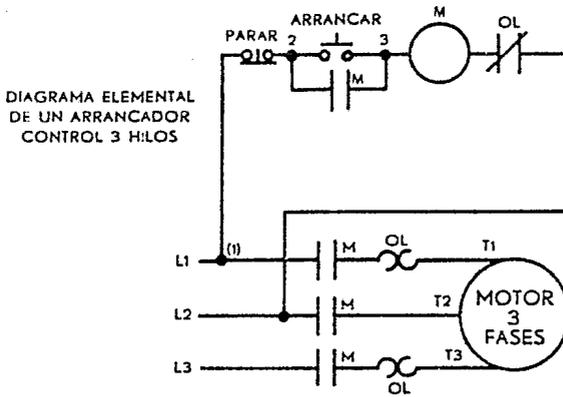


Diagrama elemental.

Fig. 3.9 ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION PLENA. CONTROL A TRES HILOS.

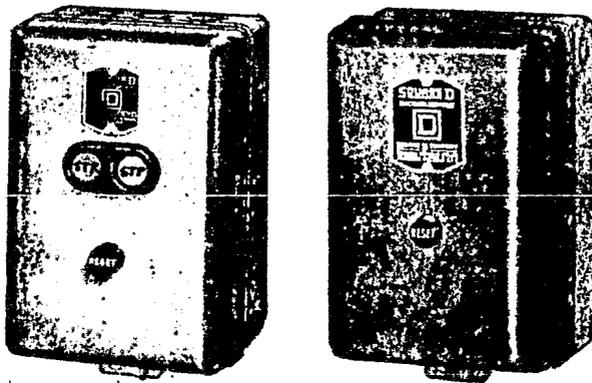
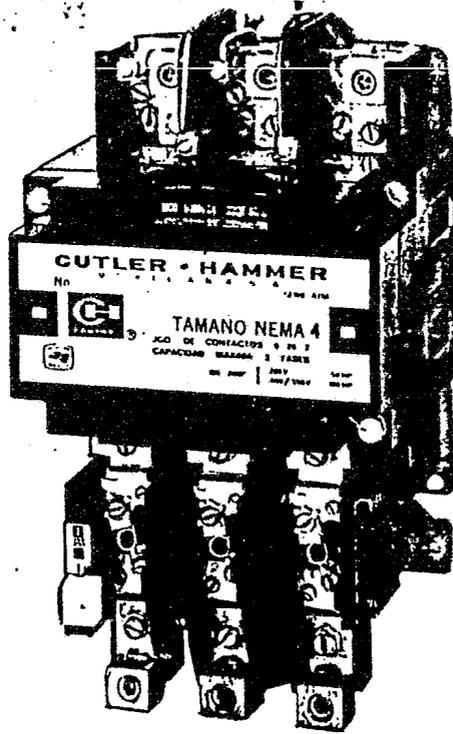
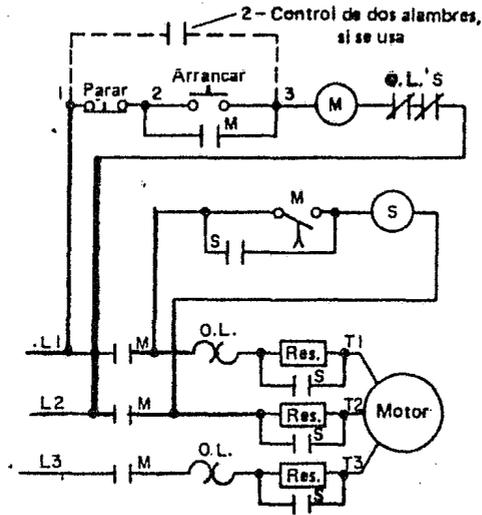
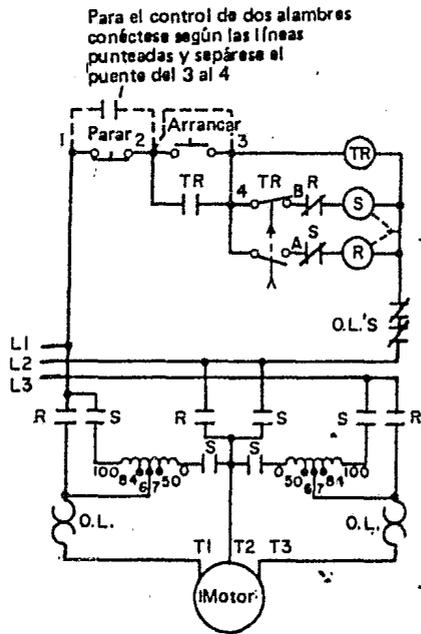


Fig. 3.10 ARRANCADOR MAGNETICO PARA MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO.



Tipo Resistencia Primaria.



Tipo Autotransformador.

Fig. 3.11 ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION REDUCIDA.

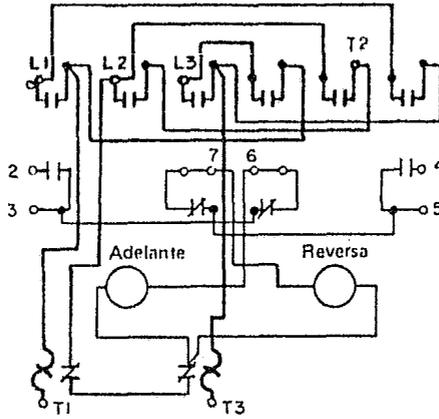


Diagrama de alambrado.

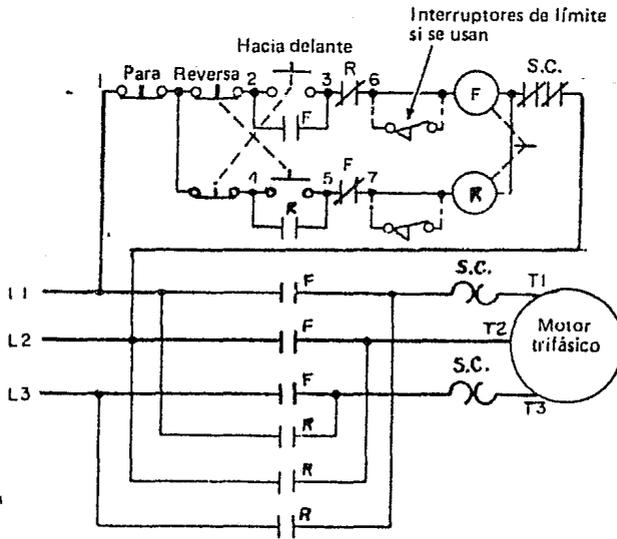


Diagrama elemental.

Fig. 3.12 ARRANCADOR MAGNETICO REVERSIBLE.

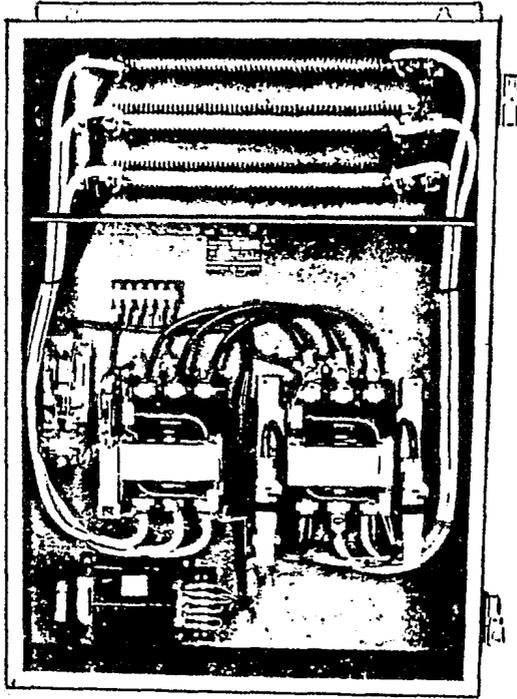


Fig. 3.13 ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION REDUCIDA TIPO RESISTENCIA PRIMARIA.

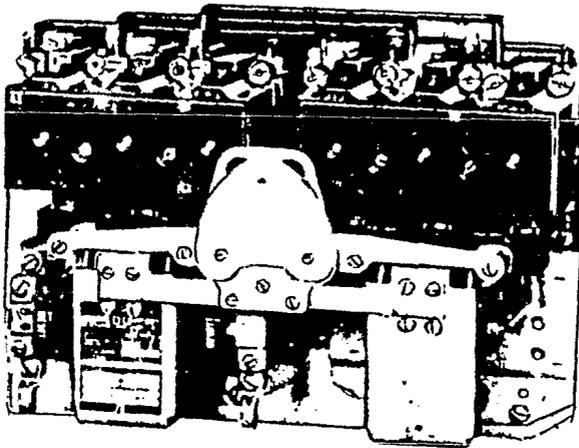
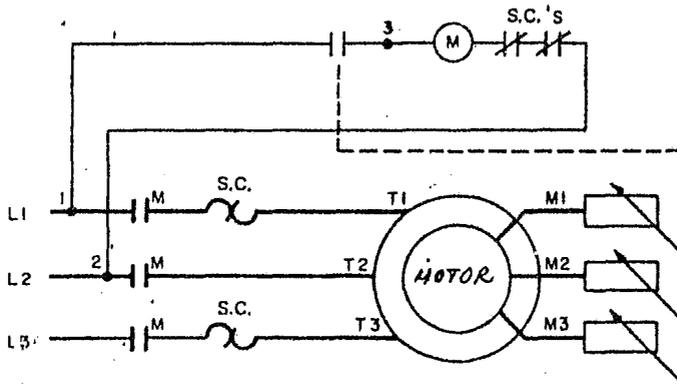
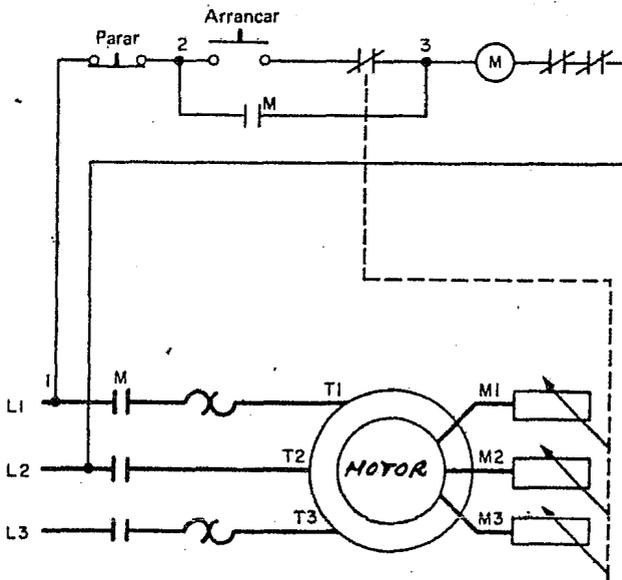


Fig. 3.14 ARRANCADOR MAGNETICO REVERSIBLE.



Control a dos hilos.



Control a tres hilos.

Fig. 3.15 ARRANCADOR MAGNETICO PARA MOTOR DE ROTOR DEVANADO. DIAGRAMA ELEMENTAL.

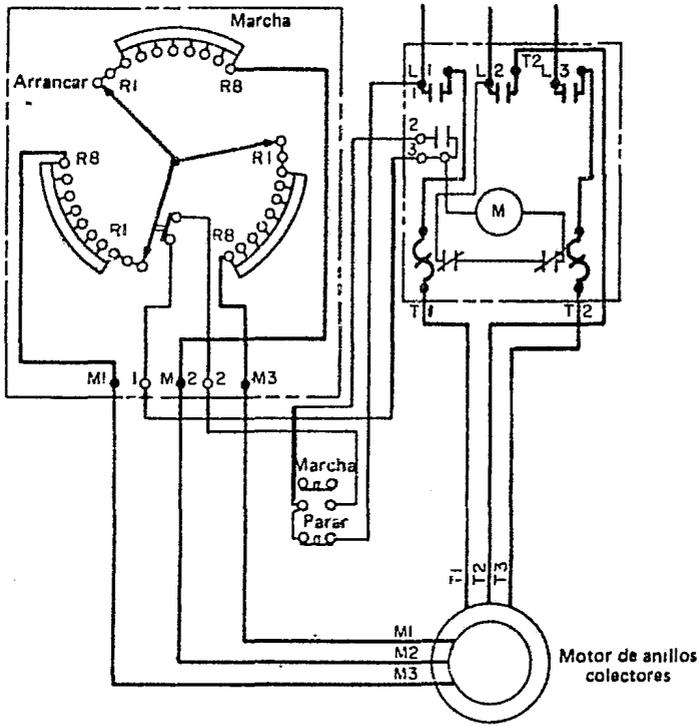


Fig. 3.16 ARRANCADOR MAGNETICO PARA MOTOR DE ROTOR DEVANADO ACOPLADO CON UN REGULADOR MANUAL DE VELOCIDAD.

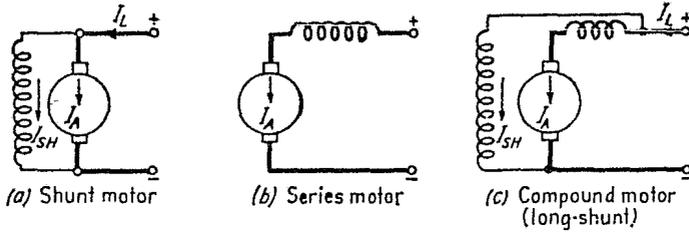


Fig. 3.17 CIRCUITOS DE LOS MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA. DERIVADO, SERIE Y COMBINADO.

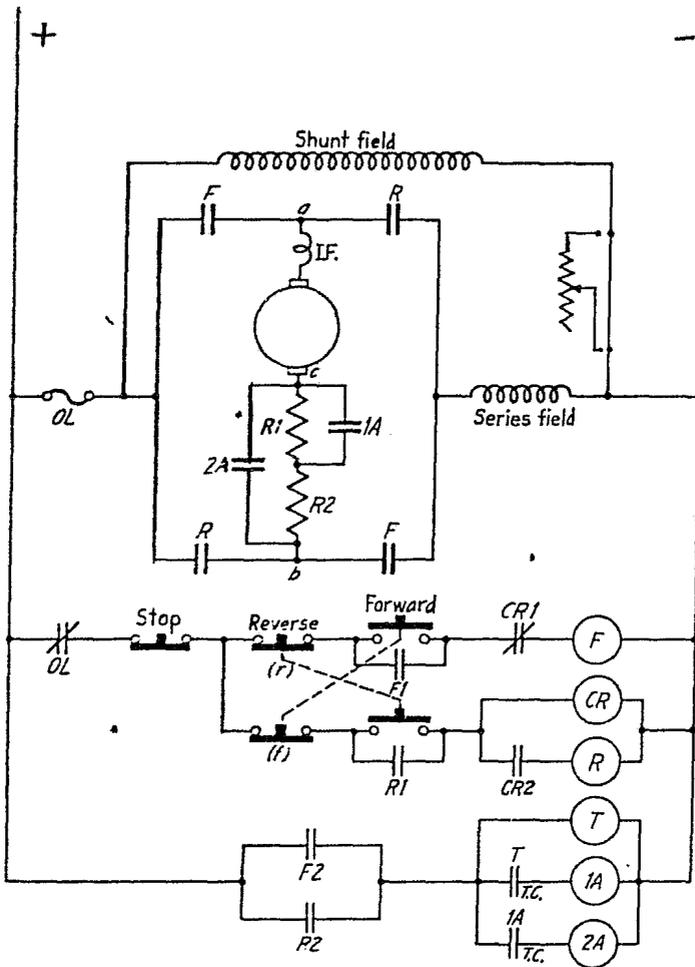


Fig. 3.18 ARRANCADOR MAGNETICO REVERSIBLE A TENSION REDUCIDA PARA UN MOTOR COMBINADO.

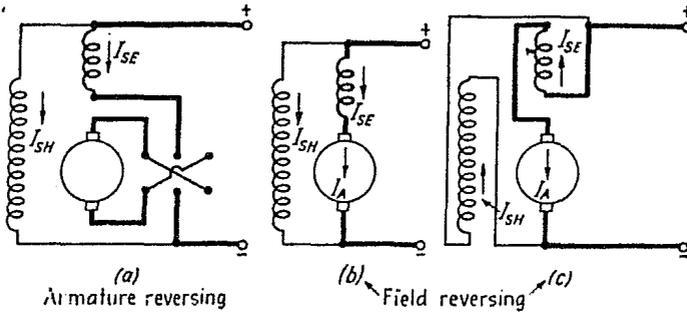


Fig. 3.19 PRINCIPIOS DE CONEXIONES PARA LA INVERSIÓN DE ROTACION DEL MOTOR COMBINADO.

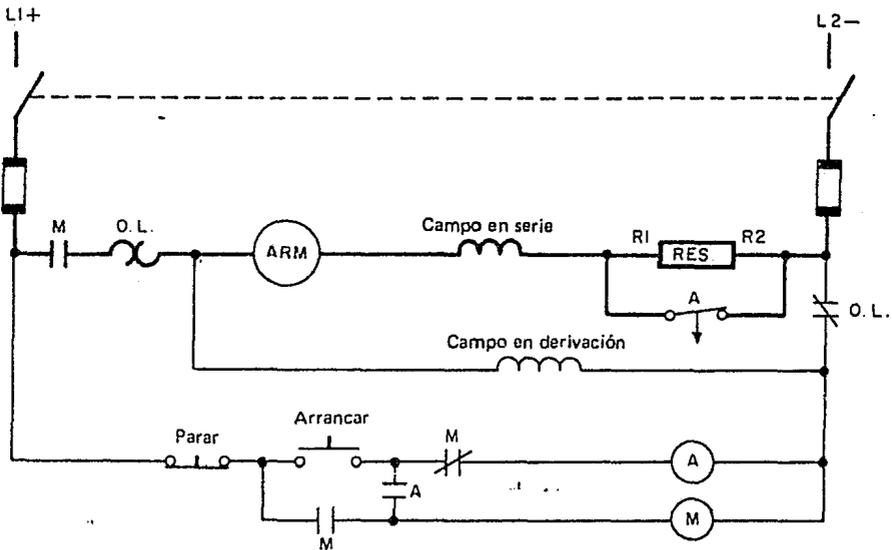
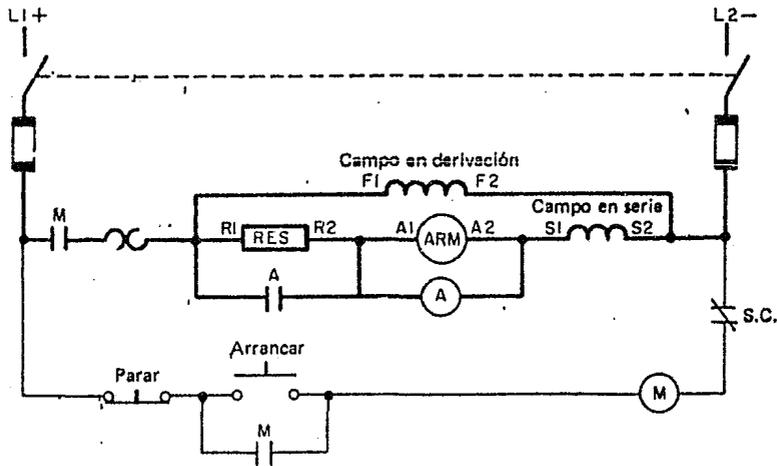


Figura Diagrama lineal de un arrancador magnético de límite de tiempo

Cuando se energiza la bobina (M), cierra los contactos (M) y adquiere una corriente de cierre de L1 al botón de parada. La bobina (M), cuando se energiza, abre la interconexión (M), lo que hace que la bobina (A) se desconecte. La corriente inducida en el mango de cobre que rodea al núcleo de hierro de A, permite que el resorte cierre el contacto (A) y abra la interconexión (A) después de un intervalo de tiempo. Cuando cierran los contactos (A), la resistencia (R1-R2) se desconecta, el motor queda conectado a través del voltaje total de la línea y se obtiene la aceleración.

Fig. 3.20 ARRANCADOR MAGNETICO DE LIMITE DE TIEMPO PARA EL MOTOR COMBINADO.



En el momento de arrancar un motor de c-c, la fuerza contraelectromotriz a través de la armadura es baja. Al acelerar el motor aumenta esa fuerza. El voltaje a través de la armadura del motor se puede gobernar para accionar los relevadores a fin de reducir la resistencia de arranque en el momento apropiado.

Fig. 3.21 ARRANCADOR PARA MOTOR COMBINADO DEL TIPO DE CONTROL DE FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ.

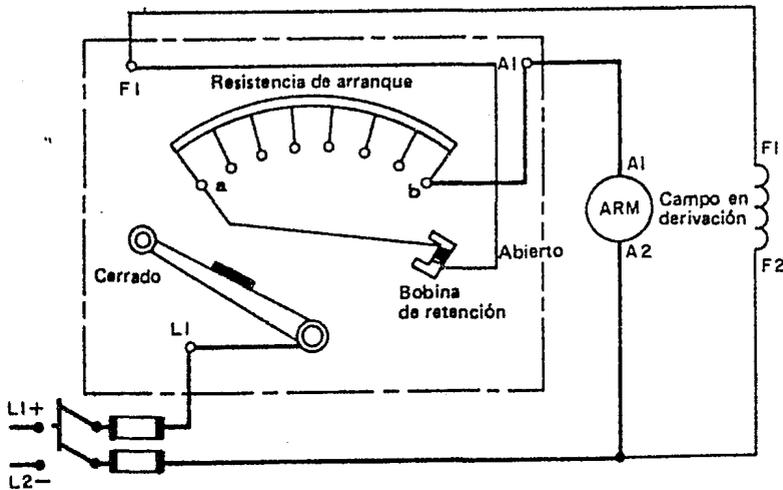


Fig. 3.22 ARRANCADOR MANUAL PARA MOTOR DE C.D. DEL TIPO TRES TERMINALES. LA BOBINA DE RETENCION PROPORCIONA UN MEDIO DE LIBERACION POR "FALTA DE CAMPO".

3.5. INSTALACION DE UN MOTOR.

Los elementos principales de la instalación eléctrica para un motor, son los siguientes:

CONDUCTOR (Alimentador). Debe ser de ampacidad suficiente para conducir la corriente nominal del motor, resistir la corriente de arranque y en ocasiones, admitir el margen que implica el factor de servicio.

INTERRUPTOR. Su función principal es proteger el motor y el conductor contra corto circuito. También debe poder aislar (desconectar) al motor y arrancador. Puede ser de fusibles o termomagnético.

ARRANCADOR. La función de este dispositivo es arrancar y parar el motor y además protegerlo contra sobrecarga principalmente. Puede ser manual o magnético y este último puede ser a tensión plena, a tensión reducida, reversible, etc.

Para calcular la instalación de un motor es necesario conocer primeramente su corriente de plena carga que es la base para obtener el alimentador, el interruptor y el arrancador.

Para los motores trifásicos, la corriente de plena carga es:

$$I_{pc} = \frac{P \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot V \cdot f_p \cdot \eta} \quad \text{--- (3.1)}$$

Para los motores de corriente directa, la corriente de plena carga es:

$$I_{pc} = \frac{P \cdot 746}{V \cdot \eta} \quad \text{--- (3.2)}$$

P = Potencia del motor en HP

η = Eficiencia.

En los cálculos siguientes, se considera que el motor tiene un régimen de trabajo continuo y carga constante.

3.5.1. EL ALIMENTADOR.

Como se trata del circuito derivado para un sólo motor, se calcula el conductor del alimentador por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del conductor} \geq 1.25 I_{pc} \text{ - - - - - (3.3)}$$

No se consideran factores por caída de tensión, agrupamiento y temperatura, por las razones ya expuestas.

3.5.2. EL INTERRUPTOR.

El interruptor debe tener una capacidad tal que soporte la corriente de arranque del motor.

La capacidad de protección del interruptor puede determinarse usando la siguiente relación:

$$\text{Capacidad del interruptor} = FCA \cdot (I_{pc}) \text{ - - - - - (3.4)}$$

donde FCA es el factor de multiplicación al considerar la corriente de arranque. Su valor fluctuará en este rango:

$$1.15 \leq FCA \leq 4$$

El valor de FCA depende de la intensidad de la corriente de arranque propia del motor. También varía de acuerdo a la condición de arranque del mismo.

Para seleccionar la capacidad del interruptor en motores de inducción con corriente de arranque normal, se puede multiplicar la corriente de plena carga por cualquiera de estos factores:

2, 2.5 ó 3, según si se arranca en vacío, con carga ligera o a plena carga respectivamente. Lo anterior es para interruptores de fusibles; pero tratándose de interruptores termomagnéticos, los valores de FCA pueden ser 1.5, 2 ó 2.5 respectivamente. Estos factores son menores por ser el termomagnético de acción más retardada pues actúa por calentamiento y no por fusión.

Si el motor arranca a plena carga con tensión reducida al 65%, puede considerarse como un arranque en vacío a tensión plena.

La capacidad del interruptor debe tener un valor no tan bajo para que no opere con la corriente de arranque, ni tan alto, para que proteja al motor contra cortocircuito.

De acuerdo con el reglamento se pueden proteger con interruptor de 15 amperes, los motores con corriente de plena carga menor de 4 amperes. Asimismo, en este caso, se debe usar como calibre mínimo el No. 14, para que el alimentador del motor quede debidamente protegido.

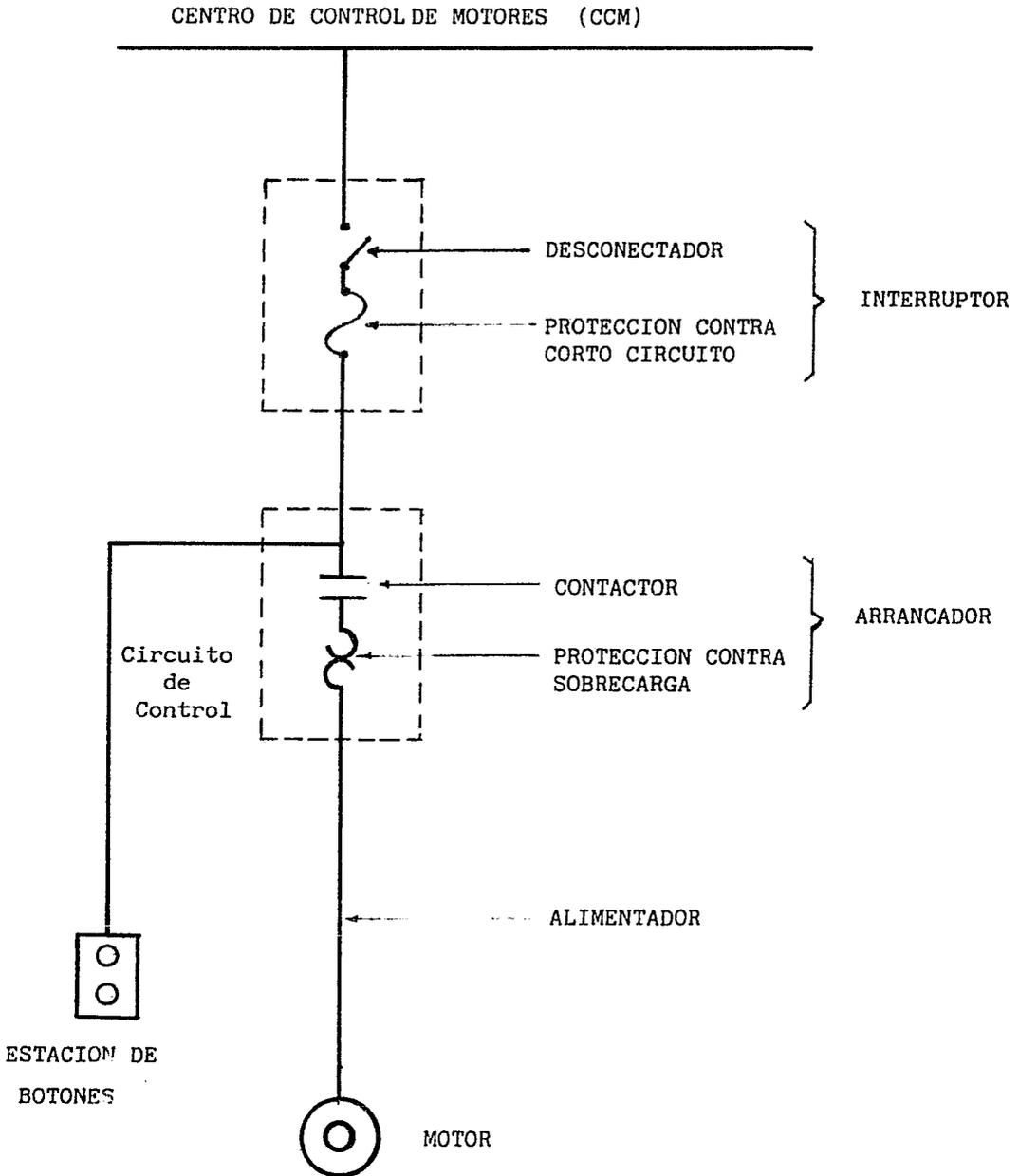


DIAGRAMA DE ELEMENTOS PARA INSTALACION DE UN MOTOR.

3.5.3. EL ARRANCADOR.

El arrancador debe resistir las corrientes de arranque y de rotor -- bloqueado.

La capacidad del arrancador se refiere a la capacidad del elemento -- de sobrecarga (elemento térmico) y se determina con la siguiente relación:

$$\text{Capacidad del arrancador} \leq 1.4 I_{pc} \text{ --- (3.5)}$$

La capacidad del arrancador debe ser tal que su valor no sea tan bajo para que permita la corriente de arranque; pero no sea tan alto para -- que opere cuando se presente una sobrecarga peligrosa y sostenida.

Normalmente son suficientes dos elementos de sobrecarga, los cuales se colocan en dos cualesquiera de las tres fases; pero cuando se desea -- una protección mejor, pueden colocarse los tres elementos.

3.5.4. EJEMPLO No. 1

Calcular la instalación del motor de la compresora de 40 HP (MS-1) -- ubicado en el taller mecánico. El motor es de corriente alterna, trifásico, a 440 volts, con una eficiencia a plena carga del 90%.

Corriente de plena carga.

De acuerdo con la ecuación (3.1):

$$I_{pc} = \frac{40 (746)}{\sqrt{3} (440) (0.85) (0.9)} = 51.2 \text{ Amperes.}$$

El Alimentador.

La capacidad del conductor es, según la ecuación (3.3)

$$1.25 (51.2) = 64.0 \text{ Amperes.}$$

Con este valor se consulta la tabla No. 1 (Apéndice A), en la columna para 60 °C de temperatura de operación, con 2 ó 3 conductores en tubo.

Cuando el valor calculado no corresponda con alguno de los que aparecen en la tabla, se toma el valor inmediato superior.

En este caso, se toma el conductor cuya ampacidad es 75 amperes, que corresponde al calibre 4 AWG.

Para obtener el conductor neutro, se divide por tres la ampacidad nominal del conductor de fase.

$$\frac{75}{3} = 25 \text{ amperes}$$

que corresponde al calibre No. 10.

Para obtener el diámetro del tubo donde se alojan estos conductores, como son de diferente calibre no se puede usar la tabla No. 3, sino que se suman las áreas de los conductores y la suma debe ser como máximo el 40% del área del tubo.

Consultando la tabla No. 4, se tiene que el diámetro del cable No. 4 es 9 mm y el del No. 10 es 5 mm; por lo tanto, el área total es:

$$3 \left(\frac{\pi (9)^2}{4} \right) + \frac{\pi (5)^2}{4} = 210.5 \text{ mm}^2$$

Entonces el área del tubo es:

$$\frac{210.5}{0.4} = 526.25 \text{ mm}^2$$

que corresponde a un diámetro de 25.9 mm, seleccionando por consiguiente un tubo de 32 mm.

Por lo tanto su alimentación es:

$$3 - 4, 1 - 10, T - 32$$

Esta es la notación usada en los planos, que indica que son tres conductores (cables) del No. 4, más uno del No. 10; alojados en tubo de 32 mm de diámetro.

El interruptor.

Como el motor es grande y arranca a plena carga, se provee con arrancador a tensión reducida, y así en la ecuación (3.4) se usará el valor de 2 para el factor FCA tratándose de interruptor de fusibles.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 2 (51.2) \\ &= 102.4 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Por lo tanto se selecciona un interruptor:

$$3 \times 100 (100) \times 480$$

que es la notación usada en los planos; significando un interruptor de 3 polos, 100 amperes, a 480 volts y con listón de 100 amperes.

Como este motor se abastece con un alimentador exclusivo desde la subestación, tiene otro interruptor en el tablero general de distribución - (TGD), (ver plano IE-8). Este es termomagnético con una capacidad que se obtiene sustituyendo $FCA = 1.5$ en la ecuación (3.4)

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 1.5 (51.2) \\ &= 76.8 \text{ amperes} \end{aligned}$$

lo que conduce a seleccionar un interruptor 3 x 70; esto es, un interruptor de 3 polos, 70 amperes.

El arrancador.

Como el motor es de servicio continuo y acciona una compresora la cual tiene control de presión, el arrancador es magnético, a tensión reducida, cuya capacidad se determina a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Arrancador} &= 1.4 (51.2) \\ &= 71.7 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Entonces el arrancador tiene las siguientes características, 3 polos, 3 fases, 440 volts, con elementos de sobrecarga para 70 amperes.

Los cálculos para los demás motores fueron desarrollados en forma similar, tomando en consideración sus condiciones de arranque y operación.

El conductor en los motores de rotor devanado, fue seleccionado en base al 200% de la corriente de plena carga, por tratarse de motores con arranques frecuentes y a plena carga. Asimismo su arrancador es reversible e incluye los controles de baja, media y alta velocidad.

El arrancador de los motores de corriente directa, como se vió anteriormente, debe intercalar una resistencia en serie con el circuito de la armadura para limitar la corriente de arranque a plena carga. En estas condiciones, y de acuerdo con el reglamento, un valor de FCA comprendido entre 2 y 3 en la ecuación (3.4), es suficiente para determinar la capacidad del interruptor.

Para la protección contra sobrecarga, es suficiente colocar un elemento de sobrecarga en cualquiera de los conductores del circuito de armadura.

Para los datos de la instalación de los motores, véase el cuadro general de motores en el plano IE-9.

$$\frac{75}{3} = 25 \text{ amperes}$$

que corresponde al calibre No. 10.

Para obtener el diámetro del tubo donde se alojan estos conductores, como son de diferente calibre no se puede usar la tabla No. 3, sino que se suman las áreas de los conductores y la suma debe ser como máximo el 40% del área del tubo.

Consultando la tabla No. 4, se tiene que el diámetro del cable No. 4 es 9 mm y el del No. 10 es 5 mm; por lo tanto, el área total es:

$$3 \left(\frac{\pi (9)^2}{4} \right) + \frac{\pi (5)^2}{4} = 210.5 \text{ mm}^2$$

Entonces el área del tubo es:

$$\frac{210.5}{0.4} = 526.25 \text{ mm}^2$$

que corresponde a un diámetro de 25.9 mm, seleccionando por consiguiente un tubo de 32 mm.

Por lo tanto su alimentación es:

$$3 - 4, 1 - 10, T - 32$$

Esta es la notación usada en los planos, que indica que son tres conductores (cables) del No. 4, más uno del No. 10; alojados en tubo de 32 mm de diámetro.

El interruptor.

Como el motor es grande y arranca a plena carga, se provee con arrancador a tensión reducida, y así en la ecuación (3.4) se usará el valor de 2 para el factor FCA tratándose de interruptor de fusibles.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 2 (51.2) \\ &= 102.4 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Por lo tanto se selecciona un interruptor:

$$3 \times 100 (100) \times 480$$

que es la notación usada en los planos; significando un interruptor de 3 polos, 100 amperes, a 480 volts y con listón de 100 amperes.

$$\frac{75}{3} = 25 \text{ amperes}$$

que corresponde al calibre No. 10.

Para obtener el diámetro del tubo donde se alojan estos conductores, como son de diferente calibre no se puede usar la tabla No. 3, sino que se suman las áreas de los conductores y la suma debe ser como máximo el 40% del área del tubo.

Consultando la tabla No. 4, se tiene que el diámetro del cable No. 4 es 9 mm y el del No. 10 es 5 mm; por lo tanto, el área total es:

$$3 \left(\frac{\pi (9)^2}{4} \right) + \frac{\pi (5)^2}{4} = 210.5 \text{ mm}^2$$

Entonces el área del tubo es:

$$\frac{210.5}{0.4} = 526.25 \text{ mm}^2$$

que corresponde a un diámetro de 25.9 mm, seleccionando por consiguiente un tubo de 32 mm.

Por lo tanto su alimentación es:

$$3 - 4, 1 - 10, T - 32$$

Esta es la notación usada en los planos, que indica que son tres conductores (cables) del No. 4, más uno del No. 10; alojados en tubo de 32 mm de diámetro.

El interruptor.

Como el motor es grande y arranca a plena carga, se provee con arranador a tensión reducida, y así en la ecuación (3.4) se usará el valor de 2 para el factor FCA tratándose de interruptor de fusibles.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 2 (51.2) \\ &= 102.4 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Por lo tanto se selecciona un interruptor:

$$3 \times 100 (100) \times 480$$

que es la notación usada en los planos; significando un interruptor de 3 polos, 100 amperes, a 480 volts y con listón de 100 amperes.

Como este motor se abastece con un alimentador exclusivo desde la subestación, tiene otro interruptor en el tablero general de distribución - (TGD), (ver plano IE-8). Este es termomagnético con una capacidad que se obtiene sustituyendo $FCA = 1.5$ en la ecuación (3.4)

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 1.5 (51.2) \\ &= 76.8 \text{ amperes} \end{aligned}$$

lo que conduce a seleccionar un interruptor 3 x 70; esto es, un interruptor de 3 polos, 70 amperes.

El arrancador.

Como el motor es de servicio continuo y acciona una compresora la cual tiene control de presión, el arrancador es magnético, a tensión reducida, cuya capacidad se determina a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Arrancador} &= 1.4 (51.2) \\ &= 71.7 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Entonces el arrancador tiene las siguientes características, 3 polos, 3 fases, 440 volts, con elementos de sobrecarga para 70 amperes.

Los cálculos para los demás motores fueron desarrollados en forma similar, tomando en consideración sus condiciones de arranque y operación.

El conductor en los motores de rotor devanado, fue seleccionado en base al 200% de la corriente de plena carga, por tratarse de motores con arranques frecuentes y a plena carga. Asimismo su arrancador es reversible e incluye los controles de baja, media y alta velocidad.

El arrancador de los motores de corriente directa, como se vió anteriormente, debe intercalar una resistencia en serie con el circuito de la armadura para limitar la corriente de arranque a plena carga. En estas condiciones, y de acuerdo con el reglamento, un valor de FCA comprendido entre 2 y 3 en la ecuación (3.4), es suficiente para determinar la capacidad del interruptor.

Para la protección contra sobrecarga, es suficiente colocar un elemento de sobrecarga en cualquiera de los conductores del circuito de armadura.

Para los datos de la instalación de los motores, véase el cuadro general de motores en el plano IE-9.

3.6. INSTALACION DE VARIOS MOTORES.

Cuando se trata de abastecer a un grupo de motores con un alimentador general, tanto el conductor como el interruptor se seleccionan considerando las condiciones normales de operación; es decir, que los motores no arrancan simultáneamente; pero sí operan al mismo tiempo a plena carga, en forma continua y la carga se mantiene constante.

3.6.1. EL ALIMENTADOR GENERAL.

La capacidad del conductor se selecciona por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del Conductor} \geq 1.25 (I_M) + \Sigma I \quad \text{--- (3.6)}$$

donde I_M es la corriente de plena carga del motor mayor y ΣI es la suma de las corrientes de los demás motores.

En algunos casos es necesario incrementar la capacidad del conductor debido a las correcciones por agrupamiento y/o caída de tensión. El factor que multiplica a I_M se incrementa cuando se tienen motores con arranques frecuentes.

3.6.2. EL INTERRUPTOR GENERAL.

La capacidad del interruptor (interruptor general), se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del Interruptor} \geq CIDM + \Sigma I \quad \text{--- (3.7)}$$

donde CIDM es la capacidad del interruptor derivado mayor en el grupo.

En la mayoría de los casos son necesarios dos interruptores, uno que sirve como interruptor general de protección y desconexión del grupo de motores y otro cuya función es proteger y desconectar al alimentador general.

3.6.3. EJEMPLO No. 2.

Calcular el alimentador e interruptor generales para los motores de la máquina roladora M2.

El factor de demanda de la máquina es cercano al 100% y las condiciones de operación se pueden considerar normales.

Tiene 4 motores, todos de corriente alterna, a 440 volts. La máquina se localiza a una distancia de 40 metros del tablero general de distribución.

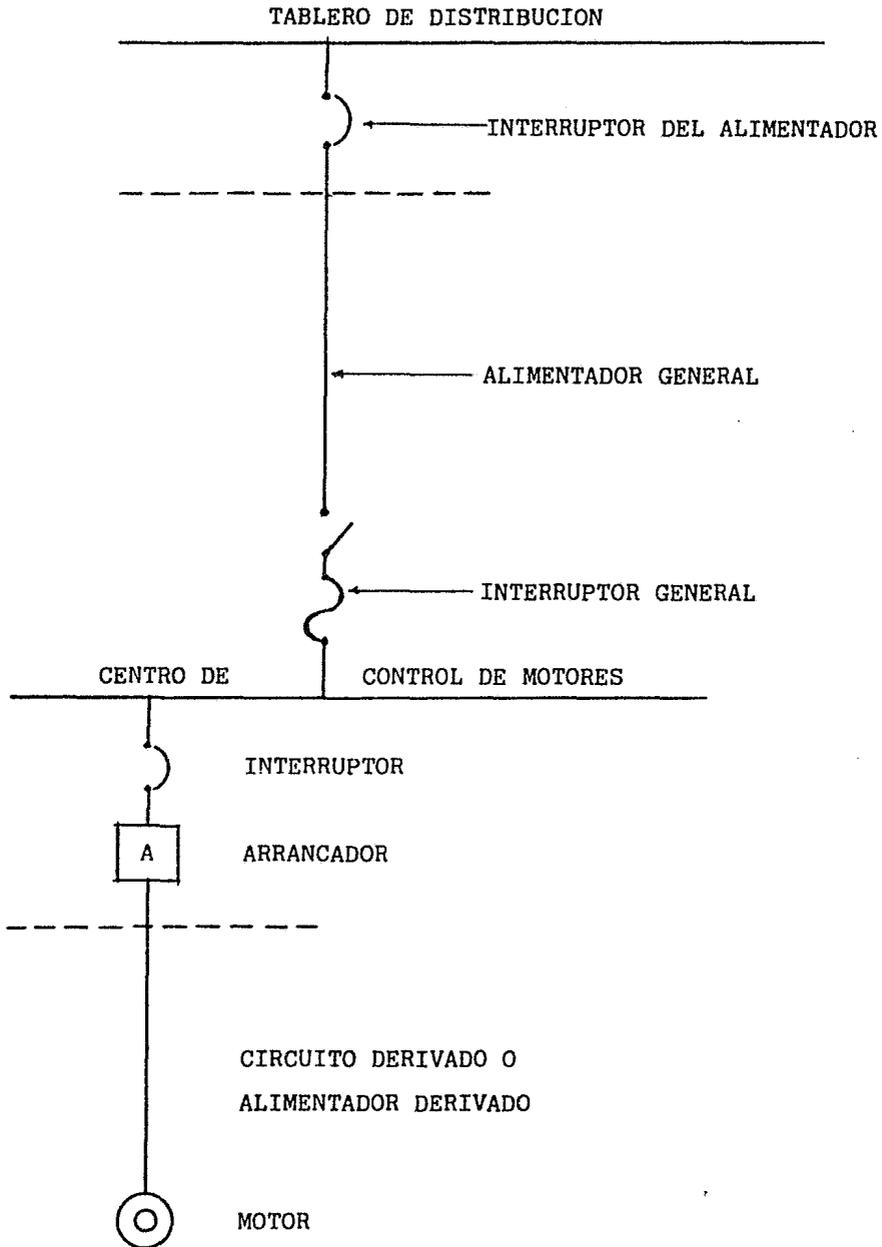


DIAGRAMA DE LA ALIMENTACION A UN CCM Y DEL CCM A UN MOTOR.

bución.

MOTOR	AMPERES
M2-1 (40 HP) Formadora	51.2
M2-2 (0.25 HP) Aceite	0.5
M2-3 (0.25 HP) Soluble	0.5
M2-4 (5 HP) Sierra	7.2
	<hr/>
	59.4

59.4 amperes es la corriente nominal de la máquina, que viene siendo también la corriente demandada.

El Alimentador General.

Sustituyendo valores en la ecuación (3.6) se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Conductor} &= 1.25 (51.2) + 0.5 + 0.5 + 7.2 \\ &= 72.2 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Para corregir por agrupamiento se divide el valor obtenido con la ecuación (3.6), por el factor de corrección correspondiente, para así obtener la nueva capacidad del conductor; esto es:

$$\frac{72.2}{0.7} = 103.1 \text{ amperes}$$

con este valor se consulta la tabla No. 1 (Apéndice A), en la columna para 75 °C de operación, con 2 ó 3 conductores alojados en tubo y se ve que corresponde al calibre 2 AWG, que es el que tiene la capacidad inmediata superior a 103.1 amperes.

Ahora se ve qué calibre de conductor se obtiene al considerar la caída de tensión permitida por el reglamento.

Sustituyendo valores en la ecuación (1.10).

$$\Delta V_u = \frac{1000 (440) (4)}{(59.4) (40) (100 + 4)} = 7.1 \text{ mV/A.m}$$

con este valor se consulta la tabla No. 2, en la columna para sistema trifásico, en donde se ve que corresponde al calibre 10 AWG. Cuando el valor calculado quede intermedio entre los que aparecen en la tabla, se toma el valor inmediato inferior.

Como el conductor No. 10 es menor al calibre No. 2; es éste el selec

cionado.

Para el conductor neutro, se divide igualmente la ampacidad nominal del conductor de fase, por 3

$$\frac{120}{3} = 40 \text{ amperes}$$

que corresponde al calibre No. 8.

Entonces la alimentación de la máquina es

$$3 - 2, 1 - 8, T - 38.$$

El Interruptor General.

La capacidad del interruptor derivado mayor es de 100 amperes y corresponde al motor M2-1. Sustituyendo en la ecuación (3.7)

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del Interruptor} &= 100 + 0.5 + 0.5 + 7.2 \\ &= 108.2 \text{ amperes} \end{aligned}$$

que lleva a seleccionar un interruptor 3 x 100 (100).

La selección de la capacidad del interruptor termomagnético que protege al alimentador, se hace en forma similar; pero considerando que el interruptor derivado mayor fuera termomagnético.

$$70 + 0.5 + 0.5 + 7.1 = 78.1 \text{ amperes}$$

de este modo se selecciona también uno de 3 x 100.

El motor M2-1 normalmente arranca poniendo en marcha solamente el mecanismo del rolado y formado (carga ligera) y posteriormente se le incorpora la cinta. Su arranque es a tensión reducida y reversible ya que en ocasiones es necesario retroceder la cinta.

Los cálculos para el resto de las máquinas fueron desarrollados en forma similar, considerando sus respectivas condiciones de operación. (Véase alimentadores e interruptores en el plano IE-8).

3.7. GRUAS VIAJERAS.

3.7.1. GENERALIDADES.

Se tienen siete grúas en la nave industrial, de las cuales seis son de tres toneladas y la otra es de diez toneladas. Son grúas tipo puente, servicio interior, que llevan cada una para sus tres movimientos (puente, carro y gancho), cuatro motores de corriente alterna, trifásicos, rotor - devanado, operación a 440 volts.

Las condiciones de operación de los motores de las grúas son fuera - de las normales, pues se tienen arranques simultáneos, operación intermitente, cargas y velocidades variables.

El movimiento del puente se realiza con dos motores de igual potencia que operan en paralelo, ubicados en los extremos del puente.

La alimentación de las grúas se obtiene de tres conductores de contacto, con alambre de cobre duro calibre No. 6 para las grúas de tres toneladas y calibre No. 4 para la grúa de diez toneladas; soportados y suspendidos con aisladores a la altura de la grúa.

Cada grúa tiene un interruptor general colocado a una altura de 2 me tros sobre el nivel del piso, a la mitad de la carrera del puente, para - así compensar la caída de tensión en los extremos de los conductores de - contacto. Dicho interruptor tiene un seguro en la posición de "abierto". (Véase plano IE-6).

Cada motor es controlado también por un interruptor de límite para - controlar la carrera del puente y del carro, así como el ascenso del gancho.

Los motores del gancho y del puente llevan acoplados frenos electromagnéticos de balatas para prevención de daños humanos y materiales. Estos son operados automáticamente al fallar la energía eléctrica.

GRUAS DE TRES TONELADAS. Las grúas de tres toneladas son iguales, - lo que quiere decir que la instalación eléctrica será igual para todas. Su puente tiene una longitud (claro) de 6 metros con una carrera de 63 me tros.

Los dispositivos de protección se localizan en uno de los extremos - del puente. Los interruptores son de tipo servicio pesado y los arranca-

dores son magnéticos reversibles.

Cada grúa se controla desde el piso con estaciones de botones colgantes con cable multiconductor uso rudo.

GRUA DE DIEZ TONELADAS. Esta grúa opera en el módulo de acceso, almacén y abastecimiento de materia prima de la nave. Su puente tiene una longitud de 10 metros y una carrera de 65 metros.

La grúa es controlada desde una caseta integrada en la misma. Aquí se encuentran todos los dispositivos de control y protección de los motores; los arrancadores son magnéticos a tensión completa no reversibles. La inversión de marcha de los motores la realiza el operador por medio de arrancadores manuales de tambor.

La grúa está provista de tres reflectores de 150 watts, vapor de mercurio, con objeto de que el operador tenga buena visibilidad en sus maniobras, ya que la sombra proyectada por la propia grúa puede significar algún peligro.

En virtud de que esta grúa lleva caseta, tiene además del que está accesible en el piso, otro interruptor localizado en la propia caseta.

ALIMENTADOR DE LA GRUA. Las siete grúas están abastecidas con el mismo circuito alimentador. Este llega desde la subestación con el mismo calibre hasta el interruptor de la grúa No. 7 y para alimentar las demás grúas, se hacen derivaciones intermedias con conductor de 1/3 de la capacidad del alimentador (ver plano IE-8).

Para el cálculo de los conductores que van del interruptor de la grúa a los conductores de contacto de la misma, se debe tener presente que la máxima carga demandada es la del motor del gancho; pero por seguridad y también para garantizar que la caída de tensión no sea mayor al 4% en cualquier posición de la grúa, el conductor que se instaló es de calibre No. 10 para las grúas de tres toneladas y calibre No. 8 para la de 10 toneladas.

3.7.2. EL ALIMENTADOR GENERAL.

Es claro que el factor de demanda es muy bajo; pero se calcula el alimentador para el peor de los casos, que es cuando las siete grúas es-

tán funcionando simultáneamente con el motor mayor en operación (carga de mandada máxima).

El motor mayor de las grúas de 3 toneladas, es de 5 HP y su corriente de plena carga es 7.2 amperes y el motor mayor de la grúa de 10 toneladas es de 15 HP cuya corriente es de 20.3 amperes; y así la corriente -- máxima demandada posible es de 63.5 amperes.

Entonces la capacidad del alimentador es, según la ecuación (3.6):

$$1.25 (20.3) + 6 (7.2) = 68.6 \text{ amperes}$$

y con la corrección por agrupamiento se obtiene el calibre No. 4; pero como hay muchos empalmos en el alimentador general debido a las derivaciones, que le restan continuidad y lo degradan, se optó por elegir el calibre No. 2.

Para checar que la caída de tensión (ΔV) que se tenga con este conductor no rebase el valor permitido por el reglamento, se hace el cálculo en el peor de los casos y considerando que la grúa No. 7 se encuentra en el extremo opuesto a la entrada del furgón. Se obtiene la caída de tensión que existe desde la subestación hasta la grúa No. 7 en la posición mencionada, haciendo el cálculo por tramos de acuerdo a la corriente y calibre del conductor que se tenga en cada tramo.

De la tabla No. 2 se obtienen los siguientes datos.

$\Delta V_u = 1.0, 1.5$ y 3.7 para los calibres 2, 4 y 8 respectivamente.

Recurriendo a la ecuación (1.8)

$$\begin{aligned} \Delta V &= (1.0)(63.5)(10) + (1.0)(56.3)(12) + (1.0)(41.9)(15) + \\ & (1.0)(20.3)(41) + (3.7)(20.3)(9) + (1.5)(20.3)(35) \\ &= 4\ 513.1 \text{ mV} = 4.5 \text{ volts.} \end{aligned}$$

Ahora con la ecuación (1.4) se calcula la caída de tensión en porcentaje

$$\Delta V \% = \frac{4.5}{440 - 4.5} \times 100 = 1.03 \%$$

que es menor a la permitida. Por consiguiente, el alimentador general para las grúas quedará con 3 conductores No. 2, alojados en tubo asbesto-ce

mento o tubo metálico.

Las derivaciones del alimentador general a los interruptores de las grúas de 3 toneladas se harán con cable calibre No. 8.

3.7.3. EL INTERRUPTOR GENERAL.

Para seleccionar el interruptor termomagnético que protege el alimentador, se sustituyen valores en la ecuación (3.7)

$$40 + 6 (7.2) = 83.2 \text{ amperes}$$

que da como resultado un interruptor 3 x 100, alojado en el tablero general de distribución.

C A P I T U L O I V .

SISTEMAS DE TIERRAS Y PARARRAYOS.

4.1. SISTEMA DE TIERRAS.

4.1.1. INTRODUCCION.

La finalidad del sistema de tierras es la de proporcionar seguridad al personal, proteger al equipo y tener mayor continuidad y confiabilidad en el servicio eléctrico. Los aspectos principales para la protección - contra sobretensiones o sobrecorriente debidas a disturbios atmosféricos o fallas de aislamiento del equipo, obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro.

En toda planta o subestación eléctrica, uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones es disponer de una red de - tierras adecuada para poder conectar todos los neutros del sistema cuando así se requiera como carcazas de los equipos, estructuras metálicas y todas aquellas partes que requieran estar a potencial de tierra.

El sistema de tierras puede ser comparado con el siguiente diagrama durante su funcionamiento, (ver fig. 5.1).

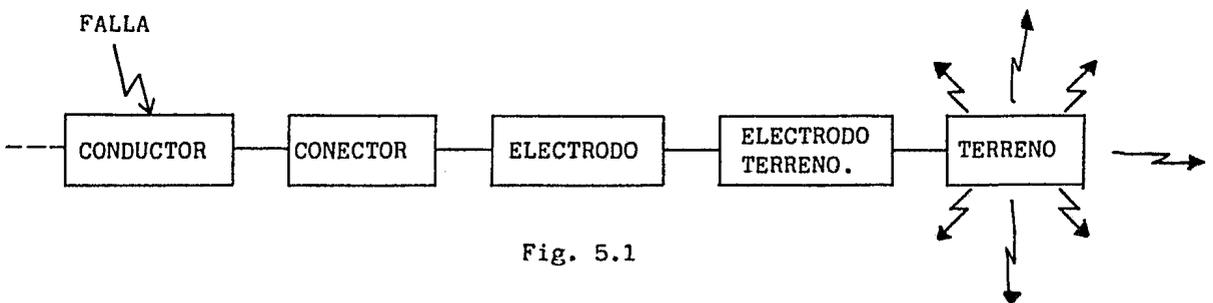


Fig. 5.1

4.1.2. EFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL HOMBRE.

El preferir sistemas conectados sólidamente a tierra, ha aumentado la magnitud de las corrientes a tierra, esto obliga a tener un diseño adecuado de red de tierras para cualquier accidente ya que fácilmente se llega a intensidades de algunos miles de amperes. Intensidades de esta magnitud producen gradientes eléctricos elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra. Si en el momento de la falla un ser viviente patea dos regiones a la distancia de un paso normal, puede sufrir una descarga que sobrepase los límites de engarrotamiento o inmovilidad muscular provocando su caída, una vez en el piso su cuerpo abarca una mayor superficie de contacto, haciendo que la corriente circulante aumente, pudiendo pasar por algún órgano vital como el corazón causando en éste la fibrilación ventricular y posteriormente la muerte.

Lo que regula la inmovilidad muscular y que no permite soltar el objeto energizado es la intensidad de la corriente; pero la tensión aplicada está relacionada con ésta a través de la resistencia ohmica de la parte del cuerpo que queda en contacto con los diferentes potenciales. Esta resistencia es muy variable y depende de las condiciones en que se efectúe el contacto, que pueden ser húmedas, en piel seca, a través de zapatos o ropa. Los estados de ánimo de las personas también influyen en el menor o mayor aumento de la resistencia ohmica de su cuerpo, en el caso del miedo, influye notablemente en la disminución de la resistencia. Además, el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir, la resistencia del cuerpo humano disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al duplicar la tensión aplicada la corriente sube a más del doble.

Las normas indican que pueden ser toleradas intensidades de corrientes superiores sin producir fibrilación, si el tiempo de duración es muy corto. La siguiente ecuación relaciona los parámetros que intervienen:

$$Ik^2 \cdot t = 0.0135 \quad \text{--- (1)}$$

$$Ik = \sqrt{\frac{0.0135}{t}} = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \text{ Amp.} \quad \text{--- (2)}$$

donde:

I_k es el valor efectivo de la corriente (r.m.s.) a través del cuerpo en amperes.

t es el tiempo de duración del choque eléctrico en segundos.

0.0135 es una constante de energía derivada empíricamente.

El umbral de percepción de la corriente eléctrica en un ser humano es de 1 mA; ya en niveles de 9 a 25 mA, provoca un efecto doloroso y se empieza a presentar el fenómeno de contracción muscular que ocasiona el efecto de aferrarse a los objetos electrizados; de 50 a 100 mA. se presenta el umbral de la fibrilación ventricular, fenómeno que daña irreversiblemente el corazón. Corrientes mayores causan la muerte por un paro cardíaco combinado con un paro respiratorio.

Se puede considerar 25 mA como un valor de corriente a través del corazón sin que éste se vea afectado. Sin embargo, la ecuación (2) muestra que pueden soportarse con seguridad corrientes de intensidades mucho más altas cuando puede confiarse en aparatos de protección de operación rápida, para limitar la duración de las fallas.

Nótese de la ecuación (2) que resulta una corriente de 116 mA, para un segundo y 367 mA, para un tiempo de 0.1 segundos (6 ciclos).

4.1.3. TENSIONES TOLERABLES EN EL CUERPO HUMANO.

Usando el valor de la corriente tolerada por el cuerpo establecida en la ecuación (2), y las constantes apropiadas del circuito, es posible calcular la diferencia de potencial tolerable entre dos o más puntos.

Las constantes del circuito incluyen la resistencia del sistema del electrodo de tierra (R_1 , R_2 y R_0), la resistencia de contacto de la mano, la resistencia de los zapatos, la resistencia R_f de la tierra inmediata bajo de cada pie y la resistencia del cuerpo R_k .

La resistencia de contacto de la mano es muy pequeña y se supondrá igual a cero, la resistencia de los zapatos es variable, y para la piel húmeda puede ser muy pequeña y será igual a cero.

La resistencia del terreno inmediato bajo los pies puede determinar la cantidad de corriente a través del cuerpo, situación que se aprovecha para esparcir grava o piedra triturada en la superficie del terreno ries-

goso y de esta forma disminuir la magnitud de corriente.

El pie puede ser considerado como el equivalente a un electrodo circular con un radio de aproximadamente 8 centímetros, y la resistencia de tierra puede ser calculada en términos de la resistividad ρ_s (en ohms-metros) del suelo cerca de la superficie. Se ha determinado que la resistencia de los pies en serie (contacto de paso) es aproximadamente $6\rho_s$ ohms y la resistencia de los dos pies en paralelo (contacto de toque) es aproximadamente de $1.5\rho_s$ ohms. Para fines prácticos la resistencia R_f en ohms por cada pie se puede suponer de $3\rho_s$.

El valor usado para la resistencia del cuerpo R_k (incluyendo la resistencia de la piel, la resistencia interna del cuerpo) es muy difícil de establecer. Varias autoridades sugieren de 500 a algunos miles de ohms. Para propósitos prácticos la resistencia R_k se ha fijado en 1000 ohms misma que se utilizará en los cálculos que siguen para representar la resistencia del cuerpo de una mano a ambos pies y también para la resistencia de un pie a otro.

Usando el valor de la corriente tolerada por el cuerpo establecida por la ecuación (2) y las constantes apropiadas del circuito antes mencionadas es posible calcular las tensiones tolerables entre dos puntos de contacto.

POTENCIAL DE PASO.

El potencial de paso, es la diferencia de potencial que aparece entre los dos pies (con un espaciamento de un metro) cuando una persona está parada en la superficie del terreno en el cual se presenta un gradiente a causa del flujo de la corriente de falla.

En la figura Nº 5.2 se muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial de un paso o contacto entre los pies.

Del circuito equivalente tenemos:

$$E_{\text{paso}} = (R_k + 2 R_f) I_k = (1000 + 6 \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{\text{paso}} = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t}} \text{ Volts} \quad \text{--- (3)}$$

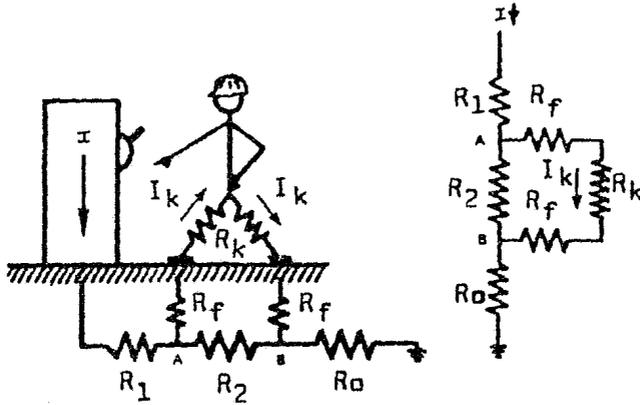


Fig. 5.2 Potencial de Paso

POTENCIAL DE CONTACTO.

El potencial de contacto es la diferencia de potencial a través del cuerpo de una persona entre una mano y los dos pies cuando está tocando un objeto o equipo aterrizado. El potencial será más grande cuando la persona está parada en el centro de la malla.

La Fig. 5.3 muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial para un contacto entre la mano y los dos pies. Del circuito equivalente tenemos:

$$E \text{ contacto} = (R_k + R_f/2) I_k = (1000 + 1.5 \beta_s) \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

$$E \text{ contacto} = \frac{116 + 0.17 \beta_s}{\sqrt{t}} \text{ ----- (4)}$$

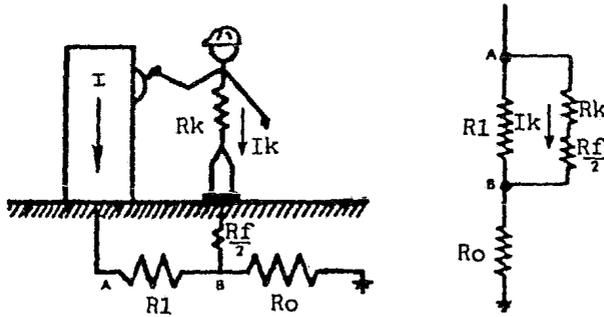


Fig. 5.3 Potencial de Contacto

POTENCIAL DE TRANSFERENCIA.

Este potencial puede ser considerado como un caso especial de contacto.

Una persona parada dentro del área de una planta toca un conductor aterrizado en un punto remoto; o una persona parada en un punto remoto toca un conductor conectado a tierra en esta planta. Aquí la tensión del choque eléctrico puede ser esencialmente igual a la elevación total de potencial de la malla de tierra y no la fracción de ese total que se encuentra con los potenciales de paso y contacto.

4.1.4. PARTES DE UNA RED DE TIERRAS.

La red de tierras es una malla que se usa para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de la estructura del edificio o fábrica. Para realizar esta función debe estar constituida principalmente por:

1) CONDUCTOR. Los conductores utilizados en las redes de tierra son de cobre desnudo, trenzado o sólido. Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y por sus resistencias a la corrosión. Distinguiremos dos tipos de aplicación del conductor, el de puesta a tierra y el de la red de tierras.

El conductor de puesta a tierra se usa para conectar las estructuras de los equipos y las canalizaciones metálicas a la red de tierras.

El conductor de la red de tierras es el conductor principal que corre alrededor del edificio, fábrica, subestación, planta generadora. Su calibre es mayor con respecto al conductor de puesta a tierra.

2) CONECTORES. Son aquellos elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierras, además de conectar las varillas (electrodos) y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red.

Los conectores se dividen en tres tipos:

- a) Conector Mecánico.
- b) Conector Soldable.
- c) Conector de Presión.

a) Conector Mecánico. Está formado generalmente por dos piezas, -

las cuales se unen por medio de tornillos. Sus características principales son:

Facilidad de instalación, pueden desconectarse de la red para poder hacer mediciones. Tienen algunas veces problemas de corrosión, lo cual se elimina dándole un tratamiento especial a la junta. Los conectores me cánicos deberán ser, cuando sea posible, accesibles para inspección y man tenimiento.

b) Conector Soldable. Con este tipo de conectores se obtiene una - conexión permanente, lo cual permite eliminar la resistencia de contacto, está relativamente libre de corrosión y permite el uso de conductores pequeños, debido a su máxima limitación de temperatura (450 °C) comparado - con la máxima permitida para los conectores mecánicos (250 °C). Sin em-- bargo, tiene algunas limitaciones:

No tienen medios para separarlos y poder hacer mediciones en la red, para eliminar este problema, habría que usar conectores mecánicos en algu nas partes de la red para poder efectuar dichas mediciones. No se pueden usar en presencia de atmósferas volátiles o explosivas.

Los conectores soldables se usan generalmente en las instalaciones - que van enterradas y en aquellas áreas donde el conductor de tierra no va a ser separado de los equipos, como por ejemplo, para mantenimiento, cambio frecuente de posición (equipo y maquinaria), etc.

Últimamente se ha incrementado el uso de este tipo de conectores debido al ahorro de tiempo y costo que se obtiene al realizar un gran número de conexiones.

c) Conector de Presión. Son los más económicos y fáciles de instalar aunque tienen algunas desventajas tales como las de no poder desconec tarse de la red para hacer mediciones y por tener problemas de corrosión.

3) ELECTRODOS.

Son las varillas que se introducen verticalmente en el terreno y que sirven para que la malla esté en contacto con zonas más húmedas del sub-- suelo con el objeto de mantener a potencial de tierra los conectores co-- nectados a ella y se disipen en el terreno las corrientes que recoge. Es tas varillas son de cobre o de acero con una cubierta de cobre.

4.1.5. PUESTA A TIERRA.

El aterrizamiento del equipo consiste en la conexión a tierra de las partes metálicas no portadoras de corriente. Esto incluye las carcazas - de los motores, cajas de conexiones, gabinetes, cajas de interruptores, - tanques de los transformadores, canalizaciones metálicas, cajas de los arrancadores y envolturas metálicas de todos los equipos presentes en la - fábrica.

El principal objetivo de la puesta a tierra es la de limitar el po-- tencial entre las partes no conductoras de corriente de la planta y tie-- rra a un valor seguro, en condiciones de operación normal y anormal del - sistema eléctrico.

Para lograr este objetivo, se requiere de una red o sistema de tie-- rras en la fábrica. El propósito de esto es conseguir un potencial uni-- forme en todas las partes de la estructura y los aparatos, así como procu-- rar que los operadores estén siempre al mismo potencial. Un sistema de - tierras funcionará en pocas ocasiones, pero cuando lo haga pondrá en evi-- dencia un diseño inadecuado. Cuando ocurre una falla a tierra en el sis-- tema eléctrico, las vidas de las personas pueden depender de una buena - instalación de puesta a tierra del equipo.

Un segundo objetivo de la puesta a tierra del equipo es conseguir - una trayectoria de baja impedancia para las corrientes de falla a tierra. Las altas impedancias de las conexiones o una sección transversal insuficiente pueden causar arco o calentamiento suficiente como para inflamar algún material combustible cercano o gases peligrosos.

La red de tierra debe tenderse de tal manera que un conductor corre completamente alrededor del edificio y ser de cobre recocido o estirado - en frío medio. Para construcciones con estructuras de acero, la red de - tierras debe conectarse a cada columna exterior del edificio; pero si és-- te es grande, se debe considerar una malla para la conexión de las colum-- nas internas.

Los cables de la periferia de la malla deberán enterrarse a un míni-- mo de 100 cms. de la parte exterior de la pared del edificio y a 60 cms. bajo el nivel del piso terminado. Donde exista el riesgo de daño mecáni--

co, el conductor deberá protegerse con tubería u otro medio adecuado; si se usa tubería de fierro u otro material ferromagnético, el conductor deberá conectarse eléctricamente en ambos extremos de la canalización para prevenir efectos inductivos. Es recomendable tender los conductores de tal modo que queden flojos para evitar una posible ruptura accidental o debida a los esfuerzos térmicos que se presentan durante una falla.

Las conexiones que quedan bajo tierra se efectúan con conectores soldables, mientras que las otras pueden hacerse con conectores soldables o mecánicos.

Las conexiones entre acero y cobre deben hacerse sobre tierra siempre que sea posible, para evitar la corrosión. Las carcazas y las cajas metálicas de todo equipo eléctrico no aterrizado a través de cable, se puede considerar adecuadamente puesto a tierra si está soldado o fijado mecánicamente a las vigas de acero de una estructura que ha sido convenientemente aterrizada. Si no existiese esta condición, debe llevarse un conductor individual del equipo a la red de tierra.

Las carcazas y cajas metálicas de todo equipo eléctrico de fuerza deben aterrizarse por medio de un cable separado. Dentro de este caso se incluye el equipo semiportable como las máquinas herramienta que no se fijan a la estructura metálica del edificio sino al piso.

Accesorios de alumbrado. Los accesorios de alumbrado pueden considerarse adecuadamente aterrizados si se conectan mecánicamente a una canalización metálica, a la coraza de un cable blindado, a un conductor de tierra separado no menor al número 14 AWG o a una tubería de agua o gas.

4.1.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

El diseño práctico de una malla generalmente empieza con un plano del edificio, fábrica o subestación.

Como ya se mencionó anteriormente, un cable continuo deberá rodear el perímetro de la malla para abarcar tanta tierra como sea necesario y prevenir la concentración de corriente principalmente en las esquinas de la malla.

Para el mejor funcionamiento de la red es necesario tener uniformidad en los espaciamientos de los conductores formando rejillas compuestas

de mallas cuadradas o rectangulares para distribuir los potenciales locales que se presenten en esta zona.

El diseño preliminar deberá ser ajustado de tal manera que la longitud del conductor enterrado, incluyendo las conexiones del cruce y variaciones, sea igual o mayor a la longitud obtenida en la ecuación número 5.

Un sistema de malla típico generalmente abarca a la subestación entera o lo que se proteja más allá de la cerca o pared que rodea la subestación. Esto es con el fin de proteger a las personas que se encuentran fuera del área de la subestación e inclusive a los animales.

Se recomienda conectar a la red de tierras los neutros de los transformadores de potencia o generadores en forma duplicada. Otra recomendación sería la de conectar estos neutros a los nudos de la malla para asegurar una mejor diversificación de la corriente.

Desde el punto de vista de la resistencia mecánica el calibre no debe ser menor de 2/0 AWG en la red de tierras. Cuando se trata de subestaciones pequeñas y plantas industriales, el cable indicado sería el de 4/0 AWG.

Sin embargo, pueden exceder estos calibres cuando se requiera una mayor seguridad o donde se esperen corrientes de falla a tierra extremadamente altas.

La longitud del conductor que forma la malla se basa en el uso de la ecuación de contacto ya que las tensiones de paso son generalmente menores.

Cada elemento del sistema de tierras deberá ser diseñado de tal manera que:

a) Se tenga una resistencia a la fusión y al deterioro de las uniones eléctricas bajo las condiciones de magnitud y duración de la corriente de falla a tierra.

b) Ser mecánicamente resistente en un alto grado, especialmente en lugares expuestos a daños físicos.

c) Tener conductividad suficiente de tal forma que no contribuya a diferencias de potencial locales peligrosas.

4.1.7. CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS DE LA SUBESTACION.

En este cálculo se van enunciando y explicando el significado de las

literales, así como la aplicación de las ecuaciones.

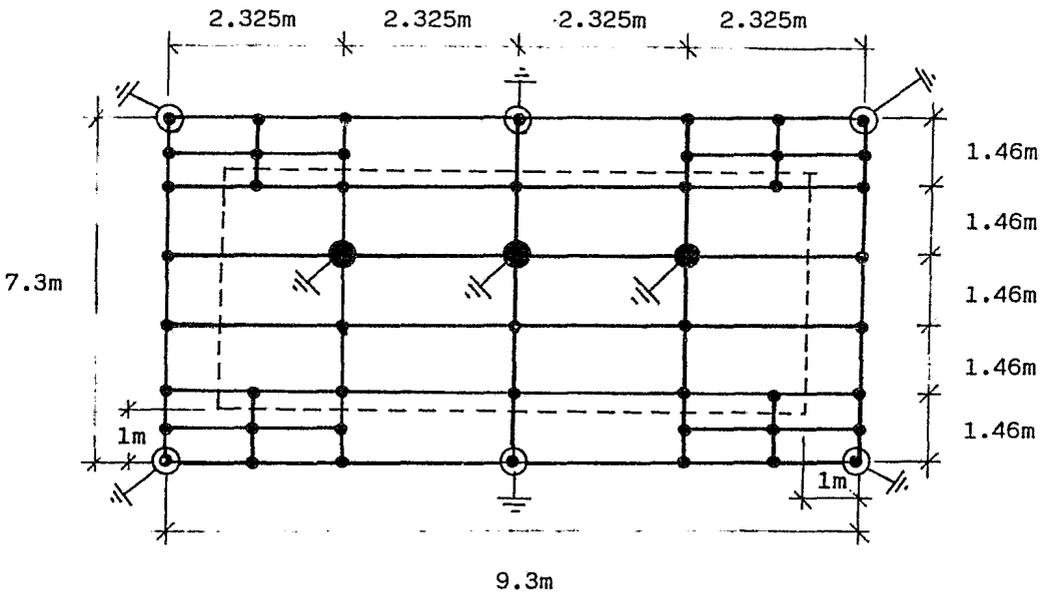
Para el diseño del sistema de tierras general se hicieron tres cálculos, siendo estos la malla de la subestación, la malla en la zona de acometida y la malla de la nave que incluye edificios; todas estas mallas forman una sola que es la malla general, misma que podremos apreciar de conjunto en el plano IE-11. Como ejemplo de cálculo se escogió la malla de la subestación porque es la que ofrece más riesgos. Los otros dos cálculos no se incluyeron debido a que el procedimiento es similar. El desarrollo se apoya en las tablas y figuras que aparecen en la parte teórica.

Empezaremos por conocer el área cubierta por la red de tierra siendo ésta de 9.30 m de largo por 7.3 m de ancho. Con estas dimensiones podemos elegir la cuadrícula de la malla a proponer. Quedando como sigue, los conductores distribuidos a lo ancho (los de menor longitud) estarán espaciados 2.325 m y los conductores distribuidos a lo largo (los de mayor longitud) estarán espaciados 1.46 m.

La malla resultante con las separaciones antes mencionadas, estará constituida por 5 conductores transversales (los de menor longitud) y 6 conductores paralelos (los de mayor longitud).

La longitud del conductor de la malla incluyendo el largo de las nueve varillas y los tramos de cable en las cuatro esquinas es de:

$$L_m = 5 (7.3) + 6 (9.3) + 9 (3) + 4 (2.325) + 4 (1.46) = 134.44 \text{ m}$$

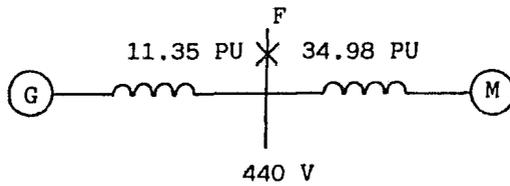


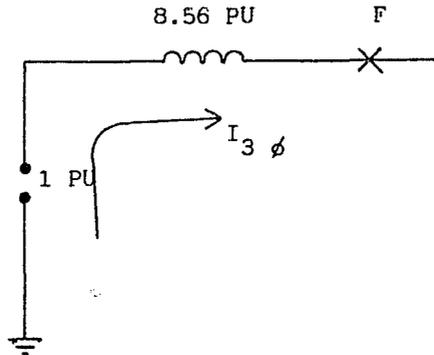
DETERMINACION DE LA MAXIMA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA. La potencia de corto circuito fue dada por el departamento de Planeación e Ingeniería que es el que controla los estudios de corto circuito del sistema de la - Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A.

$$P_{cc} = 180 \text{ MVA}$$

La corriente máxima de falla a tierra en la subestación se obtuvo de la siguiente forma:

La reactancia equivalente de la fábrica según el último circuito simplificado:





$$X_{eq} = 11.35 \parallel 34.98 = 8.56 \text{ PU}$$

$$I_{cc3\phi} = \frac{1}{8.56 \text{ PU}} = 0.1168 \text{ PU}$$

$$I_B = \frac{180\,000 \text{ KVA}}{0.44 \text{ KV}(1.732)}$$

$$I_B = 236,195.65 \text{ AMP.}$$

$$I_{cc3\phi} = I_{PU} \cdot I_B = 0.1168 \text{ PU} (236,195.65 \text{ AMP.}) = 27,587.65 \text{ AMP.}$$

$$I_{cc1\phi} = \frac{3}{8.56(2) + 10.35} = 0.109 \text{ PU}$$

$$I_{cc1\phi} = 0.109 \text{ PU} (236,195.65 \text{ AMP.}) \doteq 25,800 \text{ AMP.}$$

$$\text{Max } I_{cc1\phi} \doteq 25,800 \text{ AMP.}$$

La corriente de falla debe corregirse por un factor de decremento, - ya que al ocurrir la falla se origina una corriente transitoria, la cual se debe tomar en cuenta para mayor seguridad. Tomando una duraci3n de la falla de 0.5 seg. se tiene un factor de decremento de 1, para otros tiempos podemos consultar la tabla No. 4.1

TABLA 4.1

Duración de la falla y del choque eléctrico. T segs.	Factor de decremento
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 o más.	1.00

El factor de crecimiento de la planta es 1.

La corriente de falla a tierra aplicando los factores de decremento y crecimiento será:

$$I = 25,800 \text{ AMP} \times 1 \times 1 = 25,800 \text{ AMP}$$

Para la selección del calibre mínimo del conductor de cobre de la red de tierras que resista la falla de corto circuito sin que llegue al punto de fusión, lo calculamos con la fórmula de ONDERDONK:

$$CM = K I \sqrt{t}$$

La tabla No.4,2 está basada en la ecuación antes mencionada, por lo tanto es más práctico consultarla.

TABLA 4.2

TAMAÑOS MINIMOS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE PARA EVITAR LA FUSION.

Tiempo de duración de la falla	Circular Mils por ampere		
	Cable Solamente	Con uniones soldadas	Con uniones atornilladas
30 seg.	40	50	65
4 seg.	14	20	24
1 seg.	7	10	12
0.5 seg.	5	6.5	8.5

TABLA 4.3

RESISTIVIDAD PROMEDIO DE LA TIERRA.	
Tipo de Tierra	Resistividad en ohms - metro
Suelo orgánico mojado	10
Suelo húmedo	10 ²
Suelo seco	10 ³
Roca	10 ⁴

La selección del calibre se hizo en base a la conexión mecánica debida a que tiene un punto de fusión muy bajo de 250 °C. De esta manera queda abierta la posibilidad de usar todos los tipos de conexiones.

Cálculo del calibre:

$$8.5 \frac{\text{CM}}{\text{AMP}} \times 25,800 \text{ AMP} = 219\,300 \text{ CM}$$

El calibre más próximo es el de 250 MCM (250,000 CM)

Este conductor cumple con la sección 603.1d y 603.2 a de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

Para obtener un voltaje de malla dentro de los límites de seguridad, se requiere que la malla tenga por lo menos la longitud dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{K_m K_i \rho \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s} \quad \text{--- (5)}$$

Donde:

ρ es la resistividad del terreno natural que en nuestro caso fue de 5.4 Ω /m

ρ_s resistividad del piso (concreto), siendo ésta de 1 000 Ω /m

K_m = Es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos (los de mayor longitud), el espaciamento D , el diámetro d y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red.

Su valor se calcula como sigue:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \dots \text{etc.} \dots \dots (6)$$

La cantidad de factores en el 2do. término es de 2 menos que el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales.

Para nuestro caso el valor de K_m es:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{(1.46)^2}{16(0.6)0.01184} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10}$$

$$K_m = 0.24$$

K_i = Es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red. Para conocer K_i lo hacemos mediante la siguiente ecuación:

$$K_i = 0.65 + 0.172 n \dots \dots \dots (7)$$

Donde n es el número de conductores (los de menor longitud).

Sustituyendo valores tenemos que:

$$K_i = 0.65 + 0.172 (5) = 1.51$$

Para conocer L sustituimos valores en la ecuación correspondiente:

$$L = \frac{0.24 \times 1.51 \times 5.4 \times 25,800 \times 0.707}{286} = 124.81 \text{ m.}$$

Se cumple que:

$$L < L_m ; L = 124.81 \text{ m.}, L_m = 134.44 \text{ m.}$$

La resistencia a tierra de la malla la obtenemos con la ecuación de LAURENT y NIEMAN (sección 603.2 c de las Normas Técnicas para Instalacio-

nes Eléctricas)

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{en ohms.} \quad \text{--- (8)}$$

Donde:

r es el radio en metros de una placa circular equivalente, cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.

L es la longitud total de los conductores enterrados, en metros.

ρ es la resistividad eléctrica del terreno.

Para conocer R procedemos a calcular r , por lo tanto:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{63.24 \text{ m}^2}{\pi}} = 4.486 \text{ m}$$

$$R = \frac{5.4}{4(4.486)} + \frac{5.4}{124.81} = 0.344 \Omega$$

El aumento máximo de potencial de la red de tierras sobre un punto remoto de la tierra es:

$$E = R I \quad \text{--- (9)}$$

$$E = 0.344 \times 25,800 = 8,875.2 \text{ Volts.}$$

Esta elevación es alta e indica la necesidad de proteger al personal y al equipo de comunicación contra potenciales de transferencia.

Debido al valor alto de potencial de malla, procedemos a hacer una investigación de potenciales locales.

Procedemos a calcular el potencial de paso en la periferia en la malla aplicando la siguiente ecuación que es más precisa:

$$E \text{ paso} = K_s K_i \rho \frac{I}{L} \quad \text{--- (10)}$$

K_s , es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número n , el espaciamiento D y la profundidad de enterramiento h de los conductores de la malla. Para conocer su valor usamos la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right] \quad \text{--- (11)}$$

El número total de términos es igual al número de conductores chicos de la malla básica.

Conocemos K_s sustituyendo valores:

$$K_s = 0.3128 \left[\frac{1}{2(0.6)} + \frac{1}{2.325 + 0.6} + \frac{1}{2(2.325)} + \frac{1}{3(2.325)} + \frac{1}{4(2.32)} \right]$$

$$K_s = 0.318 \left[0.833 + 0.341 + 0.215 + 0.143 + 0.1 \right] = 0.52$$

$$K_s = 0.52$$

Ahora sí podemos calcular E paso, por lo tanto:

$$E \text{ paso} = 0.52 \times 1.51 \times 5.44 \Omega\text{-m} \times \frac{25,800 \text{ Amp.}}{134.44\text{m}} = 819.72 \text{ Volts.}$$

El número de varillas se calcula de acuerdo con la ecuación de Schwarz: ---

$$R_i = \frac{\rho}{2\pi nL_i} \left[\ln \frac{4 L_i}{b} - 1 + \frac{2 K_i L_i}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right] \quad \text{--- (12)}$$

Si el espaciamiento entre varillas es mayor que $\frac{1}{3}$ longitud de la varilla, los últimos términos pueden despreciarse de tal forma que la ecuación simplificada queda:

$$R_i = \frac{\rho}{2\pi nL_i} \left[\ln \frac{4 L_i}{b} - 1 \right] \quad \text{--- (13)}$$

Despejando n de la ecuación anterior:

$$n = \frac{\rho}{2\pi R_1 L_1} \left[\text{Ln} \frac{4 L_1}{b} - 1 \right]$$

Donde:

n = número de varillas

b = diámetro de la varilla en metros

R_1 = resistencia del grupo de varillas, en ohms

L_1 = Longitud de la varilla

ρ = Resistividad del terreno en Ω

Sustituimos valores en la última ecuación, pero antes igualamos R_1 con la resistencia de la red:

$$n = \frac{5.44 \Omega\text{-m}}{2\pi (0.344)3} \left[\text{Ln} \frac{4(3)}{0.019} - 1 \right] = 4.57 \doteq 5 \text{ varillas.}$$

Se instalarán 6 varillas marca Cadwel de 3/4 (19 mm) de diámetro con una longitud de 3 mts. con la finalidad de completar un arreglo simétrico, más otras 3 varillas para el transformador, el equipo de medición de la compañía suministradora y para el apartarrayos.

Cálculo de las tensiones tolerables.

Potencial de paso tolerable

$$E \text{ p.t.} = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{0.5}}$$

$$E \text{ paso tol.} = \frac{(116 + 0.7)(1000 \Omega\text{-m})}{\sqrt{0.5}} = 1154 \text{ Volts}$$

Potencial de contacto tolerable

$$E \text{ c.t.} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{0.5}}$$

$$E \text{ contacto tol.} = \frac{116 + 0.17(1000 \Omega\text{-m})}{\sqrt{0.5}} = 404.5 \text{ Volts.}$$

Si se cumplen las condiciones de seguridad entonces la malla es segura.

El potencial de paso en la malla debe ser menor o igual que el potencial de paso tolerable.

$$E_p \leq E_{pt}$$

Sustituyendo valores obtenidos para nuestra malla se cumple la condición:

$$819.72 \leq 1154$$

El potencial máximo de malla debe ser menor que el potencial de contacto tolerable. Es decir $\text{Max } E_M \leq E_{c.t.}$

$$\text{Max. } E \text{ malla} = K_m K_i \rho \frac{I}{L} \quad E \text{ cont. tol.} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}}$$

o lo que es lo mismo, se debe cumplir que:

$$\frac{K_m K_i \rho I \sqrt{t}}{L} - 0.17 \rho_s \leq 116$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{0.217 \times 1.51 \times 5.44 \Omega\text{-m} \times 25,800 \text{ Amp.} \times 0.707}{134.44 \text{ mts.}} - 0.17 \times 1000 \Omega\text{-m} \leq 116$$

$$71.85 \leq 116$$

Se cumplen las condiciones para los potenciales de paso y de malla, por lo tanto, la red es segura.

4.2. SISTEMA DE PARARRAYOS.

4.2.1. GENERALIDADES.

El principio fundamental de la protección contra descargas atmosféricas es la de proporcionar los medios adecuados para que una descarga pueda incidir con seguridad sobre una construcción y sea conducida en forma inofensiva hasta tierra, de manera que no origine daños durante su recorrido.

4.2.2. DESCARGAS ATMOSFERICAS.

La forma en que se acumulan las cargas eléctricas en las nubes no ha quedado definitivamente aclarada por las diferentes teorías. De acuerdo con una de ellas, las gotas de agua existentes en una nube bajo la acción de una corriente ascendente de aire frío, empiezan a congelarse. Es entonces cuando aparece una diferencia de potencial entre las gotas de agua y los cristales de hielo; las gotas de agua quedan cargadas positivamente y son arrastradas por la corriente ascendente del aire a la parte superior de la nube. Las gotas que se han congelado y acumulado formando cristales de hielo más pesados que tienen una carga negativa, descienden a la parte inferior de la nube.

Es evidente que las corrientes de aire deben hacer el trabajo de separar las cargas y mantenerlas así dentro de la nube. Cuando finalizan estas corrientes de convección, las cargas se reúnen y la nube regresa a su condición original.

Cuando en la base de la nube se forma una carga negativa, ésta induce una carga positiva en tierra. Debido a la gran extensión de la tierra, el gradiente de potencial producido por esta carga es generalmente bajo, excepto cuando existen protuberancias como edificios altos, torres de líneas de transmisión, cables aéreos, campanarios, astas bandera, árboles, etc. Los gradientes de potencial en la nube, debido a la carga eléctrica negativa acumulada en la parte inferior, pueden ser muy altos y alcanzar un valor capaz de iniciar una descarga a través del aire, de intensidad relativamente baja y de polaridad negativa. Cuando esta descarga alcanza la tierra, se produce una corriente de gran intensidad y de polaridad positiva que circula en sentido inverso, es decir, de la tierra a la

nube.

4.2.3. PARTES DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS.

Los elementos fundamentales de un sistema de pararrayos son 3:

- a) Elemento receptor de la descarga, constituido por las puntas de protección y los cables colocados en las partes de la estructura expuestos a una descarga atmosférica.
- b) Un circuito a tierra, el cual está formado por los conductores que deben transportar a tierra la corriente de descarga a través de un recorrido determinado y de baja resistencias eléctrica, pasando generalmente por las partes exteriores de los edificios.
- c) Electrodo de tierra, llamado también dispersor, constituye el punto de unión entre el sistema y el terreno facilitando la dispersión de la corriente en el mismo. En los sistemas de protección de edificios es más importante proporcionar un contacto más amplio a tierra que una conexión de baja resistencia, aunque esto último es deseable y se recomienda en la medida de lo posible.

4.2.4. RECOMENDACIONES BASICAS.

En la elaboración del proyecto debemos tener presente lo siguiente:

Seleccionar los puntos o partes que con mayor probabilidad estarán sujetas a descargas, con el objeto de instalar en estas las puntas para recibirlas, proporcionándoles una trayectoria directa a tierra.

Las puntas pararrayos deben colocarse con la suficiente altura sobre la estructura para evitar el peligro de fuego causado por el arco.

Los conductores deben instalarse de manera que ofrezcan la menor impedancia al paso de la corriente de descarga entre las puntas y la tierra. La trayectoria más directa es la mejor.

No deben tenerse curvas ni ondas muy cerradas, pues el arco podría saltar entre ellas.

La impedancia a tierra es en la práctica, inversamente proporcional al número de trayectorias separadas, por lo que, de cada punta deberán partir al menos dos trayectorias hacia tierra.

Si se conectan los conductores de tal manera que forman una reja o -

jaula que encierre al edificio o estructura, se aumenta el número de trayectorias, y por consiguiente, se reduce la impedancia.

El NEC (National electrical code), en su artículo 250-86, nos dice - que las varillas y conductores del sistema de pararrayos no se empleará - para sustituir los electrodos de tierra del sistema general de tierras.

Lo anterior no nos prohíbe la interconexión de ambos sistemas, por - el contrario, el NEC recomienda esa interconexión para mantener los diferentes electrodos al mismo potencial. Por lo comentado no existe ningún peligro para el equipo eléctrico que está aterrizado por el hecho de conectar al sistema de tierras el sistema de pararrayos. Por lo tanto, se recomienda que todos los dispositivos y componentes del sistema de pararrayos, sean conectados al sistema general de tierras.

C A P I T U L O V

SUBESTACION.

5.1. INTRODUCCION.

En este capítulo se ve en forma breve la finalidad y las partes integrantes de una subestación, así como la clasificación y tipos de instalación de la misma.

Comprende el cálculo para seleccionar el transformador principal. El transformador de 225 KVA se selecciona en forma similar.

Al final se incluye la definición y cálculo del factor de potencia, así como las ventajas de corregirlo y la forma de hacerlo por medio del uso de capacitores.

En el apéndice B pueden consultarse las normas para proyecto e instalación de subestaciones.

5.2. DEFINICION DE SUBESTACION.

Una subestación eléctrica se define como el conjunto de elementos - que nos permite cambiar las características eléctricas en los sistemas eléctricos de potencia, tales como frecuencia, voltaje, etc.

Debido a estas características se clasifican en diferentes tipos. En el caso de los sistemas eléctricos de mediana tensión, los clasificamos en la siguiente forma:

1. Por su tipo de operación, pueden ser de corriente alterna o corriente directa.
2. Por su función, pueden ser receptoras, de enlace, reductoras, distribuidoras y rectificadoras.
3. Por su construcción, de tipo compacta y convencional.

5.3. PARTES INTEGRANTES DE LA SUBESTACION.

Podemos observar las partes integrantes de la subestación en el siguiente dibujo, mismas que aparecen en los planos IE-8, IE-10. Luego procederemos a explicar la función de cada elemento. (Ver fig. 5.1).

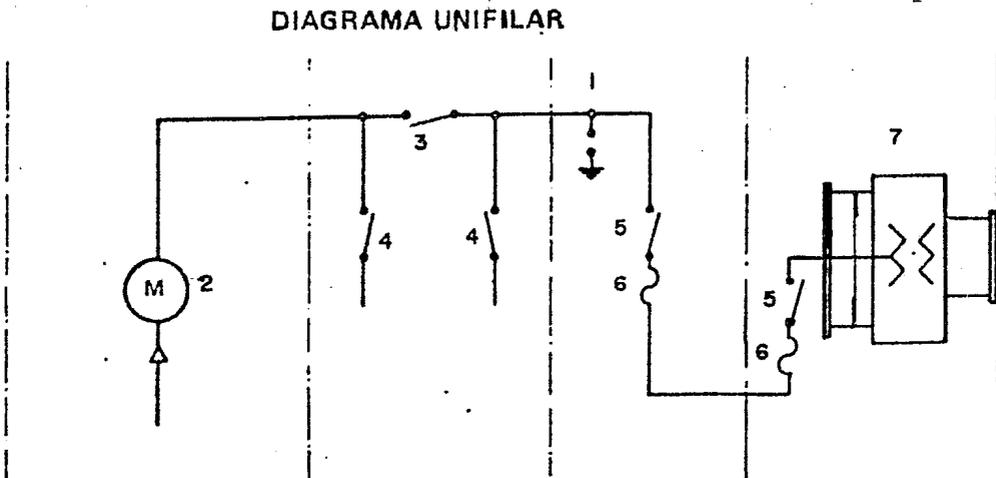


Fig. 5.1

1. Apartarrayos
2. Equipo de medición
3. Cuchillas de paso
4. Cuchillas de prueba
5. Interruptor de alta tensión
6. Cortacircuito fusible
7. Transformador.

1) APARTARRAYOS. El apartarrayos tiene como finalidad proteger las instalaciones contra las sobrecorrientes de origen atmosférico directas o indirectas, así como las internas causadas por maniobras de conexión y desconexión. Cuando la tensión del circuito al que está conectado se eleva un cierto porcentaje del nominal, entonces disminuye su impedancia, -- permitiendo un fácil acceso a tierra de las sobretensiones.

2) EQUIPO DE MEDICION. Este equipo es instalado por la compañía suministradora del servicio eléctrico.

3) CUCHILLAS DE PASO (SECCIONADORAS). Sirven para aislar completamente la subestación del sistema alimentador (acometida). Su operación se efectúa sin carga y pueden ser accionadas en forma individual o en grupo. Actualmente se prefieren en grupo tanto en subestaciones convencionales (abiertas) como en subestaciones compactas, ya que para su operación se elimina el uso de pértiga.

La selección de cuchillas deberá hacerse de acuerdo con el voltaje de trabajo y la corriente en el lado de alta tensión y para servicio interior e intemperie.

4) CUCHILLAS DE PRUEBA. Está constituido por seis cuchillas unipolares o dos juegos de cuchillas de operación en grupo. Uno de los juegos lo emplea la compañía suministradora para conectar su equipo de medición y el otro para conectar los transformadores y aparatos necesarios para verificar en un momento dado la exactitud de este equipo sin tener que interrumpir el servicio.

5) INTERRUPTOR DE ALTA TENSION. Tiene como finalidad asumir una o varias de las siguientes funciones:

- Conectar o desconectar la línea o fuente de alimentación.
- Interrumpir el corto circuito.
- Proteger contra sobrecargas.
- Proteger contra sobrevoltajes, bajos voltajes o fallas de fase.

6) CORTACIRCUITO FUSIBLE. Es un dispositivo que permite abrir y cerrar un circuito en alta tensión mediante un elemento fusible.

7) TRANSFORMADOR. Es una máquina eléctrica sin partes móviles, des

tinada a transferir energía eléctrica de un circuito a otro, por medio de corriente alterna, siendo el enlace común entre ambos circuitos un flujo magnético, dando como resultado una transformación de corrientes y voltajes.

5.4. SUBESTACIONES Y TIPOS DE INSTALACION.

Desde el punto de vista de la función que desempeñan las subestaciones, se pueden clasificar como sigue:

1) SUBESTACION ELEVADORA. Estas se encuentran cerca de las plantas generadoras de electricidad, con la finalidad de cambiar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, para permitir la transmisión en alta tensión, a través de las líneas. A este respecto se puede mencionar que los generadores comúnmente suministran la potencia entre 5 y 25 KV y la transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia se puede efectuar a 69, 85, 115, 138, 238, ó 400 KV.

2) SUBESTACION RECEPTORA PRIMARIA. Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución.

3) SUBESTACION RECEPTORA SECUNDARIA. Estas son por lo general alimentadas de las redes de subtransmisión y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 KV.

Las subestaciones eléctricas también se clasifican por el tipo de instalación.

4) SUBESTACION TIPO CONVENCIONAL O ABIERTA. Estas subestaciones se construyen normalmente en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas. Constan de una estructura donde se colocan los equipos tipo intemperie, protegidos generalmente por una cerca metálica. La estructura puede ser de aluminio, fierro galvanizado o madera. La de aluminio tiene mejor apariencia y resistencia a la intemperie, pero es la más costosa; la de fierro galvanizado es más económica que la de aluminio, pero requiere de mayor mantenimiento, se usa generalmente pintada, para evitar la oxidación al momento de fallar el galvanizado. La de madera es la más económica, pero ha caído en desuso por su poca rigidez, mala apariencia y menor vida.

Es conveniente que las partes integrantes de la estructura se diseñen para atornillarse y no para soldar, facilitando el montaje y cambio o adición de partes.

5) SUBESTACION TIPO COMPACTA O CERRADA. En estas subestaciones los aparatos y las máquinas se encuentran compactados y protegidos dentro de gabinetes metálicos; éstos a su vez pueden ser del tipo interior o intemperie. Los del tipo interior por lo general se usan dentro de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que disponen de poco espacio para estas instalaciones.

5.5. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.

La capacidad del transformador se define como los KVA que su devanado secundario es capaz de soportar por un tiempo determinado bajo las condiciones de diseño dadas, sin que la temperatura promedio de un devanado exceda de 65 °C, con una temperatura ambiente de 30 °C promedio y 40 °C - máxima.

Para calcular la capacidad del transformador es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

El factor de demanda (Fd) es igual a la relación que existe entre la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada (instalada) de dicho sistema. El factor de Demanda es menor que la unidad. Para la fábrica se estimó un factor de 0.9 para fuerza y 0.7 para alumbrado y contactos.

$$Fd = \frac{KVAd}{KVAi} < 1$$

El Factor de Diversidad (FD) es la relación de la suma de los KVA instalados entre la suma de los KVA demandados. Este factor es mayor que la unidad.

$$FD = \frac{KVAi}{KVAd} > 1$$

La capacidad real del transformador está dada por la siguiente relación:

$$KVA_{rt} = \text{Carga Instalada} \times \frac{\text{Factor de Demanda}}{\text{Factor de Diversidad}}$$

A continuación se indican los KVA, de transformación de la planta bajo estudio.

1. Carga Instalada en fuerza motriz	691.02 KVA
2. Carga Instalada en alumbrado y contactos	322.83 KVA
Total de carga instalada	<u>1013.85 KVA</u>

Para las cargas anteriores procedemos a calcular sus respectivos KVA reales de fuerza y alumbrado

1. Cargas de fuerza motriz

Factor de demanda (Fd)	0.9
Factor de Diversidad (FD)	1.11
KVA instalados	691.02
KVA demandados	621.92

Los KVA reales de transformador para fuerza son:

$$KVA_{rt1} = \text{Carga Instalada} \times Fd/FD = 691.02 \times 0.9/1.11$$

$$KVA_{rt1} = 560.3$$

2. Carga de alumbrado y contactos.

Factor de Demanda (Fd)	0.7
Factor de Diversidad (FD)	1.43
KVA instalados	322.83
KVA demandados	226

Los KVA reales del transformador para alumbrado son:

$$KVA_{rt2} = \text{Carga Instalada} \times Fd/FD = 322.83 \times 0.7/1.43 = 158$$

La capacidad del transformador de la SUBESTACION está determinada - por la suma de las capacidades de transformación de las cargas, es decir:

$$KVA_{rt} = KVA_{rt1} + KVA_{rt2}$$

$$KVA_{rt} = 560.3 + 158 = 718.3$$

La capacidad del transformador principal de la SUBESTACION será de 1000 KVA quedando una reserva para futuro de 281.7 KVA.

5.6 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

5.6.1. GENERALIDADES. En un circuito de corriente alterna, la tensión y la corriente no adquieren sus valores máximos o mínimos en el mismo momento, sino únicamente cuando la carga se compone de resistencias puras. Cuando hay inductancias, la corriente se atrasa noventa grados y cuando hay capacitancias se adelanta noventa grados. La combinación de cargas - diversas, hace que el valor de la corriente pueda aparecer antes o después de aplicada la tensión. Representados por vectores, los valores de tensión y corriente, habrá un ángulo que los separe. El coseno de este - ángulo es lo que generalmente se conoce como factor de potencia.

En una planta industrial, por lo general, el bajo factor de potencia se debe a motores de inducción a carga parcial. Con frecuencia los motores están sobrados, es decir, se seleccionan para manejar cargas inferiores a su capacidad. Hay otros factores que contribuyen a un bajo factor de potencia, tales como el reemplazo de lámparas incandescentes por fluorescentes; el uso de rectificadores en vez de grupos motor síncrono-generador para obtener energía en corriente directa; la instalación de otros motores de inducción por crecimiento de la planta; la utilización de equipos electrónicos, unidades de aire acondicionado, etc.

El bajo factor de potencia de una instalación industrial provoca un aumento en la intensidad de la corriente que se refleja en caídas de tensión en las líneas abastecedoras de electricidad, que de persistir, las - obligaría a aumentar la capacidad de sus plantas generadoras, transformadores y líneas. Por esto se há convenido en que el industrial que por - descuido, falta de mantenimiento a su equipo, procesos de fabricación forzados o alguna otra razón que haga que se presente en su planta un factor de potencia bajo, pague un sobreprecio sobre su facturación normal de consumo de energía eléctrica.

El factor de potencia mínimo permitido en los contratos es de 85% y el sobreprecio por bajo factor de potencia se estima dividiendo este valor entre el factor de potencia promedio mensual medido. Por ejemplo, si el factor de potencia medido es de 42.5%, el sobreprecio será de: $\frac{85}{42.5} = 2$ o sea, el doble de la facturación normal.

Visto lo anterior, resulta evidente que al industrial le conviene me jo ra r su factor de potencia, pues resultará beneficiado por los siguientes conceptos:

- a) Reducirá sus pagos a la compañía suministradora.
- b) Aumentará la capacidad de su instalación.
- c) Disminuirá las pérdidas por calentamientos.
- d) Disminuirá las pérdidas por caída de tensión.

5.6.2. COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA. Para mejorar el factor de potencia de una industria, pueden utilizarse motores síncronos sobrecitados; pero el uso de capacitores es generalmente el modo más económico de conseguirlo. Además de su relativo bajo costo, los capacitores tienen otras características, tales como su facilidad de instalación, - mantenimiento mínimo y bajas pérdidas; se fabrican en capacidades relativamente pequeñas; sin embargo, las unidades individuales pueden combinarse en bancos para obtener potencias reactivas mayores y así cubrir las ne ce s i d a d e l a p l a n t a.

Por las razones anteriores, para la planta en estudio, se considera el uso de capacitores para mejorar el factor de potencia.

5.6.3. DETERMINACION DEL FACTOR DE POTENCIA. Aunque los valores - de factor de potencia que se obtienen por el siguiente método son aproximados, son suficientemente precisos para la mayoría de los cálculos.

Para determinar el factor de potencia de un circuito que alimenta a varias cargas se procede de la siguiente forma:

1. Se multiplica la potencia de cada carga por su factor de potencia promedio. (En el caso de los motores se usa el factor de potencia a 75% de la carga plena).
2. Se suman estos productos de las cargas alimentadas.
3. El factor de potencia aproximado es igual a la suma que se obtiene en el paso 2, dividida entre la suma de las potencias de todas las car g a s co n s i d e r a d a s.

Una forma aún más precisa de determinar el factor de potencia es medirlo directamente cuando esto sea factible, una vez instalada la planta.

5.6.4. CALCULO DE CAPACITORES.

Cuando en un sistema se utilizan capacitores para mejorar el factor de potencia, la capacidad de los mismos se determina a partir del cálculo o medición del factor de potencia existente.

Para la planta industrial en consideración, el factor de potencia - existente se calcula a continuación por el método descrito. Para tal efecto, se consideran los datos del cuadro de cargas (plano IE-9) y de la Tabla de factores de potencia para diversas cargas (apéndice A)

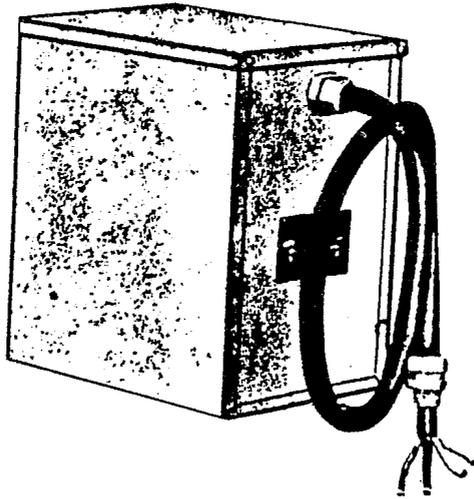


Fig. 5.2 Banco de capacitores

MOTORES C.A. ROTOR DEVANADO.

CANT.	POT.(HP)	POT.(W)	POT. TOT.(W)	F.P.	POT.TOT. x F.P.
12	1.0	1065.7	12788.4	0.48	6138.4
6	1.5	1398.8	8392.8	0.50	4196.4
2	2.0	1865.0	3730.0	0.52	1939.6
1	3.0	2797.5	2797.5	0.68	1902.3
6	5.0	4662.5	27975.0	0.75	20981.3
1	15.0	12433.3	12433.3	0.75	9325.0
		TOTALES:	68117.0 W		44483 W

Para el resto de las cargas se sigue procedimiento similar considerando los factores de potencia correspondientes. Sólo se anotan los totales.

MOTORES C.A. ROTOR JAULA DE ARDILLA

$$\text{POT. TOT. (W)} = 396021.6$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{F.P.} = 336592.9$$

MOTORES DE C.D. F.P. = 1.0

$$\text{POT. TOT. (W)} = 123225.5$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{F.P.} = 123225.5$$

SALIDAS TRIFASICAS (SOLDADORAS CON TRANSF.)

Se considera un factor de potencia de 0.75.

$$\text{POT. TOT. (W)} = 178500$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{F.P.} = 133500$$

CONTACTOS.

Se estima un factor de potencia de 0.8.

$$\text{POT. TOT. (W)} = 14800$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{FP} = 11840$$

ALUMBRADO INCANDESCENTE F.P. = 1.0

$$\text{POT. TOT. (W)} = 3850$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{F.P.} = 3850$$

ALUMBRADO FLUORESCENTE Y DE VAPOR DE MERCURIO.

Se considera un F.P. promedio de 0.72

$$\text{POT. TOT. (W)} = 77252.5$$

$$\text{POT. TOT. (W)} \times \text{F.P.} = 55621.8$$

TRANSFORMADORES (1000 KVA y 225 KVA).

Se estima un factor de potencia de 0.8

$$\text{POT. TOT. (W)} = 980000$$

$$\text{POT. TOTAL. (W)} \times \text{F.P.} = 784000$$

Aunque los transformadores no se consideran normalmente como cargas, contribuyen a bajar el factor de potencia. Por tal razón son tomados en cuenta para los cálculos.

Ahora sumando las sumas parciales se tiene

$$\text{POTENCIA (W)} = 1,841,766.6$$

$$\text{POTENCIA (W)} \times \text{F.P.} = 1,493,113.2$$

Entonces el factor de potencia aproximado es

$$\begin{aligned} \text{F.P.} &= \frac{\text{POTENCIA (W)} \times \text{F.P.}}{\text{POTENCIA (W)}} \\ &= \frac{1,493,113.2}{1,841,766.6} = 0.81 \end{aligned}$$

Se desea ahora elevar el factor de potencia a 0.90, para lo cual se procede de la siguiente manera: En la tabla No. 8 (apéndice A), se localiza el multiplicador en la intersección del renglón de factor de potencia existente (en este caso 0.81) con la columna del factor de potencia deseado (0.90). El valor obtenido es 0.239 que es el resultado de interpolar entre 0.80 y 0.82. Para obtener la potencia capacitiva (KVAR) nece

saria para corregir el factor de potencia, se multiplica la potencia real instalada (KW) de la planta por el valor obtenido en la tabla.

De este modo

$$\text{POT. CAPAC.} = (861.8 \text{ Kw}) \times 0.239 = 206 \text{ KVAR}$$

Por lo tanto, y recurriendo a valores nominales, se necesitan 5 capacitores trifásicos de 42 KVAR, 440 V, cada uno. Estos se instalan en la subestación, conectados a las barras del Tablero general de distribución.

A P E N D I C E " A "

TABLAS DE DATOS.

Caída de Tensión Unitaria para los Conductores de cobre unipolares con Aislamiento Termoplástico.

Calibre Conductor	Caída de Tensión Unitaria	
	Sistema Monofásico*	Sistema Trifásico **
Awg ó Mcm	Milivolts/Ampere-Metro	
14	16.8	14.5
12	10.8	9.4
10	6.7	5.8
8	4.2	3.7
6	2.8	2.4
4	1.7	1.5
2	1.2	1.0
1	0.95	0.81
1/0	0.70	0.60
2/0	0.55	0.47
3/0	0.47	0.40
4/0	0.40	0.33
250	0.37	0.31
300	0.32	0.28
350	0.29	0.25
400	0.26	0.23
500	0.23	0.20
600	0.21	0.18
750	0.19	0.17
1000	0.17	0.16

* Se consideran 2 cables unipolares en contacto.

** Se consideran 3 cables unipolares en disposición triangular y en contacto, o un solo cable tripolar.

Para obtener la caída de voltaje real (en volts) multiplíquense los valores de la tabla por la corriente a plena carga del circuito (en amperes) y por la longitud de la línea (en metros) y divídase finalmente el producto entre 1000.

Para el cálculo de la caída de voltaje expresada en porcentaje, úsese la siguiente fórmula:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V - \Delta V} \times 100$$

$\Delta V (\%)$ = Caída de voltaje, en por ciento.

ΔV = Caída de voltaje real, en volts.

V = Voltaje de alimentación en volts.

El factor de potencia considerado en el cálculo de las tablas es de 0.8.

NOTA: La caída de tensión a plena carga, desde la entrada de servicio hasta el último punto de la instalación eléctrica, no deberá ser mayor de 4% para cargas de aparatos y motores y de 3% para cargas de alumbrado.

En circuitos muy largos conviene que durante el periodo de arranque de los motores, la caída de tensión no exceda de 10% para evitar que operen los dispositivos de "no voltaje" de las demás máquinas.

Número de Conductores en un Tubo Conduit.

Las dos Tablas en esta sección deben utilizarse para determinar el número máximo de conductores de un mismo calibre que deben instalarse en conduit o en Tubo. Se supone instalación nueva.

Los conductores eléctricos Vinanel 900 ocupan la misma área utilizable, en el interior de tubos conduit, que los conductores tipo TW, por lo que los gastos de instalación no se aumentan por este concepto al emplear los productos Vinanel 900, más seguros y, en ocasiones, tan económicos como el TW.

Los codos o deflexiones en instalaciones de conduit rígido, deben ser hechos de tal manera de no dañar al conduit, y sobre todo de no reducir el área efectiva del mismo. El radio de cualquier curva interior del Tubo no deberá en ningún caso, ser menor que el mostrado en la siguiente Tabla.

Número de conductores unipolares que pueden instalarse* en un tubo conduit													
Calibre Conductor Awg ó Mcm	13 mm ½"	19 mm ¾"	25 mm 1"	31 mm 1¼"	38 mm 1½"	51 mm 2"	64 mm 2½"	76 mm 3"	89 mm 3½"	101 mm 4"	127 mm 5"	152 mm 6"	
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	—	—	—	—	
1/0	—	—	—	—	3	6	10	14	20	—	—	—	
2/0	—	—	—	—	3	5	8	12	17	24	—	—	
3/0	—	—	—	—	2	4	7	10	14	19	—	—	
4/0	—	—	—	—	—	4	6	9	12	16	25	—	
250	—	—	—	—	—	3	5	7	10	13	21	30	
300	—	—	—	—	—	—	3	4	6	8	10	17	24
350	—	—	—	—	—	—	3	4	6	8	13	18	
400	—	—	—	—	—	—	3	4	5	7	11	17	
500	—	—	—	—	—	—	—	3	4	6	9	14	
600	—	—	—	—	—	—	—	3	4	5	8	11	
750	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4	6	9	
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	5	7	

* Se supone instalación nueva y todos los conductores dentro del tubo conduit del mismo calibre.

Conduit		Radio mínimo	
mm	plg	cm	plg
13	½	10	4
19	¾	13	5
25	1	15	6
31	1¼	21	8
38	1½	25	10
51	2	31	12
64	2½	38	15
76	3	46	18
89	3½	54	21
101	4	61	24
127	5	76	30
152	6	92	36

La tabla anterior ha sido calculada sobre los siguientes porcentos utilizables de las áreas de los tubos.

Porcentaje utilizable del área del tubo		
Número de Conductores en un tubo		
2	3	+ de 3
31%	40%	40%

T A B L A No. 4

Algunas características de Fabricación de los conductores de cobre Unipolares con aislamiento termoplástico.

Calibre Conductor		Número y Diámetro de los Hilos	Espesor de Aislamiento	Diámetro Exterior (d)	Peso Neto	Empaque Normal	Peso de Embarque (Empaque Normal)
AWG ó MCM	mm ²	mm	mm	mm	Kg/Km	m	Kg
Conductor Sólido							
14	2.1	1 x 1.63	0.8	3.0	25	1000 carrete	30
12	3.3	1 x 2.05	0.8	4.0	40	1000 carrete	60
10	5.3	1 x 2.59	0.8	4.5	60	1000 carrete	75
8	8.4	1 x 3.26	1.2	6.0	100	1000 carrete	120
Conductor Cableado Concéntrico.—Clase B							
14	2.1	7 x 0.61	0.8	3.5	30	1000 carrete	30
12	3.3	7 x 0.77	0.8	4.0	40	1000 carrete	60
10	5.3	7 x 0.98	0.8	5.0	65	1000 carrete	80
8	8.4	7 x 1.23	1.2	6.0	105	1000 carrete	125
6	13.3	7 x 1.55	1.6	8.0	170	1000 carrete	210
4	21.1	7 x 1.96	1.6	9.0	250	1000 carrete	295
2	33.6	7 x 2.47	1.6	11.0	380	1000 carrete	420
1	42.4	19 x 1.69	2.0	13.0	485	500 carrete	285
1/0	53.5	19 x 1.89	2.0	14.0	600	500 carrete	340
2/0	67.4	19 x 2.13	2.0	15.0	740	500 carrete	410
3/0	85.0	19 x 2.39	2.0	16.0	915	500 carrete	515
4/0	107.2	19 x 2.68	2.0	17.0	1135	500 carrete	620
250	127	37 x 2.09	2.4	20.0	1350	500 carrete	750
300	152	37 x 2.29	2.4	21.0	1600	500 carrete	875
350	178	37 x 2.47	2.4	22.0	1850	500 carrete	1000
400	203	37 x 2.64	2.4	23.0	2095	500 carrete	1130
500	253	37 x 2.95	2.4	26.0	2585	500 carrete	1375
600	304	61 x 2.52	2.8	28.0	3115	500 carrete	1680
750	380	61 x 2.82	2.8	31.0	3845	500 carrete	2085
1000	506	61 x 3.25	2.8	35.0	5045	500 carrete	2680

Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias normales de manufactura.

$$\text{Area del conductor} = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{mm}^2$$

d = diámetro exterior del conductor

CAPACIDAD DE INTERRUPTORES
INTERRUPTOR DE FUSIBLES

TIRO SENCILLO, 2 y 3 Polos, 250 y 600 V*	
MARCO Capacidad Máxima en Amperes	LISTON FUSIBLE Capacidad en Amperes.
30	15, 20, 25, 30
60	35, 40, 50, 60
100	70, 80, 90, 100
200	125, 150, 175, 200
400	225, 250, 300, 350, 400
600	450, 500, 600
800	700, 800
1200	900, 1000, 1200
*El interruptor a 600 V. arriba de 600 A no se ope ra con carga, a menos que tenga elemento supresor de arco.	

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

1, 2 y 3 Polos 250 y 600 V	
CAPACIDAD NOMINAL EN AMPERES	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100 125, 150, 175, 200, 225 250, 300, 350, 400, 500 600, 700, 800, 900, 1000 1200, 1400, 1600, 1800, 2000
En un polo los hay hasta 50 A. y en dos polos hasta 100 A.	

T A B L A N o . 6

VALORES DE EFICIENCIA CONSIDERADOS PARA LOS
MOTORES ELECTRICOS.

POTENCIA DEL MOTOR	EFICIENCIA (en decimales)
Menores de 1 HP	0.60
De 1 a 5 HP	0.80
De 7.5 a 15 HP	0.85
De 20 a 40 HP	0.90
De 50 a 60 HP	0.95

T A B L A No. 7
SIMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES.

Los símbolos mostrados fueron establecidos por N.E.M.A. y adoptados por SQUARE D de MEXICO, S. A.

I N T E R R U P T O R E S																																																		
DESCONECTOR DE NAVAJAS	DESCONECTOR MOLDEADO	MOLDEADO C/LEM. TERMICO	MOLDEADO C/LEM. MAGNETICO	MOLDEADO TERMOMAGNETICO	DE LIMITE		DE PIE																																											
					NORMAL- MENTE ABIERTO	NORMAL- MENTE CERRADO	N O	N C																																										
DE PRESION Y VACIO		NIVEL DE LIQUIDO (FLOTADOR):		ACTUADO POR TEMPERATURA		DE FLUJO (AIRE, AGUA, ETC)																																												
N. O.	N. C.	N. O.	N. C.	N. O.	N. C.	N. O.	N. C.																																											
S E L E C T O R E S																																																		
DE VELOCIDAD P/ FRENADO			EN REPOSO DE VEL. P/ARR.																																															
ADELANTE	ADELANTE	ADELANTE	2 POSICIONES		3 POSICIONES		2 POSICIONES BOTON DE OPRIMIR																																											
			<table border="1"> <tr><td>J</td><td>K</td></tr> <tr><td>OA1</td><td>J K</td></tr> <tr><td>OA2</td><td>A1 I I</td></tr> <tr><td></td><td>A2 I I</td></tr> </table>		J	K	OA1	J K	OA2	A1 I I		A2 I I	<table border="1"> <tr><td>J</td><td>K</td><td>L</td></tr> <tr><td>OA1</td><td>J K L</td></tr> <tr><td>OA2</td><td>A1 I I I</td></tr> <tr><td></td><td>A2 I I I</td></tr> </table>		J	K	L	OA1	J K L	OA2	A1 I I I		A2 I I I	<table border="1"> <tr><th colspan="2">CONTACTOS</th><th colspan="2">POSICION DEL SELECTOR</th></tr> <tr><td>A</td><td>B</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td colspan="2">BOTON</td><td colspan="2">BOTON</td></tr> <tr><td colspan="2">LIBRE/OPRIMIDO</td><td colspan="2">LIBRE/OPRIMIDO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>I</td><td>I</td><td>I</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>I</td><td>I</td><td>I</td></tr> </table>			CONTACTOS		POSICION DEL SELECTOR		A	B	A	B	BOTON		BOTON		LIBRE/OPRIMIDO		LIBRE/OPRIMIDO		1-2	I	I	I	3-4	I	I	I
J	K																																																	
OA1	J K																																																	
OA2	A1 I I																																																	
	A2 I I																																																	
J	K	L																																																
OA1	J K L																																																	
OA2	A1 I I I																																																	
	A2 I I I																																																	
CONTACTOS		POSICION DEL SELECTOR																																																
A	B	A	B																																															
BOTON		BOTON																																																
LIBRE/OPRIMIDO		LIBRE/OPRIMIDO																																																
1-2	I	I	I																																															
3-4	I	I	I																																															
			1.- CONTACTO CERRADO		1.- CONTACTO CERRADO		1.- CONTACTO CERRADO																																											
B O T O N E S																																																		
CONTACTO MOMENTANEO				CONTACTO MANTENIDO		ILUMINADO	LAMPARAS PILOTO																																											
UN CIRCUITO		DOBLE CIRCUITO		CABEZA TIPO HONGO			LA LETRA INDICA EL COLOR																																											
N. O.	N. C.	N. O. Y N. C.		DOS DE UN CIRCUITO		UN DOBLE CIRCUITO	ESTANDAR	OPRIMIR P/PRUEBA																																										
C O N T A C T O S																																																		
OPERACION INSTANTANEA				DE TIEMPO LA ACCION DEL CONTACTO ES RETARDADA DESPUES QUE LA BOBINA ES				BOBINAS		RELEVADORES DE SOBRECARGA		INDUCTOR																																						
CON SUPRESOR		SIN SUPRESOR		ENERGIZADA		DESENERGIZADA		DERIVADO	SERIE	TERMICO	MAGNETICO	NUC DE FIERRO																																						
N. O.	N. C.	N. O.	N. C.	NOTC	NCTO.	NOTO	NCTC																																											
TRANSFORMADORES				MOTORES C. A.				MOTORES C. D.																																										
AUTO	N FIERRO	N AIRE	CORR.	DOBLE VOLTAJE	UNA FASE	3 FASES	2 FASES 4 HILOS	ROTOR DEV	ARMA DURA	CAMPO DERIVADO	CAMPO SERIE	CAMPO MIXTO																																						
										MUESTRE 4 ONDAS	MUESTRE 3 ONDAS	MUESTRE 2 ONDAS																																						

CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

FACTOR DE MULTIPLICACION POR CARGA EN KW. PARA OBTENER K V A - CAPACITIVOS NECESARIOS
PARA CORREGIR AL FACTOR DE POTENCIA DESEADO.

FACTOR DE POTENCIA EXISTENTE %	FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO					
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %	75 %
50	1.732	1.403	1.247	1.112	0.982.	0.850
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.893	0.761
54	1.558	1.229	1.073	0.938	0.808	0.676
55	1.518	1.189	1.033	0.898	0.768	0.636
56	1.479	1.150	0.994	0.859	0.729	0.597
58	1.404	1.075	0.919	0.784	0.654	0.522
60	1.333	1.004	0.848	0.743	0.583	0.451
62	1.265	0.936	0.780	0.645	0.515	0.383
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.451	0.319
65	1.168	0.839	0.683	0.548	0.418	0.286
66	1.139	0.810	0.654	0.519	0.389	0.257
68	1.078	0.749	0.593	0.458	0.328	0.196
70	1.020	0.691	0.535	0.400	0.270	0.138
72	0.964	0.635	0.479	0.344	0.214	0.082
74	0.909	0.580	0.424	0.289	0.159	0.027
75	0.882	0.553	0.397	0.262	0.132	
76	0.855	0.526	0.370	0.325	0.105	
78	0.802	0.473	0.317	0.182	0.052	
80	0.750	0.421	0.265	0.130		
82	0.698	0.369	0.213	0.078		
84	0.646	0.317	0.161			
85	0.620	0.291	0.135			
86	0.594	0.265	0.109			
88	0.540	0.211	0.055			
90	0.485	0.166				
92	0.426	0.097				
94	0.363	0.034				
95	0.329					

EJEMPLO: Para una carga de 750 kW a 65% de factor de potencia, la cantidad de KVA capacitivos necesarios para corregir el factor de potencia a 85% se obtienen de la tabla tomando el factor 0.548 correspondiente al factor de potencia existente de 65% y el deseado de 85% multiplicado por los KW de carga así; $0.548 \times 750 = 411.0$ KVA capacitivos es la respuesta.

T A B L A No. 9

FACTORES DE POTENCIA PARA DIVERSAS CARGAS.

TIPO DE CARGA	FACTOR DE POTENCIA
Motor Trifásico de Inducción Rotor Jaula de Ardilla.	
Potencia (HP)	
0.25	0.54
0.50	0.56
0.75	0.58
1.0	0.69
1.5	0.76
2.0	0.79
3.0	0.80
5.0	0.83
7.5	0.84
10 - 25	0.86
30 - 75	0.87
100 -150	0.88
200	0.89
Motor Trifásico de Inducción con Rotor Devanado.	
1	0.48
1.5	0.50
2	0.52
3	0.68
5 - 15	0.75
20	0.76
25	0.77
30 - 40	0.78
50	0.84
60	0.85
75	0.87

T A B L A No. 9
(CONTINUACION)

TIPO DE CARGA	FACTOR DE POTENCIA
Lámparas Incandescentes	1.0
Lámparas Fluorescentes y de Vapor de Mercurio	0.5 - 0.95
Soldadoras de Transformador	0.7 - 0.86

Los valores de factor de potencia para los motores corresponden cuando operan con 75% de su carga nominal.

T A B L A No. 9
(CONTINUACION)

TIPO DE CARGA	FACTOR DE POTENCIA
Lámparas Incandescentes	1.0
Lámparas Fluorescentes y de Vapor de Mercurio	0.5 - 0.95
Soldadoras de Transformador	0.7 - 0.86

Los valores de factor de potencia para los motores corresponden cuando operan con 75% de su carga nominal.

T A B L A No. 10

NIVELES LUMINOSOS.

A continuación se dan algunos de los niveles de iluminación para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A. C.

	LUXES
Oficinas	400
Comedores	200
Pasillos y Corredores	100
Sanitarios	100
Bodega	100
Taller	300
Subestación	100
Nave Industrial	400
Molinos de Laminación	300
Prensas y Troqueladoras	300
Cortadoras	300
Soldadura en general	300
Patios, almacén y maniobras	50
Entradas	20

A P E N D I C E " B "

NORMAS ESTABLECIDAS POR EL REGLAMENTO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS QUE INTERVIENEN
EN LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO.

se operarán con carga.

Cuando la corriente sea mayor a 1200 A en 250 V o mayor a 600 A en -- 600 V, debe usarse un interruptor automático. (Termomagnético o electromagnético).

Los dispositivos de protección contra corto circuito y sobrecarga deben ser apropiados para tal efecto. Deben usarse ambos dispositivos cuando sean necesarias las dos protecciones.

A P E N D I C E " B "

NORMAS ESTABLECIDAS POR EL REGLAMENTO DE
INSTALACIONES ELECTRICAS QUE INTERVIENEN
EN LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO.

C I R C U I T O S .

ARTICULOS 5 Y 6

CIRCUITOS DERIVADOS. (ART. 5). Son los circuitos que se extienden después de la última protección en la canalización.

5.2. Las cargas individuales mayores de 50 Amperes deben alimentarse con circuitos derivados exclusivos.

5.5. Los circuitos derivados que abastezcan cargas (alumbrado y contactos) con capacidad no mayor de 15 A, no deben exceder de 150 Volts a tierra, excepto en industrias donde el voltaje puede ser hasta 300 V, a tierra para circuitos derivados de alumbrado que esté a 2.50 m de altura por lo menos y que sólo tenga interruptor en el centro de cargas o tablero.

5.6. Se recomienda que se instalen circuitos derivados separados, tanto para alumbrado, como para contactos.

En general, las cargas de fuerza y alumbrado no deben quedar en el mismo circuito.

5.7c. Cuando haya hilo neutro en un circuito, su ampacidad no será menor que la que requiera el desequilibrio máximo de la carga del circuito. Esta fracción se refiere por supuesto a circuitos normalmente balanceados.

5.8. El calibre de los conductores ya sea alumbrado y/o contactos no será menor que el No. 14. Se recomienda instalar como mínimo, calibre No. 12 para circuitos de contactos o para cargas que consuman c/u más de 3 A. En circuitos de control y conexiones a unidades de alumbrado no debe usarse calibre menor al No. 18.

5.9. "Cada conductor de fase debe estar protegido contra sobrecorriente por un interruptor cuya capacidad no debe ser mayor que la ampacidad del conductor. En el caso de que la ampacidad no corresponda a una capacidad nominal del interruptor, puede usarse la capacidad inmediata superior, siempre que no exceda del 150% de dicha ampacidad". Cabe decir que esto último es una situación extrema; pero no es recomendable.

Esta fracción no es aplicable a circuitos de motores debido a la corriente

se operarán con carga.

Cuando la corriente sea mayor a 1200 A en 250 V o mayor a 600 A en -- 600 V, debe usarse un interruptor automático. (Termomagnético o electromagnético).

Los dispositivos de protección contra corto circuito y sobrecarga deben ser apropiados para tal efecto. Deben usarse ambos dispositivos cuando sean necesarias las dos protecciones.

PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

ARTICULOS 8 Y 24

Esta protección es tanto para circuitos derivados como alimentadores. Para la protección puede usarse un interruptor manual o automático. Una sobrecorriente en un circuito puede presentarse ya sea por sobrecarga o - corto circuito.

8.1. Se recomienda no instalar ningún dispositivo de protección en - un conductor conectado a tierra, dado que éste se considera protegido si todos los conductores no conectados a tierra del mismo circuito están adecuadamente protegidos.

8.5. Debe colocarse un dispositivo de sobrecorriente (fusible o unidad de disparo de interruptor automático) en cada conductor no conectado a tierra. Si el interruptor es automático, debe abrir simultáneamente to dos los conductores no conectados a tierra del circuito.

8.6. No debe colocarse ningún dispositivo de sobrecorriente en conductores conectados permanentemente a tierra, excepto si el interruptor - abre simultáneamente todos los conductores del circuito, o en circuitos - derivados bifilares que se encuentren en lugares donde la posibilidad de una inversión de conexiones lo justifique.

8.18. Los interruptores automáticos aunque su operación normal es - por otros medios (eléctricos, neumáticos, etc.), deben también ser operables manualmente.

24.1. Ningún interruptor debe desconectar el conductor conectado a - tierra de un circuito, a menos que lo desconecte simultáneamente con los no conectados a tierra.

24.4. Los interruptores de navajas de un tiro deben instalarse de ma nera que las navajas queden desenergizadas al abrirse.

24.10. Los interruptores de navajas para uso general solamente pueden abrir hasta 1200 A en 250 V y 600 A en 600 V. Los que tengan capacidades mayores solamente podrán usarse como desconectores; es decir, no

de arranque, la cual nos obliga a tener interruptores de capacidad aún mayor del 150%.

5.10. Para circuitos de contactos, se recomienda que cada contacto -- tenga una capacidad igual a la del circuito.

Los contactos a más de 150 V, deben ser de construcción diferente para -- que no puedan conectarse por error, aparatos de menor voltaje..

26.13. Los contactos serán para no menos de 15 A a 125 V o 10 A a 250 V.

CIRCUITOS ALIMENTADORES. (ART. 6). Son los circuitos comprendidos entre la protección general y la protección del circuito derivado.

6.2. "La caída de tensión desde la entrada del servicio hasta el último punto de la canalización no deberá ser mayor del 3% para alumbrado y de 4% para fuerza (aparatos y motores)".

Para seleccionar el conductor neutro, se sigue la recomendación para circuitos derivados. Ver fracción 5.7c.

La protección contra sobrecorriente de los conductores es igual que -- en circuitos derivados. Ver fracción 5.9.



C A N A L I Z A C I O N E S .

ARTICULOS 10, 11, 17 Y 20

Canalización Eléctrica. Conductores y tuberías así como sus accesorios, que formen una red de utilización.

10.4 La canalización (ductos y conductores) debe ser continua entre dos salidas o accesorios consecutivos.

10.6. Debe usarse una mufa o terminal a prueba de agua, cuando se cambie de instalación en ducto a línea abierta.

10.8. Los conductores de otras instalaciones (teléfonos, intercomunicación, etc.), no deben ocupar los mismo ductos de instalaciones de fuerza y alumbrado.

Los conductores de fuerza y alumbrado de diferentes voltajes, pero menores de 600 V pueden ocupar el mismo ducto siempre que todos estén aislados para el voltaje máximo de cualquiera de ellos.

10.14. Debe evitarse el calentamiento de ductos metálicos debido a las corrientes de inducción en ellos. Esto puede evitarse disponiendo los conductores dentro del tubo de tal modo que se anulen los efectos magnéticos. Por esta razón todos los conductores integrantes de un circuito deben colocarse juntos en el mismo tubo.

11.2. Los conductores deben estar aislados para el voltaje, temperatura y demás condiciones en que operen como son humedad, corrosión, resistencia mecánica, etc.

11.4. Los conductores aislados e instalados en tubos conduit, no deben llevar continuamente corrientes mayores que las permitidas de acuerdo a la tabla No. 1.

Dicha table está calculada en base a una temperatura ambiente de 30 °C y para no más de 3 conductores activos en tubo conduit.

Para temperaturas mayores se aplica un factor de corrección que disminuye su ampacidad.

Si se instalan más de 3 conductores activos, en un tubo conduit, su -

ampacidad se reduce de la siguiente forma:

De 4 a 6, se reduce al 80%.

De 7 a 9, se reduce al 70%.

No son conductores activos los neutros que sólo lleven la corriente de desbalanceo de circuitos normalmente balanceados, ni los conductores de control, ni los conductores de conexión a tierra.

17.4. El diámetro mínimo de tubo conduit metálico es de 13 mm. si se trata de pared delgada, el diámetro máximo será de 51 mm.

17.5 Los conductores deben ocupar como máximo el 40% del área interior del tubo o ducto. Con esto se facilita su instalación, remoción y también la disipación de calor.

20.2. Las instalaciones con ducto metálico cuadrado embisagrado se harán solamente en locales interiores, secos, no expuestos a daño mecánico y donde no haya vapores o gases corrosivos o inflamables.

Dichas instalaciones deben ser visibles.

20.3. Debe haber como máximo 30 conductores activos en el ducto cuadrado embisagrado.

Otras recomendaciones:

Los soportes para tubos, ductos o conductores deben colocarse a no más de 1.50 m de espaciamiento.

No se deben instalar en tubos conduit más de dos curvas a 90° entre dos salidas consecutivas.

MOTORES Y CONTROLADORES.

(ARTICULOS 28 y 67).

Las disposiciones siguientes contemplan las condiciones normales de operación; esto es, que los motores trabajan a carga plena, constante y - continuamente. Y si se trata de un grupo de motores, se supone que no - arrancan simultáneamente; pero su operación sí es simultánea.

CONDUCTORES ALIMENTADORES.

28.10. "La corriente permisible (ampacidad) en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un sólo motor con carga continua y constante, no será menor de 125% de la corriente a carga plena". Un motor con arranques frecuentes puede requerir conductores de mayor ampacidad.

28.12. "Los conductores que abastezcan a dos o más motores deben ser de una ampacidad no menor que el 125% de la corriente de plena carga del - motor mayor, más la suma de las corrientes de plena carga de los motores - restantes".

28.30. "Para derivar un circuito para motores, el interruptor del - circuito derivado puede colocarse donde sea accesible, si la longitud del punto de derivación a dicho interruptor no es mayor a 10 m y la ampacidad del conductor derivado no es menor a 1/3 de la ampacidad del alimentador general".

INTERRUPTORES.

El interruptor para un motor debe cumplir con las reglas establecidas por las fracciones 28.22 a la 28.25 y la 28.48 a la 28.53 cuyos puntos - esenciales se describen a continuación:

1. El interruptor debe ser de una capacidad tal que soporte la co-- rriente de arranque del motor, o debe ser de acción retardada tal que per

mita al motor poner en movimiento su carga. Provee protección al motor - contra corto circuito.

2. Debe ser de capacidad no mayor del 400% y no menor del 115% de - la corriente de plena carga y se recomienda que no sea menor de 15 A.

3. Normalmente no se opera con carga, pues para esto existe el a-- rrencador. Debe abrir o cerrar simultáneamente todos los conductores vivos que van al motor.

4. Debe indicar las posiciones "abierto", "cerrado". Se recomienda que quede junto al arrancador y se asegure en la posición "abierto".

5. Debe desconectar al motor y al arrancador.

La determinación de lo que establece el punto 2, depende del valor - de la corriente de arranque del motor, la cual varía de acuerdo al diseño del mismo y de acuerdo a la condición de arranque (arranque en vacío, a - carga ligera o a plena carga). También si arranca a tensión reducida se verá afectada la capacidad del interruptor.

El interruptor para un grupo de motores debe seleccionarse de acuer- do a las fracciones 28.26 y 28.32 que se escriben a continuación:

28.26. "Dos o más motores pueden conectarse a un mismo circuito, si éste tiene un interruptor general con capacidad no mayor a 4 veces la co- rriente de plena carga mayor, más la suma de las corrientes de plena car- ga de los motores restantes. Además, cada motor debe tener su protección respectiva contra sobrecorriente".

28.32. "El interruptor del circuito alimentador para varios motores debe ser de capacidad no mayor a la del interruptor derivado mayor, más - la suma de las corrientes de plena carga de los demás motores; y no menor que el 115% de la suma de las corrientes de plena carga".

ARRANCADORES.

El arrancador para un motor debe cumplir con lo que establecen las - fracciones 28.15, 28.19, 28.20 y de la 28.38 a la 28.43, las que se resu- men en los siguientes puntos:

1. La función del arrancador es arrancar y para al motor.

Para motores de corriente alterna debe ser capaz de resistir e inte-

rrumpir la corriente a rotor bloqueado. Esto significa que su operación es con carga.

2. Debe de ser visible desde el motor y estar a una distancia no mayor a 15 m del mismo. Debe desconectar simultáneamente todos los conductores vivos que van al motor.

3. Para motores integrales de servicio continuo, el ajuste del dispositivo de sobrecarga (elemento térmico) no debe ser mayor del 140% de la corriente de plena carga.

Los motores fraccionarios, de servicio continuo y arranque manual no necesitan protección contra sobrecarga. Si su arranque es automático sí la requieren.

La protección contra sobrecarga normalmente está provista en el arrancador.

4. En un motor trifásico, se puede instalar como mínimo dos elementos de sobrecarga en dos cualesquiera de las fases.

5. Cada motor debe tener su arrancador individual, con las siguientes excepciones para motores a 600 V o menos:

a). Pueden varios motores tener un sólo arrancador si son fraccionarios y su corriente individual a plena carga es menor de 6 A, y además su interruptor general debe ser a lo más de 20 A.

b). Si 2 o más motores mueven una sola máquina.

6. En general todo motor mayor a 10 HP debe proveerse de un arrancador que reduzca su corriente de arranque y por consiguiente su par de arranque. Sin embargo, en las siguientes situaciones puede el motor arrancarse a tensión completa:

a). Si es del tipo de corriente de arranque baja.

b). Si su arranque es en vacío o a carga ligera.

c). Si el par de arranque no perjudica a la carga conectada al motor.

d). Si su arranque no perjudica a otros aparatos o no causa molestias a otros usuarios por la baja de voltaje.

OTROS PUNTOS IMPORTANTES.

28.16. "Si un motor es de operación intermitente con lapsos cortos de operación, puede omitirse la protección contra sobrecarga".

28.18. "Si se usan fusibles para protección contra sobrecarga, en lugar de elementos térmicos, se pondrá un fusible por cada conductor no conectado a tierra".

67.1d. Todos los motores cuyo arranque en forma inesperada sea peligroso deben equiparse con protección contra bajo voltaje que interrumpa automáticamente el circuito del motor cuando el voltaje sea menor que el requerido para su operación. Debe mantener el circuito abierto aunque se restablezca el voltaje de operación.

28.35. Los conductores de control se deben proteger contra sobrecorriente por un interruptor de capacidad no mayor al 500% de su ampacidad. Pueden protegerse con el mismo interruptor del circuito derivado del motor si se cumple con cualquiera de las condiciones siguientes:

a). Que la capacidad de dicho interruptor no sea mayor del 500% de la ampacidad de los conductores de control.

b). Que el motor y el dispositivo de control se localicen sobre la misma máquina o que la distancia entre ambos no sea mayor de 15 m.

c). Que la apertura del circuito del control implique algún peligro.

28.37. Los circuitos de control deben derivarse en el lado de carga del interruptor del motor.

28.59. Los motores fijos se conectarán a tierra (sus armazones), si existe cualquiera de las condiciones siguientes:

a). Se encuentren en lugar húmedo y no estén protegidos por distancia o resguardo.

b). Si están en un local peligroso. (Local explosivo o inflamable).

c). Si funciona el motor con cualquier terminal a 150 Volts o más a tierra.

28.60. Los armazones de motores portátiles que funcionan a más de 150 volts a tierra deberá resguardarse o conectarse a tierra. Se recomienda que los motores que operen a menos de 150 V. a tierra se conecten a tierra.

SUBESTACIONES.

ARTICULOS 65, 66, 70, 73, 74, 75 Y 76

Subestación. Conjunto de equipos que se utilizan para el control, transformación, subdivisión, regulación o conversión de la energía eléctrica.

Características que deben cumplir los locales para alojar subestaciones: según fracciones 65.1 a la 66.11.

1). El local debe ser cerrado para evitar el acceso a personas no idóneas. Incluye avisos de prohibición y peligro.

2). El local debe ser a prueba de fuego y no debe usarse como almacén o de uso ajeno a la operación del equipo.

3). El piso debe ser firme y no resbaloso.

4). Debe estar seco, ventilado y no contaminado.

5). Debe tener alumbrado de emergencia de operación automática al fallar la energía.

6). Debe haber un extinguidor cerca del transformador.

7). Debe haber una plataforma o tarima aislante (madera y hule) al frente de los equipos con voltaje a tierra mayor de 150 V. Se recomienda que sus orillas sean biseladas.

8). Debe haber una pértiga y un juego de guantes de hule propios para el voltaje de operación.

66.12. Las distancias mínimas entre cubiertas metálicas y partes vivas desnudas son las siguientes:

5 cm para 600 V o menos entre conductores.

24 cm para 23 kv entre conductores.

Estas distancias fijan una norma, cuando no se ha hecho un estudio minucioso. No fijan un requisito para diseñar equipo.

70.3. Debe haber un medio para la fácil descarga de los capacitores (si los hay), cuando estén fuera de operación.

73.2. Los conductores de calibres grandes sujetos a corrientes grandes de corto circuito y campos magnéticos intensos deben sujetarse de tal

modo que no lleguen a hacer contacto entre sí o con las cubiertas metálicas (por los esfuerzos mecánicos producidos).

74.3. Se debe instalar un interruptor que pueda operarse manualmente, en la entrada del servicio y en la alimentación a todos los circuitos.

Este interruptor debe tener capacidad suficiente para interrumpir la corriente máxima de corto circuito.

En subestaciones que cuenten con interruptor en el secundario del transformador, basta con que se instale un medio de desconexión capaz de interrumpir la corriente primaria de excitación a voltaje nominal (ejem. cuchillas desconectadoras de apertura rápida).

74.5. Cuando haya equipo de medición de consumo a más de 750 V (A. T.) entre conductores, se deben instalar tres juegos de desconectores - que permitan intercalar los aparatos de prueba de dicho equipo de medición, a menos que se pueda interrumpir el servicio en cualquier momento, en cuyo caso bastará con un sólo desconector.

74.6. Los interruptores y los desconectores deben poder asegurarse en la posición "abierto" (por mantenimiento) o "cerrado" (por apertura peligrosa).

76.1. Debe instalarse un apartarrayos que proteja al equipo y conductores contra sobre tensiones excesivas que puedan provenir de las líneas aéreas asociados con dicho equipo, o que se generen en la operación de interruptores.

Los apartarrayos deben conectarse a tierra por medio de un electrodo, en la forma más inmediata.

El conductor para conexión a tierra del apartarrayos debe ser tan directa como sea posible, de baja impedancia y de calibre no menor al 6 AWG de cobre.

LINEAS DE SERVICIO.

ARTICULO 7

7.9 Cada entrada de servicio debe tener un medio accesible de desconexión principal para toda la instalación servida:

- a). Debe desconectar también el neutro si lo hay.
- b). Debe abrir simultáneamente todos los conductores vivos y debe poder operarse manualmente.
- c). Debe ser de operación aún con carga. Puede ser un interruptor manual o automático.
- d). Si está encerrado en un gabinete, debe poder operarse desde el exterior.
- e). Debe indicar sus dos posiciones "abierto"-"cerrado".

7.10. Se permite hacer las siguientes conexiones antes del medio de desconexión:

- a). Medidores de consumo y en general circuitos de alta impedancia.
- b). Apartarrayos.
- c). Alumbrado de emergencia.
- d). Circuitos de alarma de incendios.

Estos dos últimos deben tener su propia protección, contra sobrecorriente.

7.16. Cada entrada de servicio debe tener un medio de protección contra sobrecorriente.

- a). De capacidad no mayor a la ampacidad del conductor. En caso extremo no debe ser mayor al 150% de su ampacidad.
- b). Debe ir instalado en el lado de carga del desconectador.
- c). Se recomienda no instalar dispositivo de protección en el conductor conectado a tierra.
- d). El dispositivo de protección normalmente es parte integrante del desconectador, formando así propiamente un interruptor general.

CONEXION A TIERRA.

ARTICULO 9

9.1. La conexión a tierra forma parte del sistema de protección de instalaciones eléctricas.

9.2. Los circuitos se conectan a tierra para limitar el voltaje a que pudieran quedar sometidos, por descargas atmosféricas u otras perturbaciones.

9.12. La conexión a tierra de circuitos o sistemas de C.A. debe hacerse en el lado de línea del medio general de desconexión. No debe hacerse ninguna conexión a tierra en el lado de carga.

9.15. Los tubos y ductos metálicos y cubiertas metálicas de conductores que a más de 150 V a tierra y que estén al alcance de personas deben conectarse a tierra.

Esta conexión a tierra se recomienda para voltajes aún menores de 150 V. sobre todo si los locales son húmedos o peligrosos.

9.17. Las partes metálicas de equipo eléctrico fijo no portadoras de corriente operando a más de 150 V a tierra incluyendo cubiertas (gabinetes) y soportes metálicos deben conectarse a tierra sobre todo si están al alcance de personas. Se hace la misma recomendación anterior.

9.18. Las siguientes partes metálicas deben aterrizarse.

a). Armazones y carriles de grúas eléctricas.

b). Resguardos metálicos de equipo operando a más de 750 V entre conductores. (Ejem. Subestaciones).

9.19. Las cubiertas (armazones) metálicas de equipo eléctrico (máquinas herramientas, soldadoras, etc.) portátil deben conectarse a tierra, máximo si se labora sobre pisos húmedos o conductores.

9.20. La conexión a tierra debe ser permanente, continua, suficiente (capaz de conducir y soportar cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas), y de impedancia suficientemente baja, tanto para limitar el voltaje a tierra como para facilitar la operación de los dispositio

vos de protección.

9.26. Debe asegurarse la continuidad eléctrica en los ductos, tuberías, gabinetes y accesorios metálicos que contengan conductores que operen a más de 150 V a tierra.

Para este efecto pueden usarse los puentes conectadores.

Lo anterior implica que la tubería, si es metálica, lo recomendable es que sea pared gruesa para que las uniones sean roscadas.

9.28. Los electrodos de conexión a tierra pueden ser barras, placas o tubos preferentemente de cobre.

El electrodo debe introducirse, si es factible, hasta alcanzar el nivel de la humedad permanente.

Las barras o tubos deben introducirse a una profundidad no menor de 2.40 m. excepto si existe lecho rocoso en cuyo caso, se enterrarán horizontalmente a la mayor profundidad posible y en una longitud no menor de 2.40 m.

Los electrodos deben distar entre sí por lo menos 2 m.

El conjunto de electrodos (sistema de tierras) deben tener una resistencia a tierra que no exceda de 25 Ω .

Pueden también usarse como electrodos en orden preferencial los si--guientes:

1). Red continua, metálica y subterránea de tubería para conducción de agua o gas.

2). Armazones metálicas de edificios, conectadas efectivamente a --tierra o también algún sistema de tubería metálica subterránea, como por ejemplo el revestimiento de un pozo profundo.

En general estos dos tipos de electrodos tienen una resistencia a --tierra considerablemente menor de 25 Ω .

Se recomienda probar la resistencia a tierra, al instalar y periódicamente.

9.33. El sistema de pararrayos se recomienda que sea independiente del sistema de tierras.

9.34. El conductor de conexión a tierra debe ser de preferencia de cobre pudiendo ser sólido o trenzado (forrado color verde o desnudo).

Puede tenderse junto con los conductores del sistema al cual se co--

necte, dentro del mismo ducto metálico.

No se le debe intercalar ningún desconectador o interruptor para que su continuidad sea permanente.

S O L D A D O R A S .

Las instalaciones de las soldadoras de arco con transformador deben cumplir con lo que dicta el artículo 36 entre cuyos puntos están los siguientes:

36.2. "La ampacidad de los conductores alimentadores para una soldadora no será menor que la corriente primaria de la soldadora. Cuando se trate de un grupo de soldadoras, podrá tomarse un factor de demanda".

36.3a. "Cada soldadora debe tener una protección contra sobrecorriente, de capacidad no mayor al 200% de la corriente primaria".

36.3b. "Los conductores alimentadores para una o más soldadoras, deben tener una protección contra sobrecorriente no mayor al 200% de su ampacidad".

El gabinete de la soldadora debe estar conectado a tierra.

G R U A S .

El artículo 34 ROIE establece, entre otros, los siguientes lineamientos:

- 1). Los conductores de contacto serán de calibre 6 como mínimo si son de cobre. Deben ser exclusivos para la grúa. Se deberá reducir en lo posible el chispeo con los contactos deslizantes.
- 2). Los conductores de contacto deben mantenerse sobre soportes aislantes cuya separación no debe exceder de 6 m. Dichos conductores deben estar separados entre sí por lo menos 15 cm. y separados 5 cm. por lo menos, de las superficies próximas.
- 3). Debe instalarse un interruptor entre el alimentador y los conductores de contacto, que sea accesible, operable desde el piso, asegurable en posición de abierto y esté a la vista de la grúa.
- 4). Si la grúa tiene caseta, se pondrá un interruptor general en los conductores que van de los contactos deslizantes a la caseta. Debe estar en la caseta; o también en el puente y operable desde la caseta.
- 5). Debe instalarse un interruptor que limite la subida del gancho.
- 6). Cada motor debe tener su propia protección, excepto cuando dos motores ejecutan cualquiera de los tres movimientos de la grúa (normalmente el puente), y que estén controlados por el mismo arrancador, en cuyo caso puede usarse un sólo interruptor.
- 7). Las armazones de los motores, los rieles, la estructura completa de la grúa y los gabinetes deben conectarse a tierra.

CANALIZACIONES SUBTERRANEAS.

ARTICULOS 59, 60, 61 Y 62

Algunos de sus lineamientos son los siguientes:

- 1). Se recomienda que los tubos entre registros sean rectos en lo - posible.
- 2). Se recomienda que los tubos tengan una pendiente mínima del 0.5% entre registros para evitar la acumulación de agua en ellos.
- 3). Cuando se tengan varios tubos adyacentes, los conductores se de ben disponer de tal modo que los cables con corrientes mayores no disipen su calor a través de los otros tubos.
- 4). El diámetro mínimo en ductos subterráneos es 25 mm.
- 5). La separación mínima entre tubos adyacentes (paredes exterior-- res) debe ser de 5 cm.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Manual de Alumbrado
Westinghouse Ed. Dossat, S. A.
3a. Edición 1980.
- 2.- Manual de Alumbrado Público
Comisión Federal de Electricidad 1981.
- 3.- Fundamentos de Lámparas e Iluminación
Willard Alphin; Focos, S. A.
- 4.- Curso Básico de Iluminación
Sociedad Mexicana de Ingerieros en Iluminación
(SMII) 1976.
- 5.- Iluminación Interna
Vittorio Re Ed. Marcombo 1979
- 6.- Iluminación Externa
Vittorio Re Ed. Marcombo 1979
- 7.- Alumbrado Urbano
Emilio Carranza C. SMII 1981.
- 8.- Máquinas Eléctricas y Transformadores
I. L. Kosow Ed. Reverté 1978.
- 9.- Instalaciones Eléctricas
Ibettsons Cecsca 1969.
- 10.- Instalaciones Eléctricas Prácticas
Ing. D. Onésimo Becerril 1979.

- 11.- Control de Motores Eléctricos
Walter N. Alerich, Diana 1979.
- 12.- American Electricians Handbook
Terrel Craft-Carr; Mc. Graw Hill.
- 13.- Industrial Power Systems
D. Beeman; Mc.Graw Hill
- 14.- Recommended Practice for Electric Power Distribution for
Industrial Plants
Red Book. IEEE 1976.
- 15.- Electrical Machines
Siskind; Mc.Graw Hill 1959.
- 16.- Instalaciones Eléctricas Industriales
Curso del Centro de Educación Continua 1982.
- 17.- Guide for Safety in Substation Grounding
IEEE Norma 80
- 18.- Instalaciones de Puesta a Tierra
Vittorio Re
- 19.- Cálculo de Redes de Tierra
Cía. de Luz y Fuerza.
- 20.- Elementos de Diseño de Subestaciones
Ing. G. Enríquez Harper, Ed. Limusa.
- 21.- Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión.
Ing. G. Enríquez Harper, Ed. Limusa 1977.
- 22.- Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas
Ediciones Andrade, S. A. 1977.
- 23.- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
Parte I, Utilización de la Energía Eléctrica
Dirección General de Normas 1981.
- 24.- Informaciones Técnicas de Fabricantes.
Square D. "Fundamentos de Control para Motores"

Condumex. Conductores Eléctricos.

Siemens. "Catálogo Baja Tensión".

Energomex.

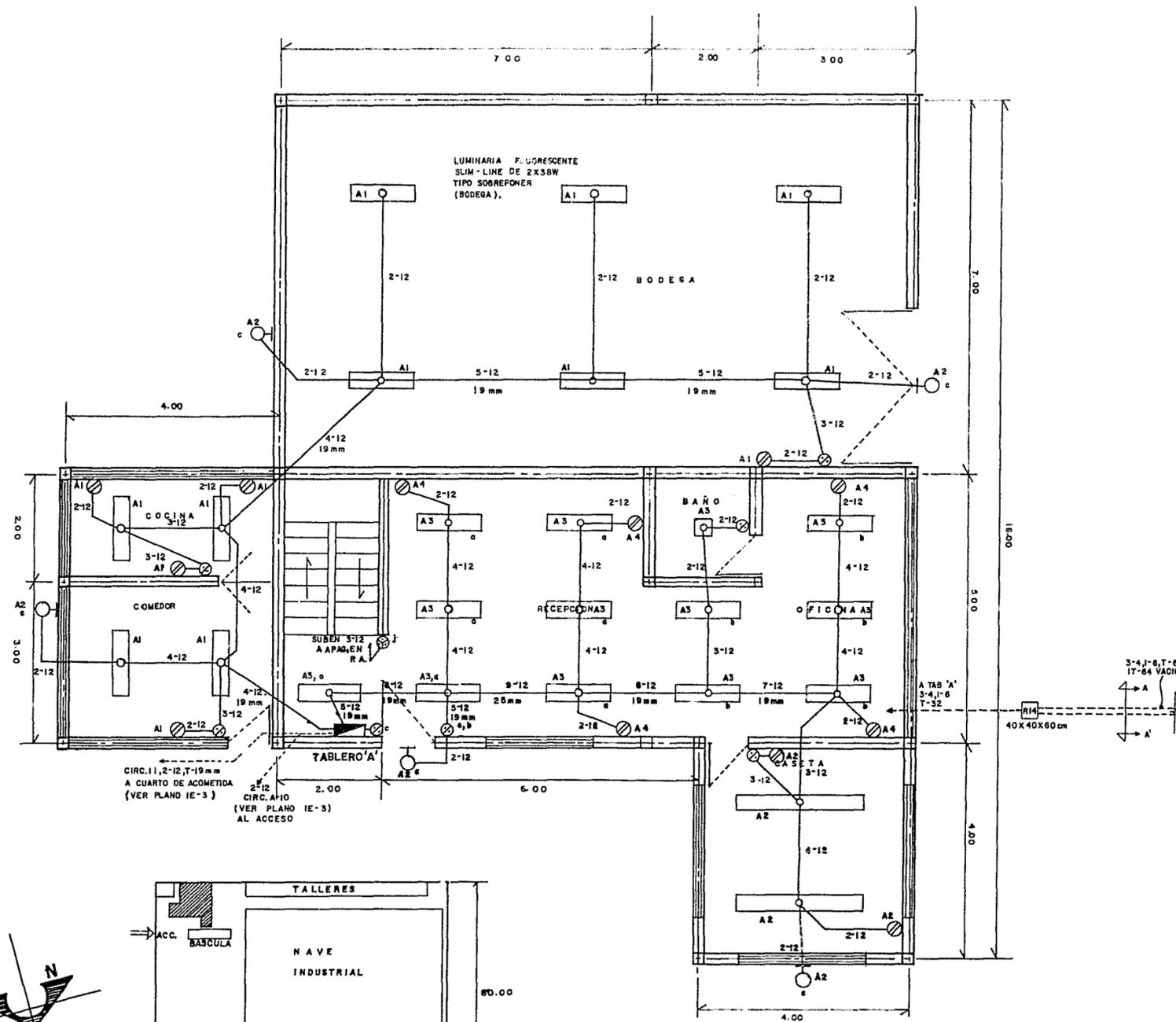
Focos, S. A.

Burndy.

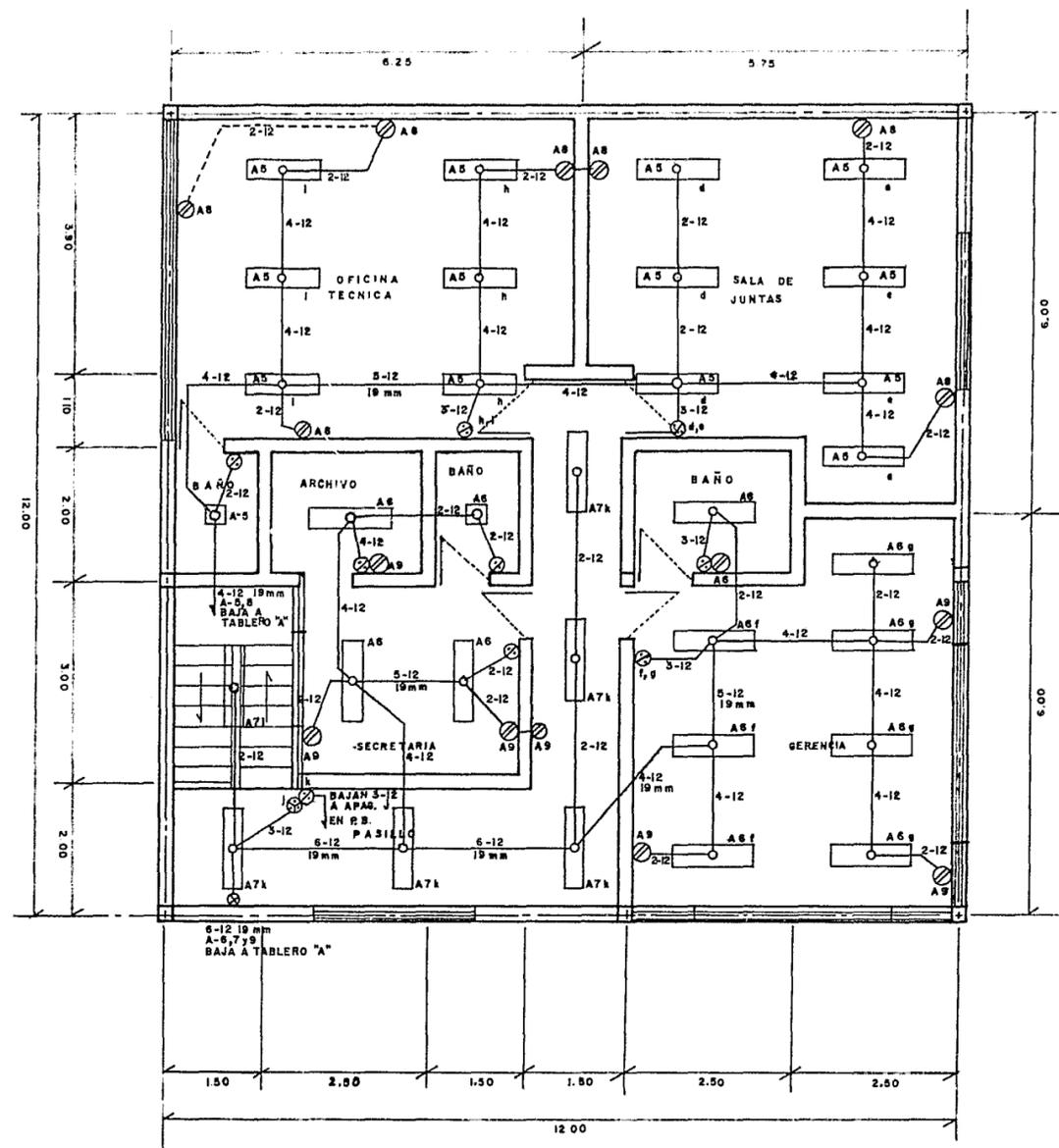
Crouse Hinds Domex, S. A.

Holophane.

Cadweld.



— PLANTA BAJA —



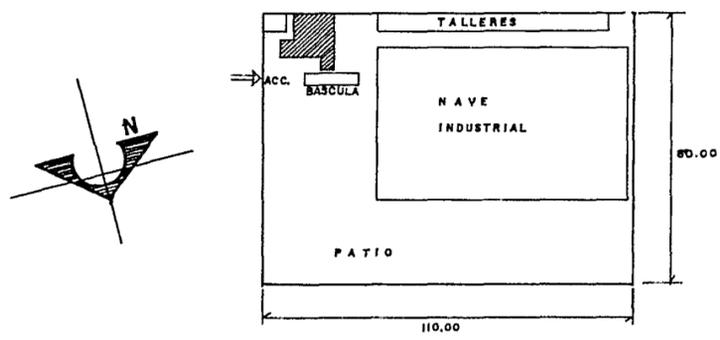
— PLANTA ALTA —

NOTAS

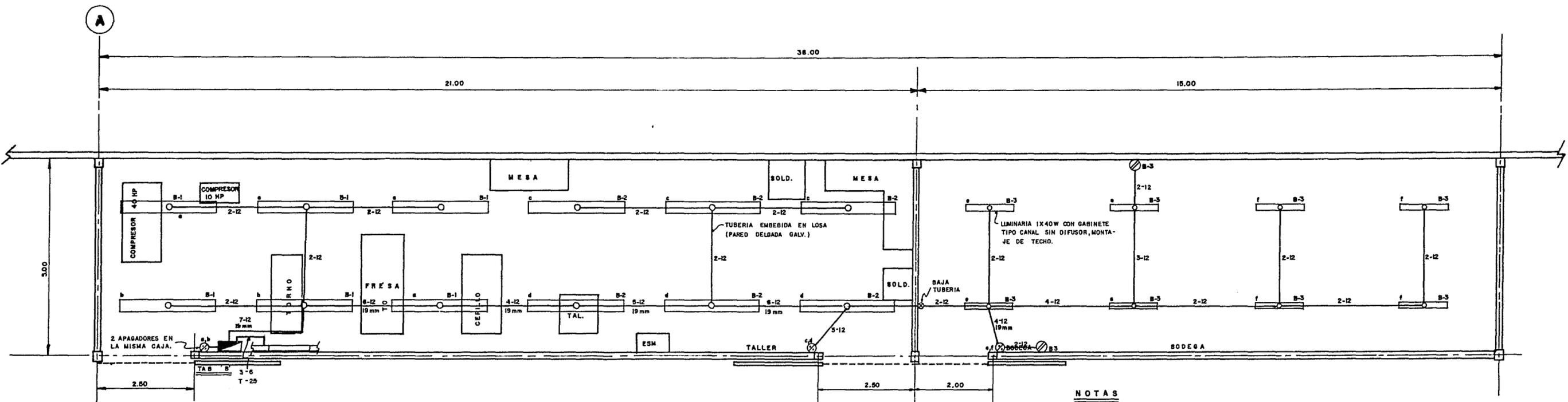
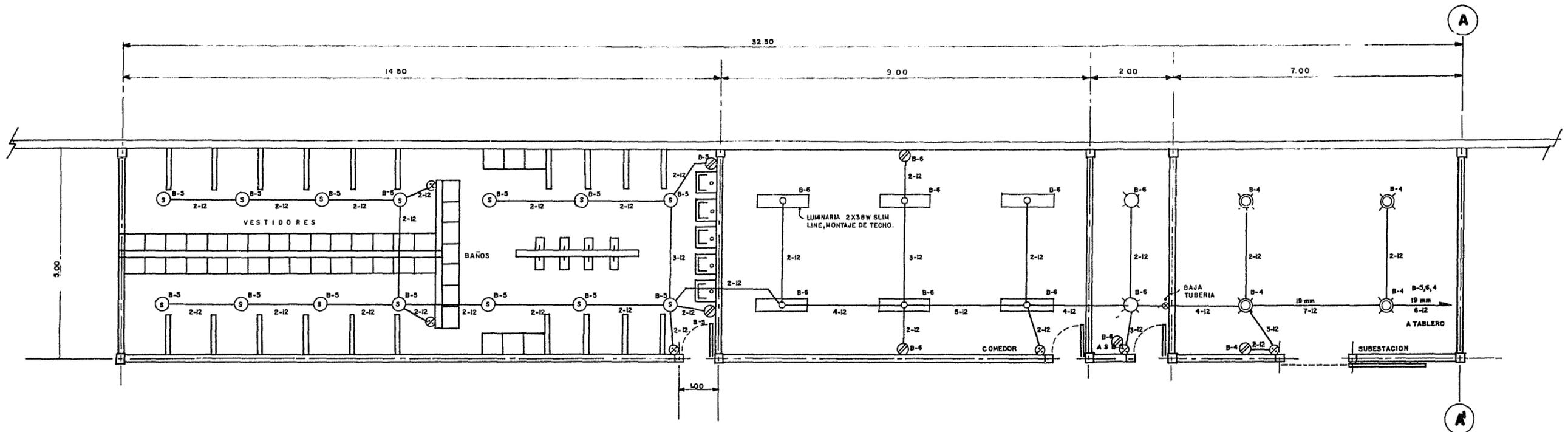
- 1.- VER CORTE A-A Y REGISTRO R-14 EN PLANO IE-7.
- 2.- LAS LUMINARIAS FLUORESCENTES SON SLIM-LINE DE 2X38 O 2X74W (SEGUN DIMENSIONES) A 127V. EMPOTRADAS EN FALSO PLAFON, EXCEPTO EN BODEGA DONDE SON DE SOBREPONER.
- 3.- LA ALTURA DE LOS CONTACTOS (1/2 UNID.) SERA DE 0.40 m SNPT Y LA DE LOS APAGADORES SERA DE 1.40 m SNPT.
- 4.- PARA SIMBOLOS, NOTAS Y ESPECIFICACIONES, VER PLANO IE-9.

— LOCALIZACION —

ESCALA 1:1000

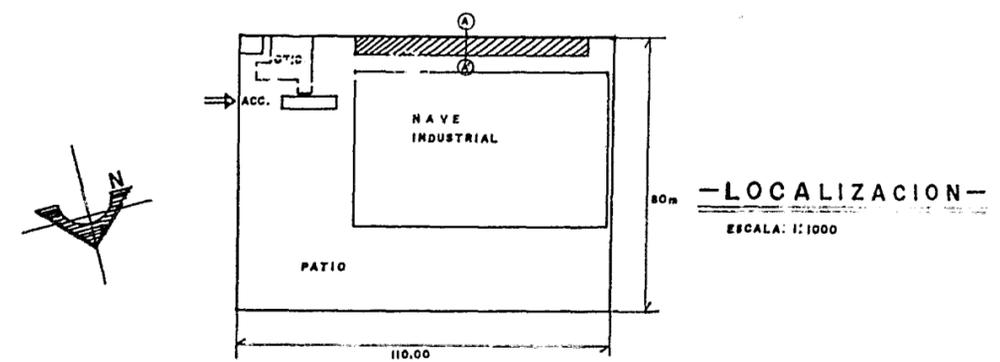


UNAM FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA		
EDIFICIO DE OFICINAS ALUMBRADO Y CONTACTOS		IE-1
ESCALA 1:50	ALOT: MTS	FECHA: MARZO 1983
PROY.	DIBUJO.	REVISO.

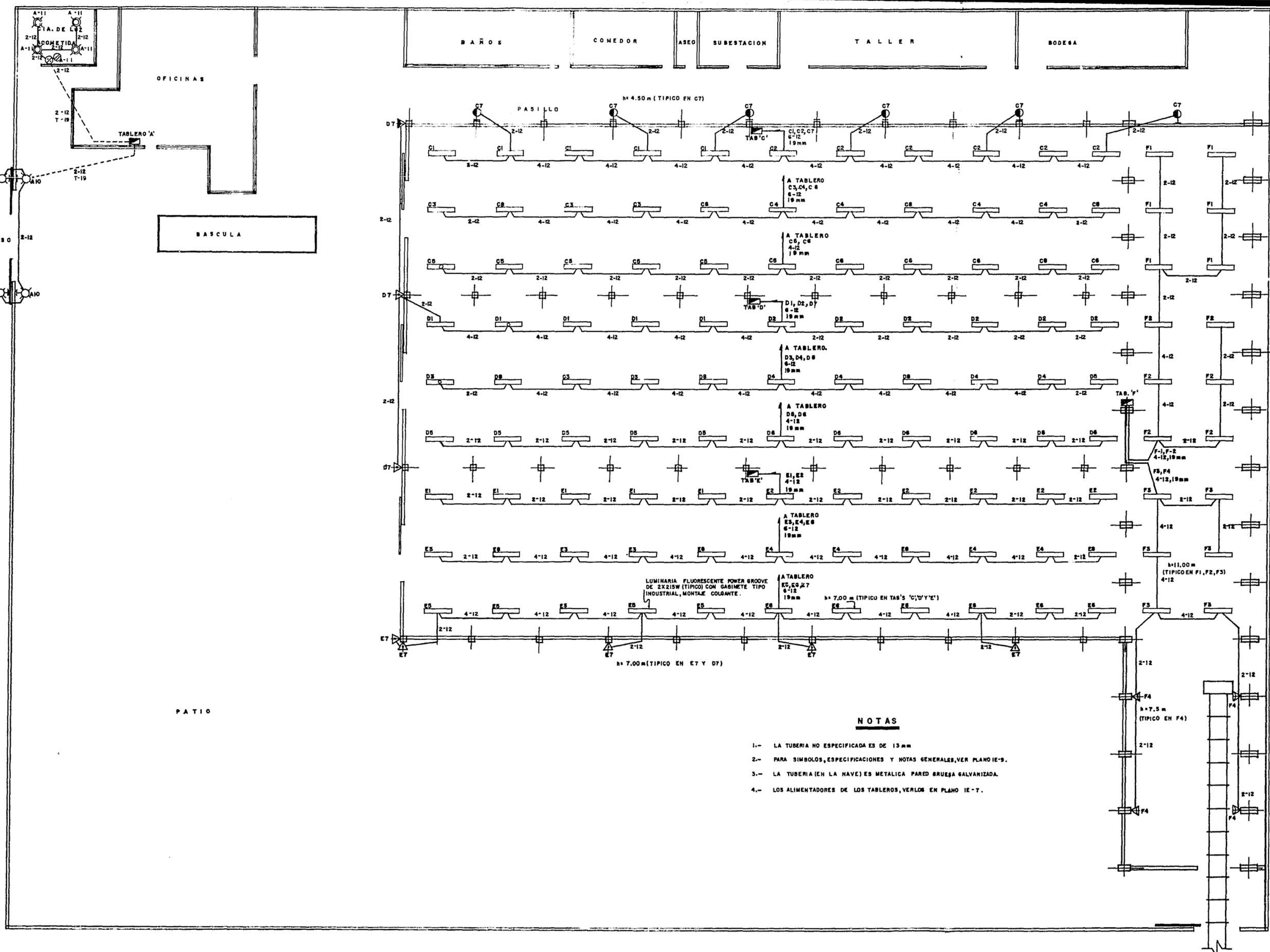


NOTAS

- 1- Para símbolos, notas y especificaciones, ver plano IE-0
- 2- LAS LUMINARIAS EN LA SUBESTACION SON INC DE 150W. CON REFLECTOR RLM INDUSTRIAL, MONTAJE COLGANTE.
- 3- LAS LUMINARIAS EN EL TALLER SON DE 2X74W, SLIM-LINE CON GABINETE TIPO INDUSTRIAL, MONTAJE COLGANTE.
- 4- EL ALIMENTADOR DEL TABLERO SE DERIVARA DEL ALIMENTADOR DEL TABLERO "A", HACIENDO LA CONEXION EN LAS ZAPATAS DEL INTERRUPTOR Y SE ALOJARA JUNTO CON EL ALIMENTADOR DEL TALLER, VER PLANOS IE-0 e IE-4.

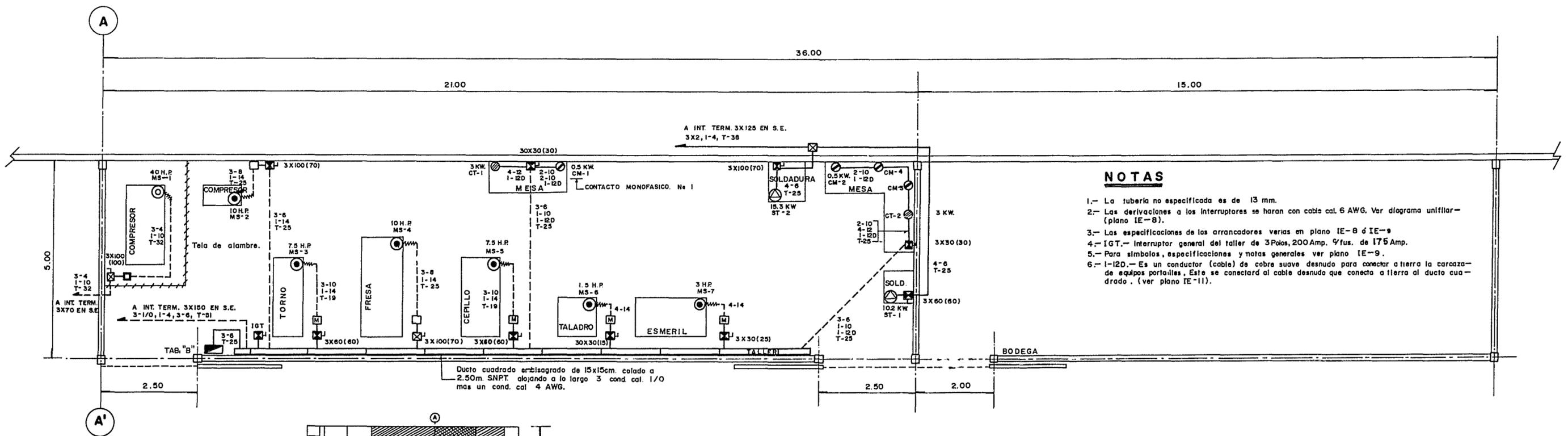
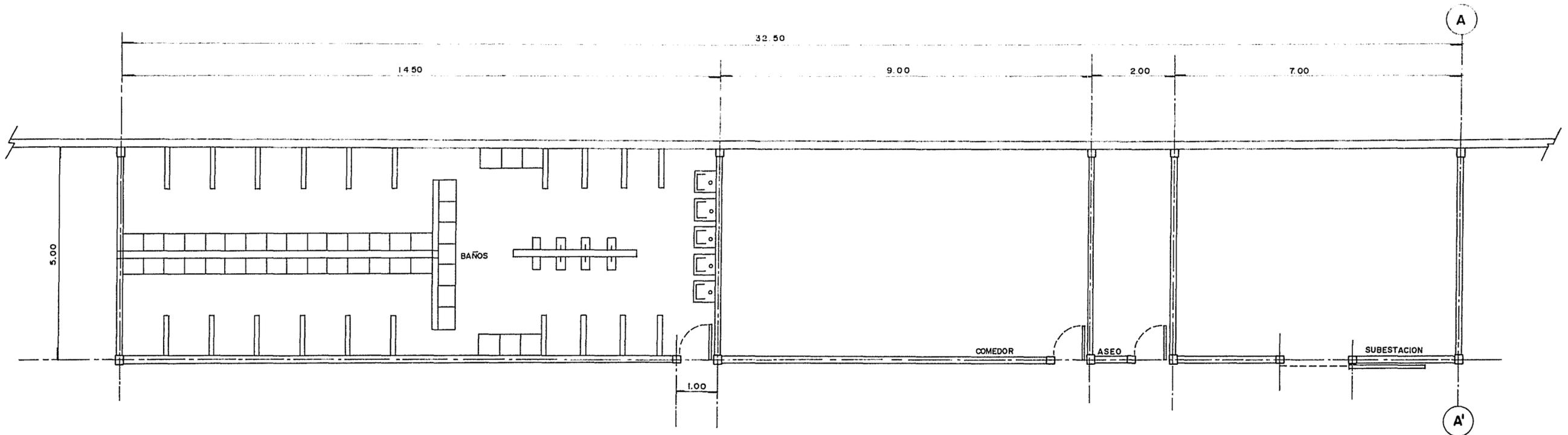


UNAM FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA		
EDIFICIO DE SERVICIOS ALUMBRADO Y CONTACTOS		IE-2
ESCALA: 1:50	ACOT NTS	FECHA: MARZO 1953
PROY.	DIBUJO.	REVISO:



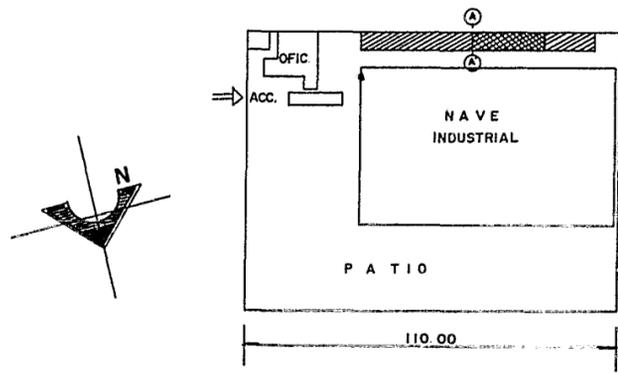
NOTAS

- 1.- LA TUBERIA NO ESPECIFICADA ES DE 13 mm
- 2.- PARA SIMBOLOS, ESPECIFICACIONES Y NOTAS GENERALES, VER PLANO IE-9.
- 3.- LA TUBERIA (EN LA NAVE) ES METALICA PARED BRUESA GALVANIZADA.
- 4.- LOS ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS, VERLOS EN PLANO IE-7.



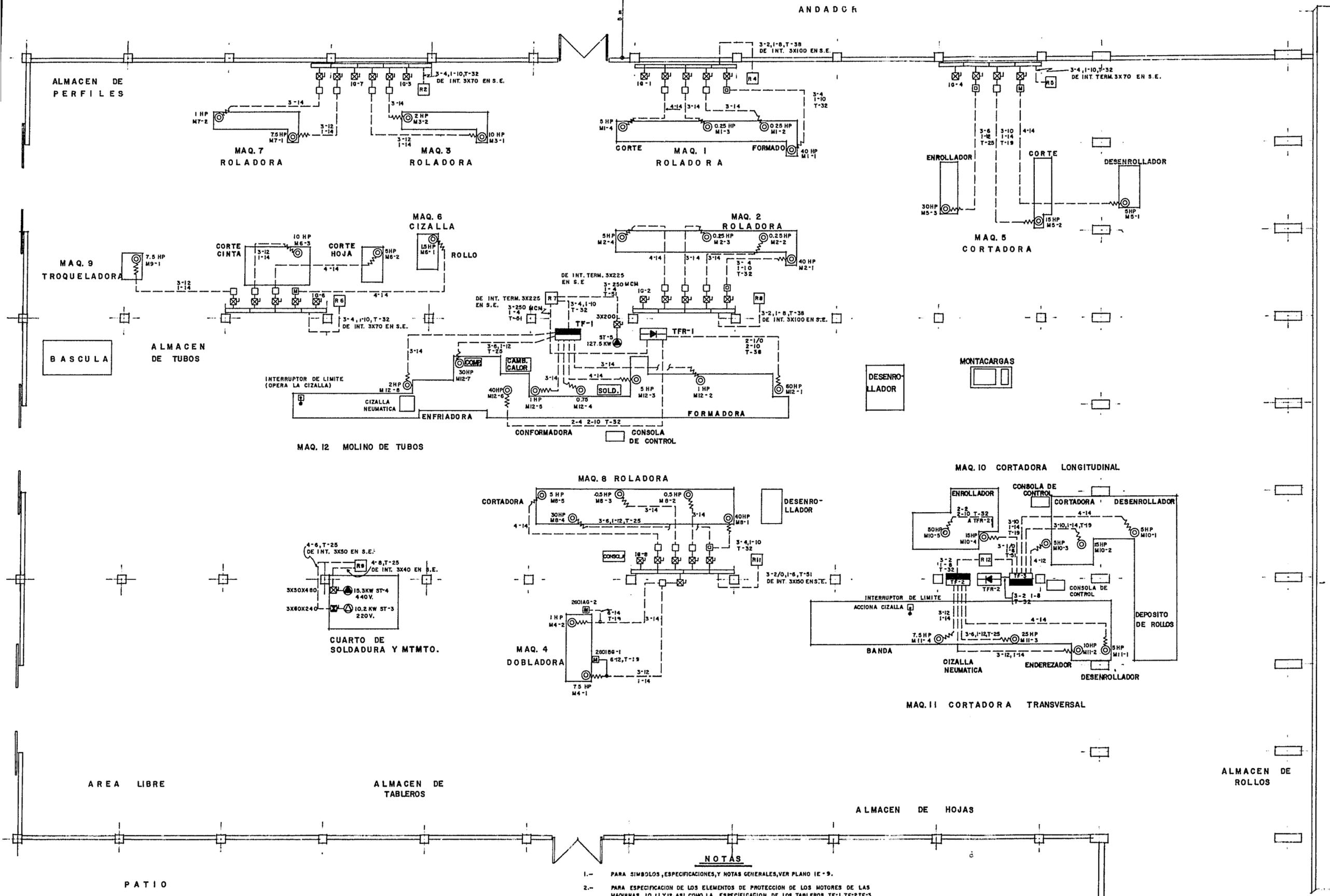
NOTAS

- 1.- La tubería no especificada es de 13 mm.
- 2.- Las derivaciones a los interruptores se harán con cable cal. 6 AWG. Ver diagrama unifilar (plano IE-8).
- 3.- Las especificaciones de los arrancadores veras en plano IE-8 ó IE-9
- 4.- IGT.- Interruptor general del taller de 3Polos, 200 Amp. 9fus. de 175 Amp.
- 5.- Para símbolos, especificaciones y notas generales ver plano IE-9.
- 6.- 1-12D.- Es un conductor (cable) de cobre suave desnudo para conectar a tierra la carcasa de equipos portátiles. Este se conectará al cable desnudo que conecta a tierra al ducto cuadrado. (ver plano IE-11).



LOCALIZACION
ESCALA 1:1000

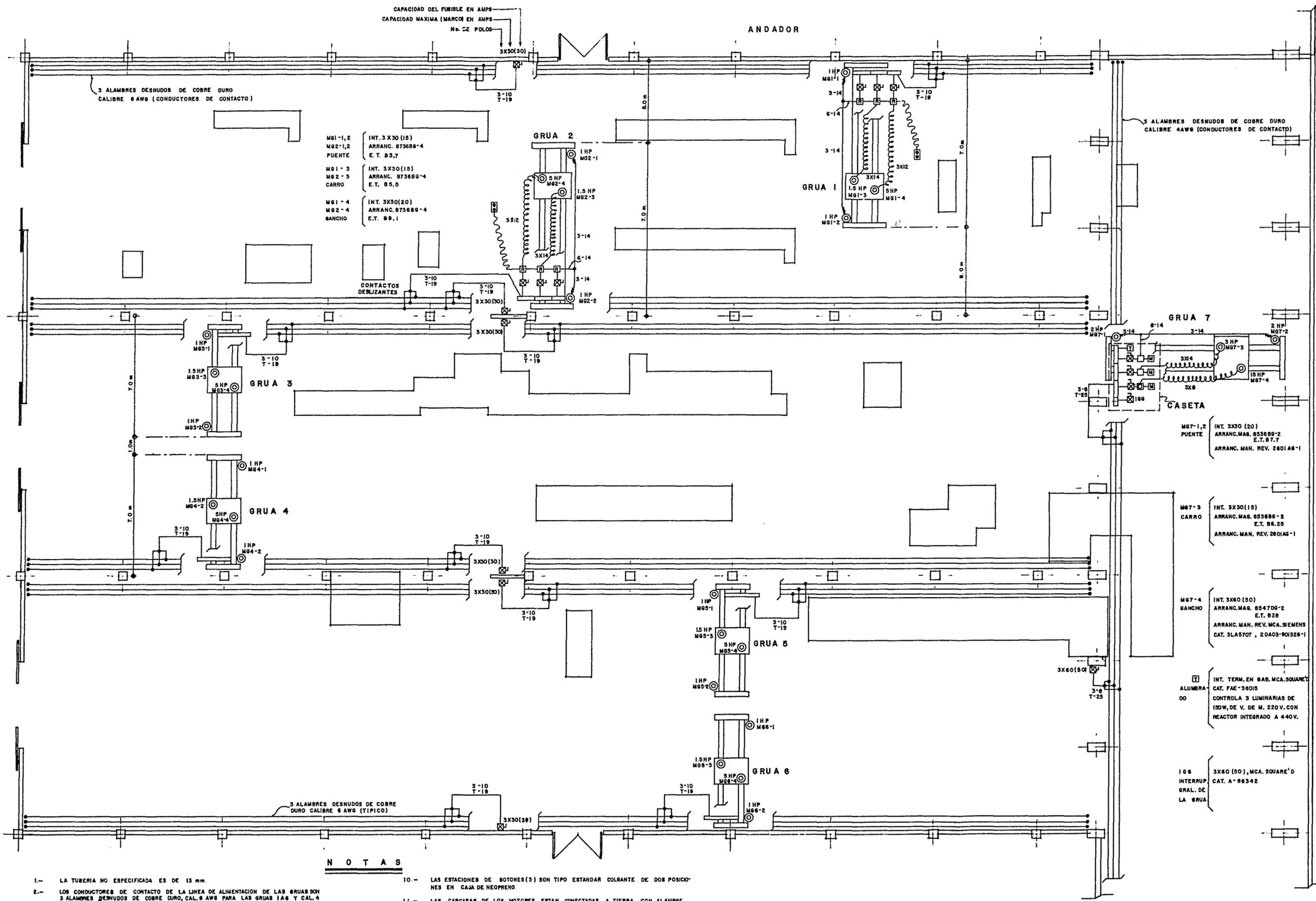
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA.		
TALLER MECANICO FUERZA		IE-4
ESCALA: 1:50	ADOTS: EN MTS.	FECHA:
REVISO:	PROYECTO	DISEÑO:



NOTAS

- 1.- PARA SIMBOLOS, ESPECIFICACIONES, Y NOTAS GENERALES, VER PLANO IE-9.
- 2.- PARA ESPECIFICACION DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION DE LOS MOTORES DE LAS MAQUINAS 10, 11 Y 12, ASI COMO LA ESPECIFICACION DE LOS TABLEROS TF-1, TF-2, TF-3, TFR-1 Y TFR-2, VER PLANOS IE-8 e IE-9, DIAG. UNIFILAR Y CUADRO DE CARGAS (RESPECTIV.)
- 3.- PARA FINES DE CLARIDAD DE DIBUJO DE LA INSTALACION, SE VARIO EN ALGUNOS CASOS LA UBICACION DE LOS REGISTROS DE PISO (DE MAMPOSTERIA), PARA UBICACION CORRECTA, VER PLANO IE-7 (ALIMENTADORES GENERALES)
- 4.- LA UBICACION PRECISA DE LOS MOTORES, SE DEFINIRA AL MOMENTO DE EJECUCION DE LA OBRA (EN BASES DE CONCRETO) ASI COMO LA SALIDA EXACTA DE LOS CONDUITS, LOS CUALES SOBRESALDRAN 10 cm. S N P.T.
- 5.- LA TRAYECTORIA DE LA TUBERIA ES INDICATIVA Y SE AJUSTARA SEGUN LAS NECESIDADES DE LA OBRA.
- 6.- LA TUBERIA NO ESPECIFICADA ES DE 13mm
- 7.- EL INTERRUPTOR 18-1 DE LA MAQUINA 10 ES EL GENERAL DE LA MISMA Y ASI SIMILARMENTE PARA LAS DEMAS MAQUINAS.
- 8.- LOS TUBOS, CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL PUEDEN OMITIRSE.
- 9.- PARA ESPECIFICACION DEL INTERRUPTOR Y ARRANQUE DE LOS MOTORES, VER PLANO IE-8 (UNIFILAR) e IE-9 (CUADRO DE CARGAS).

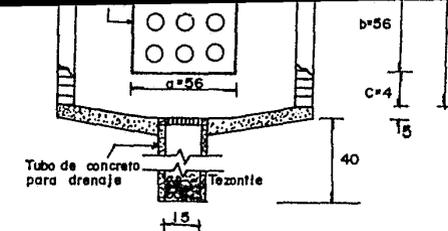
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL	
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA	
NAVE INDUSTRIAL FUERZA 440V	IE-5
ESCALA 1:100	FECHA: MARZO 1982



NOTAS

- 1.- LA TUBERIA NO ESPECIFICADA ES DE 13 mm.
- 2.- LOS CONDUCTORES DE CONTACTO DE LA LINEA DE ALIMENTACION DE LAS GRUAS SON 3 ALAMBRES DESNUDOS DE COBRE DURO, CAL. 6 AWG PARA LAS GRUAS 1 A 4 Y CAL. 4 AWG PARA LA GRUA 7, SOPORTADOS EN AISLADORES A CADA 6 m., SEPARADOS ENTRE SI 10 cm. Y SEPARADOS 10 cm. DE LA ESTRUCTURA.
- 3.- COMO LAS GRUAS 1, 2, 3, 4, 5 Y 6 SON IGUALES (PARA TON) LOS ELEMENTOS DE INSTALACION ELECTRICA (LOS QUE NO SE INDICAN) PARA LAS GRUAS 3, 4, 5 Y 6, SON IGUALES QUE LOS DE LAS GRUAS 1 Y 2.
- 4.- CON EL FIN DE APRECIAR LA INSTALACION ELECTRICA DE LAS GRUAS 1 Y 2 SE VARIO EN EL PLANO, LA LONGITUD DEL PUENTE, PERO ENTIENDASE QUE TIENEN LA MISMA DISPOSICION QUE LAS GRUAS 3 Y 4 O LAS GRUAS 5 Y 6.
- 5.- LA INSTALACION ELECTRICA DEBERA EFECTUARSE CONFORME A LAS NORMAS QUE PARA EL CASO ESTABLECE EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES EN VIGOR.
- 6.- PLANOS COMPLEMENTARIOS: IE-1, 2, 3, 4 Y 5.
- 7.- PARA SIMBOLOS, NOTAS Y ESPECIFICACIONES, VER PLANO IE-9 (CUADRO DE CARGAS).
- 8.- PARA ALIMENTACION DE LOS INTERRUPTORES GENERALES, VER PLANO IE-7 (ALIMENTADORES GENERALES).
- 9.- LA EDICION DE LAS DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACION ELECTRICA SE HAN HECHO CON REFERENCIA A LAS NORMAS DE LA CEN.
- 10.- LAS ESTACIONES DE BOTONES (S) SON TIPO ESTANDAR COLANTE DE DOS POSICIONES EN CAJA DE NEOPRENO.
- 11.- LAS CARCASAS DE LOS MOTORES ESTAN CONECTADAS A TIERRA CON ALAMBRE DE COBRE DESNUDO SEMIDURO, CAL. 12 Y ESTE SE CONECTA (POR MEDIO DE UNA EDCOBILLA) A UNA SOLERA DE COBRE DE 4X25 mm FIJADA A LO LARGO DEL RIEL DE LA GRUA Y CONECTADA A TIERRA CON CABLE DE COBRE DESNUDO SEMIDURO, CAL 10 EN DOS PUNTOS DE LA TRAYECTORIA DE LA SOLERA.
- 12.- EL MOTOR DEL GANCHO DE CADA GRUA LLEVA ACOPLADO UN FRENC ELECTROMAGNETICO DE TAMBOR, QUE OPERA AUTOMATICAMENTE AL INTERRUMPIRSE LA ENERGIA.
- 13.- CADA GRUA LLEVA UN INTERRUPTOR DE LIMITE PARA EL CARRO, GANCHO Y PUENTE RESPECTIVAMENTE PARA PROTEGER LOS MOTORES Y LA GRUA MISMA.
- 14.- EN LA GRUA 7, LOS ARRANC'S SON MARNET'S A TENSION PLENA, NO REVERSIBLES, DADO QUE ESTA FUNCION, SE HACE CON LOS ARRANCADORES MANUALES, DPO TAMBOR DESDE LA CASETA.
- 15.- LA TENSION DE LOS MOTORES ES DE 100V, PARA QUE EL OPERADOR DE LA GRUA PUEDA OPERAR LAS MANEBRAS CORRECTAMENTE EN REVERSO, DEBE QUE LE ESTE CONECTADO UN INTERRUPTOR DE TENSION EN LA CASETA.

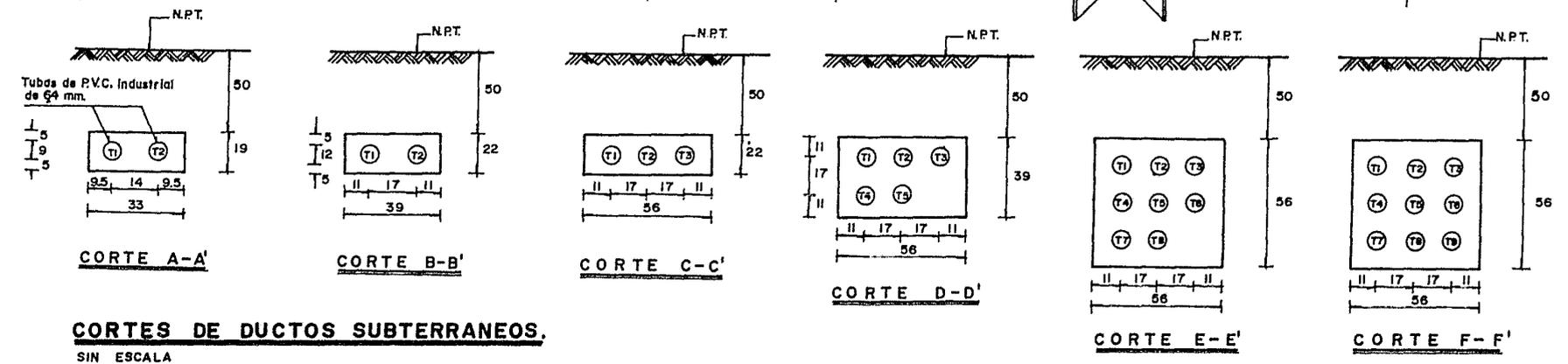
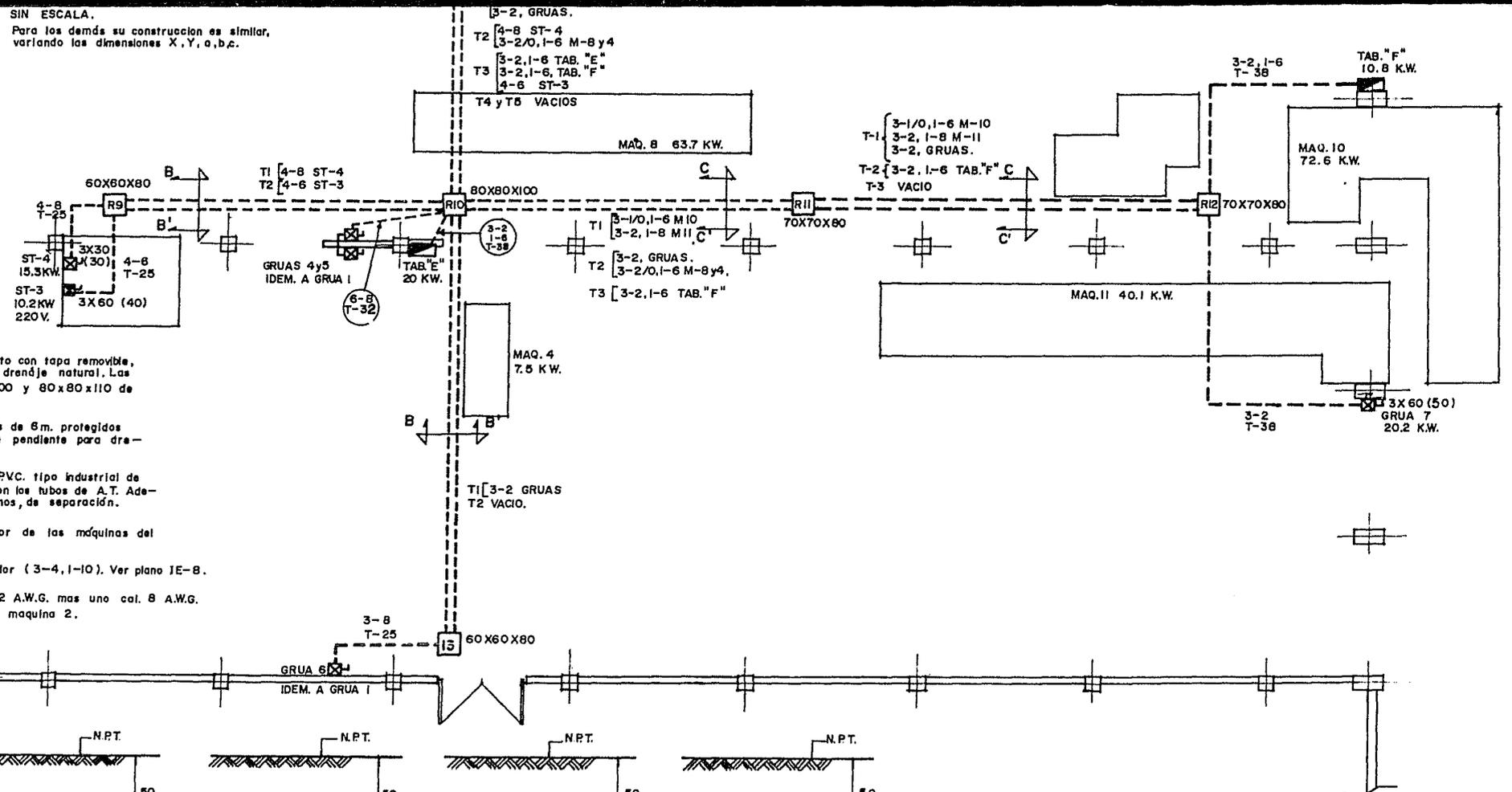
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA		
NAVE INDUSTRIAL GRUAS 440V.		
ESCALA: 1:100	FECHA: EN 1968	FECHA: MARZO 1968
PROYECTA:	PROYECTA:	PROYECTA:



SIN ESCALA.
Para los demás su construcción es similar, variando las dimensiones X, Y, a, b, c.

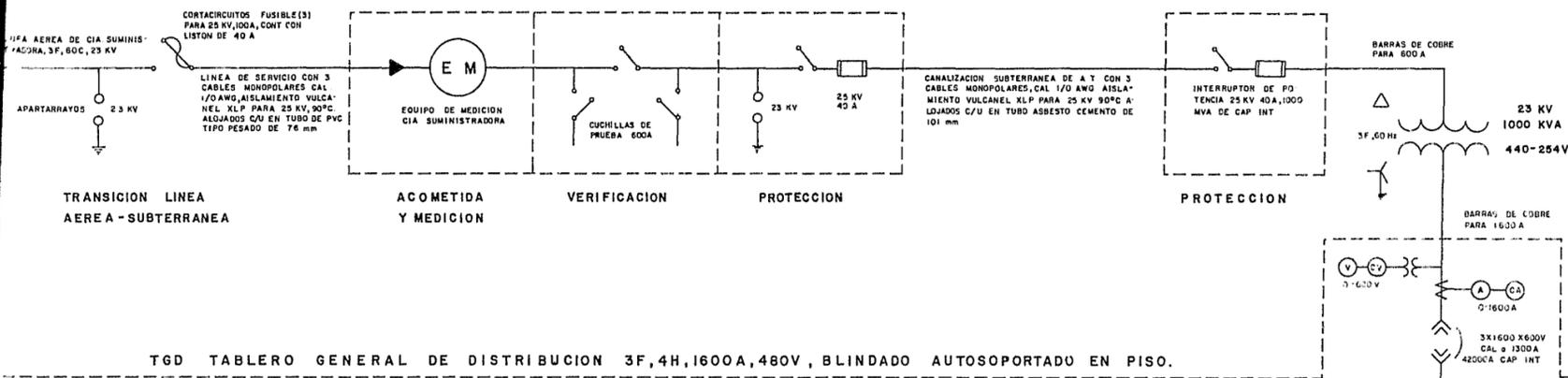
NOTAS

- 1.- Los registros son de mampostería y concreto con aplonado de cemento con tapa removible, marco y contramarco de fierro ángulo con tubo en el fondo para drenaje natural. Las dimensiones interiores son de 60x60x80, 70x70x80, 80x80x100 y 80x80x110 de profundidad. Ver dimensiones junto al registro.
- 2.- Los tubos subterráneos son de asbesto cemento de 101 mm. en tramos de 6m. protegidos contra daño mecánico por bloque de concreto ligero y con una cierta pendiente para drenaje. (0.5 %).
- 3.- Únicamente el tramo que contempla el corte A-A' lleva tubos de PVC. tipo industrial de 76 mm. con el fin de darles cierta flexibilidad cuando se cruzan con los tubos de A.T. Además aquellos quedarán encima de estos con unos 20 cm. al menos, de separación.
- 4.- El alimentador del tablero "B" va alojado junto con el alimentador de las máquinas del taller.
- 5.- Las máquinas M-3, 6, 7 y 9 se abastecen con el mismo alimentador (3-4, 1-10). Ver plano IE-8.
- * 6.- "T1 [3-2, 1-8, M-2]" indica: el tubo aloja 3 conductores calibre 2 A.W.G. mas uno cal. 8 A.W.G. que correspondan al alimentador de la máquina 2.



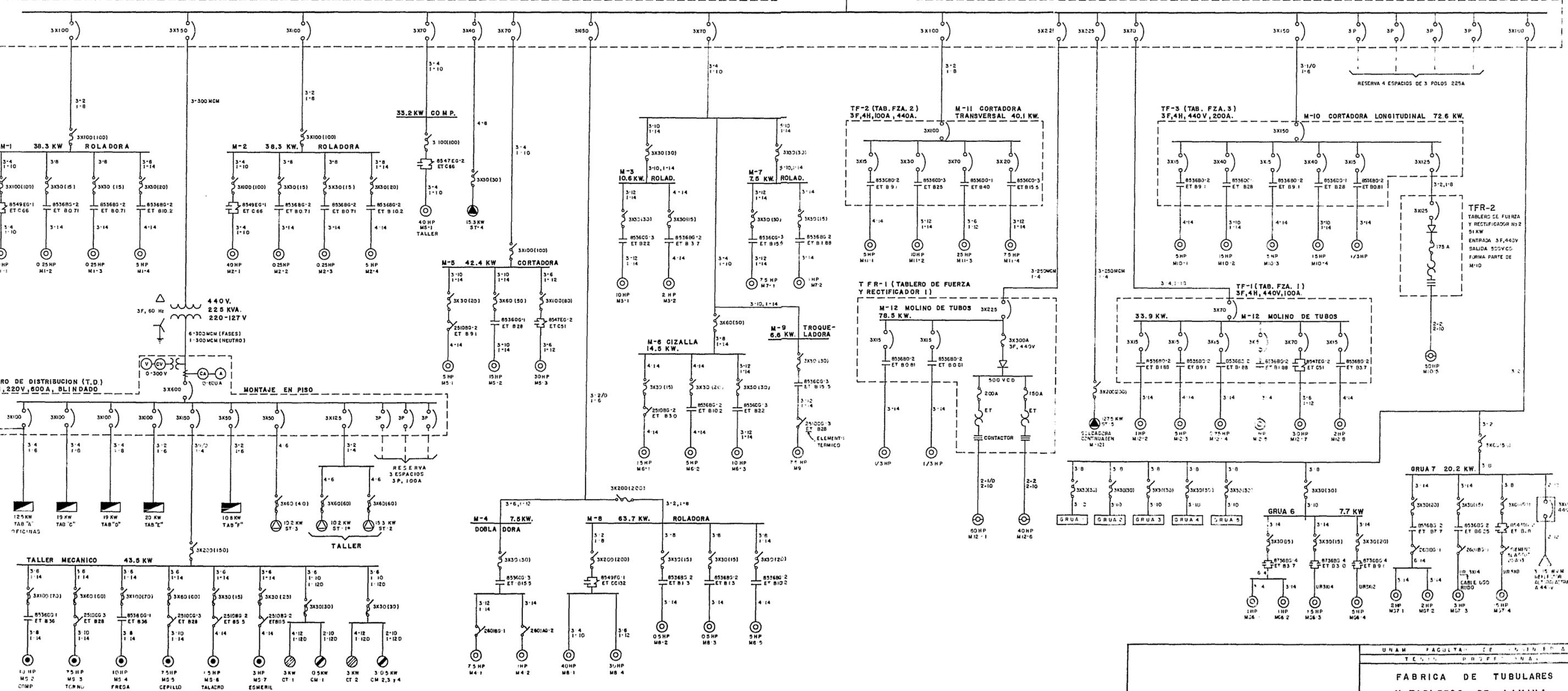
CORTES DE DUCTOS SUBTERRANEOS.
SIN ESCALA

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA.		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA.		
ALIMENTADORES GENERALES		IE-7
ESCALA: 1:100	ACOTA: EN CM.	FECHA: MARZO-1982
REVISO:	PROYECTO:	DIBUJO:



- NOTAS**
- 1 PARA ESPECIFICACION COMPLETA DE LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACION, VER PLANO IE-10.
 - 2 LA SALIDA TRIFASICA ST-1, CONTEMPLA UNA SOLDADURA DE 10.2 KW, IF, 2.20V, SE DEJO LA SALIDA EN 3 FASES CON NEUTRO, PUR SER MAS PRACTICA QUE LA SALIDA EN 2 FASES.
 - 3 LA INSTALACION ELECTRICA DE LAS GRUAS 1, 2, 3, 4 Y 5 ES IDENTICA A LA DE LA GRUA 6.
 - 4 LA ESPECIFICACION DADA DE LOS ARRANCADORES CORRESPONDE A LA MARCA SQUARE D, DE MEXICO.
- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
 VOLTMETRO
 AMPERMETRO
 COMUTADOR DE VOLTMETRO
 COMUTADOR DE AMPERMETRO

TGD TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 3F, 4H, 1600A, 480V, BLINDADO AUTOSOPORTADO EN PISO.



UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS DE GRADUACION
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA
DIAGRAMA UNIFILAR IE-8

CUADRO GENERAL DE MOTORES

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR				INTERRUPTOR		ARRANCADOR		ELEM. TERM.				
MOTOR	PLANO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	HP	VOLTS	AMR	ALIM.		CLASE	CAPAC.	CLASE Y TIPO	MCA. SQD. CAT.
M 3 - 1	IE-4	COMPRESORA	TALLER	40	440 C.A.	51.3	3-4	FUSIBLES	3X100 (100)	MAG. T.P.	8547 EG-2	C 66
M 3 - 2	"	COMPRESORA	"	10	220 C.A.	27.1	3-8	"	3X100 (100)	MAG. T.P.	8536 DG-1	B 36
M 3 - 3	"	TORNO	"	7.5	"	20.3	3-12	"	3X60 (60)	MANUAL T.P.	2510 CG-3	B 29
M 3 - 4	"	FRESA	"	7.5	"	27.1	3-8	"	3X100 (100)	MAG. T.P.	8536 DG-1	B 36
M 3 - 5	"	CEPILLO	"	7.5	"	20.3	3-12	"	3X60 (60)	MANUAL T.P.	2510 CG-3	B 29
M 3 - 6	"	TALADRO	"	1.5	"	4.3	3-14	"	3X30 (15)	"	2510 BG-2	B 55
M 3 - 7	"	ESMERIL	"	1.5	"	8.6	3-14	"	3X30 (25)	"	2510 BG-2	B 55
M 1 - 1	IE-5	FORMADORA	MAQ. 1 ROLADORA	40	440 C.A.	51.3	3-4	"	3X100 (100)	MAG. T.R. REV.	8549 EG-1	C 66
M 1 - 2	"	BOMBA ACEITE	"	0.25	"	0.5	3-14	"	3X30 (15)	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 071
M 1 - 3	"	BOMBA SOLUBLE	"	0.25	"	0.5	"	"	"	"	"	"
M 1 - 4	"	SIERRA	"	5	"	7.2	"	"	3X30 (20)	"	"	B 02
M 2 - 1	"	FORMADORA	MAQ. 2 ROLADORA	40	"	51.3	3-4	"	3X100 (100)	MAG. T.R. REV.	8549 EG-1	C 66
M 2 - 2	"	BOMBA ACEITE	"	0.25	"	0.5	3-14	"	3X30 (15)	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 071
M 2 - 3	"	BOMBA SOLUBLE	"	0.25	"	0.5	"	"	"	"	"	"
M 2 - 4	"	SIERRA	"	5	"	7.2	"	"	3X30 (20)	"	"	B 02
M 3 - 1	"	FORMADORA	MAQ. 3 ROLADORA	10	"	13.6	3-12	"	3X30 (15)	"	"	B 37
M 3 - 2	"	SIERRA	"	2	"	2.9	3-14	"	3X30 (15)	"	"	B 55
M 4 - 1	"	PRENSA	MAQ. 4 DOBLADORA	7.5	"	10.2	3-12	"	3X30 (30)	"	"	B 55
M 4 - 2	"	AJUSTE PRENSA	"	1	"	1.4	3-14	"	"	"	"	"
M 5 - 1	"	DESENROLLADOR	MAQ. 5 CORTADORA	5	"	7.2	"	"	3X30 (20)	MANUAL T.P.	2510 BG-2	B 91
M 5 - 2	"	CORTADORA	"	1.5	"	20.3	3-12	"	3X60 (150)	MAG. T.P.	8536 DG-1	B 29
M 5 - 3	"	ENROLLADOR	"	30	"	38.4	3-6	"	3X100 (80)	MAG. T.R. REV.	8549 EG-1	B 51
M 6 - 1	"	DESENROLLADOR	MAQ. 6 CIZALLA	1.5	"	2.2	3-14	"	3X30 (15)	MANUAL T.P.	2510 BG-2	B 91
M 6 - 2	"	CORTADORA DE HOJA	"	5	"	7.2	"	"	3X30 (20)	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 02
M 6 - 3	"	DE CINTA	"	10	"	13.6	3-12	"	3X30 (30)	"	"	B 02
M 7 - 1	"	FORMADORA	MAQ. 7 ROLADORA	7.5	"	10.2	3-12	"	3X30 (15)	"	"	B 55
M 7 - 2	"	SIERRA	"	1	"	1.4	3-14	"	3X30 (15)	"	"	B 55
M 8 - 1	"	FORMADORA	MAQ. 8 ROLADORA	40	"	51.3	3-4	"	3X100 (200)	MAG. T.R. REV.	8549 EG-1	C 66
M 8 - 2	"	BOMBA ACEITE	"	0.5	"	1.0	3-14	"	3X30 (15)	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 3
M 8 - 3	"	BOMBA SOLUBLE	"	0.5	"	1.0	"	"	"	"	"	"
M 8 - 4	"	FORMADORA	"	5	"	38.4	3-6	"	3X200 (200)	MAG. T.R. REV.	8549 EG-1	C 66
M 8 - 5	"	SIERRA	"	5	"	7.2	3-14	"	3X30 (20)	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 02
M 9 - 1	"	PRENSA	MAQ. 9 TROQUELADORA	7.5	"	10.2	3-12	"	3X30 (30)	"	"	B 55
M 9 - 2	"	DESENROLLADOR	MAQ. 10 CORT. LONG.	5	"	7.2	3-14	TERMOMAG	3X15	"	"	B 9
M 9 - 3	"	CORTADORA	"	15	"	20.3	3-6	"	3X40	"	"	B 9
M 10 - 1	"	ENROLLADOR GRILLA	"	5	"	7.2	3-4	"	3X15	"	"	B 9
M 10 - 2	"	BOMBA HIDRAULICA	"	15	"	20.3	3-12	"	3X40	"	"	B 28
M 10 - 3	"	ENROLLADOR CINTA	"	50	500 V.C.	76.5	2-2, 2-10	FUSIBLES	2-175 A	MAG. REV. T.R.	CUTLER HAMMER	B 28
M 11 - 1	"	DESENROLLADOR	MAQ. 11 CORT. TRANSV.	5	440 C.A.	7.2	3-4	TERMOMAG	3X15	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 28
M 11 - 2	"	BOMBA HIDRAULICA	"	10	"	13.6	3-6	"	3X30	"	"	B 40
M 11 - 3	"	ENDEZADOR	"	25	"	32.0	3-6	"	3X70	"	"	B 55
M 11 - 4	"	BANDA	"	7.5	"	10.2	3-12	"	3X20	"	"	B 55
M 12 - 1	"	FORMADORA	MAQ. 12 MOLINO TUBOS	60	500 V.C.	94.2	2-1/2, 2-10	FUSIBLES	2-200 A	MAG. REV. T.R.	CUTLER HAMMER	B 55
M 12 - 2	"	BOMBA SOLUBLE	"	1	440 C.A.	1.4	3-4	TERMOMAG	3X15	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 55
M 12 - 3	"	AGUA BIDESTILADA	"	5	"	7.2	"	"	"	"	"	B 55
M 12 - 4	"	COLECTOR REBABA	"	0.75	"	1.4	"	"	"	"	"	B 55
M 12 - 5	"	BOMBA ACEITE	"	1	"	1.4	"	"	"	"	"	B 55
M 12 - 6	"	CONFORMADORA	"	40	500 V.C.	66.3	2-2, 2-10	FUSIBLES	2-150 A	MAG. REV. T.R.	CUTLER HAMMER	B 55
M 12 - 7	"	COMPRESORA	"	30	440 C.A.	38.4	3-6	TERMOMAG	3X70	MAG. T.P.	8547 EG-2	C 51
M 12 - 8	"	BOMBA AGUA DURA	"	2	"	2.9	3-4	"	3X15	MAG. T.P.	8536 BG-2	B 37
M 13 - 1	IE-6	PUENTE	GRUA 1	1	"	1.4	3-4	FUSIBLES	3X30 (5)	MAG. REV.	8536 BG-4	B 37
M 13 - 2	"	"	"	1	"	1.4	"	"	"	"	"	"
M 13 - 3	"	CARRO	"	1.5	"	2.2	UR 3X14	"	3X30 (5)	"	"	B 30
M 13 - 4	"	GANCHO	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 5	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 6	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 7	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 8	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 9	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 10	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 11	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 12	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 13	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 14	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 15	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 16	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 17	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 18	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 19	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 20	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 21	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 22	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 23	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 24	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 25	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 26	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 27	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 28	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 29	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 30	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 31	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 32	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 33	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 34	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 35	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 36	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 37	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 38	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 39	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 40	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 41	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 42	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 43	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 44	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 45	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 46	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 47	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 48	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 49	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 50	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 51	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 52	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 53	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 54	"	"	"	5	"	7.2	UR 3X12	"	3X30 (20)	"	"	B 81
M 13 - 55												

TABLERO "A" MCA SQUARE D. CAT. NQ014 - 4ABF, 3F, 4H, 220V OFICINAS IE-1

CIRC	WATTS POR CIRC						AMPS	ALIM	INT TERM	WATTS POR FASE			DIAGRAMA TRIFILAR	
	2X74W	2X38W	100W	100W	150W	200W				A	B	C		
A 1	10						1750	15.9	2-12	1X20	1750			
A 2	2			5			1270	11.5	2-12	1X20		1270		
A 3		12	1				1000	9.1	2-12	1X15	1000			
A 4							1355	12.1	2-12	1X20			1355	
A 5		13	1				1345	12.2	2-12	1X20			1345	
A 6		11	1				570	5.2	2-12	1X15		570		
A 7		6					1400	12.7	2-12	1X20		1400		
A 8							1400	12.7	2-12	1X20		1400		
A 9							600	5.5	2-12	1X15	600			
A 10							600	5.5	2-12	1X15	600			
A 11							600	5.5	2-12	1X15	600			
TOTAL	2	52	3	5	4	4	12510	38.7	4-4	3X20	3950	4480	4080	

TABLERO "B" MCA SQUARE D. CAT. QO-8S, 1F, 3H, 220V SERVICIOS IE-2

CIRC	WATTS POR CIRC						AMPS	ALIM	INT TERM	F A S E S			DIAGRAMA BIFILAR
	2X74W	2X38W	1X40W	75W	100W	150W				A	B	C	
B 1	6						1110	10.1	2-12	1X15	1110		
B 2	6						800	7.3	2-12	1X15	800		
B 3			8				800	7.3	2-12	1X15	800		
B 4					4		1450	13.2	2-12	1X20	1450		
B 5				14			1370	12.5	2-12	1X20	1370		
B 6		8					6640	30.8	3-6	3X100	3360	3280	
TOTAL	12	6	8	14	2	4	6640	30.8	3-6	3X100	3360	3280	

6. LOS INTERRUPTORES DE SEGURIDAD CON FUSIBLES, TIENEN DESCONECTOR DE NAVAJAS, SON SERVICIO PESADO, TIRO SENCILLO EN GABINETE NEMA 1.
7. LAS ESTACIONES DE BOTONES DE LOS MOTORES DEL TALLER, SON TIPO ESTANCAR Y EN LA NAVE SON TIPO PESADO, EN CAJA NEMA 1, Y NEMA 13 A PRUEBA DE ACEITE EN LAS ROLADORAS, EN LAS GRUAS OPERADAS DESDE EL PISO, SERAN NEMA 3R EN CAJA DE NEOPRENO
8. LOS CONDUITS POR PISO AL DESEMBOCAR, SOBRESALDRAN 10cm DEL PISO Y SE CONECTARA AL MOTOR CON TUBO FLEXIBLE METALICO PARA AMORTIGUAR VIBRACIONES Y FACILIDAD DE CONEXION EN LAS MAQUINAS DONDE HAY PRESENCIA DE LIQUIDOS (ACEITE, SCLUBLE, AGUA, ETC) EL TUBO FLEXIBLE TENDRA UN FORRO DE POLIETILENO (LIQUATITE) Y CONECTORES A PROPIADOS
9. LOS REGISTROS DE CONEXIONES SE HARAN CON CAJA CUADRADA GALVANIZADA EN LA TUBERIA OCULTA (EN PLAFON, EMBEBIDA EN CONCRETO, ETC) Y CON CONDULET EN LA TUBERIA QUE VAYA VISIBLE (APARENTE) COMO EN LA ESTRUCTURA, TALLER, ETC.
10. EN LA TUBERIA METALICA DEJAR COMO MAXIMO 2 CURVAS A 90° ENTRE 2 SALIDAS CONTIGUAS
11. LA ALTURA DEL DUCTO CUADRADO EN LA NAVE Y TALLER SERA DE 2.50 m SN PT
12. PARA SEGURIDAD DEL PERSONAL QUE LABORE EN LA PLANTA, TODOS DEBEN USAR EQUIPO DE TRABAJO APROPIADO, DESTACANDO: BOTAS IMPERMEABLES A LIQUIDOS, CON HULE ANTI-DERRAPANTE, GUANTES Y CASCO
13. EN CASO DE FALLA DE ALGUN EQUIPO, EL PERSONAL PODRA PROCEDER A SU REPARACION, PREVIA AUTORIZACION DEL ING. DE MANTENIMIENTO.
14. LOS INTERRUPTORES DE SEGURIDAD A 440V. Y QUE ESTEN AL ALCANCE, DEBEN TENER ESCRITO EN LA TAPA "440 V".

TABLERO DE FUERZA CONTENIENDO RECTIFICADOR 440 VCA / 500V C.D.

TUBERIA POR PLAFON, LOSA O ESTRUCTURA

TUBERIA POR PISO, COLADA EN CONCRETO O SUBTERRANEA

REGISTRO EN PISO PARA BT ALIMENTADORES 440-220V

REGISTRO EN PISO PARA A.T. (25 KV)

CANALIZACION SUBTERRANEA DE D.T. CON TUBOS ASBESTO-CEMENTO

" " " A.T. (25 KV) CON TUBOS ASD-CEM

TUBO METALICO FLEXIBLE

CABLE DE COBRE USO RUDO, TRIPOLAR, AISLAM 000V

CABLE MULTICONDUCTOR PARA CONTROL, 12H, CAL 18.

DUCTO METALICO CUADRADO EMBISAGRADO DE 15X15cm.

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO INTEGRADO EN TABLERO.

" ELECTROMAGNETICO " " " GENERAL A 440V.

" DE POTENCIA, VER ESPECIF. EN PLANO IE-10.

CUCHILLA TRIPOLAR, SECCIONADORA (VER PLANO IE-10)

APARTARRAYOS AUTOVALVULAR (VER PLANO IE-10)

*TRANSFORMADOR (VER ESPECIFIC EN PLANO IE-10)

BALANCEO CARGAS DE ALIMENTACION

TAB.	WATTS POR FASE			TOTAL
	A	B	C	
A	3950	4480	4080	12510
B	3360		3280	6640
C	6449.5	6247.5	6248	18945
D	6449.5	6247.5	6248	18945
E	6525	6795.5	6719	20037.5
F	3800	3800	3225	10825
	30,534	27,568.5	29,800	87,902.5

DESBALANCEO ENTRE FASES:
30534 - 27568.5 = 9.7%*

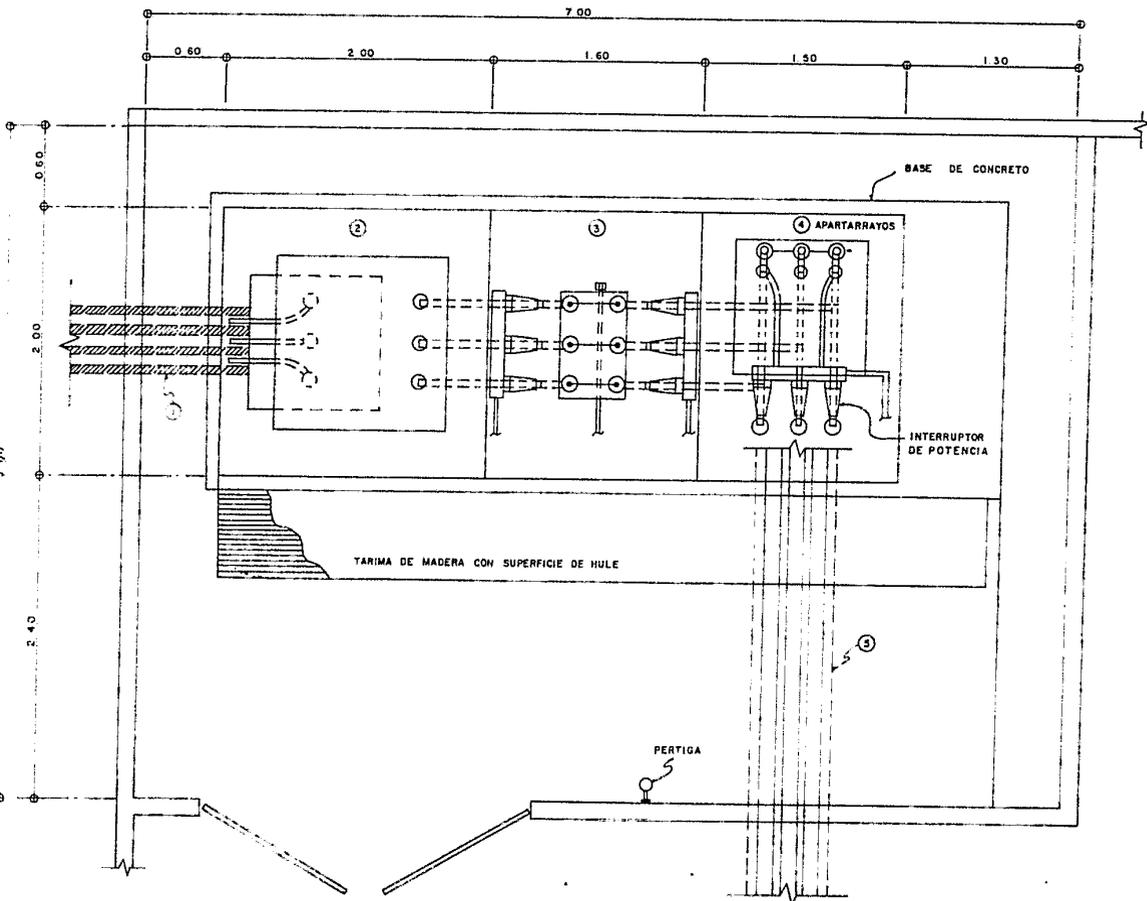
* LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES HAN SIDO CALCULADOS, TOMANDO EN CUENTA QUE EL DESBALANCEO ES MAYOR DEL 5%.

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

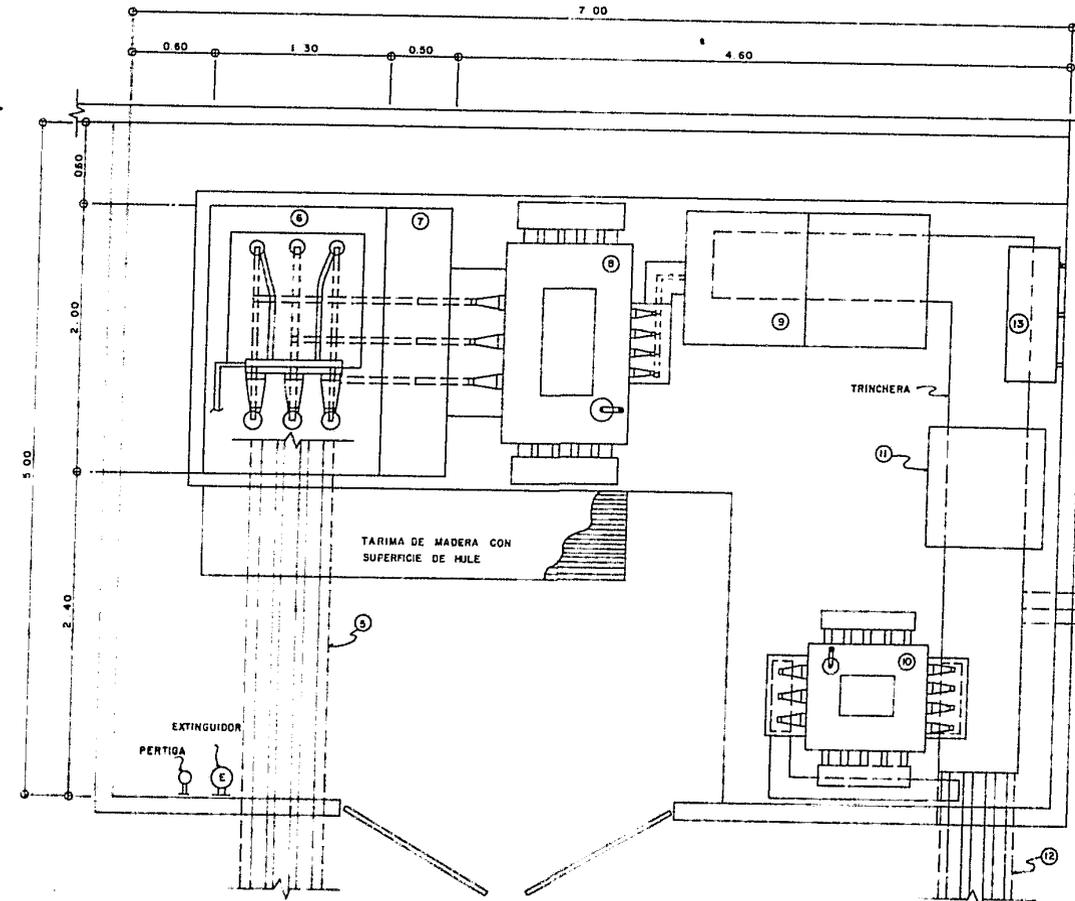
FABRICA DE TUBULARES
Y TABLEROS DE LAMINA

CUADRO DE CARGAS IE-9

ESCALA: 3/E ACOTS. FECHA: MARZO 1983
REVISO: PROYECTO DIBUJO



ACOMETIDA - PLANTA



SUBESTACION - PLANTA

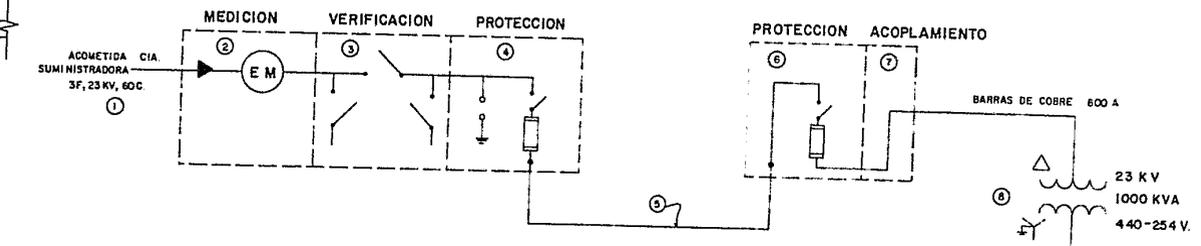
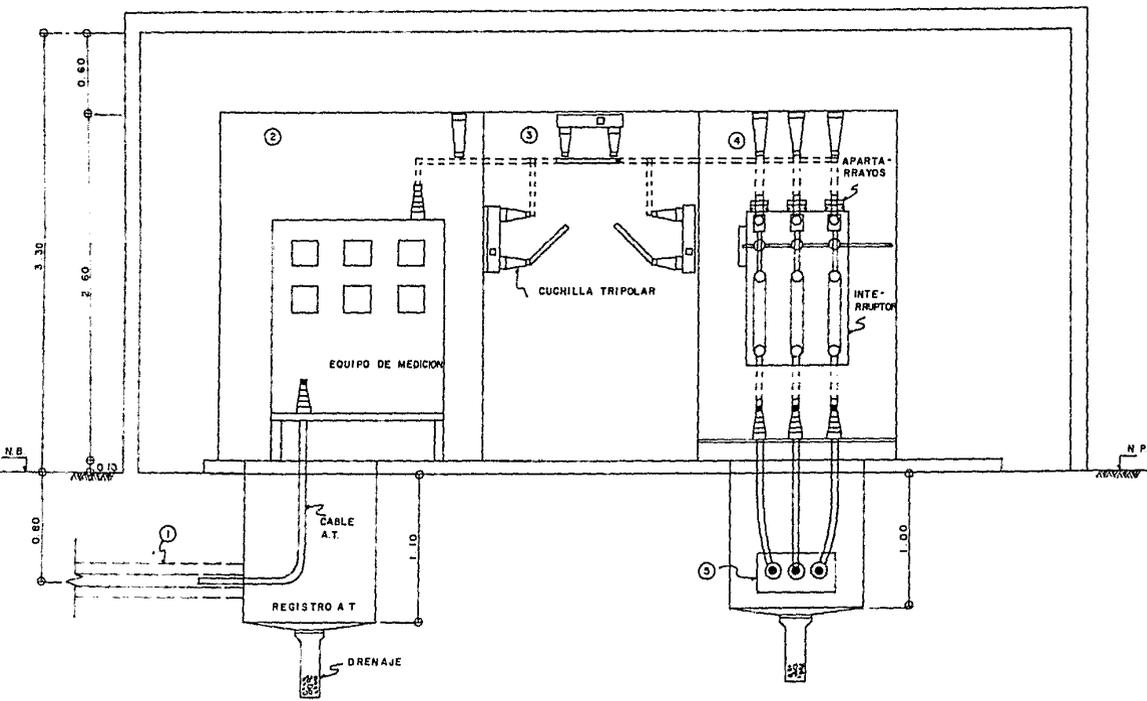


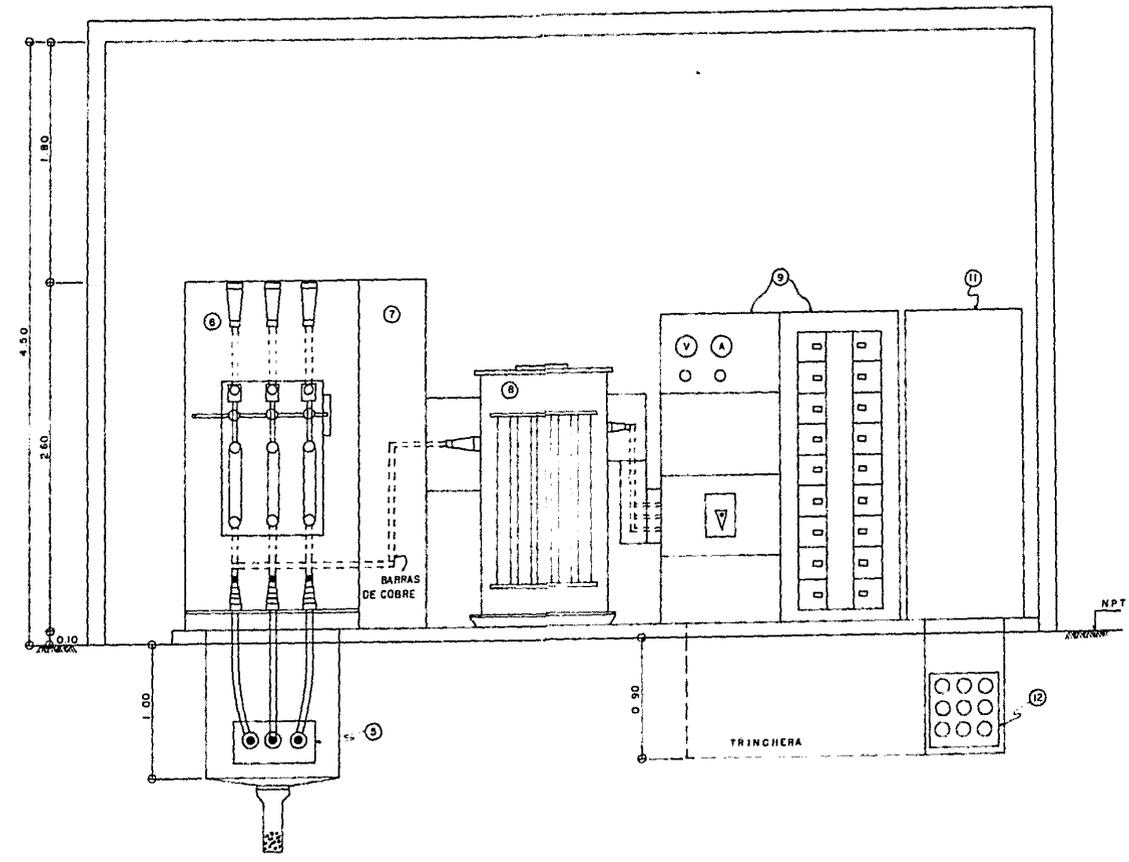
DIAGRAMA UNIFILAR
SUBESTACION INTERIOR COMPACTA 1000 KVA. 3 F, 60 C, 23 KV/ 440V.

ESPECIFICACIONES

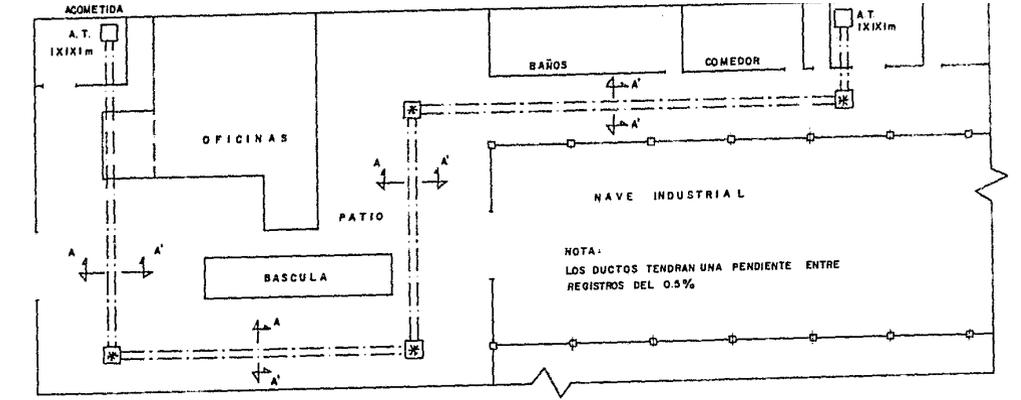
- ① LINEA SUBTERRANEA DE A T (ACOMETIDA) VER PLANO IE-8
- ② SECCION DE MEDICION (TRANSICION SUBTERRANEA-AEREA Y EQUIPO DE MEDICION CIA SUM)
- ③ " " VERIFICACION (3 JGOS DE CUCHILLAS TRIPOLARES, 1 DE PASO Y 2 DE PRUEBA)
- ④ " " PROTECCION (INTERRUPTOR EN AIRE Y 1 JGO DE 3 APARTARRAYOS)
- ⑤ LINEA SUBTERRANEA DE A T (CONEXION DE ACOMETIDA CON SUBESTACION)
- ⑥ SECCION DE PROTECCION (INTERRUPTOR DE POTENCIA EN AIRE)
- ⑦ " " ACOPLAMIENTO (CONECTA INTERRUPTOR CON TRANSFORMADOR)
- ⑧ TRANSFORMADOR EN ACEITE 1000 KVA, 23 KV/440V
- ⑨ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 440V
- ⑩ TRANSFORMADOR EN ACEITE 225 KVA 440V/220V
- ⑪ TABLERO DE DISTRIBUCION 220V
- ⑫ LINEA SUBTERRANEA DE B T (440, 220, 127 V) VER PLANO IE-7
- PARA CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO Y MATERIALES, VER MEMORIA DE CALCULO, PARA EL SISTEMA DE TIERRAS, VER PLANO IE-11
- ⑬ BANCO DE CAPACITORES (5 DE 42 KVAR) 3F, 440V



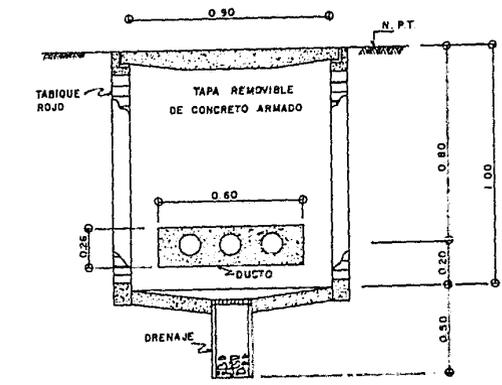
ACOMETIDA - ELEVACION



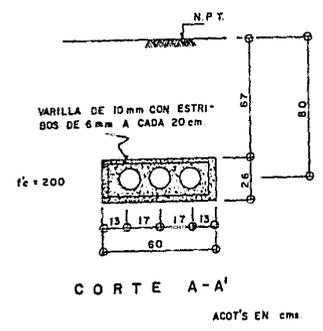
SUBESTACION - ELEVACION



CONJUNTO ACOMETIDA - SUBESTACION
ESCALA: 1:250



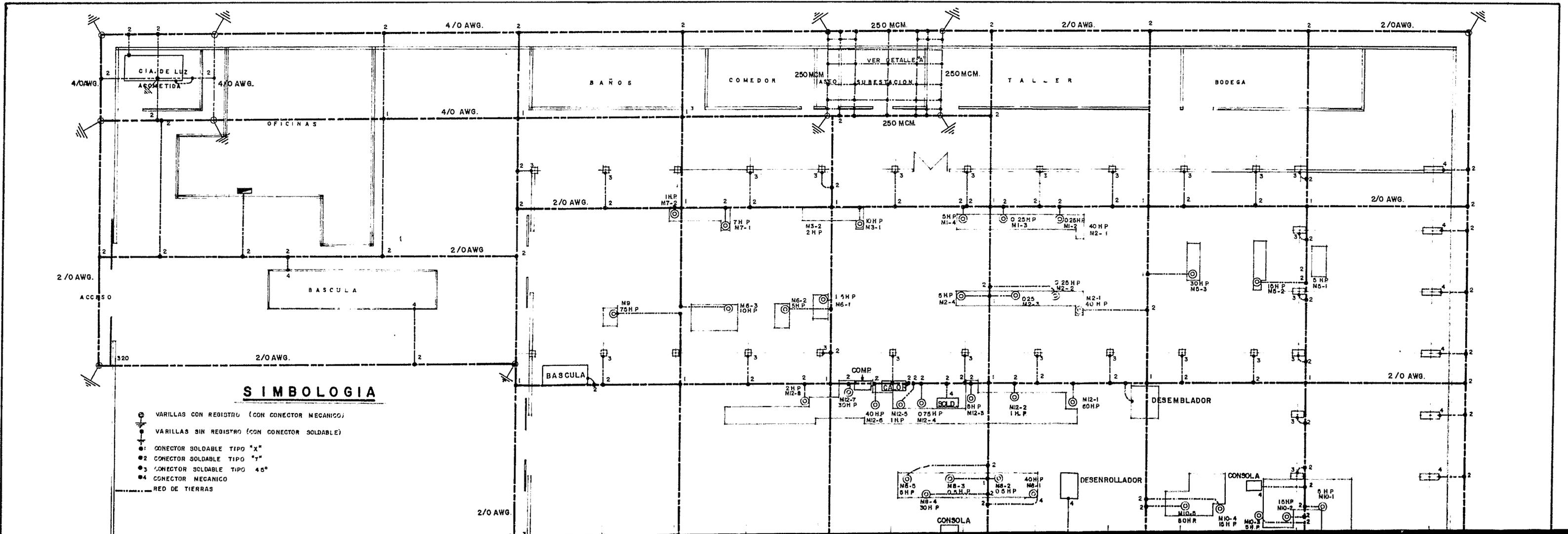
CORTE REGISTRO A.T.
TABIQUE ROJO REFORZADO CON CONCRETO



CORTE A-A'
ACOT'S EN cms.

SIN ESCALA

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA		
SUBESTACION 1000 KVA		IE - 10
23 KV / 440 - 254V, 3 F, 60C.		
ESCALA INDICADA	ACOT'S MTS	FECHA MARZO 1983
REVISO:	PROYECTO	DIBUJO



CIA. DE LUZ
ACOMETIDA

OFICINAS

BAÑOS

COMEDOR

VER DETALLE A

TALLER

BODEGA

BASCULA

BASCULA

DESEMBLADOR

DESENROLLADOR

CONSOLA

CONSOLA

ACCESO

320

250 MCM

2/0 AWG.

2/0 AWG.

4/0 AWG.

4/0 AWG.

2/0 AWG.

2/0 AWG.

2/0 AWG.

2/0 AWG.

2/0 AWG.

250 MCM

250 MCM

250 MCM

1HP M7-2

7HP M7-1

M3-2 2HP

10HP M3-1

5HP M1-4

0.25HP M1-3

0.25HP M1-2

40HP M2-1

30HP M0-3

10HP M0-2

5HP M0-1

M9 75HP

M6-3 10HP

M6-2 5HP

1.5HP M6-1

5HP M2-4

0.25HP M2-3

2.25HP M2-2

M2-1 40HP

2HP M12-6

M12-7 30HP

40HP M12-5

0.75HP M12-4

1HP M12-3

8HP M12-2

60HP M12-1

M8-5 5HP

M8-4 30HP

M8-3 0.5HP

M8-2 0.5HP

M8-1 40HP

M10-4 50HP

M10-3 15HP

M10-2 15HP

M10-1 5HP

COMP

GA. 0.5

SOLD.

BHP

M12-2 1HP

60HP

M10-4 50HP

M10-3 15HP

M10-2 15HP

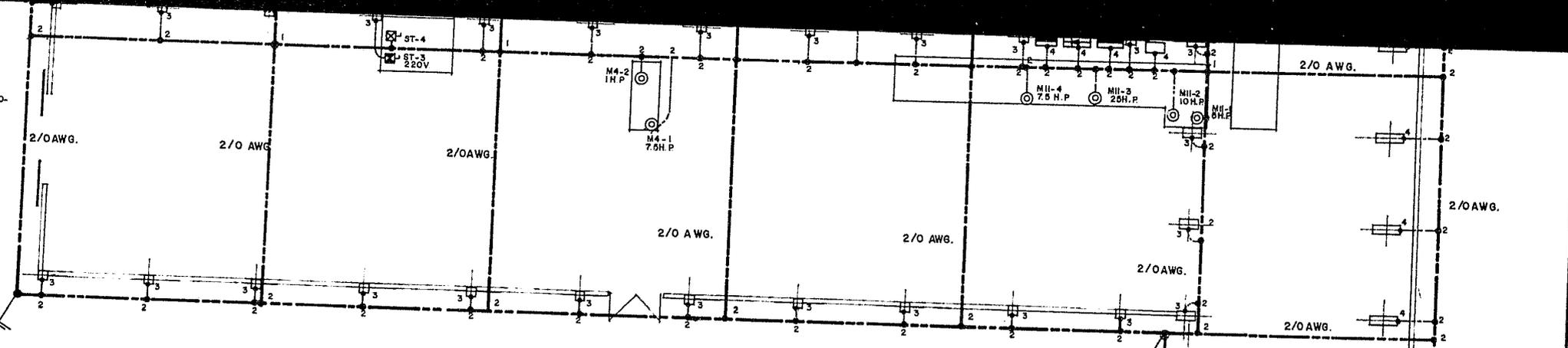
M10-1 5HP

NOTAS

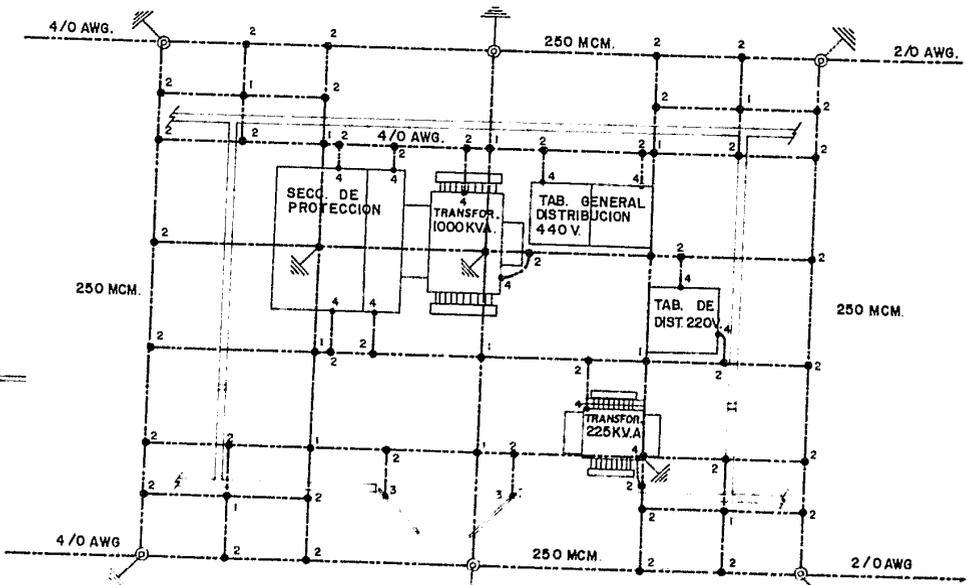
- 1- LA RESISTENCIA A TIERRA DEL SISTEMA DEBERA SER MENOR DE 5 OHMS. EN CASO CONTRARIO AÑADIR VARILLAS DE TIERRA SIN REGISTRO, ESTA RESISTENCIA DEBERA COMPROBARSE CON UN PROBADOR DE RESISTENCIA ANTES DE CERRAR LA ZANJA.
- 2- LA PROFUNDIDAD DE LA RED PRINCIPAL SERA DE 0.6 m BAJO EL NIVEL DEL TERRENO.
- 3- EL CABLE DE LA MALLA PRINCIPAL SERA DE COBRE DESNUDO SEMIDURO, TRENZADO CALIBRE 2/0 AWG.
- 4- LOS TABLEROS DE ALUMBRADO DEBERAN DE CONECTARSE A TIERRA CON CABLE 2 A.W.G.
- 5- LOS TABLEROS DE FUERZA PARA MOTORES CON CORRIENTE NORMAL HASTA 300 AMP SE CONECTARAN A TIERRA CON CABLE 2/0 AWG.
- 6- EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DEBERA CONECTARSE A TIERRA A TRAVES DE UN ELECTRODO DE 3 m. DE LONGITUD ESTE PODRA ESTAR UNIDO CON LOS RESTANTES QUE CONSTITUYEN LA RED.
- 7- CADA APARTARRAYOS DEBERA CONECTARSE DIRECTAMENTE A UN ELECTRODO QUE DEBERA ESTAR JUNTO A LA BASE DEL MISMO. ESTE ELECTRODO PODRA ESTAR UNIDA CON LOS DEMAS ELECTRODOS RESTANTES QUE CONSTITUYEN LA MALLA.
- 8- DEBERA USARSE CONEXION CADWELD SOLDABLE EN TODAS LAS PARTES SUBTERRANEAS DE LA MALLA.
- 9- PARA LAS CONEXIONES EXTERIORES (NO SUBTERRANEAS) SE USARAN CONEXIONES CADWELD - SOLDABLES CONEXIONES MECANICAS MARCA "BURNDY" O SIMILAR.
- 10- PARA LA PUESTA A TIERRA DE CARCASAS DE MOTORES CONSULTAR LA SIGUIENTE TABLA DE NORMAS TECNICAS PARA INST. ELECTRICAS

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE NO MAYOR DE (AMPERS)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA C O B R E
1.5	1.4
2.0	1.4
3.0	1.4
4.0	1.2
5.0	1.0
10.0	1.0
20.0	8
40.0	6
60.0	4
80.0	2
100.0	1/0
120.0	2/0
160.0	4/0
200.0	250 MCM

- 11- LAS CANALIZACIONES COMO TUBO CONDUIT, DUCTO CUADRADO, TUBO FLEXIBLE ETC DEBERAN SER PUESTAS A TIERRA EN EL LUGAR MAS CERCANO AL PUNTO DE ALIMENTACION
- 12- LAS COLUMNAS Y ESTRUCTURAS METALICAS DEBERAN SER ATERIZADAS



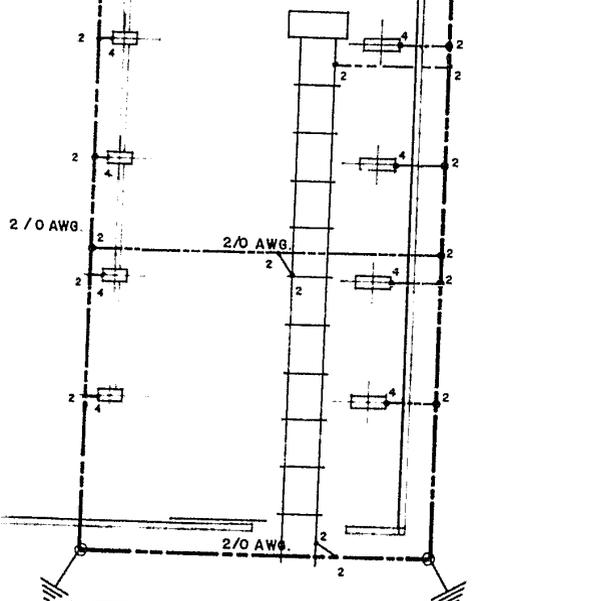
DETALLE "A"



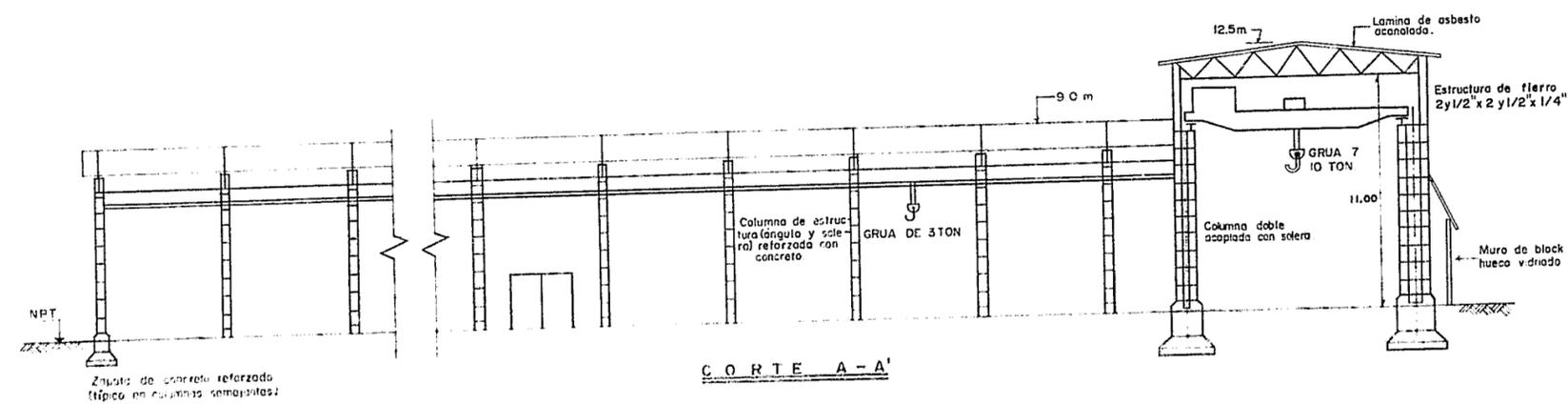
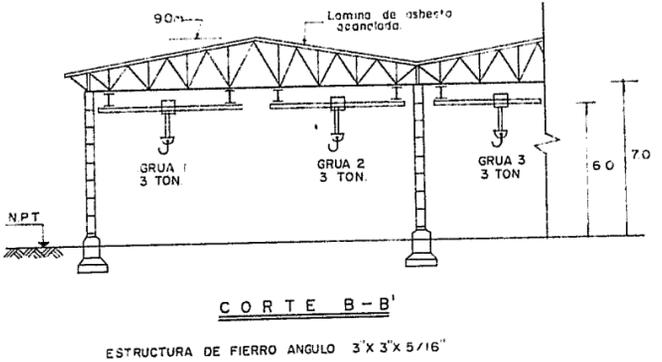
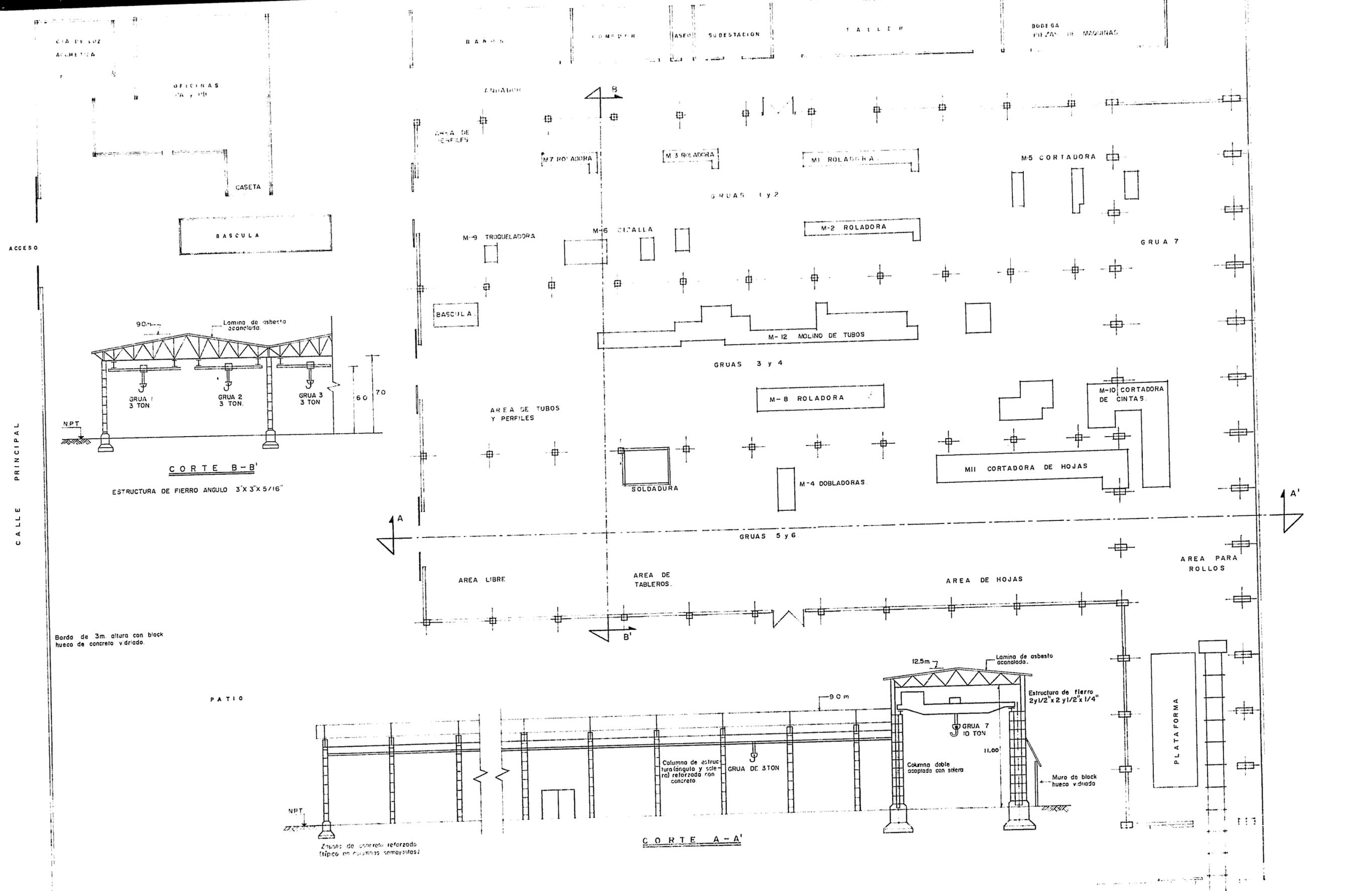
RED DE TIERRAS DE LA SUBSTACION

TODA LA RED DE LA S E SERA DE CABLE 250 MCM

ESC 1:50



UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA.		
SISTEMA GENERAL DE TIERRAS IE-II		
ESCALA: 1:50	ACOT	FECHA
PROYECTO	DIBUJO	REVISO



NOTAS:

1. Estructuras de acero y concreto reforzado.
2. Estructuras de acero reforzado.
3. Estructuras de concreto reforzado.
4. Estructuras de acero y concreto reforzado.
5. Estructuras de acero y concreto reforzado.
6. Estructuras de acero y concreto reforzado.
7. Estructuras de acero y concreto reforzado.
8. Estructuras de acero y concreto reforzado.
9. Estructuras de acero y concreto reforzado.
10. Estructuras de acero y concreto reforzado.

PLANOS DE INSTALACION ELECTRICA

1. Red de distribución de energía eléctrica.

2. Red de distribución de energía eléctrica.

3. Red de distribución de energía eléctrica.

4. Red de distribución de energía eléctrica.

5. Red de distribución de energía eléctrica.

6. Red de distribución de energía eléctrica.

7. Red de distribución de energía eléctrica.

8. Red de distribución de energía eléctrica.

9. Red de distribución de energía eléctrica.

10. Red de distribución de energía eléctrica.

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
FABRICA DE TUBULARES Y TABLEROS DE LAMINA	
PLANO ARQUITECTONICO	PA-1