

24 19

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"



"PROYECTO DE ELECTRIFICACION INDUSTRIAL EN BAJA TENSION
PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE GASES DEL AIRE"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

GERMAN TRINIDAD NAVARRO ESPINOSA

CUAUTITLAN. EDO. DE MEXICO 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

I N D I C E

	Pag.
Exposición de motivos	1
CAPITULO I.-Descripción del Proceso de Producción de Gases del Aire	3
1.1.-Características de Producción de la Planta en estudio.	3
1.2.-Equipo de Proceso.	5
1.3.- Tamiz Molecular.	6
1.4.- Sistema de Refrigeración a base de Amoniaco.	7
1.5.- Turbinas de Expansión.	8
1.6.- Columna de Rectificación .	9
1.7.- Panel de Control y Equipos de Analisis.	10
1.8.- Tanques de Almacenamiento	10
1.9.- Equipo de Distribución.	11
B i b l i o g r a f í a .	11
CAPITULO II.-Sistemas de Alumbrado.	
2.1.- La Luz	13
2.2.- Terminología y Medidas de la Luz	14
2.3.- Curvas de Distribución	19
2.4.- Características de las Fuentes luminosas	
Incandescentes	29
- Fluorescentes	36
2.5.- Proyecto de la Instalación de Alumbrado de la Planta productora de Gases del Aire.	41
2.6.- Circuitos de alumbrado.	74
B i b l i o g r a f í a	85
CAPITULO III.-Proyecto del Sistema de Fuerza.	
3.1.- Aspectos Generales.	86
3.2.- Cálculo de Alimentadores.	90

3.3.- Centros de Control de Motores (CCM)	98
3.4.- Lista de Motores de la Planta en Estudio	116
3.5.- Distribución de los motores en CCM's	120
3.6.- Transformador de Potencia	128
3.7.- Cálculo del transformador de Potencia.	134
3.8.- Subestación Eléctrica.	137
3.9.- Cálculo para protección de Corto Circuito.	143
3.10.- Propósito de los Cálculos.	151
3.11.- Método Porcentual de Cálculo de Corto Circuito	160
3.12.- Selección del Equipo de Protección de acuerdo al Calculo de Corto Circuito	173
3.13.- Tablas de Corriente de Corto Circuito.	176
COSTO DEL PROYECTO	181
LISTA DE MATERIALES DEL PROYECTO	184
B i b l i o g r a f í a	193
C O N C L U S I O N E S	195

EXPOSICION DE MOTIVOS.

Debido al acelerado crecimiento de la industria en general y consecuentemente a las necesidades de electrificación cada vez de mayor magnitud y complejidad, se vuelve así necesario el hecho de planear y dimensionar con mejores métodos y mayor visión los Sistemas de Electrificación, que permitan satisfacer óptimamente tales demandas.

Dada la universalidad del empleo de la Energía Eléctrica - en la aplicación hacia máquinas o dispositivos que son capaces de traducir este tipo de energía en otros muchos, tales como trabajo mecánico, calor, Luz, etc,etc., y también puesto que el fluido eléctrico resulta ser más barato de producir, transportar y controlar, de ahí la importancia del Diseño e implementación adecuados de los Sistemas de Electrificación a Nivel Industrial.

Por todo lo anterior el enfoque de esta tesis se hará hacia el estudio de los requerimientos de energía eléctrica a nivel industrial, así como el diseño y selección de los elementos - que la conducen, distribuyen y controlan.

Todo el estudio mencionado se aplicará específicamente a una planta Productora de Gases del Aire, cuya descripción se muestra durante el capítulo I.

En el Capítulo II que se refiere a el estudio de iluminación, se inicia la exposición del mismo realizando un planteamiento de los tipos de alumbrado.

Posteriormente se implementa la terminología, curvas de distribución de alumbrado y características de las luminarias tanto incandescentes como fluorescentes.

Una vez sentadas las bases se inicia el proyecto de la instalación del sistema de alumbrado de la planta productora de gases del aire.

Por otro lado en el capítulo III se analizan los aspectos importantes para el proyecto del sistema de fuerza de la planta en cuestión. Al igual que en el capítulo II se realiza un planteamiento gradual y sistemático de las herramientas de cálculo necesarias, para posteriormente aplicarlas de lleno al caso estudiado.

En este último capítulo se ha incluido la información más reciente de fabricantes de equipo Eléctrico Industrial, así como se han resumido las experiencias de cálculo de firmas de Ingeniería en las ramas de proyectos electromecánicos.

Finalmente se concluye este trabajo con la recopilación de los costos de los materiales y equipos involucrados en el proyecto en cuestión.

CAPITULO I

"DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE GASES DEL AIRE".1.1.- CARACTERISTICAS DE PRODUCCION DE LA PLANTA EN ESTUDIO:

Producción de Oxígeno Gaseoso	140 M ³ /hora.
Pureza	99.6%.
Producción de Oxígeno Líquido	2400 M ³ /hora.
Pureza	99.7%.
Producción de Nitrógeno Gaseoso:	2000 M ³ /hora.
Pureza	3Partes por Millón de O ₂ .
Producción de Nitrógeno Líquido:	550 M ³ /hora.
Pureza	3 p.p.m. de O ₂ .
Producción de Argón Líquido	80 M ³ /hora.
Pureza	10 p.p.m. de O ₂ .
Cantidad de Aire	17,800 M ³ /hora.
Presión del Aire a la Entrada de la Sección de Baja Temperatura:	47.2 Atm. Abs.

Dicha planta situada en el estado de México se encuentra -
a una altitud de 2,240 Mts. S.N.M.

Para poder procesar las cantidades descritas anteriormente
la planta requiere de los siguientes servicios.

a) SISTEMA ELECTRICO.

Consiste de una Subestación en Alta tensión, en donde se -
recibe electricidad a 23,000 Volts. de la Compañía de Luz y -
Fuerza y donde esta Compañía tiene instalados sus equipos de-
medición, de ahí pasa a la subestación de "baja tensión" en-
donde se alojan los transformadores de Potencia que proporcio-
nan Voltajes a 440 y 220 Volts., pasando al cuarto eléctrico-

de la planta, desde donde se distribuye a todos y a cada uno de los motores, resistencias, controles, sistema de alumbrado etc., de la misma.

El consumo de energía cuando la planta trabaja a plena -- producción, es del orden de 700 KW

b) SISTEMA DE AGUA.

La planta estudiada consiste de un doble sistema de agua - para refrigeración, siendo éste como sigue:

1) SISTEMA ABIERTO.

Está formado por 2 bombas de agua de 700 m^3 por hora c/u.- y 3 torres de enfriamiento. El agua fría es tomada por las -- bombas, inyectada al sistema y regresa caliente a las torres de enfriamiento. Para el proceso se usan una bomba y dos to-- rres, quedando el resto del equipo en reserva para poder efec-- tuar trabajos de mantenimiento.

2) SISTEMA CERRADO.

Esta formado por un intercambiador ALFA-LAVAL y 2 bombas - (una de reserva), para agua, de $700 \text{ m}^3/\text{hora}$.

El intercambiador enfría el agua destinada a los equipos - de proceso, y a su vez se enfría con el agua que proviene de las torres de enfriamiento.

c) SISTEMA DE GAS NATURAL.

El gas natural que proporciona Petroleos Mexicanos tiene - a la salida de la caseta de medición una presión de 4.5 Kg. / cm^2 . Para elevar ésta presión hasta 14.7 Kg./cm^2 , que es la - requerida por las turbinas que mueven los compresores de aire, se han instalado 3 compresores elevadores de presión marca INGERSOLL- RAND, de los cuales dos son movidos por motor CATERPILLAR de gas natural y uno con motor electrico de 150HP.

Para el proceso se requieren dos de estos equipos, que dando un compresor en reserva para poder efectuar trabajos de mantenimiento.

1.2.- EQUIPO DE PROCESO.

Turbocompresores de Aire.

La planta está equipada con 2 Turbocompresores que proporcionan el aire necesario para el proceso, cada uno de estos equipos consta de Una turbina de gas de doble eje INGERSOLL-RAN, Mod. GT-40. Esta turbina está equipada con un generador de gas marca ALLISON, mod. 501K16A, compresor centrífugo INGER SOLL-RAND, MTA-342/MG3, filtro de entrada silenciador, cámara de combustión, sistema Automático de control, Panel para control Local Automático, Enfriadores y Silenciadores.

Las características principales de trabajo de este equipo son las que siguen:

Caballos de Fuerza en el cople de la turbina	3,076 HP.
Velocidad Normal de la turbina	13,820RPM.
Temperatura de Salida	510°C.
Velocidad Máxima Continua de Operación	14,500RPM.
Presión de Descarga	40.1Kg/cm ² .
Temp. de Salida del Aire	34.4°C.
Volúmen de Aire	8,900M ³ /h.
Consumo de Gas	1,638M ³ /h.
Agua de Enfriamiento	4,250Lts/min.

Estos equipos se han instalado en cuartos separados y con aislante en las paredes, con objeto de reducir al máximo el ruido al exterior.

En cada uno de los cuartos, se han instalado unos equipos de protección contra incendio a base de gas ABC mismos que pagan cualquier fuego existente, en décimas de segundos y sin necesidad de que el personal, si es que lo hubiera, tenga que desalojar el cuarto.

Toda la instalación eléctrica está hecha a prueba de explosión y la ventilación de dichos cuartos está a través de unos extractores de aire colocados en la azotea y equipos con silenciadores para evitar la salida de ruido por esos conductos.

El panel principal de control de estas unidades,, está -- instalado en el cuarto de control.

1.3.- TAMIZ MOLECULAR.

El aire de las turbinas trae vapor de agua y bioxido de carbono si estos componentes entraran a la parte de baja temperatura de la planta, bloquearía la misma debido a la formación de hielo y hielo seco, para evitar esto, el aire pasa a través del tamiz molecular donde estos componentes son removidos por las partículas de absorción que hay en dicho tamiz.

Este tamiz, fabricado por LINDE AG consta de dos recipientes cilindricos llenos con las partículas absorbedoras y -- unas resistencias eléctricas.

A medida que el aire fluye a través de uno de los recipientes las partículas absorben la humedad, el bioxido de -- carbono y los hidrocarburos del aire que fluyen a través de ellos, llegando un momento en que están saturados, por lo -- cual es necesario regenerarlos, Esta regeneración se efectúa pasando una corriente de gas a través de las resistencias donde se calienta y entra al recipiente del tamiz en dirección -- opuesta a la entrada del aire. Después de la regeneración, el

7.

absorbedor debe ser enfriado con gas seco, normalmente se utiliza nitrógeno para la regeneración. Por este motivo el tamiz molecular viene en pares, es decir, mientras uno trabaja el otro se está regenerando.

1.4.- SISTEMA DE REFRIGERACION A BASE DE AMONIACO.

Este sistema está compuesto por dos unidades de refrigeración. Es la primera unidad de este tipo y tamaño hecha en México con diseño mexicano y fue fabricada por la empresa KRYO FAK, S.A.

Las principales características de operación son las siguientes:

UNIDAD No.1.

Capac. de Refrigeración	204,422 Kcal/Hora.
Volumen	17,800 M ³ /Hora de Aire.
Presión de Operación	47.3 Atm. Abs.
Temp. de Entrada	-29° C.
Temp. de Salida	-42° C.
Potencia Requerida	155 HP.
Refrigerante Usado.	Amoniaco

UNIDAD No.2.

Capac. de Refrigeración	218,030 Kcal/Hora.
Volumen	17,800 M ³ /Hora de Aire
Presión de Operación	47.5 Atm. Abs.
Temp. de Entrada	+ 36° C.
Temp. de Salida	+ 5° C.
Potencia Requerida	200 HP.
Refrigerante Usado	Amoniaco

El trabajo de estos equipos consiste en enfriar el aire - del proceso antes de entrar a las turbinas de expansión.

1.5.- TURBINAS DE EXPANSION.

El trabajo que efectúan estos equipos es la producción de frío por expansión de gas, es decir, que la energía de la -- presión del gas, es convertido en trabajo mecánico.

Las características de operación son las siguientes

TURBINA No. 1.

Abertura		79%.
Gas		Aire.
Volumen		13,800 M ³ /hora.
Presión de Entrada		46 BAR Abs.
Presión de Salida		5.83 BAR Abs.
Temp. de Entrada	:	183° K.
Temp. de Salida		109.5° K.
Velocidad de la Turbina		29,400 R P M.

TURBINA No. 2.

Abertura	:	83%.
Gas		Aire.
Volumen		4,500 M ³ / hora.
Presión de Entrada		5.78 BAR Abs.
Presión de Salida		1.25 BAR Abs.
Temp. de Entrada		120.5° K.
Temp. de Salida		85° K.
Velocidad de la Turbina		24,655 R P M.

ambas turbinas fueron fabricadas en Alemania LINDE
SUKTH.

1.6.- COLUMNA DE RECTIFICACION.

La columna de rectificación es la primera fabricada en México bajo el diseño y supervisión de LINDE AG, y consta de columna de presión, columna de baja presión, columna de argón impuro, columna de argón puro, intercambiadores de calor, condensadores y evaporadores.

La licuefacción ocurre en el condensador. En el intercambiador el aire se condensa parcialmente por intercambio de calor con las corrientes de frío. El líquido es entonces introducido a la columna de presión.

En el condensador se forma un intercambio de calor entre el nitrógeno gaseoso y oxígeno líquido. Debido a la diferencia en presión de las dos corrientes el nitrógeno se licúa y el oxígeno líquido se vaporiza, ambas corrientes son suministradas directamente a sus columnas correspondientes, ambas son necesarias para la eficiencia de la rectificación.

RECTIFICACION DEL AIRE:

El aire es primero separado de la columna de presión para dar un líquido rico en oxígeno. El líquido rico en oxígeno, es suministrado desde la base de la columna de presión, a través de una válvula de control a la columna de baja presión.

Una parte del nitrógeno líquido es suministrado de la parte alta de la columna de presión, a través de una válvula de control a la parte superior de la columna de baja presión.

La separación final del aire ocurre en la columna de baja presión. Los productos, oxígeno desde el fondo y nitrógeno -- desde la parte superior de dicha columna, son calentados hasta la temperatura ambiente.

La producción de Argón se hace en tres diferentes etapas.- Primero en la columna de Argón crudo se produce Argón que todavía contiene O_2 y N_2 .

El Argón crudo es calentado através de un intercambiador de calor y sale de la sección de baja temperatura de la planta, en este segundo paso el Argón crudo se libera del O_2 , para esto se agrega una cantidad de hidrógeno que es equivalente a la presión de O_2 que existe en el Argón. El oxígeno y el Hidrógeno se hacen reaccionar en un deoxo y forman agua. A este equipo se le llama unidad de purificación de Argón.

El tercer paso consiste en la purificación final del Argón. El Argón se enfria hasta una temperatura de licuefacción en un intercambiador, y las impurezas de nitrógeno e hidrógeno que todavía contiene, son separadas en la columna de Argón puro, por medio de rectificación.

1.7.- PANEL DE CONTROL Y EQUIPOS DE ANALISIS.

En el cuarto de control de la planta estan localizados todos los paneles de control que en su inmensa mayoría han sido fabricados por FOXBORO DE MEX., S.A. Desde este punto el operador tiene la facilidad de checar el funcionamiento de la planta completa y obtener todos los datos necesarios para el buen control de la misma.

Asimismo estan instalados en dicho cuarto los analizadores de los diferentes productos que se fabrican en esta planta. Estos analizadores han sido fabricados principalmente en Alemania por HAPTMAN & BROWN.

1.8.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

La planta consta de: Un tanque de 700,000 Lts., de capacidad para oxígeno, tanque de 300,000 Lts., para Nitrógeno y uno de 35,000 Lts., para Argón. Los dos primeros han sido fabricados por Delmex, S.A. en México, bajo la supervisión de diseño de AGA, AB y son los primeros de este tamaño --

hechos en México.

En dichos tanques se almacenan los productos provenientes de la planta, para su distribución posterior.

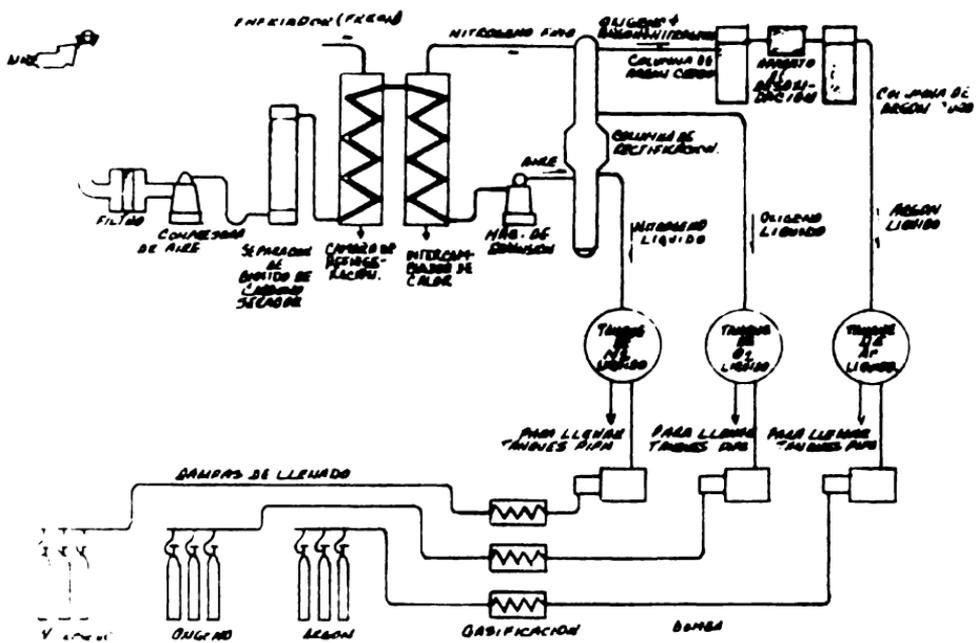
1.9.- EQUIPO DE DISTRIBUCION.

La planta está equipada con dos bombas de oxígeno de 300-M³/hora c/u, de alta presión, una bomba de Nitrógeno y una bomba de Argón, estas bombas son marca Ameron y se utilizan para bombear el producto líquido hasta una presión de 200 Kg/cm², hacerlo pasar a través de los evaporadores donde el líquido convierte en gas y enviarlo a las rampas de llenado - donde se llenan los cilindros correspondientes.

De ahí con camiones se distribuye a los diferentes clientes. La planta está equipada con 4 bombas de transferencia - marca COSMODYNE y que se utilizan para transferir el líquido de los tanques de almacenamiento a los camiones especiales para el transporte de estos líquidos. Con estos camiones se distribuye a los clientes de gran volumen en forma líquida y a las estaciones de llenado.

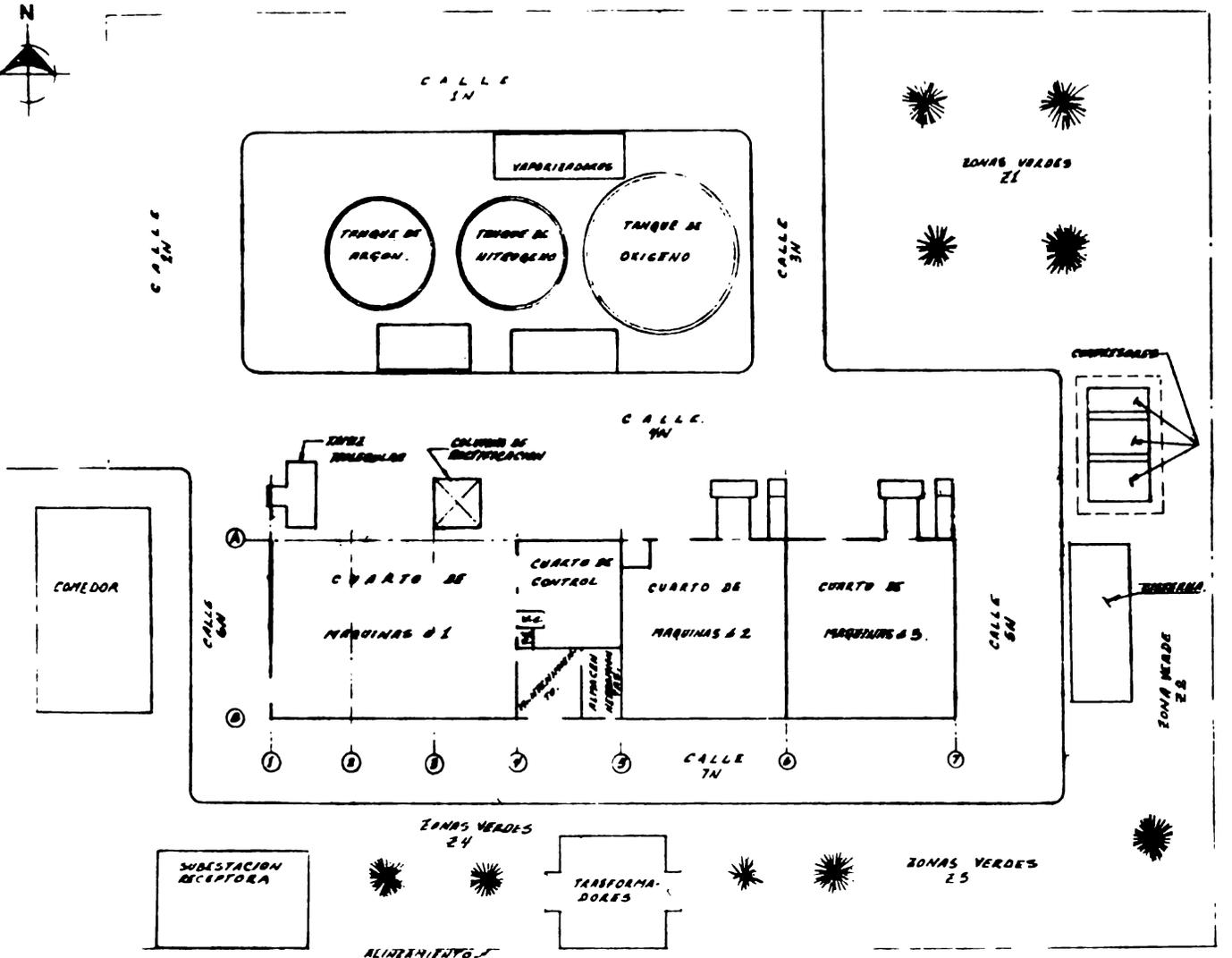
BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Folleto Informativo de la Compañía AGA DE MEXICO, S.A., de su Planta Ballena, de la División Gases del Aire.



FABRICA DE GASES DEL AIRE.

FIG. No. 1



D. N. A. M - E. N. E. P. C	
TESIS PROFESIONAL	
GERMAN NAVARRO E.	
ESCALA 1:1000 - ANEJO GENERAL	
JUL/1960	PLANTA PRODUCTORA
1137	DE GASES DEL AIRE -
DIRECTOR C. AVANCO No. AG-1E	

CAPITULO II.

SISTEMAS DE ALUMBRADO *.2.1.- L A L U Z .

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión.

La energía visible es una proporción sumamente pequeña del espectro electromagnético, enorme gama de energía radiante que se desplaza a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas. Todas estas radiaciones son parecidas en su naturaleza y en la velocidad a que se transmiten (300 Kms. - por segundo), diferenciándose tan solo en su frecuencia y longitud de onda, así como en las formas en que se manifiesta.

El espectro actualmente conocido abarca desde los rayos cósmicos, de una longitud de onda de 1×10^{15} cm. y una frecuencia de 3×10^{25} ciclos por segundo, hasta las ondas de corriente alterna de 60 ciclos, de una longitud de onda de 4989 Km. El ojo humano responde solamente a la energía que está dentro del espectro visible, el cual comprende una estrecha banda de longitudes de onda entre los 3,800 y 7,600 Angstroms. La energía correspondiente a esta región evaluada de acuerdo con la curva espectral de eficacia o curva de sensibilidad del ojo es la luz.

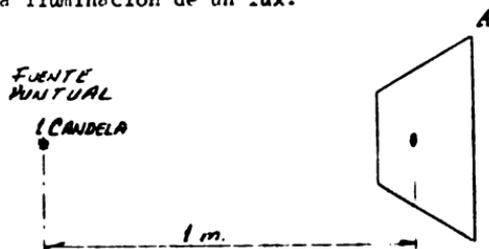
2.2.- TERMINOLOGIA Y MEDIDAS DE LA LUZ.

Intensidad Luminosa.- Es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido de un radián, en una dirección determinada. Su símbolo es " I " y sus unidades son las "Candelas " (cd). La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz; las demás unidades se derivan de ella. Una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una densidad luminosa de aproximadamente una candela.

Flujo Luminoso.- Es la luz emitida por unidad de tiempo.--- La luz es una forma de energía radiante en movimiento. Su símbolo es " ϕ " y sus unidades los lúmenes (lm). Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de un metro cuadrado, la totalidad de cuyos puntos diste un metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de una candela en todas direcciones . El mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre el lumen y la candela reside en que -- aquél es una medida del flujo luminoso independientemente de la dirección.

Iluminación.- Es la densidad del flujo luminoso sobre una superficie. Su símbolo es E_v su unidad es el lux (lx). Un lux es la iluminación en un punto () sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual de una candela.

De la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una iluminación de un lux.



Número de lux incidentes sobre una superficie=

$$\frac{\text{lúmenes}}{\text{Area en m}^2}$$

Luminancia ó Brillo Fotométrico .- Es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma. El ojo humano ve brillo no iluminación. Su símbolo es " B " su unidad es el "Stilb" (candela por centímetro cuadrado) , o bien " Lambert" (lumen por centímetro cuadrado). La luminancia se expresa de dos formas en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie. Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela por cm^2 de área proyectada tiene un brillo en dicha dirección de un Stilb. Un Lambert es la luminancia o brillo de una superficie que emite o refleja un lumen por cm^2 .

ECUACIONES FUNDAMENTALES.

$I = E \times D^2$, donde D= distancia en metros desde la fuente a la superficie iluminada.

$MSCP = \frac{\text{flujo en lúmenes}}{12.57}$ donde MSCP= Potencia Media en Candelas de una fuente puntual en todas direcciones. (Mean Spherical Candlepower).

Lúmenes incidentes sobre una superficie:

$F = E \times S$ donde S= a superficie en m^2 .

Lúmenes emitidos o reflejados por una superficie difusora:

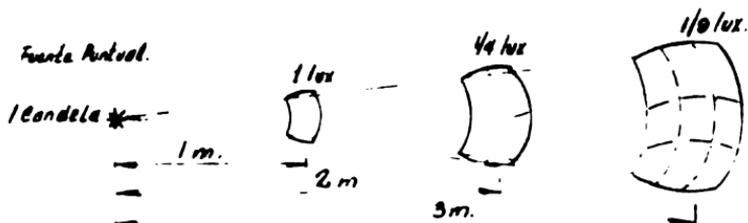
$F = B \times s$ donde s= a superficie en cm^2 .

Flujo luminoso total de una fuente

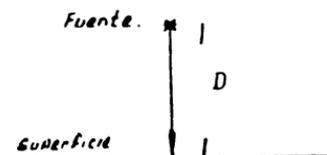
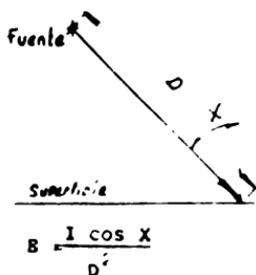
$F = MSCP \times 12.57$ lúmenes .

Ley inversa de los cuadrados:

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



Ley de coseno: La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie)



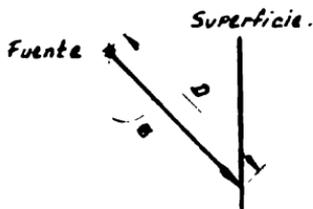
(para un ángulo de incidencia de 0° , y, por tanto, $\cos 0^\circ = 1$)

$$E = \frac{I}{D^2}$$

Dada la curva normal de distribución luminosa, el ángulo - más conveniente es el que forman la vertical y la dirección - de la luz incidente que se puede determinar apartir de las -- relaciones siguientes:



$$E_{\text{horiz}} = \frac{I \cos \theta}{D^2}$$



$$E_{\text{vert}} = \frac{I \sin \theta}{D^2}$$

Para una superficie reflectora difusa el brillo en Lamberts es :

$$B = \frac{E \times f}{10,000}$$

$$B = \frac{F \times f}{s}$$

donde: s = superficie en cm^2 ; f = factor de reflexión .

1 Candela por pulgada cuadrada = .0486 Lamberts.

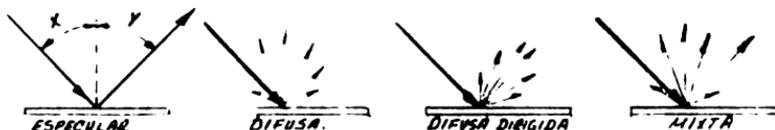
1 Lamberts = 929 Lamberts- pie = 2,054 Candelas por pulgada cuadrada.

1 Mililamberts = 0.001 Lamberts = 0.929 Lamberts- pie = 0.002 Candelas por pulgada cuadrada.

F = flujo luminoso en lúmenes.

REFLEXION.

Cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide - sobre ella, se dice que el rayo es reflejado. La reflexión puede ser de varios tipos: Especular, Difusa, Difusa Dirigida y Mixta.



FACTOR DE REFLEXION. - También llamado reflectancia es la --- relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz -

incidente sobre ello. El factor de reflexión puede variar --- considerablemente de acuerdo con la dirección y la naturaleza de la luz incidente.

TRANSMISIÓN.

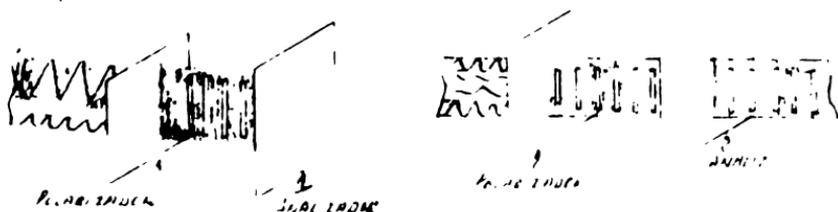
Cuando los rayos de luz pasan a través de materiales transparentes o translúcidos, se dice que son transmitidos. El grado de difusión de los rayos depende del tipo y densidad -- del material.



FACTOR DE TRANSMISIÓN O TRANSMITANCIA. -- Es la relación entre la luz transmitida por un material y la luz que incide -- sobre él; depende en cierta medida de la dirección y tipo de luz.

POLARIZACIÓN.

La luz cuyas ondas vibran solamente en un plano se denomina luz polarizada. Las vibraciones que originan el movimiento de las ondas de un rayo de luz tienen lugar perpendicularmente a la dirección en que se desplaza la luz, y en un haz de luz ordinaria dichas vibraciones se efectúan según todas las direcciones posibles en el plano perpendicular al mismo. Haciendo pasar la luz a través de un material de estructura cristalina, tal que solo transmite ondas vibrando en una dirección se puede producir luz polarizada, cuyas vibraciones son todas paralelas.



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

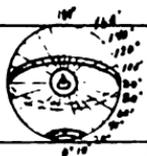
Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz o luminaria y de representarlas en forma gráfica, normalmente en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad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

La iluminación recibida desde una sola fuente de luz sobre cualquier superficie dada puede calcularse a partir de los datos de la curva de distribución luminosa de dicha fuente. Cuando la relación entre el tamaño de la fuente y la distancia fuente-superficie es tal que puede aplicarse la ley de la inversa de los cuadrados, el cálculo se reduce a tomar en la curva de distribución la lectura de la intensidad luminosa para el ángulo requerido, dividiendo por el cuadrado de la distancia en metros y multiplicando por la función trigonométrica apropiada si la superficie no es perpendicular a la dirección de los rayos de luz que salen de la fuente. Cuando el tamaño de la fuente no permita la aplicación directa de la ley de la inversa de los cuadrados se requiere un proceso de cálculo más complejo.

Los casos en que la distribución de la intensidad luminosa tiene simetría cilíndrica, se puede obtener la cantidad de luz emitida por la fuente en lúmenes a partir de una distribución media. La curva se divide en zonas de igual

amplitud normalmente en 10° cada una, y la intensidad luminosa media de cada zona (que suele ser el valor en el centro de la zona) se multiplica por un factor que la convierte directamente en el número de lúmenes en la zona. Debido a que las zonas subtenidas por ángulos iguales en la superficie de una esfera imaginaria que rodee la fuente tiene unas áreas mucho mayores cerca del ecuador que de los polos, una intensidad luminosa dada produce mucho más lúmenes en un ángulo próximo al centro de la curva que uno cercano a la cima o a la base. Los factores de zona de conversión en lúmenes están basados en las áreas relativas de esas zonas angulares, y su suma desde 0° a 180° es 4π , o sea 12.57. Así pues, una fuente que emita una candela uniformemente en todas las direcciones producirá un total de 12.57 lúmenes.

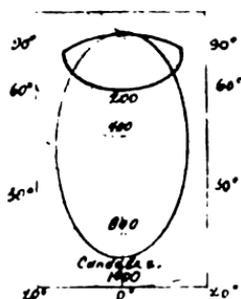
CONSTANTE DE ZONA PARA EL CALCULO DEL FLUJO LUMINOSO PARA ZONAS ANULARES DE 10°				
Zona	Angulo medio de la zona	Zona	Angulo medio de la zona	Constante de zona
$0^\circ-10^\circ$	5°	$170^\circ-180^\circ$	175°	0.095
$10^\circ-20^\circ$	15°	$160^\circ-170^\circ$	165°	0.283
$20^\circ-30^\circ$	25°	$150^\circ-160^\circ$	155°	0.463
$30^\circ-40^\circ$	35°	$140^\circ-150^\circ$	145°	0.628
$40^\circ-50^\circ$	45°	$130^\circ-140^\circ$	135°	0.774
$50^\circ-60^\circ$	55°	$120^\circ-130^\circ$	125°	0.897
$60^\circ-70^\circ$	65°	$110^\circ-120^\circ$	115°	0.993
$70^\circ-80^\circ$	75°	$100^\circ-110^\circ$	105°	1.058
$80^\circ-90^\circ$	85°	$90^\circ-100^\circ$	95°	1.091



A causa de esta relación angular, el área comprendida dentro de una curva de distribución no es absoluto una medida de la cantidad total de luz emitida por una fuente. Dos unidades que producen exactamente el mismo número de lúmenes pueden distribuir la luz en forma muy diferente y tener curvas de intensidad luminosa en perfiles y áreas totalmente distintas.

Para una luminaria de alumbrado general la distribución de la luz entre los hemisferios inferior y superior constituye la base para su clasificación como directa, semidirecta, general difusa, etc. A este propósito, las sumas de los lúmenes por debajo de 90° y por encima de 90° se expresan como porcentajes de la suma de lúmenes totales desde 0° a 180° . La eficacia de una luminaria es la relación expresada en tanto por ciento, entre los lúmenes totales emitidos por la luminaria y el total de lúmenes generados por la lámpara desnuda.

DOS CURVAS DE DISTRIBUCION DE LA MISMA EMISION LUMINOSA.

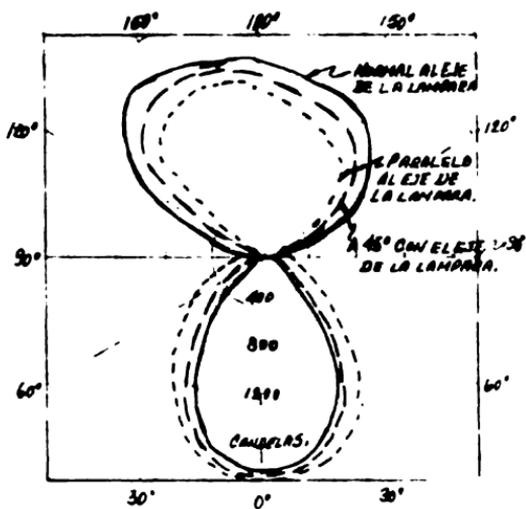
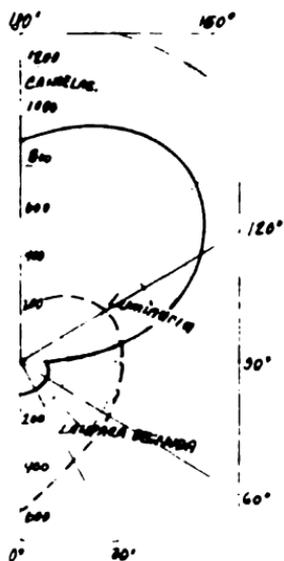


En la figura se ilustra la curva de distribución de intensidad de una típica luminaria para luz directa, acompañada de la curva correspondiente a la lámpara desnuda, a título comparativo. La intensidad luminosa de la luminaria para cada ángulo de zona medio desde 0° a 180° está recogida en la tabla y representada en el gráfico, dándose asimismo los lúmenes calculados para cada zona mediante la aplicación de los factores

DISTRIBUCION LUMINOSA VERTICAL MEDIA DE UNA LUMINARIA INDIRECTA TIPO, PARA LAMPARA DE 300 VATICOS CON ESFERILADO INTERIOR--
6,000 LUMENES.

DATOS DISTRIBUCION DE LA LUMINARIA		
Angulo de zona	Candelas	Lúmenes
0°	106	10
5°	106	10
15°	106	30
25°	106	49
35°	103	65
45°	97	75
55°	88	79
65°	76	75
75°	57	60
85°	33	36
90°	40	
TOTAL 0° - 90°		479
95°	44	48
105°	367	388
115°	763	758
125°	990	888
135°	1148	889
145°	1175	738
155°	1075	498
165°	960	272
175°	887	84
180°	280	
Total 90° - 180°		4563
Total 0° - 180°		5042
Lúmenes de 1 lámpara		6000
Eficacia de la luminaria		84%

DISTRIBUCION LUMINOSA VERTICAL MEDIA DE UNA LUMINARIA INDIRECTA TIPO, PARA LAMPARA DE 300 VATIOS CON ESMERILADO INTERIOR - 6,000 LUMENES.



DISTRIBUCION LUMINOSA DE UNA LUMINARIA FLUORESCENTE DIRECTA-INDIRECTA.

de zona de conversión a lúmenes. Este globo particular dotado de una lámpara de 300 vatios, produce 479 lúmenes por debajo de la horizontal ($0^\circ - 90^\circ$) y 4.563 lúmenes por encima. Por tanto, en el hemisferio inferior la luminaria emite el 8% (479/6.000) de los lúmenes producidos por la lámpara desnuda - y el hemisferio superior el 76% (4.563/6.000) de los lúmenes de la lámpara. La suma de estos dos porcentajes, o sea, la relación entre los lúmenes totales producidos por la luminaria - y la emisión en lúmenes de la lámpara (5.042/6.000), da una eficacia luminosa del 84%. La forma en que se distribuye la luz entre los dos hemisferios se determina dividiendo la suma de los lúmenes emitidos por debajo y por encima de 90° por el total de lúmenes de la luminaria $479/5.042 = 9.5\%$ $4.563/5.052 = 90.5\%$. Así pues, esta luminaria dirige el 9.5% de su luz por debajo de la horizontal y el 90.5% por encima - de ella, por lo que cae dentro de la clasificación de luminarias indirectas.

La distribución luminosa de unidades que no tienen simetría alrededor de un eje no admite una representación tan sencilla. Para aparatos fluorescentes, se emplean comúnmente al menos - tres curvas, una en el plano paralelo al eje longitudinal de la lámpara, otra normal a él, y una tercera intermedia entre ambas, a 45° del eje de la lámpara. Con algunos equipos como, por ejemplo, muchas luminarias de alumbrado de cables, es importante la distribución horizontal luminosa, y las medidas - se hacen en planos laterales. Cuando el grado de asimetría no es demasiado grande, como ocurre en la mayoría de las instala-

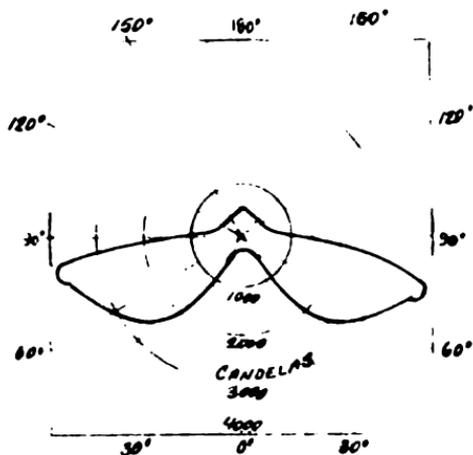
fluorescentes puede obtenerse una curva de distribución luminosa media suficientemente representativa calculada a partir de ella la eficacia luminosa. La eficacia luminosa de una luminaria simétrica puede calcularse de forma suficiente-

ente

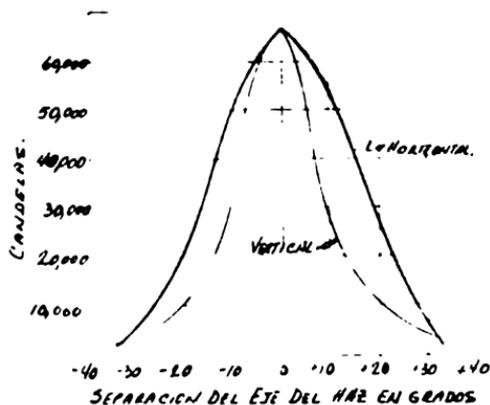
mente

calculando

DISTRIBUCION LUMINOSA HORIZONTAL SOBRE UN CONO DE GENERATRIZ A 70° CON LA VERTICAL PARA UNA LUMINARIA ASIMETRICA DE ALUMBRADO PUBLICO.



DISTRIBUCION LUMINOSA DE UN PROYECTOR ESPECULAR Y LENTE DIFUSORA.



Los datos de distribución luminosa de equipos productores de haces, tales como focos y proyectores, se suelen representar en coordenadas rectangulares en lugar de en polares indicándose sobre la base del diagrama la distancia angular desde el centro del haz, y en ordenadas la intensidad luminosa. 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 transversal horizontal, y a veces más, para que la descripción sea completa.

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

Un diagrama isolux es un conjunto de curvas que unen puntos del plano de trabajo que reciben la misma iluminación. Con -- objeto de que la información pueda ser fácilmente aplicable -- para distintas alturas de montaje las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. La iluminación para otras alturas de montaje distintas de la correspondiente a las curvas trazadas se obtiene multiplicando los valores dados por éstos por la relación $\frac{1}{h^2}$ al cuadrado de la altura de montaje dada, y el cuadrado h^2 de la nueva altura de montaje. El diagrama isolux que se ilustra en la figura 1 es dependiente sólo de la unidad luminosa, pero pueden construirse

curvas similares para una instalación sin más que sumar los niveles luminosos de cada punto procedentes de cada una de las luminarias que componen la instalación de iluminación.

DIAGRAMA ISOCANDELA PARA UN PROYECTOR DE HAZ ESTRECHO.

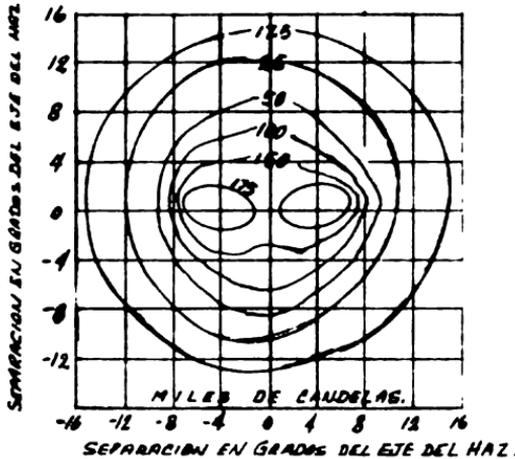
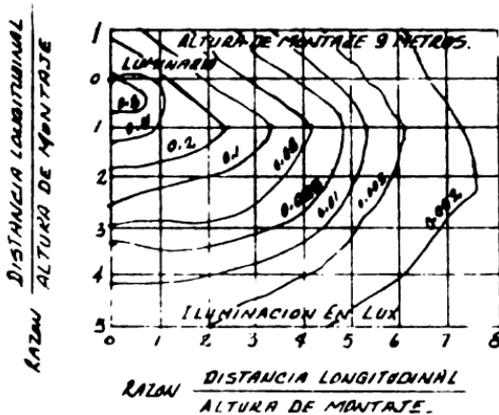


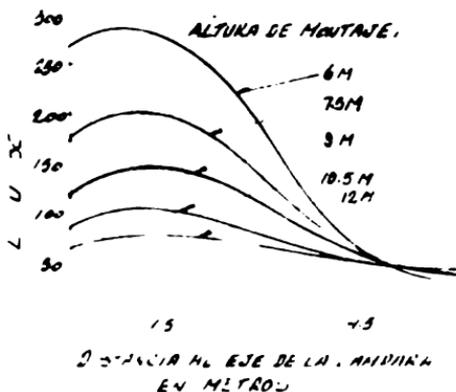
DIAGRAMA ISOLUX DE UNA LUMINARIA TIPO DE ALUMBRADO PUBLICO.



Cada altura de montaje, o distancia entre la luminaria y el plano de trabajo, da lugar un diafragma 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 isocandela se utilizan quizá con más frecuencia en la representación de haces de faros, focos y -- proyectores, y los diagramas isolux, por su parte, para instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden -- emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalaciones de alumbrado.

La distribución de iluminación de una fuente de luz puede también representarse trazando para distintas distancias de la fuente al plano de trabajo, las curvas de nivel de iluminación en función de la distancia al centro de la fuente. Cuando la distribución luminosa es irregular o asimétrica, este método es mucho menos satisfactorio que el diagrama isolux, -- y su uso se reserva por lo común para equipos cuya distribución es aproximadamente simétrica.

DATOS DE DISTRIBUCION EN LUX DE UNA LAMPARA DE HAZ ESTRECHO - TIPO R-57 DE 750 VATIOS.



2.4.- CARACTERISTICAS DE LAS FUENTES LUMINOSAS: INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES.

-- LAMPARAS INCANDESCENTES --

La primera finalidad de una fuente de luz consiste en producirla, y la eficacia con que una lámpara realiza este cometido se expresa en lúmenes emitidos por vatios consumidos, relación llamada eficacia luminosa. Si pudiera conseguirse una fuente luminosa que irradiase toda la energía recibida en forma de luz monocromática amarilla verdosa en la región de sensibilidad máxima del ojo, 5.550 Angstroms, produciría aproximadamente 680 lúmenes por cada vatio de potencia consumida. Una fuente teórica de luz blanca de eficacia máxima, emitiendo sólo energía visible sin ningún rayo infrarrojo ni ultravioleta, produciría unos 200 lúmenes por vatio. Puesto que en la práctica todas las fuentes de luz producen considerables cantidades de infrarrojos y que inevitablemente se pierde algo de energía por conducción y convección, ninguna lámpara conocida se aproxima a la eficacia máxima teórica. De cualquier modo, analizando las materias primas empleadas en la manufactura de las lámparas se pueden ver los progresos obtenidos. Por ejemplo, la eficacia de una lámpara de filamento incandescente de 60 vatios a sido aumentada tres veces y media durante los últimos 45 años cambiando como material del filamento el carbón por tungsteno, el tipo de construcción en vacío por el de relleno de gas, y los filamentos rectos por los arrollados y luego por los filamentos en doble espiral.

No obstante, la lámpara de filamento incandescente tiene ciertas características inherentes que limitan su eficacia como fuente de luz y si bien es probable que dicha eficacia se aumentara todavía más por mejoras introducidas en la fabricación, los máximos valores posibles han sido ya casi alcanzados. La lámpara de descarga eléctrica produce luz por un --

proceso enteramente diferente, y es capaz de lograr una eficacia mucho mayor. Las lámparas claras de mercurio tienen una -- eficacia de hasta 57 lúmenes por vatio, y las de mercurio fluo -- rescente hasta 62. Ciertos tipos actuales de lámparas fluo -- rescentes sobrepasan los 70 lúmenes por vatio, y algunas llegan -- por encima de los 80. Los continuos trabajos de desarrollo con -- ducirán, indudablemente, a ulteriores mejoras y a más altas -- emisiones.

EFICACIAS DE DIVERSAS FUENTES DE LUZ

Lúmenes aproximados por vatio

Bujía (Eficacia luminosa equivalente)	0,1
Lámpara de aceite (Eficacia luminosa equivalente)	0,3
Lámpara incandescente original (1879)	1,4
Lámpara de filamento de carbono de 60 vatios (1905)	4,0
Lámpara de filamento de tungsteno, doble espiral, 60 vatios (1968)	14,7
Lámparas de servicio general de 1,000 vatios(1961)	23,0
Lámpara fotográfica de haz ancho núm. 1 (1961)	34,6
Lámpara fluorescente de vapor de mercurio, de alta emisión, blanca, de 400 vatios (1968)	60,0 †
Lámpara fluorescente de 40 vatios, blanca fría (1968)	80,0 †
Lámpara fluorescente blanca de alta emisión, 244 mm. (1968)	82,0 †

† sólo la lámpara.

Un tercer método para producir luz en la electroluminiscencia, es el que aquélla se genera en un material sólido por -- aplicación directa de un campo eléctrico alterno. No se usa -- filamento, vapor gaseoso o bombilla alguna, y la luz se produ -- ce en una película de un espesor de unas pocas milésimas de -- pulgada. Una fuente electroluminiscente típica consiste en una fina capa de fósforo situada entre dos placas conductoras, una

de las cuales es transparente La luminancia depende de la tensión y la frecuencia de servicio, así como también de la composición química del fósforo.

LAMPARAS DE FILAMENTO

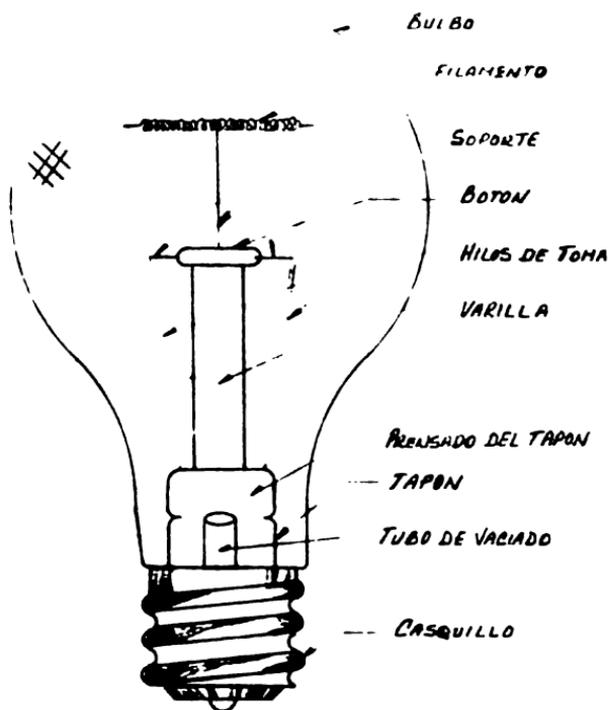
Las lámparas de filamento producen luz en virtud de un hilo o filamento calentado hasta la incandescencia por el paso de una corriente eléctrica a través de él.

PARTES PRINCIPALES DE UNA LAMPARA

Las tres partes principales de una lámpara de filamento son: el bulbo, la base y el filamento.

Bulbo o ampolla.

Puesto que un filamento incandescente debe operar en el vacío o en una atmósfera de gas inerte para evitar la rápida desintegración debida a la oxidación, se le encierra en una envoltura precintada de cristal llamada ampolla o bulbo. Se utilizan varias clases de cristal, dependiendo del tipo de lámpara y sus aplicaciones. La mayor parte de las ampollas de las lámparas de alumbrado general están hechas de cristal blando. Se utilizan lámparas para servicios especiales con ampollas de cristal duro o resistentes al calor, en lugares donde la lluvia o la nieve puedan entrar en contacto con la ampolla caliente y provocar su ruptura, si fuese de cristal suave. El cristal duro es necesario también para proyectores, focos, etc., los cuales tienen de ordinario temperaturas de trabajo más altas que las lámparas de servicio general. Algunas lámparas de reciente desarrollo para aplicaciones especiales se construyen con bulbo de cuarzo.



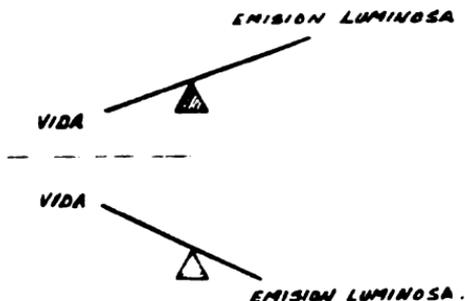
Tamaño y forma del bulbo. El tamaño y la forma de los bulbos de las lámparas se designan por una letra o letras seguidas de un número. Las letras indican la forma del bulbo: S = lado recto, F = llama, G = redondo o globular, T = tubular, - PS = de cuello recto, PaR = parabólico, R = reflector, A = de signación arbitraria, aplicada a los bulbos comúnmente usados para lámparas de servicio general de alumbrado de 200 vatios o menos. El número de designación del bulbo indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo "T-10" indica bulbo tubular que tiene un diámetro de 10/8 ó 1 1/4.

FLUJO LUMINOSO Y VIDA DE UNA LAMPARA.

La vida de una lámpara y el flujo de luz emitida están -- determinados por la temperatura del filamento. Cuando más ele vada es la temperatura para una lámpara dada, mayor es la --- eficacia (lúmenes emitidos por cada vatio consumido) y más - corta la vida. De aquí el flujo luminoso emitido y vida son - interdependientes. Se puede diseñar una lámpara para una vida larga a expensas de la cantidad de luz emitida, o para una -- emisión alta de luz a expensas de la duración de vida. En la práctica la vida para la que la lámpara se proyecta es un -- equilibrio económico entre los dos factores determinado de -- acuerdo con los fines a que se destina.

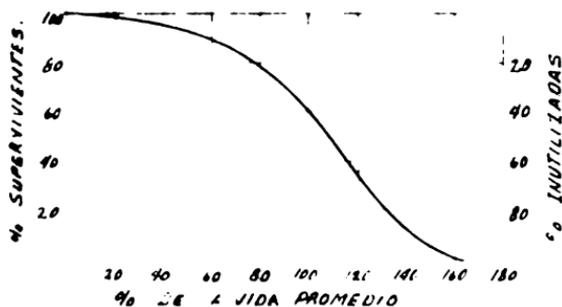
Es evidente que la calidad o valor de una lámpara no puede determinarse únicamente por su vida. Esta puede ser hasta tan solo de 10 a 50 horas para lámpara de proyección y 3 horas -- para lámparas fotográficas, cuyo requisito principal es un -- alto poder de emisión de luz siendo corriente renovarlas y su vida es un factor de relativamente poca entidad; o bien puede tener una duración hasta de 2.000 a 6.000 horas para las lám- paras de alumbrado de calles, en el que el alto costo de susti- tución de las fundidas justifica su relativamente baja efica-

ció. Para lámparas de alumbrado general donde si bien es deseable una larga duración, no es menos cierto, que resulta comparativamente fácil cambiarlas, una vida de 750 ó 1.000 horas - es lo normal.



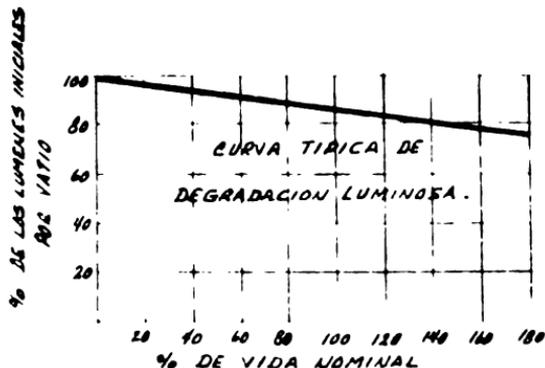
En los datos publicados sobre la vida de las lámparas se refieren al promedio de vida de un grupo de lámparas bajo condiciones de ensayo específicas y no pretenden ser una garantía del resultado de ninguna lámpara concreta. Como se muestra en la curva adjunta de mortalidad, en cualquier grupo grande de lámparas algunas fallarán relativamente pronto, mientras otras lucirán mucho tiempo por encima del promedio de vida previsto.

CURVA TIPICA DE MORTALIDAD.



Conservación del flujo.

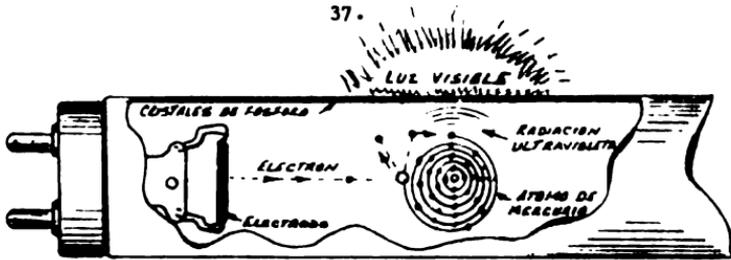
Cuando una lámpara incandescente funciona a tensión constante, el filamento se evapora o se sublima, lo que da lugar a una lenta pero continua reducción de su potencia y de su emisión de luz. El término normal de la vida se alcanza cuando el hilo se rompe o se quema por su parte más fina. Una ulterior reducción de la emisión de luz tiene lugar debido a la absorción de luz por parte del tungsteno evaporado, el cual se recoge formando un depósito negro en la superficie interior del bulbo. Algunas lámparas proyectoras y de alumbrado general de casquillo biclavillo están provistas de una pantalla o rejilla situada encima del filamento, que recoge el polvillo negro a medida que es llevado hacia arriba por las corrientes del gas introducido en el bulbo y evita que se deposite sobre las paredes del mismo. El empleo de una pantalla colectora mejora la conservación luminosa de una lámpara y permite utilizar un bulbo más pequeño del que de otro modo sería necesario. Algunas lámparas de alta eficacia y de gran potencia se fabrican con una pequeña cantidad de polvo de tungsteno suelto dentro del bulbo, que se puede agitar circularmente para limpiar el polvillo negro de la superficie interior del cristal por medio de una acción de frotamiento.



-- LAMPARAS FLUORESCENTES --

La lámpara fluorescente es otro tipo de fuente de luz de - descarga eléctrica, en la cual la luz se produce predominantemente por la fluorescencia del fósforo activado por la energía ultravioleta de un arco de mercurio. Consiste en un bulbo tubular que lleva sellado en cada extremo un electrodo, y en el interior vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte, argón o una mezcla de gases para el encendido. Las paredes interiores del bulbo están revestidas de polvo fluorescente. Cuando se aplica la tensión apropiada, un flujo de electrones desplazándose a gran velocidad es impulsado desde uno de los electrodos y atraído por el otro. Las colisiones entre estos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación - cuyo resultado es la emisión de radiaciones, principalmente - en la región ultravioleta a 2,530 Angstroms. El polvo fluorescente transforma esta energía ultravioleta en luz visible.

La ventaja principal de la lámpara fluorescente es su eficacia que es casi tres veces mas alta que la de las lamparas-incandescentes equivalentes. Otra ventaja es que ofrece la -- posibilidad de disponer de una considerable gama de colores - sin sacrificar su eficacia. Por ejemplo, se puede obtener una lámpara fluorescente azul simplemente seleccionando un fósforo que produzca una fluorescencia azul; como se recordará en el caso de una lámpara incandescente, es necesario usar un -- bombillo o un filtro azul, que absorbe parte de la luz reduciendo la eficacia de la lámpara. Hay también algunas aplicaciones donde una fuente de luz lineal es más conveniente que una fuente que se origina en un punto o foco.



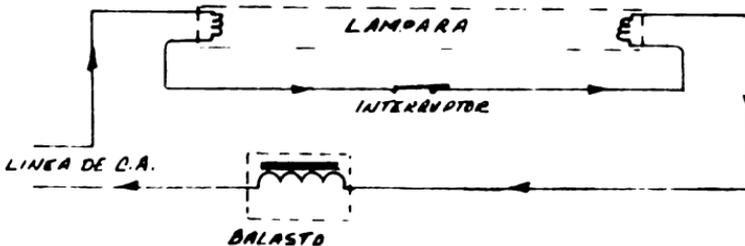
LAMPARA FLUORESCENTE.

Un gas ionizado conduce corriente eléctrica y al hacerlo también irradia energía. Es posible quebrar la resistencia del trayecto entre dos electrodos y aplicar un voltaje suficientemente alto entre sus extremos para causar la formación de un arco. Sin embargo, si los cátodos de una lámpara fluorescente se precalientan, de ellos emana una nube de electrones que -- facilita la formación del arco con un voltaje menor. Los --- circuitos de algunas lámparas fluorescentes dependen directa- mente del voltaje que se aplique mientras que otras calientan los cátodos primero.

El circuito más simple para una lámpara fluorescente es el circuito de precalentamiento, (fig. "a").

Figura "a"

CIRCUITO SENCILLO DE PRECALENTAMIENTO CON EL INTERRUPTOR DE ARRANQUE CERRADO.



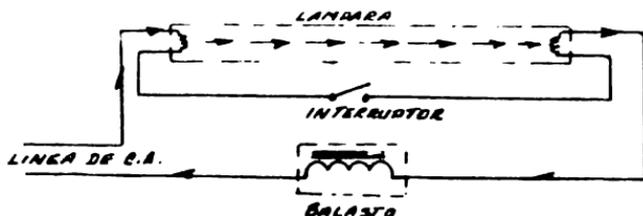
Este tipo de circuito está formado por dos cátodos, un interruptor y el balasto. Como la corriente es alterna, fluye en el circuito primero en una dirección y luego en la dirección opuesta. Si la frecuencia es 60 hertz, este proceso se repite 120 veces por segundo. Dependiendo de la longitud de la lámpara y del voltaje de la línea, el balasto puede ser del tipo transformador o reactor. El tipo mostrado es un reactor.

Con la corriente circulando en la dirección indicada en la ilustración, ambos cátodos se vuelven incandescentes y con la ayuda del revestimiento emisor emiten electrones. Estos electrones ionizan el gas argón cerca de los cátodos convirtiéndolo en un mejor conductor de electricidad. Si examinara una lámpara fluorescente sin el revestimiento de fósforo en este momento de su funcionamiento, se notaría un resplandor azulado rodeando cada cátodo. Este resplandor es una indicación de la ionización del aire.

Cuando se interrumpe una corriente que está circulando a través de una bobina de reacción, se induce momentáneamente en la bobina un voltaje más alto que el voltaje aplicado. Cuando se abre el interruptor indicado en la figura "a" este impulso adicional de voltaje se aplica a los cátodos de las lámparas y causa la formación de un arco entre ellos. La corriente fluye en la manera indicada en la figura "b". El calor producido por el arco de argón convierte el mercurio líquido en vapor y el arco se convierte en un arco de vapor de mercurio.

El comportamiento del arco es diferente al del filamento incandescente, porque no tiene ajuste propio. La resistencia del arco es menor a medida que se calienta el medio de modo que si no se controlara, traspasaría todos los límites y destruiría la lámpara. Esta es la razón más importante del balasto ya sea una reactancia, un condensador o una resistencia

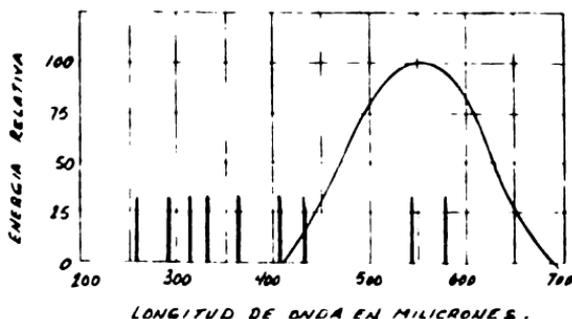
Fig. "b", FIIUJO DE CORRIENTE CON EL INTERRUPTOR DE ARRANQUE - ABIERTO.



La energía producida por un arco de vapor de mercurio no se propaga suavemente a lo largo de las ondas de visibilidad promedio del ojo humano, por el contrario, se amontonan en lo que se llaman líneas mercuriales tal como se muestra en la figura "c". Se puede observar que algunas de ellas se encuentran fuera de la gama visible. La proporción de la energía total en las diferentes líneas depende de la presión a que opera el arco.

La lámpara fluorescente funciona a baja presión y casi toda la energía del arco de mercurio se emite en una luz invisible en la línea correspondiente a 2537-Å. Si se observa una lámpara fluorescente sin el revestimiento de fósforo, se ve un arco verde azulado, pero es sólo una pequeña parte de la energía total irradiada en la zona visible.

Fig. LONGITUD DE ONDA EN MICRONESES.



NIVELES DE ILUMINACION.

El nivel de iluminación para una instalación de alumbrado es una exigencia básica en el proyecto de un ambiente visual-satisfactorio, en el cual se pueden llevar a cabo actividades de un modo correcto, rápido, seguro y fácil.

Los requisitos cuantitativos de una buena iluminación varían mucho con la naturaleza de la actividad, y son función de la dificultad de la tarea visual según el tamaño del detalle, brillo ó contraste de color y velocidad exigidos.

Existen tablas de niveles luminosos para alumbrado general de interiores y alumbrado de interiores industriales. Dichas tablas especifican la iluminación correspondiente al plano de trabajo, sea éste horizontal, vertical u oblicuo. Donde no exista un área de trabajo definida, se supone que la iluminación se mide a un plano horizontal a 75 cms. sobre el suelo.

Los valores dados no deben tomarse como los iniciales que deben proporcionar una nueva instalación, sino que se trata del nivel luminoso recomendado para cualquier punto en la zona de trabajo y en cualquier momento.

2.5.- PROYECTO DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO DE LA PLANTA PRO
DUCTORA DE GASES DEL AIRE.

a) ALUMBRADO INTERIOR.

Al proyectar un sistema de alumbrado, lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione la máxima comodidad visual y el más alto rendimiento. Muchos tipos de luminarias no son en absoluto recomendables en zonas donde existe mucha suciedad pegadiza. Los factores de conservación o de pérdida de luz tienen una influencia mayor al elegir el equipo, y se consideran detalladamente en el proceso del cálculo. El factor económico interviene siempre, y puede obligar a adoptar una combinación de alumbrado general y alumbrado local.

SELECCION DE AREAS DE ALUMBRADO DE ACUERDO A SU IMPORTANCIA.

Para la selección de las diversas áreas de iluminación --- éstas se clasifican de acuerdo a la importancia de los trabajos que se van a desarrollar. Según esta clasificación se adoptan los valores de los niveles de iluminación en cada caso, tales valores se obtienen de manuales de alumbrado que nos dan los datos recomendados para la iluminación que se requiera como --- mínima.

SELECCION DEL TIPO DE LUMINARIA Y SUS ACCESORIOS.

Para la selección del tipo de luminaria y accesorios, tomamos en cuenta la eficiencia de emisión luminosa de las lámparas, su facilidad de mantenimiento, su aspecto y estilo de --- acuerdo a los detalles arquitectónicos del lugar en que se va a ubicar, y además, que la relación entre el costo de operación y mantenimiento sea favorable respecto al consumo de energía-

que de ellas se derive.

En la práctica, la selección de la fuente y del equipo depende tanto de razones económicas, como de la naturaleza, de la tarea visual y del contorno. La extensión y forma de la zona a iluminar, la reflectancia de las paredes, techos y suelos, las horas de funcionamiento anuales, la potencia nominal, etc., son factores importantes al seleccionar el equipo idóneo. El grado requerido de fidelidad de color es también importante en la elección de la fuente de luz.

CAÁLULO DE LA RELACION DEL LOCAL.

La relación del local puede ser calculada dependiendo del tipo de iluminación que se requiera; esto es,

- Para iluminación Directa:

$$R.L. = \frac{A \times L}{(H+0.76m.) \times (A + L)}$$

y

- Para iluminación Indirecta:

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{A \times L}{(H+0.76m.) \times (A + L)}$$

Donde: A = ancho (mts.) L = largo (mts.)
 H+0.76m. = altura de montaje sobre el plano de trabajo (mts.).

DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION DE MUROS Y TECHOS DEL LUGAR QUE SE VA A ILUMINAR.

Debido a que los muros, techos, ventanas y puertas represen

tan ciertos valores de Reflectancia, deben ser considerados -- tales valores para el calculo del coeficiente de Utilización.

Los valores de Reflexión estan dados por las caracteristi-- cas de los materiales usados para los acabados de techos, pare des etc., por lo tanto estos valores de reflectancia estan --- tabulados en hojas técnicas proporcionadas por fabricantes de dispositivos de Iluminación.

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION Y FACTOR DE MAN-- TENIMIENTO.

La determinación del Coeficiente de Utilización se basa en el uso de la relación del local, los coeficientes de reflexión ya obtenidos anteriormente y la selección de un Artefacto cual quiera, una vez definidos todos estos puntos se hace uso de un manual de Iluminación en el cual se intersectan, por un lado - la relación del local y por otro lado los coeficientes de Re-- flectancia, para obtener así el coeficiente de Utilización -- (c.u.).

El factor de Mantenimiento (f.m.), se obtiene considerando las condiciones de limpieza o suciedad del local en donde se - vaya a instalar la luminaria, de ahí que tengamos factores de mantenimiento, bueno, medio y malo que estan asociados a valo res numéricos específicos de cada Artefacto seleccionado y que pueden variar de fabricante en fabricante, pero muy levemente.

CALCULO DEL NUMERO DE ARTEFACTOS POR EL METODO DE HARRISON ANDERSON O METODO DE LA CAVIDAD ZONAL.

Con todos los parámetros anteriormente descritos podemos -- aplicar la fórmula de los lúmenes y hallar que el número de --

artefactos está dado por la fórmula siguiente

$$\text{No. Artefactos} = \frac{\text{Pies-bujías x ancho x largo}}{\frac{\text{Lámparas}}{\text{artefacto}} \times \frac{\text{lúmenes}}{\text{lámpara}} \times \text{C.u.} \times \text{f.m.}}$$

DISTRIBUCION DE LAS LUMINARIAS.

Dependiendo del tipo de luminaria seleccionada, cada manual de iluminación nos indica de acuerdo a la altura de montaje, el espaciamiento máximo permisible para cada luminaria, por -- tanto dependiendo del área que se tenga a iluminar se hace una distribución acorde con el dato de espaciamiento máximo establecido. Para ello se elabora un plano en donde se acoten respectivamente la separación a lo largo y a lo ancho tratando de lograr una distribución lo mayor uniforme posible.

NOTA;

El método de cálculo aquí definido se ha extractado del libro "FUNDAMENTOS DE LAMPARAS E ILUMINACION" de WILLARD ALPHIN, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY .(I.E.S.)

VALORES TÍPICOS DE REFLECTANCIAS Y FACTORES DE MANTENIMIENTO.

Colores en los cielos	Absorción	Reflexión
	%	%
Blanco	15 - 20	80 - 85
Marfil	20 - 30	70 - 80
Crema	30 - 35	65 - 70
Amarillo pálido	35 - 40	60 - 65
Amarillo	40	60
Rosa	40	60
Verde claro	40	60
Gris claro	40 - 45	55 - 60
Gris	50 - 65	35 - 50
Anaranjado	55	45
Rojo pálido	60 - 65	35 - 40
Rojo ladrillo	65 - 70	30 - 35
Verde oscuro	70 - 80	20 - 30
Azul oscuro	80 - 85	15 - 20
Caoba	88 - 92	8 - 12
Negro	95 - 98	2 - 5

En muros es: Bastante clara 50%, media 30% y Osbscura 10%.

FACTOR DE MANTENIMIENTO.

Tipo de iluminación	ESTADO DE LIMPIEZA		
	Limpio	Medio	Sucio
Directa	75 - 80%	70 - 75%	60 - 65%
Semidirecta	80%	70%	60%
Indirecta	75%	65%	
Semiindirecta	70%	60%	

AREAS CONSIDERADAS PARA LOS CALCULOS DE ALUMBRADO.

Las áreas que se considerán con alumbrado interior serán las siguientes:

DESCRIPCION	LARGO (mts.)	ANCHO (mts.)	ALTURA (mts.)	§ NIVEL DE ILUMINACION. (pies-bujias)
Cuarto de Máquinas 1	21.0	14.6	5.50	75
Cuarto de Control	8.87	9.0	2.65	90
Cuarto de Mantenimiento	5.60	6.0	2.65	70
Almacén de Herramientas	3.20	6.0	2.65	75
Cuarto de Máquinas 2	14.16	14.6	5.50	75
Cuarto de Máquinas 3	14.13	14.6	5.50	75
Oficinas 1	4.20	4.20	2.65	70
Archivo	4.80	2.40	2.65	70
Cuarto de Copiadora	4.80	2.0	2.65	70
Oficinas 2	6.30	6.0	2.65	90
Oficinas 3	4.35	4.0	2.65	70
Vestíbulo	6.50	1.50	2.65	50
Oficinas 4	4.35	4.0	2.65	70
Cuarto W.C. (c/u.)	1.75	1.20	2.65	30
Comedor	17	10	3	40

§ Datos tomados del manual de Alumbrado de "SYLVANIA."

A dichas áreas se les aplicará el criterio de cálculo ya de finido para hallar las luminarias que se requieren, de acuerdo a las necesidades específicas de cada caso, y a las configuraciones de cada local.

CALCULOS DE LUMINARIAS.

- Cuarto de Máquinas No.-1 -

a) Elección del Nivel de Iluminación.

En este local se encuentran localizados los sistemas de refrigeración del aire, antes de entrar a las turbinas de expansión, dichas unidades de refrigeración constan de filtros, --- tuberías, válvulas y equipos de medición y control. Por ello -- se hace necesario una inspección periódica y les asignamos el valor de 75 pies-bujías de iluminación.

b) Selección de la Luminaria.

De acuerdo a las necesidades de tipo industrial de esta -- sección, se determinó la necesidad de usar luminarias con las siguientes características:

Una Lámpara de Vapor de Mercurio de 400 W. "PRIMSPACK".

Curva de distribución Abierta.

Relación de espaciamiento 1.6 x altura de Montaje.

Voltaje de Operación 220 Volts.

Frecuencia de Operación 60 Hz.

Baja brillantez con Reflector Prismático color Blanco Fresco.

Reactor Integral Autorregulador.

Catálogo No.- 916 Marca. HOLOPHANE

Lúmenes iniciales 21,000.

c) Calculo de la Relación del Local,

Para este tipo de área se requiere por la naturaleza del -- trabajo de una iluminación de tipo indirecta (no especial --- para una sola zona).

aplicando la formula:

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{\text{Ancho} \times \text{Largo}}{H+0.76 (A + L)} = \frac{3}{2} \frac{14.6 \text{ m.} \times 21\text{m.}}{(5.5 + 0.76) \times (14.6 +$$

$$R.L. = 2.0$$

d) Determinación de Coeficientes de Reflexión:

Debido a los acabados de tipo industrial de esta área se han determinado los siguientes valores de Reflexión:

Piso - 10%.

Techo - 50%.

Paredes - 30%.

e) Determinación del C.U. y f.m.

El coeficiente de Utilización lo hallamos intersectando con el valor de la Relación del local $R.L. = 2.0$, y los valores de reflectancia definidos (10%, 50% y 30%).

De donde hallamos que $C.U. = 0.56$ (sin unidades) para la luminaria escogida.

Por otro lado debido a las condiciones de limpieza de el área en estudio se determina que el factor de mantenimiento es "medio" por lo que asignamos el valor numérico de

$$f.m. = 0.60$$

f) Calculo del Número de Artefactos de Acuerdo al Método de -- Harrison Anderson.

Debido a que tenemos ya definidos todos los elementos podemos aplicar la formula

$$\text{No. Artefactos} = \frac{49. \text{ Pies - bujías} \times A \times L}{\frac{\text{lamparas}}{\text{artefacto}} \times \frac{\text{lúmenes}}{\text{lampara}} \times \text{C.U.} \times \text{f.m.}}$$

Sustituyendo valores

$$\text{No. Artefactos} = \frac{75 \text{ pies - bujías} \times 14.6\text{m.} \times 21\text{m.}}{\frac{1 \text{ lamp.}}{\text{artefacto}} \times \frac{21000 \text{ lúmenes}}{\text{lamp.}} \times 0.56 \times 0.60}$$

$$\text{No. Artefactos} = 3.25 \approx \underline{\underline{4}}$$

g) Relación de Espaciamento.

Como la altura de montaje será 5.0 mts. aproximadamente el espaciamento podrá ser de

$$1.6\text{m.} \times 5.0\text{m.} = \underline{8.0\text{mts.}} \quad \text{aproximadamente.}$$

NOTA

La luminaria usada en este caso fue elegida debido a la alta eficiencia del reflector prismático, la baja brillantéz de la pared del reflector, así como una mínima depreciación luminosa y un mantenimiento fácil, ya que la superficie interior del reflector es completamente lisa y puede limpiarse fácilmente restaurando su eficiencia inicial.

CUARTO DE CONTROL.

a) Elección del Nivel de Iluminación.

Debido a que en este cuarto tenemos concentrado todo el ---- control de los equipos que intervienen en el proceso de producción de los gases del aire, se adoptó el asignar el valor de -- 90 pies-bujías de iluminación.

b) Selección de la Luminaria.

De acuerdo a las necesidades de una iluminación bien definida y uniforme se seleccionó la siguiente luminaria:

Luminaria Tipo Industrial Fluorescente Tipo "OG".

Con dos lámparas de 40 Watts. Encendido Rápido

Con laterales cerrados. Marca ILINSA.

Catálogo .OC43-24, Para 220 Volts. 60 Hs.

Relación de espaciamento 1.25 la altura de Montaje

Lúmenes iniciales 3100, Lúmenes/lámpara. Color blanco fresco.

c) Cálculo de la Relación del Local.

La iluminación de esta área será de tipo indirecta así que:

$$R.L. = \frac{3}{2} \quad \frac{9.0 \times 8.87}{2.65 + 0.76 (9.0 + 8.87)}$$

$$R.L. = 1.96$$

d) Coeficientes de Reflexión.

Los coeficientes serán como sigue:

Piso	20%
Techo -	50%
paredes	30%.

e) Coeficiente de Utilización y Factor de Mantenimiento.

Intersectando R.L. = 1.96 , y los coeficientes de Reflexión- de 20%, 50% y 30%.

Como no existe tabulado el valor de R.L. = 1.96 interpolamos los dos valores próximos:

$$\text{C.U. para 1.5} = 0.52$$

$$\text{C.U. para 2.0} = 0.59$$

Así que interpolando el valor del coeficiente de utilización para R.L. = 1.96 es C.U. = 0.58

Por otro lado el factor de mantenimiento se considera "bajo" para esta zona así que se asigna el valor numérico correspondiente:

$$f.m. = 0.65$$

f) Número de Artefactos.

$$\text{No. Artefactos} = \frac{90 \text{ pies-bujías} \times 9.0\text{m.} \times 8.87\text{m.}}{2 \text{ lamp.} \times \frac{3100 \text{ lúmenes}}{\text{lamp.}} \times 0.58 \times 0.70}$$

$$\text{No. Artefactos} = 3:0 \text{ lámparas}$$

y debido a la forma de este local se disponen 5 artefactos para lograr una distribución uniforme.

g) Relación de Espaciamento.

Como la altura de montaje será de 2.10mts. aproximadamente - el espaciamento podrá ser de

$$1.25 \times 2.10 = 2.62 \text{ mts.}$$

CUARTO DE MANTENIMIENTO.

a) Nivel de Iluminación.

Debido a las necesidades de iluminación de este local se le ha asignado el valor de: 60 pies-bujías.

b) Selección de la Luminaria.

Ya que tenemos las características de esta área muy similares a las del cuarto de control, adoptamos la misma luminaria usada.

c) Relación del Local.

Como la iluminación es de tipo indirecta.

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{5.6 \times 6.0}{2.65 + 0.76(5.6+6.0)}$$

$$R.L. = 1.27$$

d) Los Coeficientes de Reflexión son:

Piso 20% , Techo 50% , Pared 30%.

e) C.U. y f.m.

Para	R.L.	C.U.
	1.25	0.47
	1.50	0.52

Interpolando para R.L. = 1.27, C.U. = 0.474.

El factor de mantenimiento es "malo".

$$f.m. = 0.60$$

f) Número de Artefactos.

$$\text{No. Art.} = \frac{70 \text{ pies-bujías} \times 5.6\text{m.} \times 6.0\text{m.}}{2 \text{ lamp.} \times \frac{3100 \text{ lúmenes}}{\text{lamp.}} \times 0.474 \times 0.60}$$

No. Art. = 1.33

Y debido a la configuración de este cuarto se requieren 2 artefactos.

g) Relación de espaciamiento.

Como la altura de montaje será también de 2.10 aproximadamente el espaciamiento será de :

$$1.25 \times 2.10 = 2.62 \text{ mts.}$$

ALMACEN DE HERRAMIENTAS.

a) Nivel de Iluminación Requerido:

75 pies-bujías.

b) Selección de la Luminaria Adecuada:

Para este caso también adoptamos la misma luminaria que — para el local anterior, ya que se trata de las mismas características del cuarto.

c) Relación del Local.

Iluminación de tipo Indirecta:

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{3.2 \times 6.0}{2.65 + 0.76 (3.2 + 6.0)}$$

$$R.L. = 0.91$$

d) Los coeficientes de Reflexión son:

Piso 20%, Techo 50%, Pared 30%.

e) El C.U. y f.m.

Para	R.L.	C.U.
	0.8	0.35
	1.0	0.41

e interpolando para R.L. = 0.91 C.U. = 0.38.

y como las condiciones de mantenimiento son malas;

$$f.m. = 0.60$$

f) El número de Artefactos es:

$$\text{No. Art.} = \frac{75 \text{ pies-bujías} \times 3.2 \times 6.0}{2 \text{ lamp. art.} \times \frac{3100 \text{ lum.}}{\text{lamp.}} \times 0.38 \times 0.60}$$

$$\text{No. Art.} = 1.0$$

g) Relación de Espaciamento:

$$\text{Es igual a } 1.25 \times 2.10 = 2.62 \text{ mts.}$$

CUARTO DE MAQUINAS No. 2.

a) Nivel de Iluminación:

Por la importancia de las actividades a desarrollar aquí - se ha asignado el valor de : 75 pies-bujías.

b) Selección de las luminarias:

Para este cuarto al igual que el cuarto de maquinas No. 1, adoptamos la luminaria de vapor de mercurio de 400 Watts., -- descrita anteriormente.

c) Relación del Local.

Iluminación indirecta:

$$R.L. = \frac{1}{2} \frac{14.16 \times 14.6}{5.5 + 0.76 (14.16 + 14.6)}$$

$$R.L. = 1.72.$$

d) Coeficientes de Reflexión:

Piso	10%
Techo	: 30%
Paredes	30%.

e) C.U. y f.m.

Debido a que no se encuentran tabulados directamente ni -- los valores de R.L., ni los valores de Reflectancia procedemos a efectuar una doble interpolación así que:

1.-) Para Reflectancia de Piso	10%
	Techo 70%
	Pared 30%.

para	R.L.	C.U.
	1.5	0.52
	2.0	0.58

así que para R.L. = 1.72 C.U. = 0.54.

56.

2.-) Y Para Reflectancia de Piso 10%
Techo 50%
Pared 30%.

para R.L. C.U.
1.5 0.51
2.0 0.56

así que para R.L. = 1.72 C.U. = 0.53.

De esta forma extrapolando los valores obtenidos en 1.-) y --

2.-) y para la reflectancia del techo de un 30% tenemos

Piso : 10%
Techo : 70% ————— C.U. = 0.54.
Pared : 30%

y

Piso 10%
Techo 50% ————— C.U. = 0.53
Pared : 30%

así que extrapolando hacia un valor menor:

Para Piso 10%
Techo 30% ————— C.U. = 0.52
Pared : 30%

Por otro lado el mantenimiento se considera malo;

f.m. = 0.55

f) El número de Artefactos es:

No. Artefactos = $\frac{75 \text{ pies-bujías} \times 14.16 \times 14.6}{\frac{1 \text{ lamp.}}{\text{art.}} \times \frac{21,000 \text{ lumenes}}{\text{lamp.}} \times 0.52 \times 0.55}$

No. Art. = 2.58

y dado que la configuración del cuarto así lo amerita, colocaremos 4 artefactos.

g) Relación de Espaciamiento:

Es igual a $1.6 \times 5.0 = 8$ mts.

CUARTO DE MAQUINAS No. 3.

Debido a que en este cuarto se repiten las mismas características del local anterior adoptamos por usar 4 artefactos de las mismas características ya descritas.

y dado que la configuración del cuarto así lo amerita, colocaremos 4 artefactos.

g) Relación de Espaciamiento:

Es igual a $1.6 \times 5.0 = 8$ mts.

CUARTO DE MAQUINAS No. 3.

Debido a que en este cuarto se repiten las mismas características del local anterior adoptamos por usar 4 artefactos de las mismas características ya descritas.

CUARTOS DE OFICINAS No. 1, 3, y 4.

a) Nivel de Iluminación:

Considerando las labores de una oficina en la cual se ---
desempeñan trabajos no muy meticulosos o no muy difíciles --
adoptamos el valor de : 70 pies-bujías.

b) Selección de las Luminarias:

En este local, así como en todas las otras oficinas se --
usaran luminarias de tipo fluorescentes con las siguientes --
características.

2 lámparas de 40 Watts., 5900 lúmenes (en total).

Artefacto tipo de Sobreponer equipado con dos controlentes
de plástico acrílico.

Espaciamiento máximo 1.7 x altura de montaje.

1.23m. Largo x 0.27 m. ancho con reactor Slimline

Mca. Holophane " REALITE" CAT. M-6500-45.

c) Relación del Local.

Iluminación Indirecta.

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{4.2 \times 4.20}{2.65 + 0.76 (4.2 + 4.2)}$$

$$R.L. = 0.92.$$

d) Coeficientes de Reflexión:

Piso	10%
Techo	50%
Pared	30%.

e) C.U. y f.m.

Interpolando:

para	R.L.	C.U.
	0.8	0.31
	1.0	0.36.

y para R.L. = 0.92 C.U. = 0.34.

y como el mantenimiento será medio

$$f.m. = 0.60$$

f) Número de Artefactos:

$$\text{No. Art.} = \frac{70 \text{ pies-bajas} \times 4.2 \times 4.2}{2 \text{ lamp. art.}} \times \frac{5300 \text{ lúmenes}}{2 \text{ lamp.}} \times 0.34 \times 0.60$$

$$\text{No. Art.} = 1.14$$

y por la forma del local adoptamos usar 2 artefactos para --- tener un alumbrado uniforme.

g) Relación de Espaciamiento:

$$1.7 \times 2.10 = 3.57 \text{ mts.}$$

NOTA

La razón de el uso de estos tipos de luminarias fluorecentes, es debido a su acción óptica de los prismas en las paredes laterales que proyectan una componente de luz que mejoran las apariencias de los cuartos, ya que se evitan puntos brillantes y deslumbramientos, así como la alta eficiencia que alcanza en la iluminación de áreas grandes.

CUARTO DE OFICINAS No. 2.

a) Nivel de Iluminación.

Debido a que aquí se elaboran actividades de revisión e -- impresión de documentos aplicamos el valor de iluminación de 90 pies-bujías.

b) Selección de Luminarias.

Será la misma que en el punto anterior.

c) Relación del Local.

Iluminación Indirecta:

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{6.3 \times 6.0}{2.65 + 0.76 (6.3 + 6.0)}$$

$$R.L. = 1.35.$$

d) Coeficientes de Reflexión.

Piso : 30%

Techo 80%

Pared : 30%

e) C.U. y f.m.

Interpolando	R.L.	C.U.
	1.25	0.45
	1.50	0.50

y para R.L. = 1.35 C.U. = 0.47

por otro lado ;

$$f.m. = 0.60.$$

f) Número de Artefactos

$$\text{No. Art.} = \frac{90 \text{ pies-bujías} \times 6.3 \times 6.0}{\frac{2 \text{ lamp.}}{\text{art.}} \times \frac{5300 \text{ lúmenes}}{2 \text{ lamp.}} \times 0.47 \times 0.6}$$

$$\text{No. Art.} = 2.27$$

y por la configuración del local, adoptamos poner 4 artefactos.

ARCHIVO Y CUARTO DE COPIADORA.

a) Nivel de Iluminación: 70 pies-bujías.

b) La luminaria será la misma que en los casos anteriores "HOLOPHANE", REALITE CAT. N-6500-45, 2 x 40 Watts.

c) Relación del Local.

Iluminación Indirecta.

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{4.8 \times 2.40}{2.65 + 0.76 (4.8 + 2.4)}$$

R.L. = 0.70.

d) Coeficientes de Reflexión:

Piso : 10%

Techo : 80%

Pared : 50%

e) C.U. y f.m.

Interpolando	R.L.	C.U.
	0.6	0.29
	0.8	0.37

Y para R.L. = 0.70 C.U. = 0.33. y f.m. = 0.60.

$$f) \text{ No. Artefactos} = \frac{70 \text{ pies-bujías} \times 4.8 \times 2.4}{\frac{2 \text{ lamp.}}{\text{artef.}} \times \frac{2300 \text{ lum.}}{2 \text{ lamp.}} \times 0.33 \times 0.6}$$

No. Art. = 0.76. se adopta el uso de 1 artefacto en cada local.

g) Relación de espaciamiento:

$$1.7 \times 2.10 = 3.57 \text{ mts.}$$

VESTIBULO.

a) Nivel de Iluminación 50 pies-bujías.

b) Luminaria igual al caso anterior.

c) Relación del Local:

Para Iluminación Indirecta

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{6.5 \times 1.5}{2.65 + 0.76 (6.5 + 1.5)}$$

R.L. = 0.53

d) Coeficientes de Reflexión:

Piso 30%

Techo : 50%

Pared : 50%

e) C.U. y f.m.

Extrapolando	R.L.	C.U.
	0.8	0.36
	0.6	0.28

Para R.L. = 0.53, C.U. = 0.25 y f.m. = 0.60.

$$f) \text{ No. Artefactos} = \frac{50 \text{ pies-bujías} \times 6.5 \times 1.5}{\frac{2 \text{ lamp.}}{\text{art.}} \times \frac{5900 \text{ lum.}}{2 \text{ lamp.}}} \times 0.25 \times 0.6$$

No. Art. = 0.61, y por la forma del local usaremos 2 artefactos.

g) Relación de Espaciamiento:

$$1.7 \times 2.10 = 3.57 \text{ mts.}$$

CUARTO DE BAÑO (4).

a) El Nivel de Iluminación para cada uno será: 30 pies-bujías.

b) Selección de la Luminaria.

Porque el uso de los baños es más limitado y los constantes encendidos y apagados de las luminarias impedirían el uso de una luminaria de tipo fluorescente, además de que el nivel de iluminación es bajo, adoptamos aquí el siguiente tipo de artefacto:

Luminaria Incandescente de una lámpara de 200 Watts., tipo empotrado, con refractor de cristal prismático 4000 lúmenes - Mca. "HOLOPHANE" " ROUND PAL" Cat. R-700-B de 33.02 cms. de diámetro.

c) Relación del Local .

Iluminación Indirecta

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{1.75 \times 1.20}{2.65 + 0.76 (1.75 + 1.20)}$$

R.L. = 0.31.

d) Coeficientes de Reflexión:

Piso	20%
Pared	50%
Techo	30%.

e) C.U. y f.m.

Extrapolando	R.L.	C.U.
	2.0	0.70
	1.0	0.76

y para R.L. = 0.31 C.U. = 0.80 y f.m. = 0.70.

f) No. Artefactos = $\frac{30 \text{ pies-bujías} \times 1.75 \times 1.20}{\frac{1 \text{ lamp.}}{\text{artef.}^x} \frac{4000 \text{ lum.}}{\text{lamps.}} \times 0.8 \times 0.7}$

No. Art. = 0.02 y se colocará una luminaria en cada baño.

COMEDOR.

- a) Nivel de Iluminación 40 pies-bujías.
- b) La luminaria a usar para este caso será igual que las --- usadas en las oficinas: 2 lámparas de 40 Watts., de sobreponer.
- c) Relación del Local:

Iluminación Indirecta:

$$R.L. = \frac{3}{2} \frac{17 \times 10}{3 + 0.76 (17+10)} = 2.5$$

- d) Coeficientes de Reflexión:

Piso	10%
Pared	: 30%
Techo	80%.

- e) C.U. y f.m.

Para R.L. = 2.5 C.U. = 0.56, y como el mantenimiento será medio f.m. = 0.60 .

$$f) \text{ No. Art.} = \frac{40 \text{ pies-bujías} \times 17\text{m.} \times 10\text{m.}}{5300 \text{ lúmenes} \times 0.56 \times 0.60}$$

$$\text{No. Art.} = 3.8 \approx \underline{\underline{4}}$$

- g) Relación de Espaciamiento:

$$1.7 \times 3.0\text{m.} = \underline{\underline{5.1 \text{ metros.}}}$$

b) ALUMBRADO EXTERIOR.

Los objetivos fundamentales del alumbrado exterior, en calles, carreteras y áreas verdes, son principalmente el proporcionar seguridad del tráfico y con fines de vigilancia. Asimismo la idea se cifra en producir la cantidad y calidad de iluminación requerida para una segura, rápida y cómoda visibilidad por la noche.

Para conseguir un alumbrado eficaz de este tipo, es esencial que la instalación esté bien proyectada, considerando para ello los siguientes aspectos.

- La clasificación de la zona.
- El nivel de iluminación apropiado según la clasificación.
- Selección de las luminarias de acuerdo con la distribución de luz requerida.
- El apropiado emplazamiento de la luminaria (altura de montaje, longitud del brazo y separación) para proporcionar la iluminación requerida en cantidad y calidad.

SELECCION DE LUMINARIAS Y FUENTE DE LUZ.

En el alumbrado exterior se utilizan fuentes de luz de filamento de mercurio y fluorescentes, y todas ellas proporcionan excelentes resultados cuando se usan apropiadamente. En la práctica las fuentes de luz son predominantemente lámparas de los tipos de mercurio o de mercurio de color mejorado.

Las luminarias se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1.- Distribución vertical de luz.
- 2.- Distribución lateral de luz.
- 3.- Control de la distribución de luz por encima de la máxima intensidad luminosa.

Las distribuciones verticales de luz se dividen en tres -- categorías, corta (S) , media (M) y larga (L) , según -- el ángulo vertical de máxima intensidad luminosa en relación -- con la altura de montaje (MH).

La distribución lateral de luz se divide en dos grupos de acuerdo con el emplazamiento de la luminaria en relación con la zona que se va a iluminar (en el centro o a un lado de la calle ó area por alumbrar). Estos grupos se subdividen a su vez de acuerdo con la abertura lateral de la línea isocandela de intensidad luminosa igual a la mitad de la máxima.

Las clasificaciones de distribución lateral y vertical están hechas sobre la base de un diagrama isocandela que lleva superpuestas en su retículo de coordenadas una serie de líneas longitudinales de calle (L R L) numeradas en múltiplos de la altura de montaje (MH) y una serie de líneas transversales de calle (T R L) con el mismo sistema de numeración.

El control de la distribución de luz por encima de la máxima intensidad luminosa se divide en tres tipos de función del tanto por ciento de lúmenes nominales de la fuente de luz -- emitidos por encima del límite TRL para las distribuciones -- S, M y L verticales. Los tipos son:

Las luminarias se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1.- Distribución vertical de luz.
- 2.- Distribución lateral de luz.
- 3.- Control de la distribución de luz por encima de la máxima intensidad luminosa.

Las distribuciones verticales de luz se dividen en tres -- categorías, corta (S) , media (M) y larga (L) , según -- el ángulo vertical de máxima intensidad luminosa en relación -- con la altura de montaje (MH).

La distribución lateral de luz se divide en dos grupos de acuerdo con el emplazamiento de la luminaria en relación con la zona que se va a iluminar (en el centro o a un lado de la calle ó area por alumbrar). Estos grupos se subdividen a su vez de acuerdo con la abertura lateral de la línea isocandela de intensidad luminosa igual a la mitad de la máxima.

Las clasificaciones de distribución lateral y vertical están hechas sobre la base de un diagrama isocandela que lleva superpuestas en su retículo de coordenadas una serie de líneas longitudinales de calle (L R L) numeradas en múltiplos de la altura de montaje (MH) y una serie de líneas transversales de calle (T R L) con el mismo sistema de numeración.

El control de la distribución de luz por encima de la máxima intensidad luminosa se divide en tres tipos de función del tanto por ciento de lúmenes nominales de la fuente de luz -- emitidos por encima del límite TRL para las distribuciones -- S, M y L verticales. Los tipos son:

- 1.- Controlada o cutoff - no más del 10%.
- 2.- Semicontrolada o Semi-cutoff - no más del 3%.
- 3.- Noncutoff - sin limitación.

EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS-SEPARACION Y ALTURA DE MONTAJE.

El emplazamiento, separación y altura de montaje apropiados de las luminarias implican factores de iluminación tales como la relación de uniformidad entre el nivel luminoso más bajo y el medio y el deslumbramiento mínimo. Dichos factores se deben considerar juntamente con otros de orden práctico que a menudo incluyen el emplazamiento de partes convenientes, espacio para soportes de nuevos postes, longitudes de los bloques, límites de las propiedades, desniveles, curvas, cruces. Al perseguir el objetivo de un mínimo deslumbramiento con un óptimo brillo, las alturas de montaje de las luminarias son función de la máxima intensidad luminosa del haz y del tipo de control. Los exteriores para determinar la altura de montaje mínimo se dan en la siguiente tabla.

ALTURAS MINIMAS DE MONTAJE DE LAS LUMINARIAS.

Intensidad Luminosa máxima de la Luminaria (Lumens)	Altura de montaje (metros)		
	Cutoff	Semi-Cutoff	No.Cutoff.
Por debajo de 5,000	5	6	7.5
Por debajo de 10,000	6	7.5	9
Por debajo de 15,000	7.5	9	10.5
Por encima de 15,000	9	10.5	12.

El cálculo de la iluminación media se puede hacer basándose en la selección de las luminarias, la altura de montaje y en-

la separación de aquellas para iluminar una anchura determinada de calle. Paré ello se usa la fórmula del método de los lúmenes, incluyendo la depreciación de los lúmenes de la lámpara y la de la luminaria por suciedad, o sea un coeficiente de utilización tomado de la curva de utilización de la luminaria --- elegida.

Debe hacerse un cálculo para determinar el valor más bajo - del nivel luminoso sobre el piso, a fin de comprobar si la disposición propuesta alcanzará la relación requerida entre las iluminaciones mínima y media. Esto exige un estudio de iluminación en los puntos de la calle en los que es de esperar que -- se presente el mínimo, usando los diagramas isolux correspondientes a las luminarias que contribuyen a la iluminación de - tales puntos.

fórmula de los lúmenes

$$\text{No. Artefactos} = \frac{\text{Nivel Luminoso (luxes)} \times \text{Area (m}^2\text{)}}{\frac{\text{lúmenes}}{\text{lámpara}} \times \text{C.U.}}$$

donde el valor de C.U. se interseca hallando el valor de la - relación distancia transversal y usando la curva de utili- altura de montaje zación respectiva.

NOTA

Las consideraciones efectuadas y el proceso de cálculo definido para esta parte del alumbrado se han tomado del MANUAL DEL ALUMBRADO DE WESTINGHOUSE .

CALCULO DEL ALUMBRADO EXTERIOR DE LA PLANTA EN ESTUDIO.

Selección del Nivel de Iluminación:

Dadas las características de las áreas a iluminar adoptamos el nivel de iluminación de 50 luxes, ya que tendremos zonas de estacionamiento de trailers que serán llenados con los productos de la planta. Así como áreas verdes que requieran tener vigilancia constante.

Selección de la Luminaria:

Para el alumbrado de calles, áreas verdes y estacionamientos es muy común el uso de luminarias de vapor de mercurio — que proporcionen baja brillantez y apariencia uniforme, combinando una alta eficiencia de emisión luminosa y una construcción eléctrica adecuada para uso a la intemperie.

Por ello seleccionamos la siguiente luminaria:

Luminaria de Vapor de mercurio Mca. HOLOPHANE Cat. HOV-25 con refractor de cristal prismático CAT. 4029-P Lámpara — H33-ICD de vapor de mercurio de 400 Watts, bulbo claro, 21,500 lúmenes, altura de montaje 9.15 mts. con balastro remoto.

NOTA.

Para la localización de las áreas vease el plano No. AG-1E.

CALLE 1 N.

Largo: 62m. Ancho: 10 mts. (distancia transversal).

Coefficiente de Utilización; Para determinarlo se requiere como abscisa el valor de la relación distancia transversal y altura de montaje se obtiene como ordenada el coeficiente de utilización inter-

70.

sectándolo con la curva respectiva.

Para este caso la relación es $\frac{10 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 1.09$

así que C.U. = 0.40

así que aplicando la fórmula:

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 620 \text{ m}^2}{21,500 \text{ lúmenes} \times 0.40} = 3.6 \approx 4 .$$

CALLE 2 N.

Largo = 28 mts. Ancho = 12 mts. (distancia transversal).

El coeficiente de Utilización es:

$$\frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{12 \text{ mts.}}{9.15 \text{ mts.}} = 1.31$$

e intersectando con la curva respectiva;

$$\text{C.U.} = 0.48$$

Así que:

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 28 \text{ m.} \times 12 \text{ m.}}{21,500 \text{ lúmenes} \times 0.48} = 1.6 \approx 2 .$$

CALLE 3 N.

Largo: 20 mt. Ancho : 6 m. (distancia transversal)

$$\text{La relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{6 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 0.65$$

y C.U. = 0.26

71.

$$\text{así No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 20 \text{ m.} \times 6 \text{ m.}}{21,500 \text{ lúmenes} \times 0.26} = 1.0$$

CALLE 4 N.

Largo : 75 m. Ancho 14 mts.

$$\text{la relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{14 \text{ mts.}}{9.15 \text{ mts.}} = 1.53$$

y C.U. 0.52

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 75 \text{ m.} \times 14 \text{ m.}}{21,500 \times 0.52} = 4.69 \approx 5.$$

CALLE 5 N.

Largo : 15 m. Ancho: 9 m.

$$\text{la relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{9 \text{ m.}}{9.15} = 0.98$$

y C.U. = 0.37

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 15 \text{ m.} \times 9 \text{ m.}}{21,500 \times 0.37} = 0.8 \approx 1.$$

CALLE 6 N.

Largo: 15 m. Ancho 7 m.

$$\text{la relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{7 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 0.76$$

y C.U. = 0.30

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ luxes} \times 15 \text{ m.} \times 7 \text{ m.}}{21,500 \times 0.30} = 0.81 \approx 1.$$

72.

CALLE 7 H.

Largo : 75 m. Ancho 7 m.

$$\text{la relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{8 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 0.76$$

y C.U. = 0.30

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ lúmenes} \times 75 \text{ m.} \times 7 \text{ m.}}{21,500 \times 0.3} = 4$$

ZONA VERDE (2 1).

Largo : 33 m. Ancho : 30 m.

$$\text{la relación } \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}} = \frac{30 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 3.27$$

y C.U. = 0.62

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ lúmenes} \times 33 \text{ m.} \times 30 \text{ m.}}{21,500 \text{ lúmenes} \times 0.62} = 3.7 \approx 4.$$

ZONA VERDE (2 2).

Largo : 36 m. Ancho 13 m.

$$\frac{13 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 1.4 \qquad \text{C.U.} = 0.50$$

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ lúmenes} \times 36 \text{ m.} \times 13 \text{ m.}}{21,500 \times 0.50} = 2$$

ZONA VERDE (2 3).

Largo: 47 m. Ancho 12 m.

$$\frac{12 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 1.31 \qquad \text{C.U.} = 0.48$$

73.

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ liras} \times 47 \text{ m.} \times 12 \text{ m.}}{21,500 \times 0.48} = 2.7 \approx 3.$$

2004 VIEDE (3 4).

Largo : 36 m. Ancho : 12 m.

$$\frac{12 \text{ m.}}{9.15 \text{ m.}} = 1.31 \quad \text{C.V.} = 0.48$$

$$\text{No. Artefactos} = \frac{50 \text{ liras} \times 36 \text{ m.} \times 12 \text{ m.}}{21,500 \times 0.48} = 2.2 \approx 3.$$

2.6.- CIRCUITOS DE ALUMBRADO.

Las exigencias principales que una buena instalación eléctrica debe cumplir son: Seguridad y Suficiencia, sin embargo la suficiencia de la instalación no se obtiene necesariamente del cumplimiento de las exigencias de seguridad. En el --- proyecto se deberán hacer provisiones para futuras ampliaciones razonables del sistema, así como lograr flexibilidad en su uso.

Cuando se realiza el dimensionamiento de un conductor eléctrico para manejar cierta potencia se deben de tomar en cuenta los dos criterios siguientes:

- a) Cálculo del conductor por corriente a manejar.- En ésta -- etapa el conductor se calcula de acuerdo a una capacidad de conducción del 125% de la corriente nominal a transportar.

- b) Cálculo del conductor por caída de tensión.- Ya que en una línea de alimentación eléctrica se presentan caídas de tensión el conductor deberá tener una sección adecuada para no tener una caída de tensión que no exceda el 3% para circuitos de -- alumbrado, y el 4% para circuitos de Potencia. (Segun el Reglamento de obras e Instalaciones Eléctricas).

Tomando en cuenta los dos aspectos anteriores se podrá tener un circuito eléctrico, que por un lado sea capaz de manejar la corriente circulante en el sistema, y por otro lado -- evite tener caídas de tensión que provoquen que los equipos -- operen fuera de sus rangos normales de funcionamiento.

La potencia total en un circuito de corriente continua ó -- alterna monofásica con carga resistiva pura tal como las lám-

paras de filamento, puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l} \text{Potencia} \quad * \quad \text{Tensión} \quad x \quad \text{Corriente.} \\ \text{(Watts)} \quad \quad \quad \text{(Volts)} \quad \quad \quad \text{(Amperes)} \end{array}$$

Por otro lado las lámparas de descarga eléctrica, como son los fluorescentes y las de vapor de mercurio, requieren de -- reactancias para limitar la corriente y proporcionar la tensión necesaria para el encendido.

Dichas reactancias (balastos) provocan potencias reactivas no deseables las cuales ocasionan calentamientos excesivos -- de los cables y una caída de tensión demasiado alta.

En la realidad ningún sistema eléctrico es capaz de evitar el efecto reactivo por lo cual la potencia activa total se -- expresa por la ecuación

$$\begin{array}{l} \text{Potencia Activa total} = \text{Tensión} \quad x \quad \text{Corriente} \quad x \quad \text{Factor de Potencia.} \\ \text{(Watts)} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{(Volts)} \quad \quad \quad \text{(Amperes)} \end{array}$$

Donde el factor de Potencia es la relación entre la potencia activa (leída en el Wáttmetro) y el producto de la tensión por la corriente (leídas en los aparatos de medición colocados en el circuito).

$$\text{Factor de Potencia (P.P.)} = \frac{\text{Potencia total Activa (Watts)}}{\text{Corriente (amperes) x Voltaje (volts).}$$

Por otro lado el calculo de la caída de tensión contamos -- con la siguiente fórmula para Sistemas monofásicas:

$$\frac{E}{(\%) } = \frac{4 L I}{S V}$$

(Tomada del libro; "INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS" de los Ings. Becerril y Diego Onésimo.)

- donde E = Caída de Tensión (%).
 S = Sección del conductor sin aislamiento (mm^2).
 I = Corriente en amperes.
 L = Longitud del circuito (metros).
 V = Voltaje del sistema (volts).

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

Aunado a la selección adecuada de los cables, viene también la necesidad de proveer a los sistemas de alumbrado, el uso de desconectores ó interruptores termomagnéticos cuyas características son las siguientes:

- 1.- De uno, dos y tres polos.
- 2.- Disparó termomagnético, doble protección.
- 3.- Compensado para no ser afectado por la temperatura ambiente.
- 4.- Disparo rápido y rápida conexión.
- 5.- Contactos de aleación sinterizada.

Estos interruptores operan bajo condiciones severas de corto circuito o sobrecarga, la protección magnética puede cortar el circuito en $8/1000$ de segundo aproximadamente.

Por otro lado bajo condiciones ligeras y temporales de sobrecarga el disparo térmico se efectúa al persistir un tiempo perjudicial la sobrecarga.

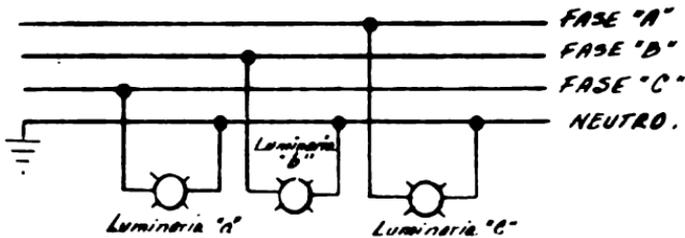
Normalmente este tipo de interruptores son seleccionados para poder manejar hasta un 125% del valor de la corriente nominal, pero depende de su elección los valores comerciales-

a que se encuentran fabricados a los cuales deberán ser ajustados los valores de corriente requeridos.

Asimismo es importante que en la elección de un interruptor termomagnético se piense en proteger tanto a la carga a manejar, como a los alimentadores. Esto es que no se elijan interruptores demasiado grandes cuando se requieran alimentadores pequeños, ya que el interruptor no se enteraría si el cable se incendiara por una sobre corriente.

BALANCEO DE FASES.

Cuando se proyecta una instalación de alumbrado es muy importante el hecho de balancear las fases del sistema de alimentación que es trifásico inicialmente.



Como se muestra en la figura las cargas deben de ser aplicadas a cada una de las fases lo más igualmente posible, ya que la carga excesiva de cualquiera de ellas podría desequilibrar a la fuente de alimentación.

Para este efecto el reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, limita a 3% el desbalanceo máximo entre fases el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Desbalanceo} = \frac{\text{Fase Mayor} - \text{Fase Menor}}{\text{Fase Mayor}} \times 100.$$

CALCULOS DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO.

a) Para el Alumbrado Interior:

Las cargas que tenemos en el alumbrado interior son las --
siguientes:

<u>Local</u>	<u>Lámparas</u>	<u>Cto. No.</u>	<u>Watts.</u>
Cuarto Maquinas 1	4 - 400 Watts.	C-1	1600 *
Cuarto de Control	5 - 2x40 Watts.	D-1	400
Cuarto de Mantenimiento	2 - 2x40 W.	D-1	160
Almacen de Herramientas	1 - 2x40 W.	D-1	80
Cuarto Maquinas 2	4 - 400 W.	C-1	1600 *
Cuarto Maquinas 3	4 - 400 W.	C-1	1600 *
Oficinas 1	2 - 2x40 W.	D-2	160
Archivo	1 - 2x40 W.	D-2	80
Cuarto de Copiadora	1 - 2x40 W.	D-2	80
Oficinas 2	4 - 2x40 W.	D-2	320
Oficinas 3	2 - 2x40 W.	D-3	160
Vestibulo	2 - 2x40 W.	D-3	160
Oficinas 4	2 - 2x40 W.	D-3	160
Cuarto V.C.	4 - 200 W.	D-1, D-2	800
Comedor	4 - 2x40 W.	D-3	320
Escaleras	2 - 2x40 W.	D-3	160

* Cargas a 220 Volts.

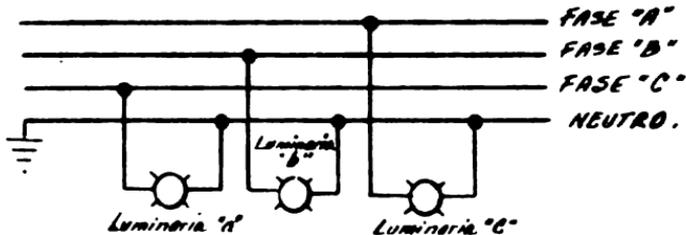
Nota.- Todas las cargas son a 110 V. excepto las indicadas,
ya que generalmente las lámparas de gran potencia están
diseñadas para alimentaciones a voltajes mayores con
el fin de disminuir las corrientes a manejar y conse-
cuentemente reducir el costo de los alimentadores.

a que se encuentran fabricados a los cuales deberán ser ajustados los valores de corriente requeridos.

Asimismo es importante que en la elección de un interruptor termomagnético se piense en proteger tanto a la carga a manejar, como a los alimentadores. Esto es que no se elijan interruptores demasiado grandes cuando se requieran alimentadores pequeños, ya que el interruptor no se enteraría si el cable se incendiara por una sobre corriente.

BALANCO DE FASES.

Cuando se proyecta una instalación de alumbrado es muy importante el hecho de balancear las fases del sistema de alimentación que es trifásico inicialmente.



Como se muestra en la figura las cargas deben de ser aplicadas a cada una de las fases lo más igualmente posible, ya que la carga excesiva de cualquiera de ellas podría desequilibrar a la fuente de alimentación.

Para este efecto el reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, limita a 3% el desbalanceo máximo entre fases el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Desbalanceo} = \frac{\text{Fase Mayor} - \text{Fase Menor}}{\text{Fase Mayor}} \times 100.$$

CALCULOS DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO.

a) Para el Alumbrado Interior:

Las cargas que tenemos en el alumbrado interior son las --
siguientes:

<u>Local</u>	<u>Lámparas</u>	<u>Cto. No.</u>	<u>Watts.</u>
Cuarto Maquinas 1	4 - 400 Watts.	C-1	1600 #
Cuarto de Control	5 - 2x40 Watts.	D-1	400
Cuarto de Mantenimiento	2 - 2x40 V.	D-1	160
Almacen de Herramientas	1 - 2x40 V.	D-1	80
Cuarto Maquinas 2	4 - 400 V.	C-1	1600 #
Cuarto Maquinas 3	4 - 400 V.	C-1	1600 #
Oficinas 1	2 - 2x40 V.	D-2	160
Archivo	1 - 2x40 V.	D-2	80
Cuarto de Copiadora	1 - 2x40 V.	D-2	80
Oficinas 2	4 - 2x40 V.	D-2	320
Oficinas 3	2 - 2x40 V.	D-3	160
Vestibulo	2 - 2x40 V.	D-3	160
Oficinas 4	2 - 2x40 V.	D-3	160
Cuarto V.C.	4 - 200 V.	D-1, D-2	800
Comedor	4 - 2x40 V.	D-3	320
Escaleras	2 - 2x40 V.	D-3	160

Cargas a 220 Volts.

Nota.- Todas las cargas son a 110 V. excepto las indicadas,
ya que generalmente las lámparas de gran potencia están
diseñadas para alimentaciones a voltajes mayores con
el fin de disminuir las corrientes a manejar y conse-
cuentemente reducir el costo de los alimentadores.

**CUADRO DE CARGAS PARA EL TABLERO DE DISTRIBUCION DE ALUMBRADO
127 VOLTS.**

CTO.	INTERR.	LAMP. 2-40W	LAMP. 2-60W	CONTACTOS 2-300V	F A S E S .		
					A	B	C
D-1	1P-30	11	2	2	2480		
D-2	1P-30	11	2	2		2480	
D-3	1P-30	12		3			2460
D-4	1P-30			4	2400		
D-5	1P-30			4		2400	
D-6	1P-30			4			2400
D-7	1P-40			5	3000		
D-8	1P-40			5		3000	
D-9	1P-40			5			3000
:							
D-20	R E S E R V A S						

De esta forma el desbalanceo entre fases es ;

$$\% \text{Desbalanceo} = \frac{7880 - 7860}{7880} \times 100 = 0.25 \% .$$

por lo cual ésta distribución de carga está dentro de lo aceptable.

Para poder alojar a los interruptores obtenidos requerimos de tener un tablero de distribución con las siguientes características ;

Tablero Trifásico , 4 hilos , 240 V.C.A. con interruptor general de 3 polos , 20 circuitos, capacidad 100 amperes ,
Cat. No.- NP-4AB20, Mca. Cutler Hammer con puerta, chapa y llaves.

CALCULO DE ALIMENTADORES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO.

Aplicando los criterios de cálculo ya definidos empezaremos a dimensionar los diferentes circuitos ya establecidos.

CIRCUITO C-1.

Carga = 5600 Watts. V= 220 Volts. Long. max. = 53 mts.

La corriente a manejar $I = \frac{5600 \text{ W.}}{220 \text{ V.}} = 25.45 \text{ Amp.}$

Por corriente el cable a usar sería:

2 Cables Vinanel 900 Cal. 12 en tubería conduit de 1/2" de --
diámetro pared gruesa.

y por caída de tensión:

$$\% s = \frac{4 (L) (I)}{8 (V)} = \frac{4 \times 53 \text{ m.} \times 25.45 \text{ A.}}{3.3 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ Volts.}} = 7.4\%$$

Ya que este valor es mayor que el 3% requerido, aplica---
mos la siguiente fórmula despejando la sección del cable re---
querida:

$$s = \frac{4 \times I \times L}{3 \times V} = \frac{4 \times 25.45 \text{ A.} \times 53 \text{ m.}}{3 \times 220 \text{ V.}} = 8.17 \text{ mm}^2$$

y como el calibre 8 A W G tiene una sección de 8.4 mm².

Por caída de tensión se requieren 2 cables cal. 8 A W G. -
en tubo conduit de 3/4" diámetro.

CIRCUITO C-2.

Carga = 5600 W. V = 220 Volts. Long. max. = 110 mts.

La corriente manejada = 25.45 amp.

Por caída de tensión el conductor adecuado es:

$$S = \frac{4 \times 25.45 \text{ a.} \times 110 \text{ mts.}}{3 \times 220 \text{ V.}} = 16.9 \text{ mm}^2.$$

y como el calibre 4 A V G., tiene una sección de 21.1 mm^2 -- es el adecuado, alojados en tubería conduit de $1\frac{1}{4}$ " de diámetro metro.

CIRCUITO C-3.

Carga = 5600 W. V = 220 V. Long. max. = 118 m.

Por caída de tensión el conductor adecuado es:

$$S = \frac{4 \times 25.45 \text{ a.} \times 118 \text{ mts.}}{3 \times 220 \text{ V.}} = 18.2 \text{ mm}^2.$$

y usamos 2 conductores cal. 4 A V G., que tiene una sección - de 21.1 mm^2 alojados en tubería conduit de $1\frac{1}{4}$ " de diámetro.

CIRCUITOS D-1, D-2, D-5 y D-9.

Carga max. = 3000 Watts. V = 127 Volts. Long. max. = 23 m.

la corriente $I = \frac{3000 \text{ Watts.}}{127 \text{ Volts.}} = 23.6 \text{ amp.}$

y se requieren 2 cables Vinanel 900 Gal.-12 que soportan 30-- amperes.

Por caída de tensión

$$\% S = \frac{4 \times 23 \text{ m.} \times 19.52 \text{ amp.}}{2.1 \text{ mm}^2 \times 127 \text{ Volts.}} = 6.73 \%$$

Como es mucho mayor que el 3% recalculamos.

$$s = \frac{4 \times 23 \times 19.52}{3 \times 127} = 4.71 \text{ mm}^2.$$

y como el cal. 10 A W G tiene 5.3 mm^2 , es el adecuado, el ---
cual irá alojado en tubería conduit de $3/4''$ de diámetro.

CIRCUITOS D-3, D-7 y D-8.

Carga max. = 3000 Watts. $V = 127$ Volts. Long. max. = 36 m.

$I = 23.6$ amp.

Por caída de tensión el calibre adecuado es:

$$s = \frac{4 \times 36 \text{ m.} \times 23.6 \text{ amp.}}{3 \times 127 \text{ V.}} = 8.91 \text{ mm}^2.$$

y como el cal. 6 A W G tiene 13.3 mm^2 es el adecuado, que ---
irá alojado en tubo conduit de $1''$ de diámetro.

CIRCUITOS D-4 y D-6.

Carga max. = 3000 V. $V = 127$ Volts. Long. max. = 51 m.

$I = 23.6$ amp.

La sección del calibre adecuado es:

$$s = \frac{4 \times 51 \text{ m.} \times 23.6 \text{ amp.}}{3 \times 127 \text{ V.}} = 12.6 \text{ mm}^2.$$

por lo cual se usarán 2 cables en calibre 6 A W G y en ----
tubo de $1''$ de diámetro.

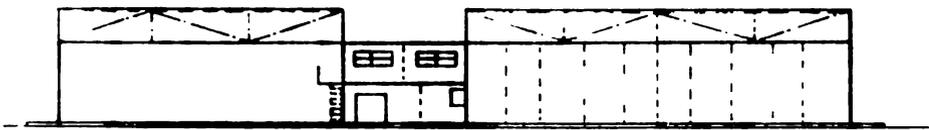
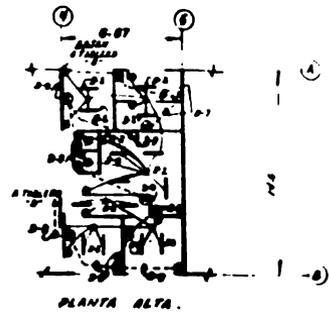
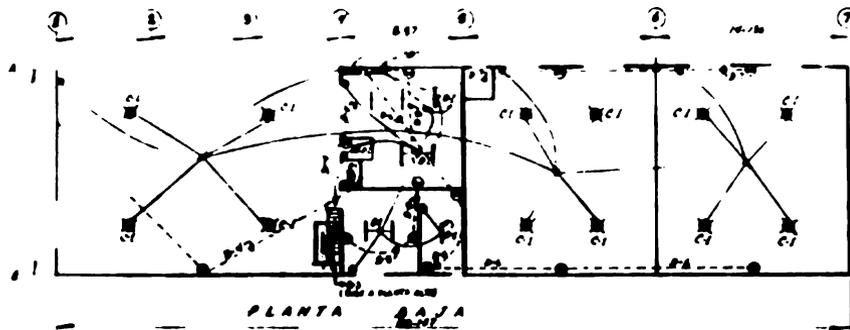
BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Manual del alumbrado de "Westinghouse" 3ª Edición.
- 2.- Fundamentos de Lámparas e Iluminación, por Willard Alphin, Illuminating Engineering Society, publicado por Sylvania --- International.
- 3.- Manual del Electricista editado por Conductores Monterrey, S.A.
- 4.- Catálogo Industrial Holophane.
- 5.- Catálogo Industrial 1977-1978, Cutler-Hammer.
- 6.- Catálogo Compendiado No. 17, Square D de Mexico, S(A)
- 7.- Catálogo Condensado Federal Pacific.

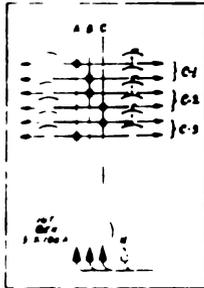
" PROYECTO DEL SISTEMA DE FUERZA".**3.1.- ASPECTOS GENERALES.**

Para un sistema industrial de Energía Eléctrica es importante tener en cuenta algunos aspectos sumamente importantes para el correcto funcionamiento del mismo, estos son:

- a) Seguridad: De acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, los conductores y aparatos de protección deben ajustarse a ciertas especificaciones para evitar todo tipo de accidentes.
- b) Caída de Voltaje: Para la operación satisfactoria de los motores el % de caída de voltaje total desde el punto de alimentación hasta el motor no debe de exceder del 4%.
- c) Flexibilidad para Permitir Cambios: Es conveniente para este caso hacer la instalación, teniendo en cuenta la posibilidad de futuros cambios.
- d) Aumentos Futuros: Generalmente toda la industria tiende a progresar y con consecuente aumento de equipo y por tanto de energía Eléctrica. Es buena práctica después de calcular los alimentadores principales, seleccionar los más sobrados en su calibre o lo menos instalar el tubo conduit más grande, para así permitir aumentos futuros; los tableros de distribución deberán tener algunos circuitos extras para tenerlos como reservas de futuros aumentos.



TABLERO DE ALUMBRADO "C" 270 V.C.A.

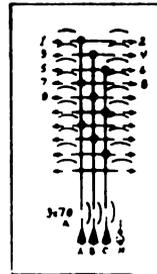


CIRC.	POLES	AMPERES	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS
C-1	2	20	17	2000	2000			
C-2	2	20	17	2000	2000			
C-3	2	20	17	2000	2000			
C-4	2	20	17	2000	2000			
C-5	2	20	17	2000	2000			
TOTAL		10	85	10000	10000			

DESBALANCEO ENTRE FASES: 0%

TABLERO TERMINAL TIPO 270 VOLTS C.A.
100 AMP. CULETA FINNER CAT. CUC-1-B

TABLERO DE ALUMBRADO "D" 127 VOLTS. C.A.



CIRC.	POLES	AMPERES	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS	WATTS
D-1	1	20	17	2000	2000			
D-2	1	20	17	2000	2000			
D-3	1	20	17	2000	2000			
D-4	1	20	17	2000	2000			
D-5	1	20	17	2000	2000			
D-6	1	20	17	2000	2000			
D-7	1	20	17	2000	2000			
D-8	1	20	17	2000	2000			
D-9	1	20	17	2000	2000			
D-10	1	20	17	2000	2000			
TOTAL		20	170	20000	20000			

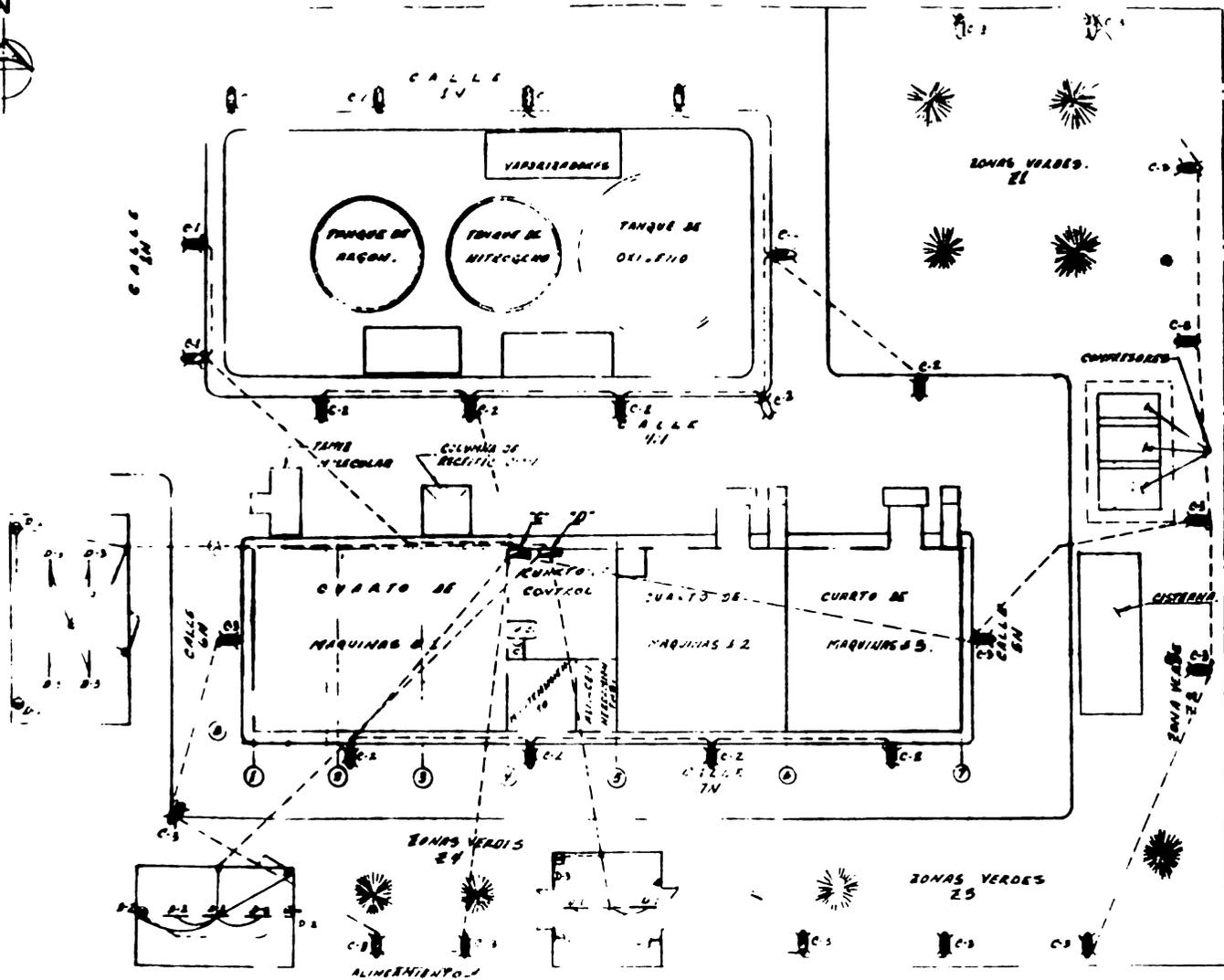
DESBALANCEO ENTRE FASES: 2000-2000 1000=0.25%
2000

TABLERO TERMINAL TIPO 127 VOLTS C.A.
100 AMP. CULETA FINNER CAT. NO 1A030

- 1 LUMINARIA VARIABLE DE MANEJO DE 200W E20
- 2 LUMINARIA CASQUETE DE 200W E27
- 3 200 AMPERES FLUORESCENTES DE 40.0
- 4 200 CONTACTOS INTERCAMBIABLES DE 100.0
- 5 INTERRUPTOR INTERCAMBIABLE DE 15 AMP. TUBERIA CONDUIT ANCHURA (POR EL TIPO) TUBERIA CONDUIT ANCHURA (POR EL TIPO)
- 6 TABLERO DE ALUMBRADO
- 7 CAJA DE INTERCONEXION

- 1 PARA LOCALIZACION DE LAS LINEAS VERSE PLANO NO AG-1E
- 2 PARA INSTALACION EN LA TIPO DE LOS QUERES DE 1/4" X 1/4"
- 3 PARA MANEJO DE 1/4" DE 1/4" X 1/4"

U.N.A. 4 - E.N.E.P.C.
T.E.E.S. PROFESIONAL
GERMAN NAVARRO E.
EBC 1.000 ALUMBRADO INTERIOR
JULIO 1980 PLANTA PRODUCTORA DE
BASES DEL AIRE.
NO. 105
DE LOS C. Ponce NO AG-1E



NOTAS

1. LOS TABLEROS DE ALUMBRADO "C-Y-D" VEANSE EN EL PLANO NO. AG 2E
2. VEASE LA IDENTIFICACION DE LA S.M.B.C.U.I.A EN EL PLANO NO. AG 1E

● LAMPARA DE ALUMBRADO

○ LAMPARA DE ALUMBRADO

○ LAMPARA DE ALUMBRADO

UNAM - ENEPC.	
TESIS PROFESIONAL	
GERMAN NAVARRO R	
1-11180	ALUMBRADO EXTERIOR
1980	PLANTA COLECTORA
1980	DE MARCHA LILIANE
DISEÑO: GERMANO No. AG 3E.	

e) Necesidad de Protección y Coordinación de los Sistemas.

En este capítulo se estudiará uno de los más importantes, - menospreciado y entendido aspecto del diseño de los sistemas eléctricos de potencia, la apropiada selección, aplicación y coordinación de ese grupo de componentes que constituyen los sistemas de protección para las plantas industriales. Si el diseñador necesitara considerar solo operaciones normales, su tarea sería relativamente fácil. Se podría asumir que no habría fallas, errores de operación y agentes externos, tales como inundaciones, incendios, etc. Entonces se tendrá que diseñar una instalación capaz de producir o recibir, y distribuir suficiente energía eléctrica para que los equipos de utilización satisfagan los requerimientos de carga con algunas tolerancias para crecimientos razonables.

La función de los sistemas de protección y coordinación es minimizar los daños a los sistemas y sus componentes y limitar la extensión y duración de la interrupción del servicio - cualquiera que sea la falla en el equipo, error humano, o algún agente externo que ocurra en alguna porción del sistema.- Consideraciones económicas y la elección de los componentes - del sistema determinaran el grado de protección y coordinación los cuales pueden ser diseñados dentro de un sistema.

El diseñador deberá tener algunos métodos para minimizar - los efectos de las anomalías de los sistemas dentro del - mismo sistema de protección, o en el equipo de utilización el cual se incluya. Se podrá diseñar dentro del sistema eléctrico formas tales como las que siguen:

— Un rápido aislamiento de la porción afectada del sistema - mientras se realiza mantenimiento normal para el resto del sistema y se reduce el daño en la porción afectada.

- Minimizar la magnitud de las corrientes de corto circuito aprovechables para minimizar los daños del potencial del sistema, sus componentes y la utilización del equipo requerido.
- Proveer circuitos alternativos, interruptores automáticos, y dispositivos de recierre automático donde sean aplicables - para reducir al mínimo la duración y amplitud de la alimentación y la paralización del equipo de utilización.

La protección de los sistemas eléctricos debe ser diseñada con los siguientes objetivos en mente:

- Prevención de daños al personal.
- Prevenir o minimizar los daños al equipo.
- Minimizar la interrupción de potencia.
- Minimizar el efecto de los disturbios sobre las porciones no interrumpidas del sistema tanto en amplitud como en duración.

FUSIBLES.

Los fusibles son los más viejos y simples dispositivos de protección. Son instalados en serie con el circuito y operan por el derretimiento de un eslabón fusible en respuesta a la corriente que fluye através de ellos sobre la base de una --- corriente de tiempo inverso. Ellos son de un solo tiro ya que sus elementos fusibles son destruidos en el proceso de interrupción del flujo de corriente. Los fusibles pueden tener so lo la habilidad de interrumpir corrientes de corto circuito - arriba de sus máximos rangos, ó la habilidad de limitar la -- magnitud de las corrientes de corto circuito para la interrupción del flujo de corriente antes que esta alcance sus máximo valor.

INTERRUPTORES DE CIRCUITOS.

Los interruptores de circuitos son dispositivos de interrupción que solo son usados en conjunto con aparatos sensitivos para completar la detección de su función. En el caso de interruptores de circuitos de voltajes medios, los dispositivos sensitivos son Relevadores de protección separados o combinaciones de Relevadores.

RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE.

Son dispositivos sensitivos que solo pueden ser usados en conjunto con otros tipos de aparatos interruptivos para interrumpir un corto circuito y aislar la porción afectada del sistema, estos relevadores pueden ser direccionales o no-direccionales en su acción. Pueden ser instantaneos o con retraso de tiempo en su respuesta. Existen varias características de tiempo-corriente, tales como tiempo inverso, tiempo muy inverso, tiempo extremadamente inverso y tiempo mínimo definido, son fabricados sobre un amplio rango de ajustes de corriente. Para aplicaciones específicas, existen varios tipos de relevadores diferenciales de sobrecorriente. Tales Relevadores generalmente son usados en conjunto con transformadores de corriente y potencial.

3.2.- CALCULO DE ALIMENTADORES.

En la instalación eléctrica alambrada con conductores se -
deben elegir los calibres de las dife entes líneas de acuerdo
a la siguiente secuencia de operaciones:

1-a) Cálculo de la corriente de línea para sistemas trifá-
sicos, usando cualquiera de las siguientes fórmulas

$$I = \frac{H P \times 746}{\sqrt{3} \times E \times P P.} \quad (\text{Conociendo H P}).$$

$$I = \frac{K W \times 1000}{\sqrt{3} \times E \times P P.} \quad (\text{Conociendo K W}).$$

$$I = \frac{K V A \times 1000}{\sqrt{3} \times E} \quad (\text{Conociendo K V A}).$$

Donde:

- I = Corriente de línea en amperes.
- HP = Potencia en Horse Power.
- KW = Potencia en Kilowatts.
- E = Tensión en Volts.
- PP = Factor de Potencia Adimensional.
- EVA = Potencia aparente en Kilovoltamperes.

Una vez calculada la corriente de línea, ésta se deberá --
afectar por los factores de corrección, de acuerdo al tipo-

de instalación que se use. Si la carga es un motor de inducción multiplíquese la corriente por 1.25.

T A B L A 3 A.

Cables sin separación agrupados en charola.

Número total de conductores	Factor
3	1.00
4 - 6	0.80
7 - 9	0.70
10 - 24	0.70
25 - 42	0.60
Más de 42	0.50

T A B L A 3 B.

Factores decrementales por agrupamiento de conductores en tubo conduit o ducto cuadrado embisagrado .

No. Conductores	4 - 6	7 - 24	25 - 42	Más de 42
Factor	0.80	0.70	0.60	0.50

T A B L A 3 C

Factores de corrección por cambio de temperatura ambiente
(Superior a 30°C)

Para cables Unipolares y Tripolares.

Temperatura ambiente °C	tipo de aislamiento.		
	60°C	75°C	90°C
Factor de corrección			
40	0.82	0.88	0.91
45	0.71	0.82	0.87
50	0.58	0.75	0.82
55	0.41	0.67	0.76

/.. Continúa Tabla 3C.

60	---	0.58	0.71
70	---	0.35	0.58
75	---	---	0.50
80	---	---	0.41

T A B L A 3 D.**Temperaturas Típicas del Ambiente en Diferentes Lugares**

Lugar	Temp. Ambiente	Temperatura mínima para el aislamiento del conductor.
Bien ventilado, edificios normalmente calientes.	30°C	60°C menores o iguales que 8 AWG conductor de cobre. 75°C mayores que 8 AWG conductor de cobre.
Edificios con muchas mas fuentes de calor como plantas de emergencia o procesos industriales .	50°C	75°C
Espacios pobremente-ventilados tales como desvanes o sótanos	45°C	75°C
Hornos y (mínimo) cuartos de (máximo) calderas:	40°C 60°C	75°C 90°C
Exteriores en sombra y aire	40°C	75°C
Expuestos directamente al sol	45°C	75°C
Lugares arriba de 60° C.	>60°C	110°C

(Datos tomados de Normas Condumex S.A. 1976, para las tablas 3A, 3B, 3C y 3D.)

T A B L A 3 E.

Datos de operación de cables Termoplástico 60°C y
cables Vinanel 900 . (Segun M.E.C. 1978).

Tipo de conductor.	Calibre del Conductor	Termoplástico tipo TV 60°C (Amperes).		Vinanel 900 90°C. (Amperes).	
	AWG o MCM.	1 a 3 Cond. en cha-rola.	1 a 3 cond. en ducto o Conduit	1 a 3 cond. en cha-rola	1 a 3 cond. en ducto o conduit
Alambres y Cables	14	20	15	30	25
	12	25	20	40	30
	10	40	30	55	40
	8	55	40	70	50
Cables Solamente	6	80	55	100	70
	4	105	70	135	90
	2	140	95	180	120
	1	165	110	210	140
	1/0	195	125	245	155
	2/0	225	145	285	185
	3/0	260	165	330	210
	4/0	300	195	385	235
	250	340	215	425	270
	300	375	240	480	300
	350	420	260	530	325
	400	455	280	575	360
500	515	320	660	405	
600	575	355	740	455	
750	655	400	845	500	
1000	780	455	1000	585	

NOTA.- A temperatura ambiente de 30°C.

T A B L A 3 F

Diámetro de conduit en pulgadas para los diferentes calibres del conductor

Cal. AWG	Número de conductores por tubo conduit								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6									
NCH.									
18	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4
16	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4
14	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1
12	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1	1-1/4
10	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1	1	1-1/4	1-1/4
8	1/2	3/4	3/4	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2
6	1/2	1	1	1-1/4	1-1/2	1-1/2	2	2	2
4	1/2	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2-1/2
3	3/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	2	2	2	2-1/2	2-1/2
2	3/4	1-1/4	1-1/4	2	2	2	2-1/2	2-1/2	2-1/2
1	3/4	1-1/2	1-1/2	2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3
0	1	1-1/2	2	2	2-1/2	2-1/2	3	3	3
00	1	2	2	2-1/2	2-1/2	3	3	3	3-1/2
000	1	2	2	2-1/2	3	3	3	3-1/2	3-1/2
0000	1-1/4	2	2-1/2	3	3	3	3-1/2	3-1/2	4
250	1-1/4	2-1/2	2-1/2	3	3	3-1/2	4	4	4-1/2
300	1-1/4	2-1/2	2-1/2	3	3-1/2	4	4	4-1/2	4-1/2
350	1-1/4	3	3	3-1/2	3-1/2	4	4-1/2	4-1/2	5
400	1-1/2	3	3	3-1/2	4	4	4-1/2	5	5
450	1-1/2	3	3	3-1/2	4	4-1/2	4-1/2	5	6
500	1-1/2	3	3	3-1/2	4	4-1/2	5	5	6
750	2	3-1/2	3-1/2	4-1/2	5	6	6	6	----
1000	2	4	4	5	6	6	----	----	----

NOTA.-Esta tabla ha sido extractada del manual de la "National Fire Protection Association, Boston Mass." 1971.

Es aplicable a conductores con forros de goma de los siguientes tipos de aislamientos:

RP-32, RUP, R, RW, RH, RU, y RUW, así como los termoplásticos tipos TF, T, y TV.

MODO DE USAR LOS FACTORES DECREMENTALES:

P.Ej.- De la tabla 3E el cable calibre 250 MCM 90°C, maneja 270 amp. en tubo conduit, tres cables, a temperatura ambiente de 30°C. Si por ese mismo conduit llevamos 6 cables, a temp. de 50°C, la capacidad de conducción se verá reducida por:

$$I_{\text{Real}} = 270 \text{ A} \times 0.8 \times 0.82 = 177.12 \text{ A.}$$

2-a) Una vez calculada la corriente, consulte el calibre - adecuado del conductor segun la tabla 3E según sea el tipo de conductor y de instalación elegida.

3-a) Una vez elegido el calibre por capacidad de corriente recalculé su resultado por caída de tensión , utilizando la siguiente fórmula para sistemas trifásicos

$$\% E = \frac{\sqrt{3} \times L \times I}{S \times V} \quad (\text{Tomada del libro Instalaciones Elect.Prácticas})$$

donde; L= long. de la línea en Metros

I= corriente en amperes

S= sección del puro conductor sin aislamiento en mm.²

V= voltaje entre fases en volts.

E= caída de tensión en %.

Cuando la caída de tensión sea mayor que los valores permitidos por el Reglamento de Obras , entonces despéjese la sección del conductor requerido y relaciónese con el calibre mas próximo, de acuerdo a la siguiente tabla:

T A B L A 3 G .Equivalencias.

Calibre MCM-AWG.	Sección mm ² .	Calibre	Sección
1000	506.58	12	3.310
750	380.01	14	2.082
500	253.35	16	1.309
450	228.00	18	0.8236
400	202.71	20	0.5136
350	177.35		
300	152.00		
250	126.64		
4/0	107.20		
3/0	85.01		
2/0	67.43		
1/0	53.48		
2	33.62		
4	21.15		
6	13.30		
8	8.367		
10	5.260		

Datos tomados del Manual
de Conductores Monterrey S.A.

CABLES EN PARALELO

Cuando se desea conducir grandes cantidades de corriente - (más de 600amp.), el uso de cables en paralelo es conveniente , ya que resulta más económico disponer de dos o más conductores por fase (siempre y cuando sean del mismo calibre). El hecho es que los cables de sección media pueden conducir más amperes por mm^2 o Circular Mills (C.M.), que los de gran sección ; esto es derivado del efecto "piel".

ALIMENTACION A VARIOS MOTORES.

Los conductores que dan alimentación a dos o más motores - deben tener una corriente igual a la suma de la corriente nominal de todos los motores del grupo más el 25 % de la corriente nominal del motor más grande en el grupo.

Cuando uno o más motores del grupo son usados poco tiempo, en forma intermitente o periódica y/o variando la carga , - la capacidad de los conductores debe de ser calculada como se indica a continuación ;

1) Determine de la siguiente tabla la corriente necesaria para cada motor usado en cualquier otra condición que no sea la de trabajo continuo.

Clasificación de servicio	% de la corriente nominal			
	intervalo de servicio			
USO	5	15	30 y 60	Continuo
	min	min	min.	

-Poco tiempo:

Operación de válvulas,
subir y bajar rodillos
etc.

110 120 150

-Intermitente:

Elevadores de carga y
de uso público, bombas
herramientas etc.

85 85 90 140

-Periódico

/.... Continúa tabla anterior:

Rodillos , máquinas pa- ra manejo de carbón				
etc.	85	90	195	140
-Variable :	110	120	150	200

Esta información es sacada de Normas Comámex S.A. 1976.

2) Determine la corriente necesaria para cada motor en tra-
bajo continuo basado en el 100% de la corriente nominal de --
plena carga .

3) A la corriente corregida del motor que resulte la más -
grande obtenida en 1) o en 2) se le multiplica por 1.25. Sume
todas las otras corrientes de los motores calculados en 1) y
en 2); y seleccione el calibre para ésta corriente total.

3.3.- CENTROS DE CONTROL DE MOTORES (CCM).

Para elegir correctamente un sistema de control para motores eléctricos hay que tener en cuenta los siguientes factores

1.-La carga, es decir la máquina o equipos que va a mover - el motor.

2.-El motor, esto es cual de los motores conocidos desempeña mejor su función.

3.-El control , o sea de que medios valerse para que el motor arranque, ajuste su velocidad y pare.

4.-Por último el costo. Si éste justifica el equipo elegido para el desempeño de su trabajo y si los costos de mantenimiento y conservación son adecuados para el lugar en que se instala.

Actualmente en la industria , el motor más utilizado por sus ventajas y economía es el de corriente alterna, trifásica, de inducción con rotor con barras en cortocircuito (jaula de ardilla). El control también de mayor aplicación es el tipo magnético . Puede decirse que en el 80 % de los casos , el motor y el control citados son los más favorecidos.

Un Centro de control para motores, es uno o varios gabinetes metálicos, donde se concentran los aparatos de arranque - y protección de motores eléctricos, pudiendo estar en éste lugar o en cualquier otro los botones operadores.

Un buen número de motores eléctricos se usan en cualquier industria por pequeña que sea.

Antiguamente, junto a cada motor, se colocaba, en el muro o columna más próxima, un aparato para su control y protección

En muchos casos había que instalarse en lugares a la intemperie, húmedos, sujetos al polvo o vapores corrosivos que complicaban su conservación y mantenimiento. No hace mucho se inventó el Centro de Control que ofrece muchas ventajas entre otras:

- 1.- Aleja los aparatos de control de lugares peligrosos.
- 2.- El costo de instalación es más barato.
- 3.- Centraliza el equipo en un lugar adecuado: seco, sin polvo, sin vapores y alejado de la gente no autorizada para su manejo.
- 4.- El agrupamiento de los aparatos se hace más lógico.
- 5.- El mantenimiento y conservación se facilitan mucho.

GABINETES.

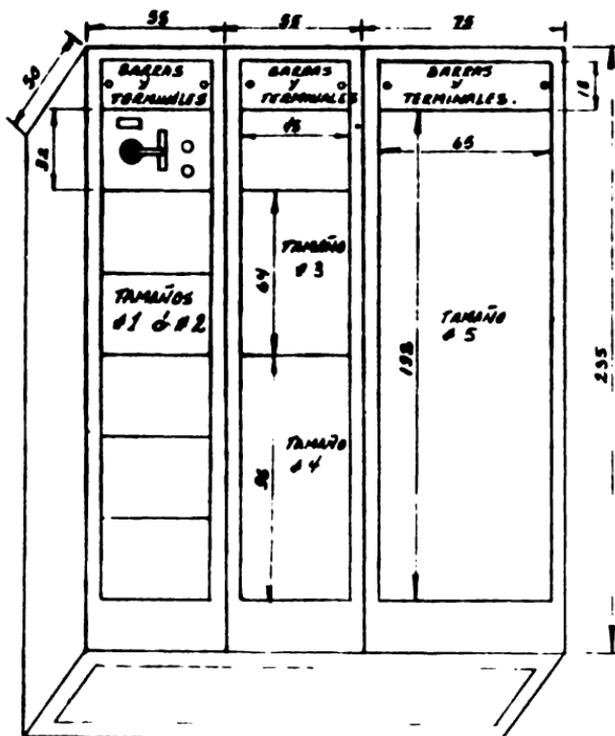
Los gabinetes son las cajas metálicas que tienen por objeto montar los aparatos de control y protección de varios motores, guardarlo contra golpes accidentales, de su uso indebido y del medio ambiente. Son éstos gabinetes de dos tipos: para uso interior de edificios protegidos de la lluvia, la humedad o cualquier agente físico que lo perjudique; para uso exterior o a la intemperie, expuestos a la lluvia, al sol, al polvo y a golpes ocasionales.

Los gabinetes se construyen en secciones modulares para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidos entre sí al montarse en la obra forman un solo conjunto. Las dimensiones normales de cada sección son: 235 cm., de alto, 55cm., de ancho y 50 cm., de fondo. Cada sección tiene un máximo de seis compartimientos para controlar motores de 15 H.P. a 220V. o de 25 H.P. a 440 V. (Ver fig. 3.1). Cada uno de éstos compartimientos son cajas que pueden enchufarse y extraerse independientemente para modificar o reparar los aparatos.

100.

FIGURA 3.1.

PARTES PRINCIPALES DEL COM.
Y DIMENSIONES TÍPICAS.



Acotaciones en centímetros

ARRANCADORES.

Un arrancador es un aparato que conecta y desconecta eléctricamente repetidas veces un motor eléctrico y además lo protege de sobre cargas o de una falla en las líneas que lo perjudique. El arrancador se compone de dos partes principales : un contactor y un relevador. El contactor magnético es la parte que efectúa, por medio electromagnéticos, la conexión o desconexión y el relevador, que generalmente es térmico, es la parte que protege al motor de sobrecargas o falla en la continuidad eléctrica de las líneas.

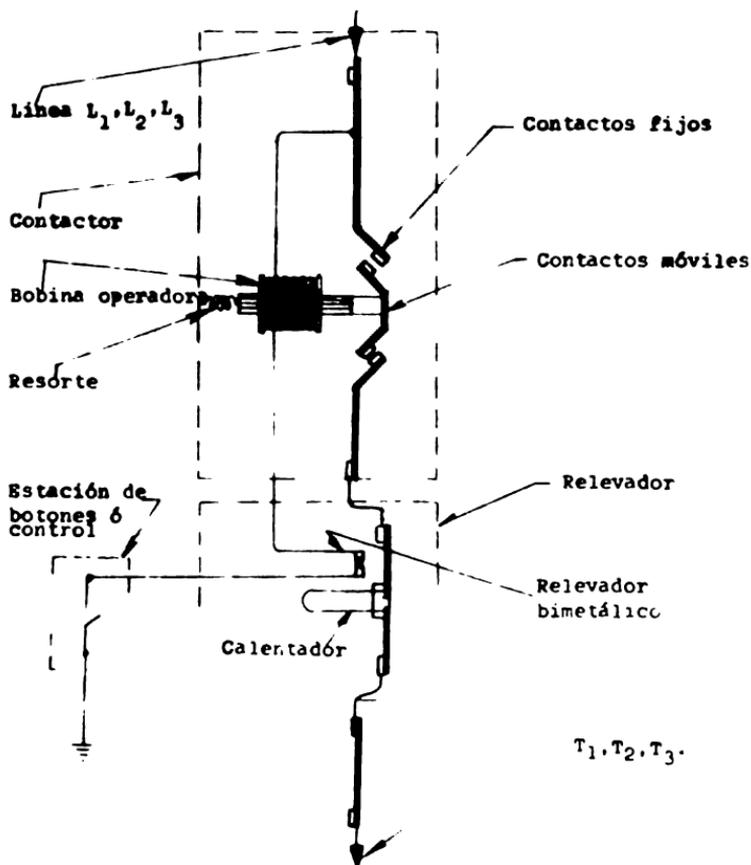
Los arrancadores están diseñados para efectuar su operación de conectar y desconectar, muchas veces durante el día y millones de veces durante su vida; en cambio un interruptor debe estar preparado para interrumpir altas corrientes de corto circuito unas cuantas veces y conectar y desconectar cargas, solo miles de veces en su vida.

El arrancador magnético ofrece varias ventajas sobre el arrancador manual, neumático y otros. El arrancador magnético es mas fácil de colocar cerca o lejos del motor, es mas seguro, ofrece menos peligros y mas fácil de operar. En muchos procesos industriales es necesario que varios motores sean controlados por un solo individuo que supervise el desarrollo del proceso. En estos casos es insustituible el arrancador magnético, ya que los botones de control y luces indicadoras, se pueden concentrar a un lugar adecuado para que un solo individuo supervise un proceso complicado, los arrancadores magnéticos son susceptibles de conectarse con enlaces eléctricos, de manera que un motor no pueda operar si previamente otro no esta funcionando. También otra ventaja que ofrece el arrancador magnético, es la posibilidad que sea actuado automáticamente por determinadas señales como son: nivel de líquido, --

presión, velocidad, luz, temperatura etc. Por último puede -- citarse como ventaja, que por medio de botones de control, el operario que de lejos de los arrancadores y por ello protegido de descargas eléctricas accidentales por falla del equipo o -- por su propia imprudencia.

El funcionamiento de un arrancador magnético puede explicarse fácilmente con la ayuda del esquema elemental de sus componentes mostrado en la Fig. 3.2.

Fig. 3.2 Esquema Elemental de Componentes de un Arrancador.



En éste esquema, para simplificar, está representada una sola línea, pero en un contactor real trifásico, hay tres líneas una sola bobina operadora que conecta o desconecta los tres polos y dos relevadores colocados en dos líneas ya que la tercera tiene sobrecarga con cualquiera de las otras dos en un sistema trifásico. La operación de un arrancador es como sigue: se conecta el botón operador (o cualquier aparato de control); la bobina se magnetiza al pasar la corriente por los contactos del elemento bimetalico y la bobina; al magnetizarse la bobina, el ámbolo metálico vence la fuerza del resorte y establece el circuito principal entre la línea y el motor originando que éste último arranque. Cuando se quiera parar el motor, se interrumpe el circuito de control con el botón operador, el resorte actúa y el motor se para por falta de corriente. En caso de una sobrecarga, pasarán mayor número de amperes por las líneas y por el calentador del relevador, originando que el elemento bimetalico abra sus contactos, interrumpiendo el circuito de control y en consecuencia, la bobina operadora, también sin corriente, permitirá que el circuito principal se abra, parando el motor que debe protegerse por sobrecarga.

Las cualidades que debe tener un arrancador moderno son, en resumen, las siguientes:

- 1.- Que los contactos principales no se peguen ni se piquen por defecto de los arcos. Para ésto el material más efectivo es la aleación plata-cadmio.
- 2.-Que por defecto de la corriente alterna, que en cada ciclo pasa dos veces por cero, no se abra el electroimán o haga el ruido característico. Para evitar ésto el yugo del electroimán debe ser laminado, colocando una bobina auxiliar en cor-

to circuito (bobina de sombreado) que genere un flujo magnético a 120° del flujo principal, evitando así la desaparición - del magnetismo que abra el contactor.

3.- Que los contactos al cerrarse y abrirse ejerzan un movimiento de barrido, para autolimpiarse los contactos. De preferencia deben de estar en posición vertical para evitar acumulación de polvo.

4.- Que la bobina de operación y los contactos sean fácilmente removibles, por el frente, sin necesidad de quitar el aparato o desconectar los conductores principales.

5.- Que el relevador pueda ajustarse en un rango razonable del 85 al 115% de su ajuste nominal. Para esto generalmente se coloca una perilla que modifica la carrera del elemento bimetalico en cada relevador.

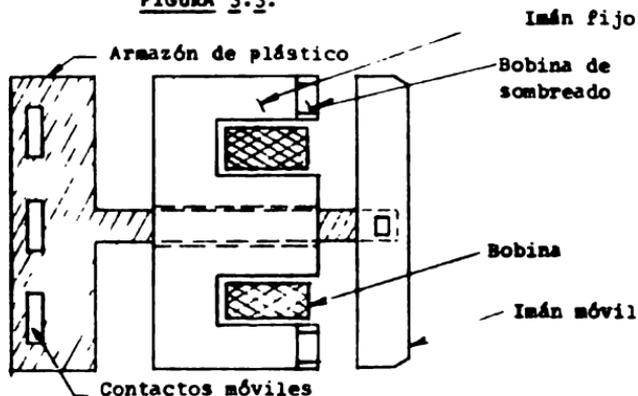
6.- Que el relevador una vez que actúe, se mantenga abierto, para dar una protección efectiva al motor. Para esto se dispone de un triquete que no puede conectarse de nuevo hasta que el operador accione un botón reestablecedor.

7.- Que se le puedan agregar fácilmente, contactos auxiliares, para señalización control de entrelace con otros arrancadores.

8.- Que de preferencia, sean intercambiables por su tamaño físico, al tamaño superior, para permitir aumento de capacidad en el motor, sin mucho problema.

En el contactor, la parte más importante es el electroimán, por lo que hacemos algunas observaciones de sus características. El electroimán se compone de una parte metálica o sea el imán y otra que lo forma la bobina operadora o solenoide. La parte metálica se imana, cuando pasa corriente, por la bobina y sus dos partes se atraen, provocando con éste movimiento la unión de los contactos principales (Fig. 3.3).

FIGURA 3.3.



Los imanes para C.A. se hacen de laminaciones delgadas y aisladas eléctricamente para reducir las pérdidas por corrientes parásitas. Por las características de la corriente alterna a fin de que no se abran las dos partes del imán cuando circula el flujo magnético en uno y otro sentido, se colocan bobinas auxiliares o de sombreado.

Las bobinas de operación se diseñan de manera que operen aun con un 85% de su tensión normal y que no se quemen cuando la tensión llegue al 115%.

Cuando el imán está abierto, la impedancia de la bobina es pequeña y la corriente de arranque es alta. En cambio, cuando está cerrado el imán la impedancia de la bobina es alta y en consecuencia la corriente de sello es baja. Cuando el botón de control quede lejos es muy conveniente comprobar la caída de tensión con las corrientes del arranque de manera que no exceda del 15% de la normal. En algunos casos, de hilos de control con gran longitud, más de 300m., la capacitancia de estos hilos, puede provocar, al desconectar el arrancador, --

un retardo indeseable. Esto se corrige con resistencia en paralelo a la bobina para descargar la capacidad de los alambres. Como se ha dicho, la corriente de arranque en los conductores de control es muy elevada, unas 6 a 15 veces más que la de sello; por esta razón no debe ser prolongada por mucho tiempo, pues se quemaría la bobina. Las superficies de los magnetos -- deben conservarse limpias. Cuando se usen enlaces mecánicos -- entre arrancadores, siempre deben usarse contactos auxiliares de manera que si un arrancador está bloqueado mecánicamente, -- no se conecte su bobina con el entrehierro de los imanes abiertos.

Ya que un arrancador se usa en la mayoría de los casos ---- para conectar el primario de un motor de inducción o de un motor síncrono, a tensión completa, la capacidad nominal del -- arrancador debe ser tal que pueda interrumpir la corriente --- cuando el rotor del motor esté bloqueado. Por esta razón, un arrancador debe especificarse con dos datos: la corriente ---- máxima que puede soportar durante 8 horas y la capacidad del -- motor que puede manejar en H.P. La NEMA (National Electrical Manufacturers Association de E.U.A.) establece las capacidades -- máximas indicadas en la Tabla 3.1.

La Tabla 3.1, se usa principalmente para motores de una -- sola velocidad tipo jaula de ardilla, arranque a tensión completa. Hay excepciones que deben estudiarse según el caso ó -- consultar a los fabricantes de los motores, como son los motores, de velocidades múltiples de capacidad constante.

TABLA 3.0 (SEGUN NORMAS N.E.C. 1978)

CAP. MAX.		CAPACIDAD		
HP.	V.	CORRIENTE AMPS.	INTERRUPTOR (AMPERES)	ARRANCADOR TAMAÑO
1/4	220	1	15	00
	---	---	---	---
1/2	220	2	15	00
	---	---	---	---
3/4	220	2.8	15	00
	---	---	---	---
1	220	3.5	15	00
	440	1.8	15	00
1/2	220	5	15	00
	440	2.5	15	00
2	220	6.5	20	00
	440	3.3	15	00
3	220	9	30	0
	440	4.5	15	0
5	220	15	30	1
	440	7.5	20	0
7 1/2	220	22	50	1
	440	11	20	1
10	220	27	50	2
	440	14	30	1
15	220	40	70	2
	440	20	30	2
20	220	52	100	3
	440	26	50	2
25	220	64	100	3
	440	32	50	2
30	220	78	125	3
	440	39	70	3
40	220	104	200	4
	440	52	100	3
50	220	125	200	4
	440	63	100	3
60	220	150	225	5
	440	75	125	4
75	220	185	300	5
	440	93	150	4
100	220	246	400	5
	440	123	200	4
125	220	310	400	---
	440	155	225	5
150	220	360	600	---
	440	180	300	5
200	220	480	800	---
	440	240	400	5

NOTA.- LA CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR ES EL VALOR DE CORRIENTE A CUAL ESTE DISPARA EL CIRCUITO.

TABLA 3.1

Tamaño NEMA	Amperes a 8 Horas de operación.	H.P. Max. Motores Trifásicos	
		220 v.	440v.
00	—	1 1/2	2
0	15	3	5
1	25	7 1/2	10
2	50	15	25
3	100	30	50
4	150	50	100
5	300	100	200

Para el cálculo de transformadores y conductores de control es conveniente saber los consumos de las bobinas operadoras, tanto en el arranque como en el cierre. La Tabla 3.2, nos da esos datos.

TABLA 3.2

Tamaño NEMA	CONSUMO DE LA BOBINA EN VOLT-AMPERES	
	EN EL ARRANQUE	CERRADA
00	100	16
0	145	24
1	145	24
2	530	60
3	1050	70
4	1140	79
5	4000	220

INTERRUPTORES.

Los interruptores en combinación con los arrancadores --- constituyen un conjunto completo de control y protección de un motor. Como se dijo, al hablar de los arrancadores, éstos tienen como función arrancar y parar el motor muchas veces, - manual o automáticamente, proteger al motor por sobrecarga y por discontinuidad en una de las fases en un circuito trifásico. En cambio, el interruptor tiene como función dar energía al circuito o retirarla en caso de avería en el arrancador o en el motor y proteger el arrancador y las líneas conductoras que alimentan de energía eléctrica del arrancador al motor, - por sobrecarga excesiva o cortocircuito.

TABLA 3.3

Tamaño NEMA	DIMENSIONES APROXIMADAS (c.m.)		
	ALTO	ANCHO	POUNDO
00	12	13	10
0	12	13	10
1	12	13	10
2	17	16	14
3	25	22	17
4	25	22	17
5	36	30	23

En los centros de control para motores modernos, los interruptores más usuales son los de tipo termo-magnético, tanto-

por su alta capacidad interruptiva como por su eficiencia de operación y su pequeño tamaño que permite acomodarse fácilmente en sus compartimientos. La capacidad interruptiva de estos aparatos varía de 7500 A. a 42,000 A. para 800 A. normales.

APARATOS DE CONTROL.

Los aparatos de control son los que tienen por objeto poner en operación los arrancadores a través de los circuitos que generalmente son de tensión y corrientes bajas para preservar los mismos aparatos y las personas que los operan. Los aparatos de control pueden ser operados manualmente o automáticamente por diferentes condiciones prefijadas de nivel de líquidos, presión, temperatura, posición, velocidad u otras muchas indicaciones mecánicas, eléctricas, químicas, etc. Con el advenimiento de la automatización de procesos industriales, los aparatos de control se han complicado cada vez más interviniendo inclusive programadores con tarjetas, cintas magnéticas, computadoras y otros aparatos electrónicos bastante complicados.

BOTONES DE CONTROL.

Estos pequeños aparatos son indispensables para el control magnético manual de los motores. Pueden clasificarse de una manera general por su función, su capacidad y su comodidad de manejo. Por su función son: contacto momentáneo cuando al pulsarlos un resorte se encarga de abrir los contactos; de contacto permanente cuando al pulsarlos, los contactos permanecen cerrados, hasta que se pulsa otro botón para abrirlos. -- Por su capacidad hay de dos clases: para su uso normal, hasta de 30 A. y uso rudo hasta de 60 A. Por su comodidad de manejo

hay varios tipos: normal sin aditamento ni forma especial; -- los de cabeza de hongo, tienen una prolongación ancha que se asemeja a un hongo para facilitar con un movimiento rápido de la mano su localización (usados principalmente para paro, son de color rojo); los de llave que permiten cerrar o abrir el -- circuito, por personas autorizadas poseedoras de la llave; -- los de piloto que tienen una luz piloto para su localización o indicación de conexión o desconexión.

La Tabla 3.4 muestra la capacidad de los botones operadores manuales, donde se incluyen el tipo miniaturizado que se usan en máquinas o aparatos, en que el ahorro de espacio es vital.

Los botones se fabrican de varios colores y combinados con los arillos de sujeción del propio botón, puede dar un código de colores muy variado. Los colores normales son: negro, rojo, amarillo, verde y blanco.

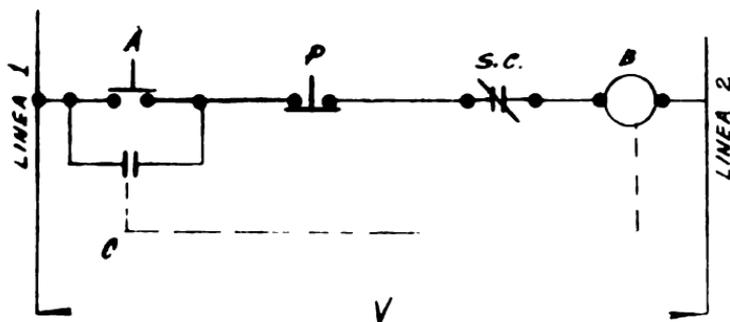
Para el control de un motor, se usan dos botones, uno de arranque y otro de paro. Además debe haber dos protecciones: por sobrecarga y bajo voltaje. La primera protección es directamente al motor, que impide que éste se quemé por exceso de carga. La segunda protección es para la máquina que mueve el motor y el obrero que maneja la máquina. En este último caso, si la energía eléctrica falla la máquina se detiene pero si se restablece el voltaje subitamente puede perjudicar la máquina o al obrero.

El esquema presentado en la Fig. 3.4, se explica como operan los botones de contacto momentáneo para lograr las protecciones antes descritas.

TABLA 3.4

Tipo	VOLTS (Máx.)	A M P E R E S			
		Continuos	Contacto Moment.	Apertura	
				C.A.	C.C.
Miniturizado	130	5	30	30	1.10
	150	10	30	30	1.10
	250	10	20	20	0.55
Uso Normal	480	10	7.5	7.5	0.20
	130	10	60	60	2.20
	250	10	30	30	1.10
Uso Rudo	480	10	15	15	0.40

FIGURA 3.4



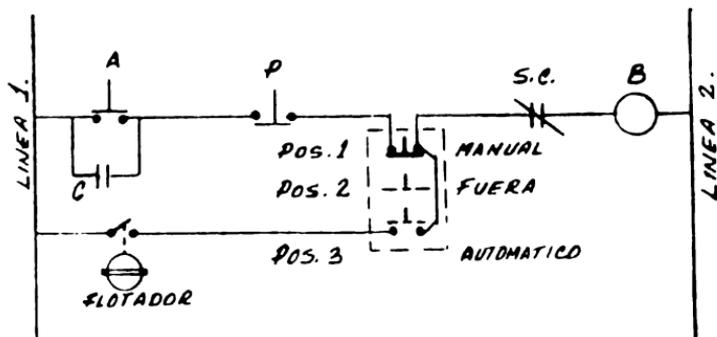
Para arrancar el motor, el obrero oprime el botón A, luego lo suelta; la corriente pasa por la bobina operadora B del -- contactor, accionando el contactor de sello C. El motor se -- pone en marcha, aún cuando el operador suelte el botón de con-- tacto momentáneo A. Si se desea parar el motor se aprieta el-- botón P, la corriente deja de pasar por la bobina B, provocan-- do la apertura del contactor.

Si el motor en marcha sufre una sobrecarga, el circuito de control se abre en S.C., deja de pasar corriente y el motor se para. Si hay una falla en el voltaje V, la bobina abre el -- contactor y el contacto auxiliar C, no pudiéndose arrancar al restablecerse el voltaje, hasta que el operario oprima nuevamen-- te el botón A.

SELECTORES.

Los selectores tienen una apariencia exterior diferente a-- los botones, pero muy frecuentemente los blocks de contactos-- son los mismos. Se usan para seleccionar un circuito de con-- trol previamente a la operación del motor, por ejemplo opera-- ción manual (por botones) o operación automática (por acción-- de un flotador) o para interrumpir cualquiera de los circui-- tos anteriores. En la Fig. 3.5 aparece esquemáticamente el -- circuito de control de un selector.

FIGURA 3.5.



Los selectores, como los botones, pueden clasificarse por su función, su capacidad y comodidad de manejo. Por su función, también hay de contacto momentáneo, en que un resorte se encarga de regresar la palanca a su posición original una vez que se suelta; de contacto sostenido, en el que la palanca se queda en la posición en que se deja, oprimiendo o liberando el contacto según el caso. Por su capacidad, son iguales a los botones y puede utilizarse la Tabla 3.4, para su selección. Por su comodidad o uso especial de manejo hay: normales, con una manija pequeña, con una flecha indicadora; los de llave, operados solo por persona autorizada que se dé la llave; los de manija grande para facilitar su operación rápida o su manejo por un obrero con guantes de cuero.

PILOTOS.

Los pilotos son focos luminosos que se encienden para indicar en un centro de control o en algún otro lugar, la marcha de un motor, proceso, nivel, presión o cualquier otra situación que convenga ser conocida por el operador. Son normalmente de 6 Watts., para ser utilizados en circuitos de control de C.C. a 6, 12, 24 Volts., y con C.A. a 127.5 Volts., para conexión directa a la línea. Cuando se usen con circuitos de control a 220 ó 440 Volts C.A., los pilotos tienen un transformador y el foco es de 1 Watt., en vez de 6 Watts., que tienen los de conexión directa.

El capuchón o cubierta del foco es de varios colores: rojo verde, ambar, azul, blanco y claro (transparente).

También se fabrican pilotos incorporados a los botones, en este caso el botón aparece iluminado, con foco de 1 Watts., para tensiones de 6, 127.5, 220 y 440 Volts.

Para no consumir el foco, en algunos casos conviene, agregarle al piloto un botón adicional (N.A.). Al oprimir el ---

botón se encenderá el foco, si el circuito está en operación. Algunos fabricantes hacen estos pilotos con botón combinando de manera que al oprimir el capuchón enciende el foco, se les llama "oprimir para probar" ("push to test"). Son de 1 Watt., con transformador para 127, 5, 220 y 440 Volts.

3.4.- LISTA DE MOTORES DE LA PLANTA EN ESTUDIO.

<u>MOTOR No.</u>	<u>APLICACION</u>	<u>POTENCIA (HP).</u>
M1	} Bombas de llenado de gases.	10
M2		10
M3		10
M4		7 1/2
M5		10
M6		7 1/2
M7		7 1/2
M8		7 1/2
M9	Bomba para gas natural.	125 $\frac{1}{2}$
M10	Bomba No.1 Cisterna.	25
M11	Bomba No.2 Cisterna.	25
M12	Bomba No.3 Cisterna.	25
M13	Bomba de torre de enfriamiento No.1.	150 $\frac{1}{2}$
M14	Bomba de torre de enfriamiento No.2.	150 $\frac{1}{2}$
M15	Bomba de torre de enfriamiento No.3.	150 $\frac{1}{2}$
M16	Bomba de torre de enfriamiento No.4.	150 $\frac{1}{2}$
M17	Bomba de columna de rectificación.	2
M18	Bomba auxiliar de torre de enfriamiento.	0.5
M19	Extractor No.1.	3
M20	Extractor No.2.	3
M21	Extractor No.3.	3
M22	Extractor No.4.	3
M23	Extractor No.5.	3
M24	Extractor No.6.	3
M25	Extractor No.7.	3
M26	Extractor No.8.	3

<u>MOTOR No.</u>	<u>APLICACION.</u>	<u>POTENCIA(HP).</u>
M27	Bomba de torre de rectificaci3n No.2.	4
M28	Ventilador No. 1.	0.5
M29	Ventilador No.2.	0.25
M30	Compresor principal No. 1	100 #
M31	Compresor de reserva No. 2	100 #
M32	Motor Sistema Hidráulico No. 1	40
M33	Motor Sist. Hidráulico No. 2	40
M34	Compresor Secundario No. 3	75 #
M35	Compresor Secundario No. 4	40
M36	Motor del polipasto giratorio No. 1	3
M37	Bomba recirculaci3n de aceite No. 1	40
M38	Bomba recirculaci3n de aceite No. 2	40
M39	Ventilador auxiliar No.1	3
M40	Motor del polipasto giratorio No. 2	3
M41	Bomba recirculaci3n de aceite No. 3	40
M42	Bomba recirculaci3n de aceite No. 4	40
M43	Ventilador auxiliar No. 2	3

Nota: Todos los motores anteriores son de 3 polos, para 220 Volts, 60 Hz., excepto los marcados con (#) que trabajaran a un voltaje de 440 Volts, 60 Hz., debido a que trabajarlos a menor voltaje implicaría el uso de conductores extremadamente grandes y costosos por las corrientes a conducir.

DATOS DE CORRIENTE NOMINAL Y ARRANCADORES A TENSION PLENA 5---
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS REQUERIDOS (SEGUN TABLA 3.0)

<u>MOTOR</u>	<u>NO.</u>	<u>CORRIENTE</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>ARRANCADOR</u>	<u>INTERRUPTOR</u>
		<u>(AMPERES)</u>	<u>(H.P.)</u>	<u>TAMARO</u>	<u>(AMPERES)</u>
M1		27	10	2	50
M2		27	10	2	50
M3		27	10	2	50
M4		22	7-1/2	1	50
M5		27	10	2	50
M6		22	7-1/2	1	50
M7		22	7-1/2	1	50
M8		22	7-1/2	1	50
M9		155	125	5	225
M10		64	25	3	100
M11		64	25	3	100
M12		64	25	3	100
M13		180	150	5	300
M14		180	150	5	300
M15		180	150	5	300
M16		180	150	5	300
M17		6.5	2	0	20
M18		2	0.5	0	15
M19		9	3	0	30
M20		9	3	0	30
M21		9	3	0	30
M22		9	3	0	30
M23		9	3	0	30
M24		9	3	0	30
M25		9	3	0	30
M26		9	3	0	30
M27		12	4	1	30
M28			0.5	0	15
M29		1	0.25	0	15

<u>MOTOR No.</u>	<u>CORRIENTE</u> <u>(AMPERES)</u>	<u>POTENCIA</u> <u>(H.P.)</u>	<u>ARRANCADOR</u> <u>TAMAÑO</u>	<u>INTERRUPTOR</u> <u>(AMPERES)</u>
M30	123	100	4	200
M31	123	100	4	200
M32	104	40	4	200
M33	104	40	4	200
M34	93	75	4	150
M35	104	40	4	200
M36	9	3	0	30
M37	104	40	4	200
M38	104	40	4	200
M39	9	3	0	30
M40	9	3	0	30
M41	9	3	0	30
M42	104	40	4	200
M43	9	3	0	30

C.C.M. No.3. 3 Fases, 220 Volts.

M36, M39, M40 + 3 Espacios Futuros.	1 ^a Sec.
M32, M33.	2 ^a Sec.
M35, M37.	3 ^a Sec.
M38, M41.	4 ^a Sec.
M42, M43, Int. Gral. + 1 Espacio Futuro.	5 ^a Sec.

Nótese que es variable el número de combinaciones en cada sección debido a los diferentes tamaños de las mismas.

Véase la figura 3.1.

CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES E INTERRUPTORES GENERALES.

a) C.C.M. No.1.

La corriente en los cables alimentadores será calculada con la suma de la corriente nominal de todos los motores, más el - 25% de la corriente del motor más grande.

$$I = 27+27+27+22+27+22+22+22+64+64+64+6.5+9+9+9+9+9+9+9+12+2+1+0.25(64) = 507 \text{ amp.}$$

Ya que esta corriente es grande, se tendría que manejar -- con un calibre demasiado costoso y difícil de instalar por lo que conviene dividirlo a dos circuitos iguales, por tanto:

$$I \text{ por circuito} = \frac{I \text{ total}}{2} = \frac{507}{2} = 253.5 \text{ Amp.}$$

Debido a que estos cables atravesarán la calle hacia la zona de transformadores se usará tubería conduit.

(Véase plano No. AG-4E.)

Estos cables irán enterrados a 1.20 m. de profundidad por lo cual la temperatura de operación será de aprox. 30°C.

Para aumentar la eficiencia de conducción se llevará cada circuito por conduit separado.

De acuerdo a la tabla 3E, el cable Vinanel 900, calibre 250 MCM soporta 270 amperes, pero considerando un aumento de carga futura se podrá usar el calibre 300 MCM que maneja 300 Amperes, por cada circuito.

Analizando ahora la posible caída de tensión:

$$\% E = \frac{\sqrt{3} \times L \times I}{S \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 30 \text{ m} \times 253.5 \text{ Amp.}}{152 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ Volts.}}$$

$$\% E = 0.39\%$$

Como esta caída es mucho menor al 4% límite, se usarán 2 circuitos en cable monopolar Vinanel 900 cal. 300 MCM que se alejarán C/U. en tubo Conduit de 2 1/2 " (Ver tabla 3F).

Por otro lado el interruptor general de este C.C.M., se calculará, sumando el valor de la protección del motor más grande, más las corrientes nominales de todos los demás motores del grupo (De acuerdo al Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas).

$$I \text{ (Interruptor)} = 100 + 27 + 27 + 27 + 22 + 27 + 22 + 22 + 22 + 64 + 64 + 6.5 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 12 + 2 + 1 = 526.5$$

Por tanto se usará un Interruptor de 600 Amp.

b) C.C.M. No. 2

Tomando en cuenta las mismas condiciones del C.C.M. No. 1:

$$I = 155+180+180+180+123+123+93+0.25(180)=1079 \text{ --}$$

(Alimentadores)
Amp.

Dividido en 2 circuitos:

$$I \text{ por circuito} = \frac{1079}{2} = 539.5 \text{ Amp.}$$

Segun la tabla 38 el conductor 1000 MCM maneja 585 amp.

Y analizando por caída de tensión

$$\% E = \frac{\sqrt{3} \times 25 \text{ m} \times 539.5 \text{ Amp.}}{506.58 \text{ mm}^2 \times 440 \text{ Volts.}}$$

$$\% E = 0.10\%$$

Así que se usaran 2 circuitos trifásicos en cable vinamnel-900 calibre 1000 MCM en tubo conduit de 4" ϕ c/u.
y el interruptor ha usar será:

$$I \text{ (Interruptor)} = 300+155+180+180+180+180+123+123+93= 1514$$

Se usara un interruptor de 1600 Amp.

c) C.C.M. No. 3.

La corriente en los alimentadores será

$$I = 9+9+9+104+104+104+104+104+9+104+9+0.25(104) = 695.$$

que divida en dos circuitos:

$$I \text{ por circuito} = \frac{695 \text{ A.}}{2} = 347.5 \text{ Amp.}$$

Segun la tabla 3B a temperatura ambiente de 30°C y por un circuito de tres cables en conduit el calibre 400 MCM maneja 360 amperes, pero considerando posibles aumentos de carga se usará vinanel 900 Cal. 500 MCM.

Analizando estos cables por caída de tensión:

$$IS = \frac{3 \times 23 \text{ m} \times 347.5 \text{ amp.}}{253.35 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ Volts.}} = 0.24\%$$

De lo cual se concluye que el calibre 500 MCM es adecuado- estos tres cables se llevaran por tubería conduit de 3" de acuerdo a la tabla 3F.

Por otro lado el interruptor requerido será:

$$I = 200+9+9+9+104+104+104+104+9+104+9 = 765.$$

Se usará un interruptor de 800 Amperes.

CALCULO DE ALIMENTADORES DE MOTORES.

Asimismo realizando todas las consideraciones de factores diferenciales por cambios de temperatura, agrupamiento y caída de tensión se obtuvieron los siguientes resultados para -- todas las alimentaciones a los motores (Véase localización de estos motores en plano No. AG-4B.)

<u>MOTOR No.</u>	<u>CABLES VINANEL 900</u> <u>CALIBRE</u>	<u>TUBO CONDUIT</u> <u>PARED GRUESA</u>
M1	10	3/4" Diámetro
M2	10	3/4"
M3	10	3/4"
M4	10	3/4"
M5	10	3/4"
M6	10	3/4"
M7	10	3/4"
M8	10	3/4"

<u>MOTOR No.</u>	<u>CABLES VIMANEL 900</u>	<u>TUBO CONDUIT</u>
	<u>CALIBRE</u>	<u>PARED GROSSA</u>
M9	3/0	2" Diámetro
M10	4	1 1/4"
M11	4	1 1/4"
M12	4	1 1/4"
M13	4/0	2 1/2"
M14	4/0	2 1/2"
M15	4/0	2 1/2"
M16	4/0	2 1/2"
M17	12	3/4"
M18	12	3/4"
M19	12	3/4"
M20	12	3/4"
M21	12	3/4"
M22	12	3/4"
M23	12	3/4"
M24	12	3/4"
M25	12	3/4"
M26	12	3/4"
M27	12	3/4"
M28	12	3/4"
M29	12	3/4"
M30	1/0	2"
M31	1/0	2"
M32	1/0	2"
M33	1/0	2"
M34	2	1 1/4"
M35	1/0	2"
M36	12	3/4"
M37	1/0	2"

<u>Motor No.</u>	<u>CABLES VINANEL 900</u> <u>CALIBRE</u>	<u>TUBO CONDUIT</u> <u>PARED GRUESA</u>
M38	1/0	2" Diámetro
M39	12	3/4"
M40	12	3/4"
M41	12	3/4"
M42	1/0	2"
M43	12	3/4"

CONTACTOS TRIFASICOS.

Es práctica común instalar alimentadores a contactos trifásicos, para usos de mantenimiento, reparación etc, para tal efecto dispondremos de una sección independiente en la cual se alojaran los interruptores para los contactos, esta sección estará aislada, para evitar algun problema debido a una toma de energía esporádica excesiva.

Para el cálculo de los alimentadores se tomará el mismo -- criterio de cálculo que para los motores yá que esta situación representa la condición de carga máxima y por tanto la más -- segura:

No. de Contactos : 7 (Ver plano AG-4B).

Potencia/Contacto: 2.5 KW.

La corriente que circulará en cada contacto es:

$$I = \frac{2500 \text{ W.}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V.} \times 0.85} = 7.7 \text{ amperes.}$$

Para esta corriente el conductor adecuado sería un calibre 14 AWG, pero normalmente en instalaciones industriales, para alimentaciones a fuerza se usan como mínimo Cal. No. 12 AWG, - el cual usaremos aquí.

Los alimentadores principales seran:

$$I = 7.7 \text{ amp.} \times 7 \text{ contactos} + 0.25 \times 7.7 = 56 \text{ amp.}$$

Y segun la tabla 3E el calibre No. 6 AWG maneja 70 amperes, pero considerando algún uso arriba de las capacidades de los contactos podremos usar 3 Cables calibre No. 4 AWG alojados - en tuberia conduit de 1 1/4"

Y el interruptor adecuado será:

$$I = 15 \times 7.7 \times 0.6 = 61.2 \text{ amp.} \quad \text{Véase diagrama unifilar}$$

interruptor de 100 Amperes. en plano AG-5B.

3.6.-TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

El término "transformador" como se usa generalmente se aplica a ciertos dispositivos basados en los efectos físicos de dos o más bobinas estacionarias acopladas por un campo magnético mutuo. El material seleccionado para el núcleo está determinado esencialmente por la frecuencia de la aplicación -- en particular a la que se dedique. Los núcleos de acero de silicio laminado se emplean principalmente para frecuencias -- usadas en manejo de grandes potencias.

Polvo de acero contenido en un medio aislante se usa como núcleo en radio frecuencias bajas, como son los núcleos de ferrita. Los transformadores de núcleo de aire se usan para las frecuencias más altas.

El rango de potencias nominales de los transformadores -- varía desde esencialmente cero para un transformador amplificador de interpasos hasta muchos miles de kilowatts para los transformadores de potencia de alta tensión. Los voltajes -- nominales varían desde valores muy bajos de aproximadamente -- 1 Volts o menos, hasta 750,000 Volts o más.

Las eficiencias para los transformadores de potencia son -- muy altas, con magnitudes del orden de 99% para los transformadores más grandes. La confiabilidad de los transformadores -- es excelente. Muchos transformadores de distribución tienen -- registros de operación de 40 a 50 años de servicio continuo -- lo que es un testimonio excelente de la durabilidad de los transformadores. Las continuas mejoras en los materiales -- aumentar la eficiencia y confiabilidad del transformador.

Los transformadores en las aplicaciones de potencia se usan -- principalmente para cambiar el voltaje por razones económicas. Como una ligera ilustración, el uso del transformador permite -- la generación de energía eléctrica a nivel de voltaje--

más económico esto permite la distribución de energía a otro voltaje económico y finalmente, la utilización de la energía a un tercer voltaje. En aplicaciones de control los transformadores se usan para aislamiento, igualar impedancias y para producir señales de retroalimentación. En este último caso, se les llama comúnmente transformadores de amortiguamiento.-- Dos aplicaciones más que ilustran la diversidad de los tipos del transformador son los transformadores para instrumentos y de impulsos. Los transformadores para instrumentos se usan con los ampérmetros, vóltmetros y wáttmetros para aislamiento y para operar con instrumentos de rango anormal. Los transformadores de impulso se usan para cambiar el nivel de voltaje por corta duración en impulsos de voltaje.

PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES.

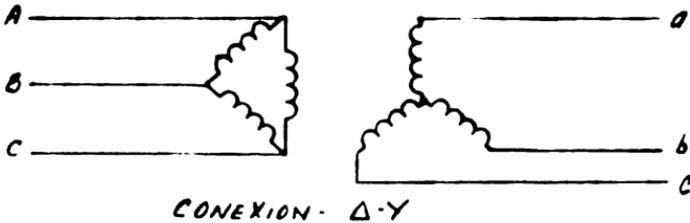
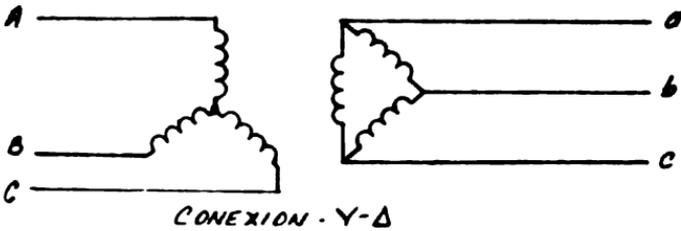
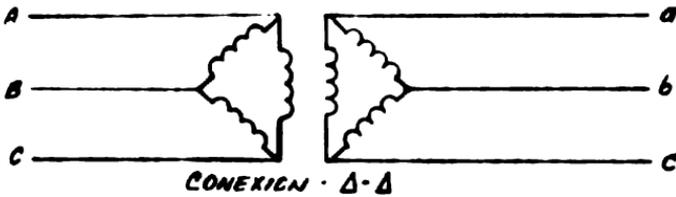
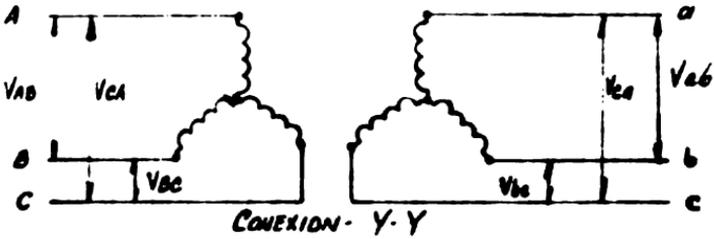
En la operación de cualquier dispositivo o sistema físico pasivo, se requiere más potencia en las terminales de entrada que la que se obtiene en las terminales de salida. La diferencia entre las potencias de salida y entrada, se llama pérdida de potencia. La relación permisible de la pérdida de potencia, a la potencia de salida deseada, depende esencialmente de la magnitud de la potencia de salida y de la aplicación -- específica. La magnitud de la potencia perdida varía desde la misma magnitud, hasta una fracción muy pequeña de la potencia de salida. La primera ocurre en dispositivos de pequeña potencia en donde la máxima transferencia de potencia es el objeto primordial. La segunda ocurre en dispositivos de potencia --- grande y en sistemas en donde resulta económicamente esencial mantener pequeñas las pérdidas. Las pérdidas de potencia que ocurren en los transformadores son:

- (1) La Pérdida en el Cobre, $I^2 R$.
- (2) Las pérdidas en el núcleo de acero debidas al campo -- magnético (llamadas pérdidas en el núcleo).
- (3) Las pérdidas debido a la radiación sonora a causa de los cambios en las dimensiones físicas del núcleo de acero,-- originadas por la variación de la densidad de flujo en el -- núcleo. Este fenómeno es conocido como "magnetostricción".-- El porcentaje de pérdidas en este último fenómeno, es insigni-- ficante.

CONEXIONES TRIFÁSICAS DE LOS TRANSFORMADORES.

Los transformadores se usan para cambiar el nivel de voltaje de distribución en sistemas trifásicos. En general, pueden ser usados en sistemas polifásicos; sin embargo puesto que es muy raro encontrar sistemas con un número de fase diferente a 3, esta explicación se limitará a los sistemas trifásicos.

En aplicaciones trifásicas se pueden usar tres transformadores monofásicos como un grupo o "banco". Cuando los tres transformadores monofásicos se combinan usando un núcleo común, entonces se dice que es un transformador trifásico. Existen dos tipos básicos de conexiones usadas en la transformación trifásica "estrella" y "delta".

FIGURA 3.6.- CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

Una conexión delta-delta se usa cuando: 1) Ni el primario ni el secundario requieren un neutro; 2) Los voltajes son bajos o moderados, y 3) Se requieren corrientes relativamente grandes. Los transformadores que se usan en un banco deben tener la misma relación de espiras. Una relación de espiras ligeramente diferente conduce a grandes corrientes circulantes dentro del banco. Deben tener iguales impedancias equivalentes de dispersión puesto que esto afecta la división de la carga. Los voltajes del primario y del secundario están casi en fase. Por razones económicas o de emergencia, la conexión delta-delta se puede usar con solo dos transformadores. A esta se le llama una operación en delta abierta.

La conexión en estrella-estrella puede usarse con o sin conexiones entre los neutros. Se usan normalmente para sistemas de alta tensión con las corrientes menores resultantes. Bajo condiciones balanceadas, los voltajes del primario y del secundario están casi en fase, pero los voltajes de línea y de fase están desplazados 30° . Cuando se hacen conexiones sólidas del neutro con la fuente, los transformadores pueden cargarse independientemente y de esta manera suministran corriente para carga monofásica. La desventaja es que pueden presentarse interferencias con los sistemas de comunicación, para cargas desbalanceadas. Para neutros aislados los voltajes de fase dependen de las características de excitación y los voltajes de fase no son senoidales cuando se usan tres transformadores monofásicos. Las cargas desbalanceadas conducen a voltajes muy desbalanceados cuando no se usa el neutro en el primario.

Las conexiones que se usan más comúnmente son las estrella-delta o delta-delta. En resumen las ventajas de un tipo tienden a balancear las desventajas del otro. Los voltajes secun-

darios en la conexión delta-estrella serán casi balanceados cuando las cargas están desbalanceadas. Se tiene también un neutro. Y si las corrientes de línea en estrella están balanceadas, las corrientes de fase en la delta deben estar casi balanceadas; así la carga de los transformadores es esencialmente independiente de las impedancias de dispersión equivalentes.

3.7-CALCULO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

Para el dimensionamiento de la capacidad de un transformador de potencia han de tomarse en cuenta todas las cargas --- implícitas en el sistema.

Para la planta en estudio las cargas a manejar para los -- circuitos de potencia son:

a) Para el voltaje de 220 Volts; la carga total instalada es de 468.25 H.P.

b) Para el voltaje de 440 Volts, la carga total instalada es de 1000 H.P.

c) La carga por contactos trifásicos instalados es de 17.5 KW, manejada a 220 Volts.

Así las corrientes nominales circulantes en el sistema son:

Para 220 Volts, 3 Fases, 60 Hz.

$$I_1 = \frac{746 \times \text{H.P.}}{\sqrt{3} \times V \times \text{P.P.}} = \frac{746 \times 468.25 \text{ H.P.}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V.} \times 0.85} = 1078.5 \text{ amp.}$$

P.P. = 0.85 Es el factor de potencia de diseño.

$$I_2 = \frac{1000 \times \text{KW}}{\sqrt{3} \times V \times \text{P.P.}} = \frac{1000 \times 17.5 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 54 \text{ amp.}$$

$$I \text{ total} = I_1 + I_2 = 1078.5 + 54 = 1132.5 \text{ Amp.}$$

Y para 440 V., 3 Fases, 60 Hz.

$$I = \frac{746 \times 1000 \text{ H.P.}}{\sqrt{3} \times 440 \text{ V.} \times 0.85} = 1151.6 \text{ amp.}$$

Por tanto las capacidades de los transformadores deberán ser de :

a) Para 220 V.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times V \times I}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 220 \text{ V.} \times 1132.5 \text{ amp.}}{1000}$$

$$S = 431.54 \text{ KVA.}$$

b) Para 440 V.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 440 \text{ V.} \times 1151.6 \text{ amp.}}{1000}$$

$$S = 877.63 \text{ KVA.}$$

Estos valores serían para satisfacer la carga instalada, pero existe un factor decremental que se les aplica, y que es debido a que es difícil que todas las cargas se acoplen simultáneamente a el transformador de alimentaciones.

Este factor varía de 0 a 1 y representa la demanda promedio del sistema en porciento, y para fines de diseño varía entre 0.8 y 0.9.

Para nuestro caso el factor de demanda (P.D.) será de 0.85 ya que es el promedio de utilización de toda la energía que consume la planta.

Así aplicando el factor citado tendremos:

a) Para 220 V.

$$S = 431.54 \text{ KVA} \times 0.85 = 366.8 \text{ KVA.}$$

Y por supuesto seleccionando un valor comercial se adaptaría el uso de un transformador de 500 KVA, pero más aún considerando que la planta tuviese aumentos significativos a futuro se podrá seleccionar un valor comercial inmediato superior, por tanto para el voltaje citado se usará un transformador de las siguientes características:

3 Fases, 23 KV/0.22 KV, 60 HZ.

Delta- Estrella , 750KVA, 4.9% % Impedancia.

Mca. IEM WESTINGHOUSE .

b) Para 440 V.

$$S = 877.63 \text{ KVA} \times 0.85 = 745.9 \text{ KVA.}$$

Y adoptando las mismas consideraciones del tipo anterior:

El transformador requerido será de las siguientes características:

3 Fases, 23 KV/0.44 KV., 60 Hz.

Delta-Estrella, 1000 KVA. 4,90 % Impedancia.

Mca. IEM WESTINGHOUSE.

3.6.-SUBSTACION ELECTRICA.

Las subestaciones unitarias compactas son equipos confiables para la distribución de energía eléctrica en plantas industriales, edificios, hospitales etc., así como cualquier aplicación donde es importante tener continuidad y seguridad en el servicio, una subestación unitaria compacta esta compuesta por los siguientes elementos:

- a).- Tablero de alta tensión (entrada)
- b).- Transformador.
- c).- Tableros en baja tensión (salida).

La función de este equipo es de controlar y transformar la energía eléctrica de acometida que está en un rango de los 2300 hasta 34500 V. a un voltaje de utilización de 600 V., o menos, además de dar una adecuada protección para todos los circuitos en baja tensión.

Los tableros en alta tensión para una subestación unitaria compacta, constan de varias secciones diseñadas y coordinadas para una conexión general en el campo y pueden estar formados y agrupados de acuerdo a las necesidades requeridas.

Los voltajes de diseño nominales para estos tableros son:

- a).- 2400 V.
- b).- 4160 V.
- c).- 7200 V.
- d).- 3800 V.
- e).- 23000 V.
- f).- 34500
- g).- Voltajes intermedios debido a equipos especiales.

A continuación se describen las secciones más comúnmente utilizadas, ya sean para servicio interior, intemperie, prueba de polvo y otras aplicaciones más específicas:

GABINETE DE MEDICION.

El gabinete de medición es un gabinete blindado con dimensiones adecuadas según el valor de la tensión, diseñado y --- provisto para recibir y colocar el equipo de medición de la - compañía suministradora de energía. Este gabinete tiene dos -- puertas con ventana de inspección de material transparente e - inastillable, manija de aluminio con dispositivo para candado y que en su interior aloja a los siguientes componentes:

- a).- Bus trifásico de cobre electrolítico (plateado) para- 400 a 600 amperes, soportado por medio de aisladores de resina epóxica .
- b).- Sistema de tierra con capacidad adecuada.
- c).- Conectores de tipo mecánico, tres para el bus principal y uno para conexión a tierra.

GABINETE CON CUCHILLAS DE PASO.

Este es un gabinete blindado con dimensiones y equipo adecuado según el valor de la tensión, en su interior y aloja:

- a).- Una cuchilla trifásica desconectadora para operar en y grupo sin carga, tiro sencillo, con dispositivo de cierre y - apertura rápido, con las siguientes características.

Tensión nominal 2.4 hasta 34.5 KV.

Corriente nominal 400 o 600 amperes.

- b).- Accionamiento por medio de volante de aluminio con dispositivo de señalización (abierto- cerrado) y seguro mecánico con portacandado.

c).- Bus trifásico.

d).- Sistema de tierra de la capacidad adecuada.

El dispositivo de cierre y apertura rápido es por medio de-

un mecanismo de energía almacenada que da la gran ventaja de - que la velocidad de operación esta desligada de la capacidad o de la habilidad del operario ya que se ejecuta através de un-- resorte que realiza la conexión o desconexión en un tiempo --- muy corto evitando así crear una ionización del aire lo cual - podría provocar que se generara un arco eléctrico demasiado-- grande.

El objeto de esta cuchilla es poder aislar eléctricamente - el cortq-circuitos de la fuente alimentadora para efectos de - mantenimiento o reposición de fusibles con una confiabilidad - plena.

GABINETE DE CUCHILLAS DE PASO Y PRUEBAS.

Este es un gabinete también blindado con dimensiones y equi- po adecuado segun el valor de la tensión.

Este gabinete lleva en la parte inferior dos puertas con -- manija de aluminio con dispositivo para candado y en su inte- rior aloja el siguiente equipo:

a).- Un juego de cuchillas trifásicas desconectoras para- operar en grupo sin carga, tiro sencillo, con dispositivo de - cierre y apertura rápido de las siguientes características:

Tensión nominal 2.4 hasta 24.5 KV.

Corriente nominal 400 o 600 amperes.

b).- un juego de tres accionamientos independientes por me- dio de volante de aluminio con dispositivo de señalización (abierto-cerrado) y seguro mecánico, portacandado.

c).- Sistema de tierra con capacidad adecuada.

El dispositivo de cierre y apertura rápido es también por- medio de un mecanismo de energía almacenada de las mismas ---

características que el mencionado anteriormente.

El objeto de esta cuchilla es poder aislar eléctricamente el cortá-circuitos de la fuente de alimentación para efectos de mantenimiento por reposición de fusibles con una confiabilidad plena.

GABINETE DE CORTA CIRCUITOS, FUSIBLES Y APARTA-RAYOS.

Este es un gabinete blindado con dimensiones y equipodecua do segun el valor de la tensión.

Este gabinete tiene una puerta con ventana de inspección - de material transparente e inastillable, manija de aluminio -- con dispositivo para candado y en su interior contiene los - siguientes equipos:

a).- Corta circuitos trifásico de operación en grupo con -- carga, tiro sencillo, combinado con porta fusibles, provisto de dispositivo mecánico de energía almacenadã para su apertura y cierre, equipado con mecanismo de disparo simultáneo en las tres fases en caso de falla del fusible en cualquiera de ellas y tendrá las siguientes características:

Tensión nominal 2.4 hasta 34.5 KV.

Corriente nominal 400 o 600 amperes.

b).- Juego de tres fusibles de alta capacidad interruptiva- con vástago de señalización.

c).- Juego de tres aparta-rayos autovalvulares monopolares- con el neutro conectado sólidamente a tierra.

d).- Accionamiento por medio de disco y palanca por el fren te del tablero para la apertura y cierre manual del corta cir- cuitos, con bloqueo mecánico el cual impide la apertura de la-

puerta si el interruptor esta en posición de "cerrado".

e).- Bus trifásico de cobre electrolítico (plateado) para 400 o 600 amperes nominales soportado por medio de aisladores de resina epóxica .

f).- Sistema de tierra con capacidad adecuada.

GABINETE DE ACOPLAMIENTO A TRANSFORMADOR.

Este es un gabinete blindado con dimensiones adecuadas ---- segun el valor de la tensión, diseñado y provisto para aco--- plarse mecánica y eléctricamente a las gargantas del transformador, y que aloja en su interior el siguiente equipo:

a).- Bus trifásico de cobre electrolítico (plateado) para -- 400 o 600 amperes, soportado por medio de aisladores de resina epóxica

b).- Extensión de bus para conexión eléctrica a las boqui--- llas del transformador en forma rígida o flexible .

c).- Sistema de tierra con capacidad adecuada con conector- mecánico.

GABINETES AUXILIARES.

Estos gabinetes son blindados en dimensiones adecuadas, -- dependiendo del valor de la tensión y del equipo que se va a - incluir dentro de dicho gabinete.

En esta sección se puede alojar cualquier equipo opcional - que no este incluido en los gabinetes anteriores entre el ---- equipo opcional se puede mencionar:

- a).- Transformadores de alumbrado, o de control.
- b).- Resistencias no calentadoras.
- c).- Reactores o Reactancias, autotransformadores.
- d).- Bancos de capacitores.
- e).- Batería y cargadores.
- f).- Transformadores de instrumentos y aparatos medidores.
- g).- Cualquier tipo de instrumento de protección, control,-
etc.

3.9.- CALCULO PARA PROTECCION DE CORTO CIRCUITO.

DISCUSION GENERAL.

Ciertas consideraciones simplificativas son comunmente hechas cuando se calculan corrientes de falla, una cuestión importante es que la falla es forzada a tener una impedancia cero. Esta cuestión no solo simplifica los cálculos, sino que -- también aplica factores de seguridad ya que los valores calculados son máximos y el equipo seleccionado sobre estas bases -- es raramente usado entre su valor total. Aun más una falla trifásica es comunmente asumida porque este tipo de falla generalmente resulta en las corrientes de corto circuito máximas posibles en un circuito. En sistemas de alto voltaje las fallas -- trifásicas son frecuentemente las únicas que son calculadas.

Las fallas reges, especialmente las de línea a tierra, -- usualmente envuelven arcos eléctricos. Las fallas a tierra, -- particularmente en sistemas de voltaje bajos, son algunas veces menores que las corrientes de carga normales, pero aun pueden ser extremadamente destructivas.

FUENTES DE CORRIENTE DE FALLA.

Las fuentes básicas de corriente de falla son:

- 1.- Los sistemas de alimentación usados.
- 2.- Los generadores.
- 3.- Motores síncronos.
- 4.- Motores de inducción.

Un equipo de utilización moderno representan una larga y compleja cadena de interconexiones de plantas generadoras. El --

generador individual en un sistema típico no es muy afectado por una corriente de corto circuito es una planta industrial. Las líneas de transmisión y distribución y los transformadores introducen impedancias entre los generadores usados y los consumidores industriales. Fuera de esta impedancia los equipos de utilización pueden ser una fuente infinita de corriente de falla. Antes de realizar un cálculo, los valores precisos de las corrientes de corto circuito presentes y proyectadas y la relación X/R , o la fuente de impedancia $K+jX$ del punto de distribución deben ser obtenidas del equipo de alimentación.

En plantas generadoras los cortos circuitos del sistema -- reaccionan en curvas características. Las corrientes de falla de un generador decrecen exponencialmente de un valor relativamente alto inicial a un valor más bajo en estado estable -- algún tiempo después de la iniciación de la falla. Ya que un generador continúa siendo manejado por su primotor, y tienen energizado su campo por un excitador separado, el valor de estado estable de la corriente de falla persistirá aunque el interruptor del circuito sea interrumpido. Para propósitos de cálculos de corriente de falla, las reactancias variables de un generador pueden ser representadas por tres valores de reactancia.

X_d'' , la reactancia subtransitoria directa, determina la magnitud de corriente durante el primer ciclo después de que ocurre la falla (es la reactancia de tiempo cero efectiva del circuito de la armadura incluyendo el efecto de todas las corrientes transitorias inducidas en la estructura del campo -- magnético tal como el campo de excitación.)

X_d' , la reactancia transitoria directa, determina la magnitud de la corriente en el rango de 1/2 a 2 segundos. (es la reactancia de tiempo cero efectiva del circuito de armadura

con solo la corriente en el campo de excitación permitido a fluir por si mismo.)

X_d , la reactancia síncrona directa, determina el flujo de corriente despues de que la condición de estado estable es alcanzada. (ocurre cuando todas las corrientes transitorias en el campo de excitación y la estructuras del campo son reducidas a cero.)

Un dispositivo de protección de fallas tal como interruptores de circuito o fusibles, opera antes de que la condición de estado estable sea alcanzada, la reactancia de generadores síncronos en algunas veces usada en cálculos de corriente de falla para la aplicación a estos dispositivos.

Los motores síncronos proveen de corrientes de falla en la misma manera que lo hace un generador síncrono. La caída de voltaje en un sistema debido a una falla causa que el motor síncrono reciba menos potencia del sistema para manejar su carga. La inercia del motor y su carga actua como primotor, y con la excitación del campo mantenida, el motor actúa como un generador para proveer corriente de falla. Estas corrientes de falla son disminuidas porque el motor se parará lentamente ya que su energía cinética es disipada, se reduce el voltaje generado y la excitación al campo del motor decae.

El mismo diseño descrito para un generador es usado para expresar la reactancia de un motor síncrono. De esta forma, valores numéricos de las tres reactancias X_d'' , X_d' , y X_d algunas veces seran diferentes para motores que para generadores.

La contribución de las corrientes de falla de un motor de inducción resultan de la acción producida por la inercia que maneja al motor despues de que la falla ocurre, En contraste-

con el motor síncrono el flujo del campo del motor de inducción de corriente directa. Este flujo decae removiendo la fuente de voltaje que resulta de una falla, la contribución de un motor de inducción cae rápidamente, desapareciendo últimamente por completo el voltaje. Como una excitación en el campo no es mantenida, no hay valores de estado estable o fallas de corriente como en máquinas síncronas. Por consiguiente a los motores de inducción les son asignadas solo reactancias las cuales son equivalentes a la reactancia subtransitoria de las máquinas --- síncronas X_d'' . Este valor está cerca o igual al de la reactancia vista en el rotor y por tanto la contribución de las corrientes de fallas estará cerca o igual a las corrientes de arranque a voltaje pleno de la máquina para una falla en las terminales del motor.

Los motores de inducción de rotor devanado normalmente operan con sus anillos de rotor cortocircuitados y contribuirán a las corrientes de falla de la misma manera que un motor de inducción de jaula de ardilla. Ocasionalmente motores de rotor devanado más grandes son operados con otras terminales de resistencia mantenidas en el circuito de su rotor, y entonces ellas pueden tener tiempos de cortocircuitos bajos constantes las cuales tendrán una contribución a las fallas muy insignificante. Una investigación específica debe ser hecha antes de despreciar la contribución de un motor de rotor devanado.

Las corrientes de descarga de los capacitores, debido a sus constantes de tiempo muy cortos de menos de un ciclo pueden ser despreciadas en la mayoría de los casos. Hay condiciones de aplicación en sistemas de potencia industriales y comercia-

les en las cuales corrientes de cortocircuito transitorias muy altas pueden ser desarrolladas cuando un cortocircuito ocurre cerca de un banco de capacitores energizados. Estas corrientes transitorias generalmente de frecuencias mucho muy altas que las normales de operación, pueden exceder en magnitud las --- frecuencias de potencia de corrientes de cortocircuito y persistir lo suficiente para imponer severos daños a las partes del circuito las cuales manejan estas corrientes.

PATRON DE COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

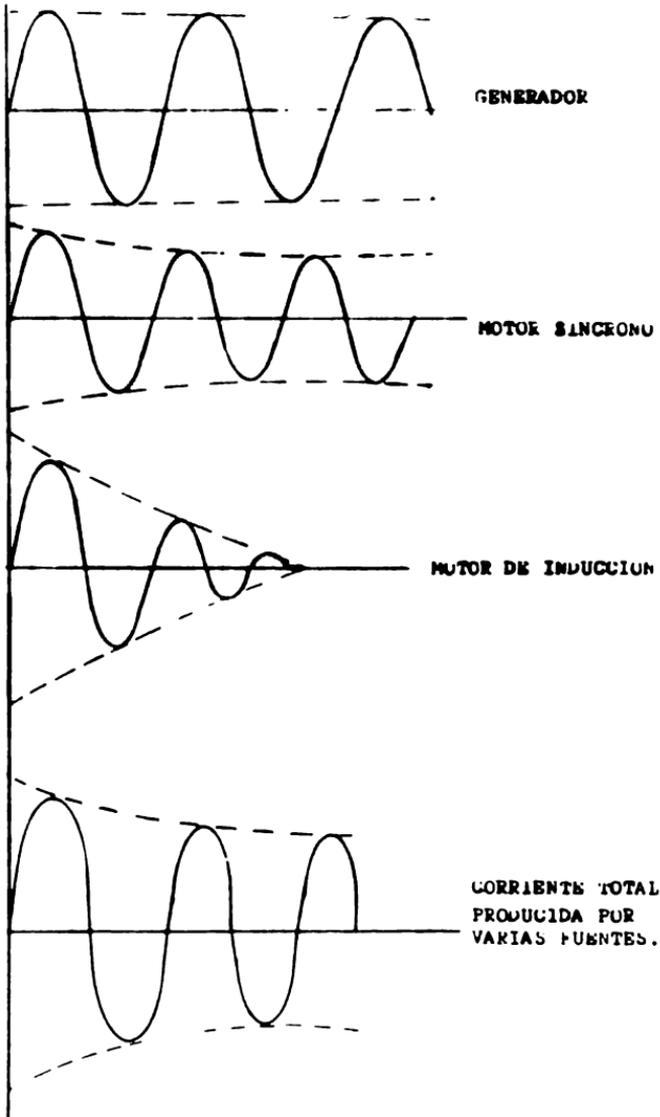
Cuando un corto circuito ocurre, un nuevo circuito es establecido con ás baja impedancia y con el consecuente incremento de la corriente. En el caso de un corto circuito la impedancia es prácticamente reducida, y la corriente se incrementa a un valor muy alto en una fracción de un ciclo.

La corriente de corto circuito simétrica total puede estar formada, según el caso particular, de dos o tres fuentes (fig 3.7); la primera la constituyen los generadores, sean éstos instalados en la planta o la red o bien ambos. La segunda de estas fuentes está constituida por los motores de inducción colocados en las instalaciones industriales; la tercera fuente la constituyen los motores y condensadores síncronos, si los hubiere.

Como estas corrientes disminuyen con el tiempo debido a la reducción del flujo en la máquina, después del corto circuito, la corriente total de corto circuito disminuye también con el tiempo y, de esta manera, aun cuando se considere solamente la parte simétrica de la corriente de cortocircuito, la intensidad es mayor en el primer medio ciclo y tienen valores menores unos ciclos después. Debe observarse que la componente correspondiente al rotor de inducción desaparece después de dos ciclos completos.

La componente de corriente continua aumenta la magnitud aún más durante los primeros ciclos, según se muestra en la fig. 3.8. como esta componente decae también el tiempo, el efecto de la corriente de cortocircuito varía también paralelamente.

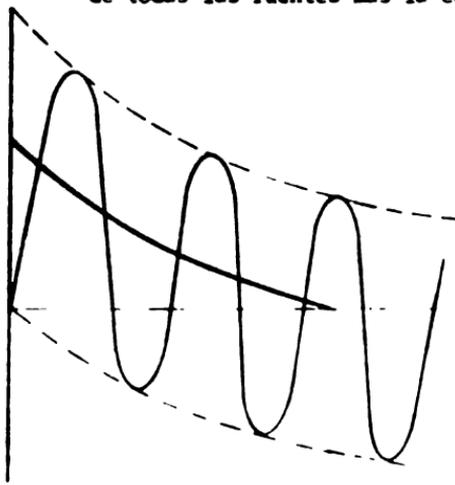
FIGURA NO. 3.7



Debido a que esta componente sigue decayendo al paso del tiempo, se acentúa la diferencia de magnitud de las corrientes correspondientes al primer ciclo con las que corresponden a unos ciclos después.

Debido a que la intensidad varía con el tiempo y la corriente de corto circuito varía paralelamente, todo procedimiento de cálculo de las corrientes de corto circuito debe permitir una determinación fácil de la intensidad instantes después de la falla. El problema se simplifica de tal forma que para determinar el valor de la intensidad simétrica eficaz sólo es necesario dividir la tensión entre línea y neutro entre la impedancia adecuada (equivalente). Para determinar luego la corriente de corto circuito asimétrica solo es necesario multiplicar el valor correspondiente a la corriente simétrica por un factor correspondiente al valor X/R de acuerdo al tipo de instalación en cuestión.

FIG.3.6.- Corriente de corto circuito asimétrica proveniente de todas las fuentes más la componente continua.



3.10.- PROPOSITO DE LOS CALCULOS.

La máxima magnitud de corto circuito debe ser conocida para poder coordinar los dispositivos de protección así como seleccionar adecuadamente los rangos de interrupción de las mismas. Para coordinación el mínimo tanto como el máximo valor pueden ser requeridos. Mas aún algunas veces es necesario conocer -- la máxima corriente permitida para verificar la capacidad interruptiva de los elementos del circuito en serie con la falla.

Las corrientes de falla varían con el tiempo despues de la falla. Un dispositivo protector el cual no se interrumpe hasta algunos ciclos despues de la iniciación de la falla usualmente admite que la corriente de falla decaiga de su máximo valor asimétrico . Asimismo, el dispositivo protector y todos los dispositivos en serie deben de poder interrumpir las máximas corrientes tanto como la energía total. Un dispositivo de protección el cual interrumpe en una fracción de un ciclo (antes de que el valor de corriente de falla máximo sea obtenido) reduce los requerimientos de capacidad interruptiva de los dispositivos en serie.

Las corrientes de corto circuito pueden ser calculadas a los siguientes tiempos recomendados.

(1) El Primer Ciclo. En el primer ciclo los valores máximos-simétricos son siempre requeridos. Ellos son algunas veces los únicos valores necesitados para sistemas de bajo voltaje y -- para fusibles en general.

(2) De 1.5 a 4 Ciclos. Los valores máximos son requeridos -- para aplicaciones en interruptores de circuitos para voltajes altos.

(3) Alrededor de 30 Ciclos. Estas corrientes de falla reducidas son necesitadas para estimar el funcionamiento de los relevadores con retraso de tiempo y los fusibles. Algunas veces valores mínimos deben ser calculados para determinar si la corriente es suficiente para abrir los dispositivos de protección en un tiempo satisfactorio.

DIAGRAMAS UNIFILARES

Un diagrama unifilar debe de ser preparado como primera etapa en la realización de un estudio de corrientes de corto circuito. Este diagrama debe de mostrar todas la fuentes de corto circuito y todos los elementos del circuito significativos. Todos los valores de reactancia y resistencia necesarios para los cálculos deben ser incluidos en el diagrama.

Muchos de los datos de reactancia y resistencia necesarios pueden ser obtenidos de la Tabla 3.5, o de los fabricantes de equipo.

TABLA 3.5

Resistencia (R) y Reactancia (X) para Sistemas Trifásicos Primarios y Transformadores, en Ohms, Línea a Neutro (Valores Típicos).

Máximo

Corto Circuito

Trifásico. 240 V. 480 V.

A Sistemas Prim.

KVA	R_s (ohms)	X_s (ohms)	R_s (ohms)	X_s (ohms)
15000	0.000765	0.003781	0.003058	0.015095
25000	0.000459	0.002266	0.001835	0.009063
50000	0.000236	0.001140	0.000917	0.004531
100000	0.000111	0.000570	0.000445	0.002280
150000	0.000070	0.000375	0.000306	0.001501
250000	0.000042	0.000222	0.000195	0.000917
500000	0.000028	0.000111	0.000083	0.000445
1000000	0.000014	0.000056	0.000056	0.000222
$\# 0$	11.54/0	56.71/0	46.15/0	226.57/0

B. Transformadores

KVA a % Z.	R_T (ohms)	X_T (ohms)	R_T (ohms)	X_T (ohms)
300 a 5	0.001918	0.009452	0.007645	0.037808
450 a 5	0.001278	0.006255	0.005087	0.025215
500 a 5	0.001154	0.005699	0.004987	0.022685
600 a 5	0.000959	0.004721	0.003809	0.018904
750 a 5.75	0.000890	0.004351	0.003503	0.017375
1000 a 5.75 †	0.000667	0.003267	0.002641	0.013038
1500 a 5.75	0.000445	0.002182	0.001751	0.008701
2000 a 5.75	0.000333	0.001640	0.001334	0.006505
3000 a 5.75	0.000222	0.001098	0.000890	0.004337
4000 a 5.75	0.000167	0.000820	0.000667	0.003253

/... Continúa tabla anterior

EVA a % Z.	R_T (ohms)	X_T (ohms)	R_T (ohms)	X_T (ohms)
5000 a 5.75	0.000139	0.000653	0.000528	0.002613
6000 a 5.75	0.000111	0.000542	0.000445	0.002168
N a $N \ddagger$	$0.128N/M$	$0.587N/M$	$0.46N/M$	$2.27N/M$

Datos tomados del libro IEEE Recommended Practice For Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. (242- 1975).

NOTA: La tabla se basa en la relación $X/R = 5$. No se use para otros valores diferentes.

$\# 0$ Es cualquier otro valor dado en EVA para el sistema primario.

$\ddagger N$ Es cualquier otro valor dado de un transformador en EVA y N su correspondiente valor en % de Impedancia.

TABLA 3.5-A. VALORES TÍPICOS DE REACTANCIAS PARA MÁQUINAS SINCRONAS Y MOTORES DE INDUCCIÓN, EN % DE LA CAPACIDAD DE LOS KVA DE LAS MÁQUINAS.

	X°_d
Generadores de Turbina	
2 polos	9 %
4 polos	15 %
Generadores de polos salientes con campos amortiguadores	
12 polos o menos	16%
14 polos o mas	21%
Motores síncronos	
6 polos	15 %
8 - 14 polos	20 %
16 polos o mas	28 %
Condensadores Síncronos	24 %
Convertidores Síncronos	
600 V. corriente directa	20 %
250 V. corriente directa	33 %
Motores de Inducción Individuales, usualmente arriba de 600 V. A.C.	17 %
Grupos de Motores, cada uno menores de 50HP usualmente en 600 V.A.C. y menores	25 %

NOTAS:

• Los valores de KVA de motores síncronos pueden ser encontrados aproximadamente de los HP tal como sigue:

$$\begin{array}{ll} \text{A P.P.} = 0.8 & \text{KVA} = \text{HP} \\ \text{A P.P.} = 1.0 & \text{KVA} = 0.8 \times \text{HP} \end{array}$$

• Los valores de la reactancia X°_d , para grupos de motores ha sido incrementada ligeramente para compensar el rápido decremento de las corrientes de corto circuito en esos motores pequeños. Un valor mas bajo de X°_d será normalmente apropiado para grupos de motores mas grandes.

• Esta tabla ha sido extractada del libro "STD 141-1976 I.E.E.E. RECOMMENDED PRACTICE FOR ELECTRIC DISTRIBUTION FOR INDUSTRIAL PLANTS".

TABLA 3.6

Valores Típicos de Resistencia y Reactancia para Alambres y -
Cables de Construcción, en Ohms por 100 Ft., Línea a Neutro,-
a Temperatura Normal de Operación.

Alambre Calibre (MCM)	Temperatura (°C)	En Tubería Conduit Galvanizada				
		R_{dc}	R_{ac}	X	Z	R/Z
Un Conductor en Conduit.						
8	60	0.07275	0.07275	0.00585	0.0730	0.99
4	60	0.02928	0.02928	0.00925	0.0297	0.98
2	75	0.01947	0.01964	0.00491	0.0202	0.97
1	75	0.01530	0.01554	0.00515	0.0163	0.95
0	75	0.01218	0.01241	0.00510	0.0134	0.93
000	75	0.00768	0.00798	0.00480	0.0093	0.86
0000	75	0.00608	0.00639	0.00464	0.0079	0.81
250	75	0.00516	0.00546	0.00461	0.0071	0.76
350	75	0.00368	0.00397	0.00456	0.0060	0.66
500	75	0.00257	0.00291	0.00432	0.0052	0.56
750	75	0.00172	0.00208	0.00417	0.0047	0.44
1000	75	0.00129	0.00170	0.00416	0.0045	0.38
1500	75	0.00086	0.00137	0.00408	0.0043	0.32
Dos ó tres Conductores en Conduit.						
8	60	0.07275	0.07275	0.00541	0.0729	1.00
4	60	0.02928	0.02928	0.00404	0.0296	0.99
2	75	0.01947	0.01964	0.00378	0.0200	0.98
1	75	0.01530	0.01554	0.00397	0.0161	0.96
0	75	0.01218	0.01241	0.00393	0.0130	0.95
000	75	0.00768	0.00798	0.00370	0.0088	0.91
0000	75	0.00608	0.00639	0.00358	0.00731	0.87
250	75	0.00516	0.00546	0.00355	0.00651	0.84
350	75	0.00368	0.00397	0.00352	0.00531	0.75
500	75	0.00257	0.00291	0.00333	0.00442	0.66
750	75	0.00172	0.00208	0.00321	0.00383	0.54

/... Continúa tabla anterior

1000	75	0.00129	0.00170	0.00320	0.00362	0.47
1500	75	0.00086	0.00137	0.00315	0.00342	0.40

NOTA: Para cables de Aluminio del mismo calibre, multiplique -
la resistencia por 1.64 (Según tablas N.E.C.)

(Esta tabla es extractada del libro IEEE STD, 242-1975).

TABLA 3.7

Resistencia R, Reactancia X, e Impedancia Z, De Buses Típicos,
en Ohms por 100 Ft., Línea a Neutro.

Tipo de Bus	Capacidad				X/R
	Normal (amperes)	R (ohms)	X (ohms)	Z (ohms)	
Barros de Cobre					
Enchufables.	225	0.0836	0.0800	0.1157	
	400	0.0437	0.0832	0.0495	
	600	0.0350	0.0179	0.0393	
	800	0.0228	0.0136	0.0257	
	1000	0.0145	0.0135	0.0198	
Barros de Aluminio					
Enchufables.	225	0.1090	0.0720	0.1313	
	400	0.0550	0.0222	0.0592	
	600	0.0304	0.0121	0.0327	
	800	0.0243	0.0154	0.0288	
Alimentadores de					
Baja Impedancia.	800	0.0219	0.0085	0.0235	
	1000	0.0190	0.0050	0.0196	
	1350	0.0126	0.0044	0.0134	
	1600	0.0116	0.0035	0.0121	
	2000	0.0075	0.0031	0.0081	
	2500	0.0057	0.0025	0.0062	
	3000	0.0055	0.0017	0.0058	
	4000	0.0037	0.0016	0.0040	
Limitadores de					
Corriente.	1000	0.013	0.063	0.064	4.85
(Fusibles)	1350	0.012	0.061	0.062	5.08
	1600	0.009	0.056	0.057	6.22
	2000	0.007	0.052	0.052	7.45
	2500	0.006	0.049	0.049	8.15

/... Continúa de la tabla anterior.

Limitadores de

Corriente.	3000	0.003	0.046	0.046	9.20
	4000	0.004	0.048	0.048	10.20

Datos tomados del libro IBSB Std, 242-1975.

3.11- METODO PORCENTUAL DE CALCULO DE CORTO CIRCUITO.

Los sistemas eléctricos de generación y transformación -- están constituidos generalmente por fuentes de energía y líneas de distribución y transmisión que se encuentran acopladas por medio de transformadores y por tanto operan a diferentes voltajes nominales.

Con el fin de poder efectuar los cálculos de cortocircuito en tales sistemas se hace necesario transformar el sistema -- original a otro equivalente en el cual las impedancias de todas las máquinas y líneas quedan expresadas en ohms referidos a una base común de voltaje o bien en porcentaje referido a una base común de KVA. Por supuesto los dos métodos deben conducir al mismo resultado.

El método porcentual es el comunmente usado en sistemas -- eléctricos, ya que generalmente las impedancias de las máquinas vienen expresadas en porcentaje.

El porcentaje de reactancia se define como el porcentaje de voltaje nominal que es consumido por la caída de voltaje en la reactancia cuando circula la corriente nominal, es decir;

$$\% \text{ reactancia} = \frac{I_n \times \text{ohms}}{V_n} \times 100$$

En donde: I_n = corriente nominal.

V_n = voltaje nominal.

Empleando la misma definición, el porcentaje de resistencia es:

$$\% \text{ resistencia} = \frac{I_n \times \text{ohms}}{V_n} \times 100$$

En este caso se utiliza una potencia en KVA como base común. en un voltaje base, obteniéndose;

$$Z_2 = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA}_1} \times Z_1$$

KVA 1 = KVA nominales a la base 1.

Z2 = impedancia referida a la base 2.

Y tambien para un sistema de tres fases :

$$I_1 = \frac{100 \times \text{KVA base 2}}{\sqrt{3} \times Z_{eq} \text{ KV}}$$

En los cálculos de corto circuito se llega a un punto en - que hay que decidir si se deben utilizar ohms por ciento o - bien ohms por unidad; la relación entre éstos queda expresada por las siguientes fórmulas:

$$\text{Reactancia \%} = \frac{\text{reactancia en ohms} \times \text{potencia base en KVA}}{\text{KV}^2 \times 10}$$

$$\text{Reactancia por unidad} = \frac{\text{React. en ohms} \times \text{potencia base en KVA}}{\text{KV}^2 \times 1000}$$

$$\text{React. por unidad} = \frac{\text{reactancia en \%} \times \text{KV}^2 \times 10}{\text{KVA base .}}$$

$$\text{Reactancia en p.U.} = \frac{\text{reactancia en \%}}{100}$$

Los KVA base pueden ser del generador o transformador de alimentación como base. En los sistemas mayores con diversas fuentes, generalmente resulta más fácil elegir una potencia - base de 1,000 , 10,000 , ó 100,000 KVA.

Una vez elegida la potencia base,deben convertirse las reac- tancias óhmicas de los cables, conductores, transformadores - de instrumentos, etc, en reactancias en porcentaje, en por un- nidad a la base ya elegida si se emplea la reactancia en -- ohms se deben convertir todas las reactancias en porcentaje a valores en ohms

Las reactancias de generadores, transformadores y motores, generalmente están expresadas en porcentaje de su propio régi- men en KVA, y por tanto sus reactancias deben convertirse a - una base común elegida para el estudio por medio de la fórmula:

$$\text{React.en \% a la base 2} = \frac{\text{KVA base 2}}{\text{KVA base 1}} \times \text{react. \% a la base 1}$$

La red de un sistema debe estar representada por una reactancia en el diagrama de impedancias; a veces esta reactancia del sistema está expresada en porcentaje sobre una determinada base, en cuyo caso sólo es necesario convertir este valor a la base común empleada en el diagrama de impedancias; para hacerlo se emplea la fórmula dicha. En algunos casos las compañías suministradoras de energía proporcionan la potencia en KVA de corto circuito con la intensidad que el sistema puede entregar en el lugar; en otros sólo se conoce la capacidad de interrupción del interruptor de la línea de llegada.

En estos casos, para convertir los datos disponibles en reactancias en porcentaje sobre la base en KVA empleada en el diagrama de reactancias, se pueden utilizar las fórmulas siguientes :

Si se da la potencia de corto circuito en KVA:

$$\text{Reactancia en \%} = \frac{\text{KVA}_{\text{base}} \text{ del diagrama de reactancias} \times 100}{\text{potencia en KVA de cortocircuito del sistema}}$$

Si se da como dato la corriente de cortocircuito:

$$\text{Reactancia en \%} = \frac{\text{KVA}_{\text{base}} \text{ del diagrama de reactancias} \times 100}{I_{\text{cortocircuito}} \sqrt{3KV} \text{ nominales del sistema}}$$

Si se conoce el régimen de interrupción en KVA del interruptor de entrada:

$$\text{Reactancia en \%} = \frac{\text{KVA}_{\text{base}} \text{ del diagrama de reactancias} \times 100}{\text{régimen de interrupción del interruptor en KVA}}$$

La corriente de cortocircuito simétrica se puede determinar por medio de fórmulas diversas, como por ejemplo :

$$I_{c.circuito} = \frac{100 \text{ KVA}_{base}}{\% X \times \sqrt{3} \text{ KV}} \dots\dots\dots$$

$$I_{c.circuito} = \frac{\text{KVA}_{base}}{X_{p.unidad} \sqrt{3} \text{ KV}} \dots\dots\dots$$

$$I_{c.circuito} = \frac{\text{KV} \times 1000}{\sqrt{3} \times \text{reactancia en ohms}}$$

La potencia simétrica de cortocircuito en KVA se obtiene - de manera semejante:

$$\text{Potencia}_{c.circuito} \text{ (KVA)} = \frac{100}{\% X} \times \text{KVA}_{base}$$

$$\text{Potencia}_{c.circuito} \text{ (KVA)} = \frac{\text{KVA}_{base}}{X \text{ por unidad}}$$

$$\text{Potencia}_{c.circuito} \text{ (KVA)} = \frac{3 (\text{voltajes entre línea y neutro})^2}{\text{reactancia en ohms} \times 1000}$$

La fórmula que se escoja dependerá de la manera en que se halla elegido el diagrama de reactancias o impedancias, así - como la forma en que se desee obtener el resultado, es decir, si en potencia o en corriente de cortocircuito.

CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PARA LA PLANTA PRODUCTORA DE GASES DEL AINE.

(METODO PORCENTUAL).

En la preparación del diagrama de impedancia, requerido -- para el analisis iniciaremos pasando todos los valores a impedancias en porciento (Véase planos AG-5E y AG-6E).

En este caso la Comisión Federal de Electricidad nos dió -- una aproximación disponible de la potencia de corto circuito a 23 KV, que es de:

Pot. c.c. C.F.E. = 1,500 KVA.

La potencia base a usar será de:

P Base = 1,000 KVA.

Así que la impedancia de la red es :

$$Z_{red} = \frac{1,000 \text{ KVA base} \times 100}{1,500 \text{ KVA}} = 66.6\%$$

La impedancia representada por los cables de energía ---- Cal. 1 AWG en un circuito trifásico de aproximada de 40 mts.-- es de:

$$Z_{a1} = Z_{a2} = 0.0213 \text{ Ohms. (De acuerdo a tabla 3.6)}$$

y en porciento:

$$Z_{a1} = Z_{a2} = \frac{0.0213 \text{ Ohms} \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(23 \text{ KV})^2 \times 10.}$$

$$L_{a1} = Z_{a2} = 0.0040 \%$$

Para cada circuito de los alimentadores Cal. 750 MCM. ---- con longitud aproximada de 12 mts.

$Z_{a3} = 0.0018$ ohms. y en por ciento.

$$Z_{a3} = \frac{0.0018 \text{ ohms} \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(0.22 \text{ KV})^2 \times 10} = 3.71 \%$$

Para los cables alimentadores Cal. 1000 MCM con longitud aproximada de 30 mts.

$Z_{a4} = 0.0045$ ohms y en por ciento.

$$Z_{a4} = \frac{0.0045 \text{ ohms} \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(0.44)^2 \times 10} = 2.3\%$$

Los cables Cal. 300 MCM con longitud aproximada de 30 mts.

$Z_{a5} = 0.0060$ ohms y en %.

$$Z_{a5} = \frac{0.0060 \text{ ohms} \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(0.22)^2 \times 10} = 12.3\%$$

Los cables Cal 500 MCM con longitud de 30 mts.

$Z_{a6} = 0.0052$ ohms.

$$Z_{a6} = \frac{0.0052 \text{ ohms} \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(0.22)^2 \times 10} = 10.7 \%$$

Los cables Cal. 4 AWG con longitud de 30 mts.

$Z_{a7} = 0.0297$ ohms.

$$Z_{a7} = \frac{0.0297 \times 1,000 \text{ KVA Base}}{(0.22)^2 \times 10} = 61.3\%$$

Ahora se transforman los valores de impedancia de los transformadores y motores a una base común:

Para el transformador T-1

$$Z_{T1-2} = \frac{1,000 \text{ KVA Base}}{750 \text{ KVA}} \times 4.5 = 6\%$$

(Referido a la base 2)

Para el transformador T-2

$$Z_{T2-2} = \frac{1,000 \text{ KVA Base}}{1000 \text{ KVA}} \times 4.5 = 4.5\%$$

Para los motores del C.C.M. No. 1 como todos son menores de 50 HP. y trabajan a menos de 600 Volts, la impedancia equivalente, según la tabla 3.5-A es de:

$$Z_{eq} \text{ c.c.m.1} = 25\%$$

La potencia total del C.C.M. No.1 es 176.25 HP.

a F.p. = 0.85

$$\text{KVA} = \frac{\text{HP} \times 746}{1000 \times \text{F.P.}} = \frac{176.25 \times 746}{1000 \times 0.85} = 155 \text{ KVA}$$

Pasando la impedancia a la base común:

$$Z_{ccm 1-2} = \frac{1000 \text{ KVA Base}}{155 \text{ KVA}} \times 25 = 161.2\%$$

Para el grupo de motores del C.C.M. No.2 se considerará de un 21%, ya que los motores son de más de 50 HP y trabajan a menos de 600 Volts, según las consideraciones hechas en las notas de la tabla No. 3.5-A ya que por ser de mayor potencia sus valores de impedancia disminuyen.

Zeq c.c.m. No. 2 = 21%

La potencia total de este CCM es = 1000 HP.

$$\text{así que KVA} = \frac{1000 \text{ HP} \times 746}{1000 \times 0.85} = 878 \text{ KVA.}$$

y refiriendo la impedancia a la base común.

$$Z_{\text{ccm.2-2}} = \frac{1000 \text{ KVA Base} \times 21}{878 \text{ KVA}} = 23.9\%$$

Asimismo para el C.C.M. No. 3 con motores menores de 50 HP. y a menos de 600 Volts la impedancia equivalente segun la tabla 3.5-A es de:

Zeq.ccm No.3 = 25%

y como la potencia total es de = 215 Hp.

$$\text{KVA} = \frac{215 \text{ HP} \times 746}{1000 \times 0.85} = 189 \text{ KVA.}$$

que referidos a la base común:

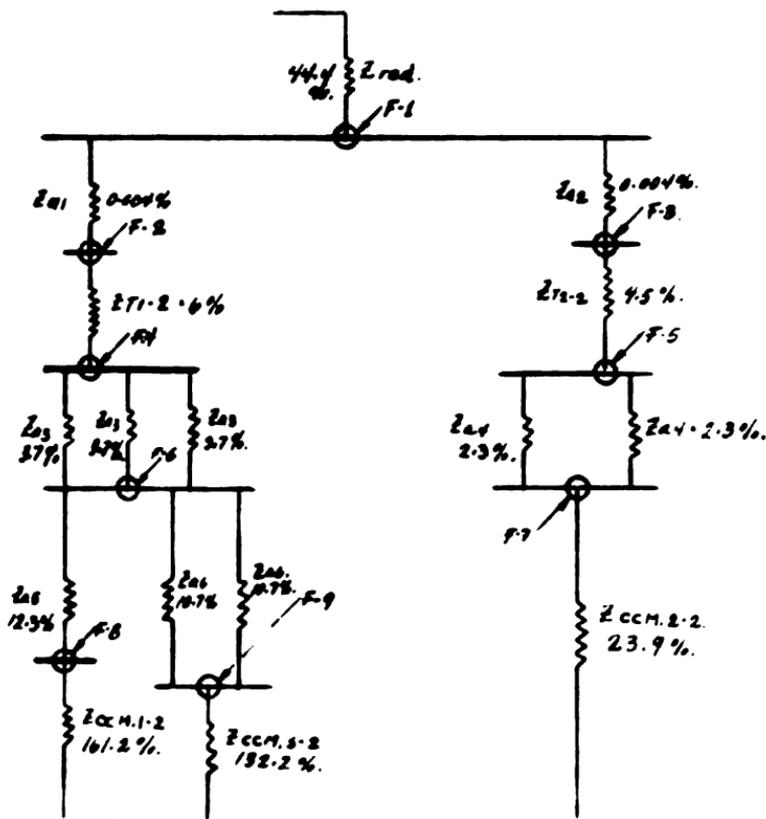
$$Z_{\text{ccm.3-2}} = \frac{1000 \text{ KVA Base} \times 25}{189 \text{ KVA}} = 132.2\%$$

Como el C.C.M. No. 4 es para contactos y su carga no está definida no se considerará en los calculos de corto circuito.

Por otro lado transformando la impedancia de la red a la base común tenemos que:

$$Z_{\text{red-2}} = \frac{1000 \text{ KVA Base} \times 66.6}{1,500 \text{ KVA}} = 44.4\%$$

Una vez obtenidos todos los datos de las impedancias a una base común, se puede armar el diagrama respectivo, y posteriormente realizar las reducciones que se requieran segun los puntos de falla considerados.

DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS DE LA PLANTA DE ESTUDIO.

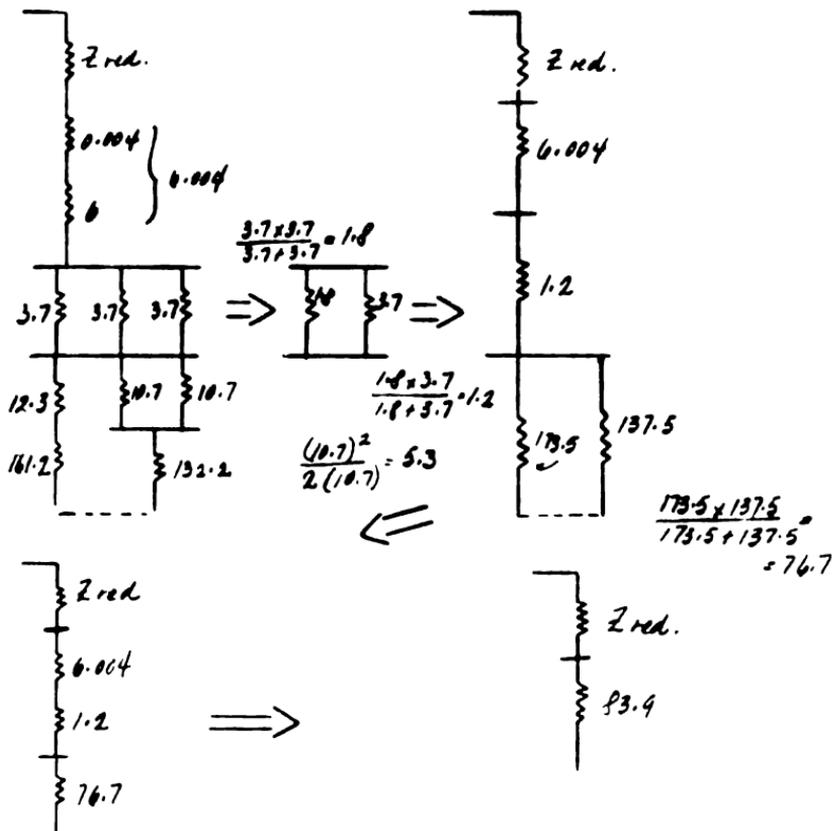
NOTA:

Los puntos de falla indicados, corresponden a las posiciones en donde se requiere investigar la capacidad interruptiva de corto circuito, de los equipos de protección que se deberán usar.

Cálculo de la Falla No. 1.

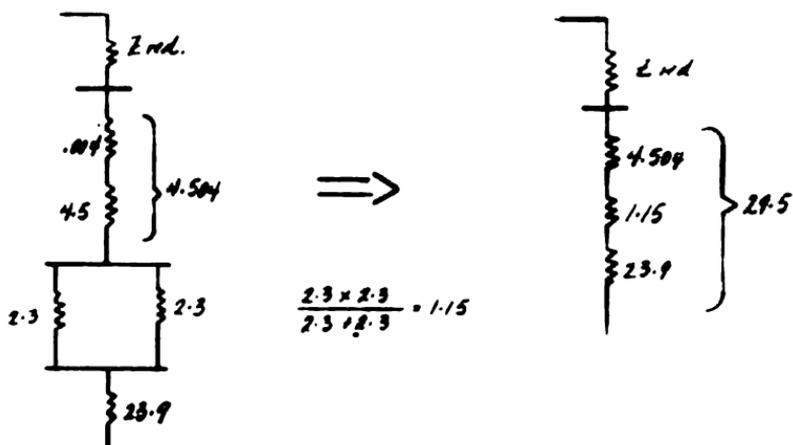
El procedimiento a seguir será efectuar las reducciones de todas las impedancias, hasta tener una equivalente en el punto deseado. Para ésto hay que considerar que las impedancias en serie se suman y las paralelo se suman sus inversos.

Analizando el ramal izquierdo se tiene que:

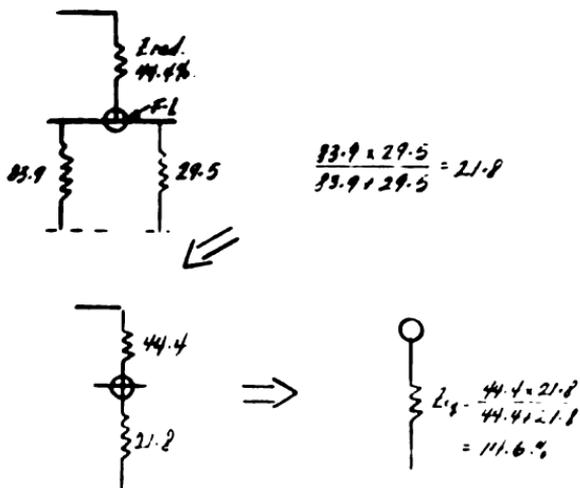


170.

Y reduciendo en forma similar el ramo derecho:



Y uniendo los dos ramos (Izq. y der.)



De esta forma la corriente de corto circuito simétrica ---
para la falla No. 1 es:

$$I_{cc1} = \frac{100 \text{ KVA Base}}{X \ \% \times \sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.6 \times \sqrt{3} \times 23 \text{ KV.}}$$

$$I_{cc1} = 172 \text{ amp. simétricos.}$$

Y la potencia de C.C. es:

$$P_{cc1} = \frac{100}{\% \text{ Zeq}} \times \text{KVA Base} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.6} =$$

$$P_{cc1} = 6,849 \text{ KVA.}$$

De forma similar se ha procedido y se determinó que los valores de corto circuito para las siguientes fallas es:

Falla No.2:

$$I_{cc2} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.6 \times \sqrt{3} \times 23 \text{KV}} = 172 \text{ amperes simétricos.}$$

$$P_{cc2} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.6} = 6,849 \text{ KVA.}$$

Falla No. 3:

$$I_{cc3} = I_{cc2} = I_{cc1} = 172 \text{ amp. simétricos.}$$

$$P_{cc3} = P_{cc2} = P_{cc1} = 6,849 \text{ KVA.}$$

NOTA: ----- Analizando estos valores se ve
 que las impedancias de los cables se pueden despreciar, --
 debido a que se obtuvo que las fallas 1,2 y 3 son iguales.

Falla No.4:

$$I_{cc4} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA Base}}{18.1 \times \sqrt{3} \times 0.22 \text{ KV}} = 14.5 \text{ KA simétricos.}$$

$$P_{cc4} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA Base}}{18.1} = 5,524 \text{ KVA.}$$

Falla No. 5:

$$I_{cc5} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.3 \times \sqrt{3} \times 0.44 \text{ KV}} = 9.186 \text{ K Amp. simétricos.}$$

$$P_{cc5} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.3} = 6,993 \text{ KVA.}$$

Falla No.6:

$$I_{cc6} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{18.7 \times \sqrt{3} \times .22 \text{ KV}} = 14.05 \text{ KA. simétricos.}$$

$$P_{cc6} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{18.7} = 5,347 \text{ KVA.}$$

Falla No.7:

$$I_{cc7} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 14.1 \times 0.44 \text{ KV}} = 9.317 \text{ KA. simétricos.}$$

$$P_{cc7} = \frac{100 \times 1000 \text{ KVA}}{14.1} = 7.092 \text{ KVA}$$

Falla No. 8:

$$I_{cc8} = \frac{100,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 27.5 \times 0.22 \text{ KV}} = 9.554 \text{ KA. simétricos.}$$

$$P_{cc8} = \frac{100,000 \text{ KVA}}{27.5} = 3,636 \text{ KVA.}$$

Falla No. 9:

$$I_{cc9} = \frac{100,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 22.4 \times 0.22} = 11.729 \text{ KA. simétricos.}$$

$$P_{cc9} = \frac{100,000 \text{ KVA}}{22.4} = 4,464 \text{ KVA.}$$

3.12.--SELECCION DEL EQUIPO DE PROTECCION DE ACUERDO AL CALCULO DE CORTO CIRCUITO.

Una vez obtenida la corriente de cortocircuito, ó la potencia de cortocircuito que se tendrá en cada uno de los puntos de un elemento de protección, se procede a seleccionar el marco ó tipo del desconectador adecuado.

Es precisamente el valor de cortocircuito el que determina la robustez y el tamaño físico que deberá tener el equipo para poder soportar el paso de la corriente máxima posible en un cortocircuito sin sufrir danos considerables.

Realizando un resumen de los valores de cortocircuito ----
calculados tenemos:

Falla No.	Voltaje operación (volts.)	Equipo de protección I Nominal (Amp.)	Amperes RMS, simétricos (Calculados)
1	23,000	100 A.	172 A.
2	23,000	40 A.	172 A.
3	23,000	63 A.	172 A.
4	220	2000 A.	14,500 A.
5	440	2000 A.	9,186 A.
6	220	600 A, 800 A y 100 A.	14,050 A.
7	440	1500 A.	9,317 A.
8	220	600 A.	9,554 A.
9	220	800 A.	11,729 A.

De acuerdo a los valores de cortocircuito hallados se selecciona un marco de interruptor igual ó superior a los valores que existen comercialmente así que:

a) Para los cortacircuitos de 100 A, 40 A y 63 A. seleccionamos interruptores de operación en grupo, con carga, de - 600 amperes simétricos RMS, 23 KV, 3 Fases, 60 Hz. Mc. DRIES--CHER and WITTIJUHANN (que es el valor comercial más proximo).

b) Por otro lado para los interruptores en el secundario de los transformadores de potencia de 2000 kva. de capacidad - conductiva a 220 v 440 Volts. respectivamente.

Int. (amperes)	Voltaje (Volts)	A.-d. RMS simétricos calculados	Amp. RMS simétricos Comerciales
2,000	220	14,500	65,000
2,000	440	9,186	50,000

y los interruptores con estas características son del tipo -- Electromagnético de operación en grupo con carga, extinción - del arco eléctrico por medio de aire tipo DHEP Mca. Westinghouse.

c) Asimismo para los interruptores derivados de 600 A, 800 A, 100 A y 1600 A, 600 A y 800 Amp, de los Centros de control de motores:

Int. (Amperes)	Voltaje (volts.)	Amperes simétricos calculados.	Amperes simétricos comerciales.	Marco.
600	220	14,050	42,000	MA
800	220	14,050	42,000	MA
100	220	14,050	18,000	PA
1600	440	9,317	50,000	PA
600	220	9,554	42,000	MA
800	220	11,729	42,000	MA

Por tanto los interruptores serán de tipo termomagnético Mca. Square D. 600 Volts. máximos 3 Fases, con los marcos indicados en la tabla anterior.

3.13-TABLAS DE CORRIENTE DE CCRTU CIRCUITO.

Un método simple de encontrar las corrientes de corto circuito posibles en cualquier punto en un sistema de bajo voltaje, es usando las tablas basadas en el tipo del circuito en cuestión. No son aplicables para todos los sistemas. Las tablas Nos. 3.8 y 3.9 están basadas en los siguientes requisitos ;

- 1ª El sistema debe de ser alimentado por un solo transformador .
- 2ª El transformador debe de tener una impedancia nominal de 4.5 % para rangos de 500 KVA y mayores, y 5.5 % para rangos abajo de 500 KVA.
- 3ª La contribución de motores que sea incluida debe estar basada en un cien por ciento de carga de motores.

Estas tablas pueden ser usados para sistemas no alimentados por instalaciones de un solo transformador escogiendo un valor en la columna cero igual o más grande que el valor de - corto circuito posible en la alimentación del servicio.

Donde no se tengan las tablas adecuadas o los requisitos - establecidos para el uso de ellas, es necesario hacer los cálculos usando el método previamente descrito

TABLA 3.8.

Corriente de Palla Trifásica Simétrica posible (Valor RMS) -

Capacidad del Transformador (KVA)	Calibre del Conductor por Fase.	Distancia del Transformador			
		0	5	10	20
150	No.4	9980	9520	9000	8000
	No.0	9980	9700	9450	9000
	250 MCM	9980	9820	9660	9350
	2-250 MCM	9980	9900	9800	9650
225	No.4	14 940	13 800	12 800	10 600
	No.0	14 940	14 500	14 000	12 900
	250 MCM	14 940	14 600	14 300	13 600
	2-250 MCM	14 940	14 700	14 500	14 300
	2-500 MCM	14 940	14 800	14 700	14 500
	No.4	19 970	18 000	16 000	12 700
300	No.0	19 970	19 100	18 100	16 200
	250 MCM	19 970	19 300	18 700	17 500
	2-250 MCM	19 970	19 500	19 300	18 700
	2-500 MCM	19 970	19 600	19 400	19 000
	No.4	33 100	28 000	22 900	15 900
	No.0	33 100	30 800	28 000	23 100
500	250 MCM	33 100	31 500	30 000	27 000
	2-250 MCM	33 100	32 300	31 400	29 800
	2-500 MCM	33 100	32 600	32 000	30 700
	No.4	40 900	33 000	26 000	17 000
750	No.0	40 900	37 400	33 900	27 000
	250 MCM	40 900	38 300	36 000	32 000
	2-250 MCM	40 900	39 800	38 500	36 000
	2-500 MCM	40 900	40 100	39 100	37 100
	No.4	54 400	41 000	29 500	18 000
	No.0	54 400	48 800	42 200	32 100
1000	250 MCM	54 400	50 100	46 300	39 900
	2-250 MCM	54 400	52 100	50 000	46 000
	2-500 MCM	54 400	52 800	51 000	48 000
	No.4	80 100	53 200	35 500	20 500
1500	No.0	80 100	66 500	55 000	40 000
	250 MCM	80 100	72 000	64 500	52 000
	2-250 MCM	80 100	76 000	72 000	64 000
	2-500 MCM	80 100	77 500	74 000	68 000
2000	No.4	105 600	60 500	38 000	21 000
	No.0	105 600	83 000	64 000	42 000
	250 MCM	105 600	90 500	79 000	60 000
	2-250 MCM	105 600	97 500	91 000	78 000
	2-500 MCM	105 600	100 000	94 500	84 000

Esta tabla es tomada del libro IEEE-STD-242-1975.

/... Continúa tabla 3.8.

a 240 V. en Amperes.

al punto de Falla (Ft.)				
50	100	200	500	1000
5580	3440	1900	800	400
7600	5850	3900	1800	950
8500	7220	5550	3200	1900
9200	8400	7200	4900	3200
6500	3800	2000	800	450
10 100	7100	4300	2000	1000
11 800	9500	6800	3500	1800
13 200	11 700	9400	6000	3500
13 600	12 500	10 600	7500	5000
7000	4000	2000	800	400
11 800	7800	4500	2000	1000
14 500	11 200	7500	3600	2000
17 000	14 500	11 200	6400	3600
17 600	15 600	13 000	8200	5200
7800	4200	2200	900	500
14 800	9000	4900	2000	1000
20 300	14 200	8800	4000	2000
25 300	20 100	14 000	7000	3900
22 200	22 500	17 000	9600	5500
8000	4000	2000	900	500
15 900	9200	5000	2000	1000
23 000	15 000	8900	3900	2050
30 000	22 900	15 000	7300	4000
32 000	26 100	19 000	10 100	5600
8200	4200	2100	950	400
17 900	9900	5000	2050	1000
27 000	17 000	9500	4000	2050
36 800	26 900	17 000	8000	4050
40 300	31 800	22 000	11 200	6000
9900	4800	2500	1200	900
20 000	10 500	5800	2800	1800
32 000	19 500	10 100	4500	3000
47 000	32 000	19 500	8500	4800
53 500	40 000	25 500	12 000	6500
8800	4300	2200	800	
20 000	10 300	5500	2500	1200
34 500	19 800	10 200	4500	2400
54 00	34 000	19 000	8500	4600
62 500	43 500	2700	12 000	6200

TABLA 3.9.

Corriente de Palla Trifásica Simétrica posible (Valor RMS) ---

Capacidad del Transformador (KVA)	Calibre del Conductor por Fase.	Distancia del Transformador			
		0	5	10	20
150	No.4	4990	4930	4880	4770
	No.0	4990	4940	4920	4880
	250 MCM	4990	4940	4920	4880
	2-250 MCM	4990	4970	4940	4920
225	No.4	7470	7380	7240	7000
	No.0	7470	7400	7320	7200
	250 MCM	7470	7420	7360	7300
	2-250 MCM	7470	7440	7400	7350
300	2-500 MCM	7470	7460	7450	7400
	No.4	9985	9800	9600	9100
	No.0	9985	9840	9750	9520
	250 MCM	9985	9880	9800	9660
500	2-250 MCM	9985	9920	9825	9790
	2-500 MCM	9985	9950	9850	9800
	No.4	16 500	16 000	15 400	14 000
	No.0	16 550	16 200	15 950	15 250
750	250 MCM	16 550	16 300	16 050	15 700
	2-250 MCM	16 550	16 350	16 250	16 100
	2-500 MCM	16 550	16 400	16 350	16 300
	No.4	20 450	19 700	18 700	16 800
1000	No.0	20 450	20 000	19 500	18 700
	250 MCM	20 450	20 200	19 800	19 250
	2-250 MCM	20 450	20 250	20 200	19 700
	2-500 MCM	20 450	20 400	20 250	19 900
1500	No.4	27 200	26 000	24 200	21 000
	No.0	27 200	26 700	25 900	24 300
	250 MCM	27 200	26 900	26 400	25 300
	2-250 MCM	27 200	27 000	26 700	26 200
2000	2-500 MCM	27 200	27 100	26 800	26 500
	No.4	40 050	37 000	33 100	26 000
	No.0	40 050	38 800	36 800	33 200
	250 MCM	40 050	39 100	37 800	35 600
2500	2-250 MCM	40 050	39 600	39 000	37 900
	2-500 MCM	40 050	39 700	39 200	38 200
	No.4	52 800	47 400	40 700	30 000
	No.0	52 800	50 200	47 000	41 200
3000	250 MCM	52 800	51 000	49 000	45 400
	2-250 MCM	52 800	51 800	50 900	48 900
	2-500 MCM	52 800	52 100	51 300	49 900

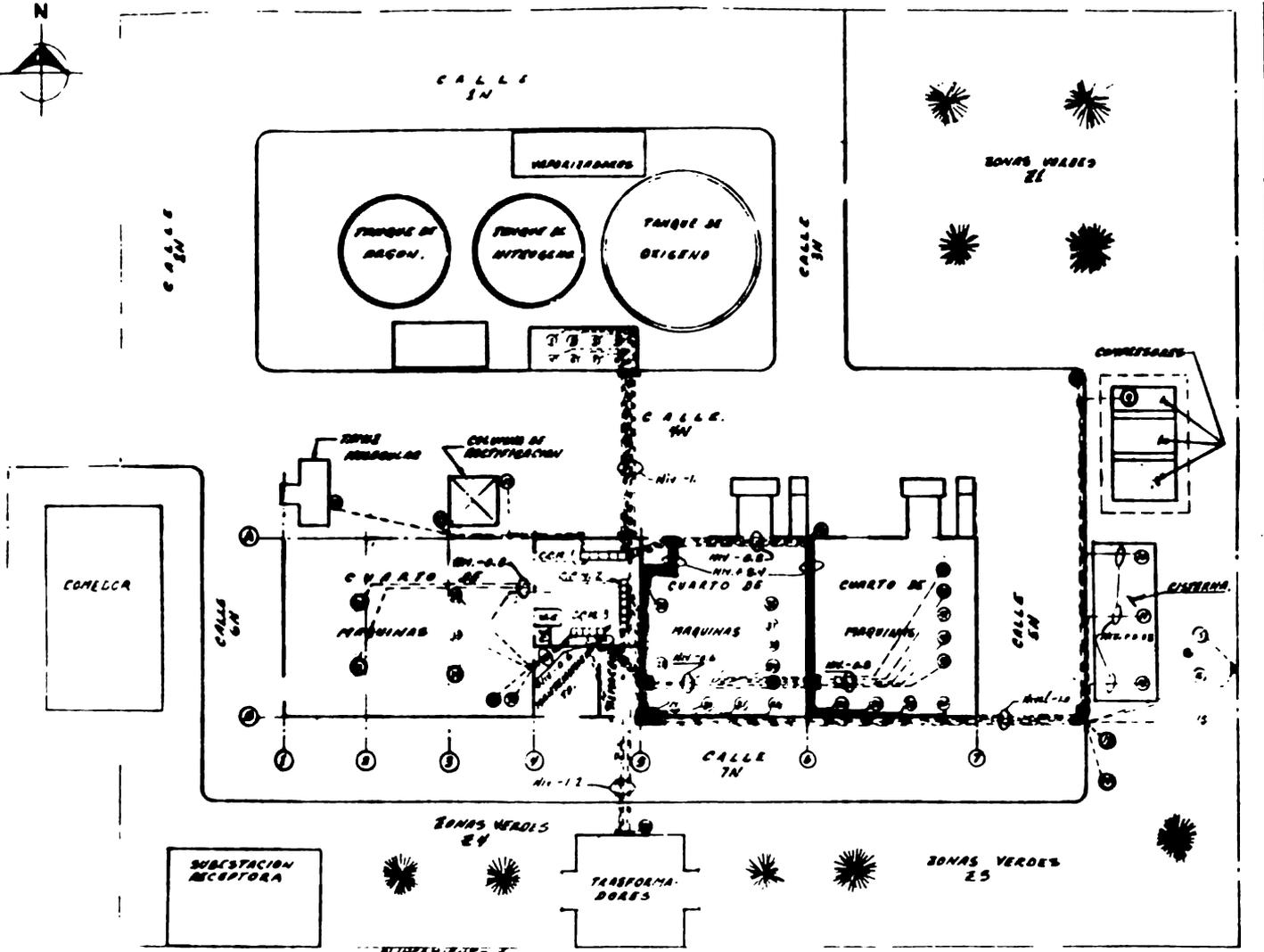
Esta tabla es tomada del Libro IEEE-STD-242-1975.

/... Continúa tabla 3.9.

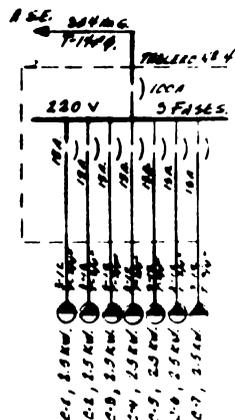
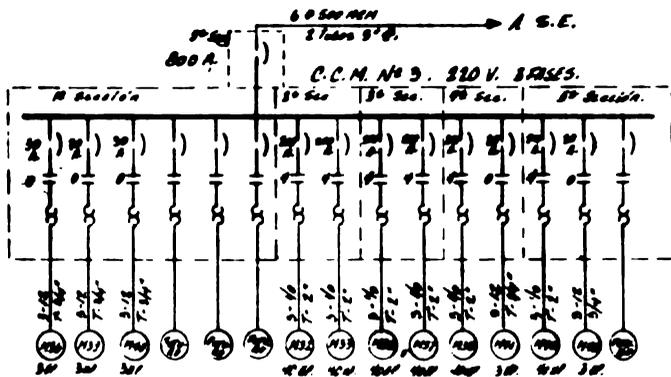
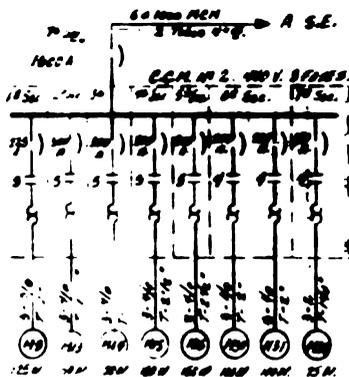
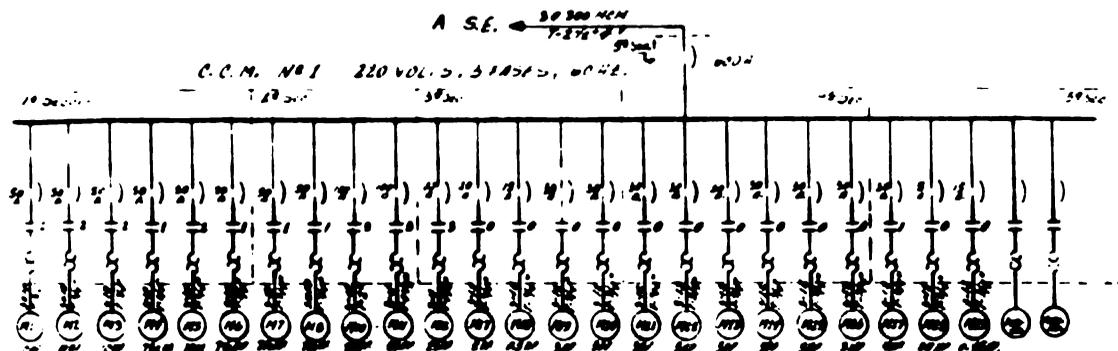
2 480 V. en Amperes.

al punto de Falla (Pt.)

50	100	200	500	1000
4420	3800	2800	1480	790
4700	4400	3850	2650	1680
4800	4600	4050	3350	2900
4900	4800	4600	4050	3350
6140	4880	3300	1600	840
6800	6200	5100	3180	1860
7040	6640	5900	4400	3000
7220	7000	6600	5580	4300
7300	7100	6800	6000	5000
7600	5600	3560	1620	840
8800	7650	5900	3400	1920
9240	8500	7300	5000	3240
9580	9200	8450	6800	5020
9660	9400	8820	7500	5880
10 250	6800	3800	1600	800
13 250	10 500	7400	3500	1900
14 500	12 700	10 000	5900	3500
15 450	14 400	12 500	9000	6000
15 700	14 800	13 400	10 500	7500
11 700	7500	4000	1600	800
16 000	12 400	8100	3800	2000
17 500	15 000	11 500	6600	3800
19 000	17 500	15 000	10 500	6600
19 300	18 200	16 300	12 000	8400
13 400	7900	4400	1800	800
20 000	14 400	9000	4100	2200
22 400	18 600	13 600	7200	4000
24 500	22 200	18 500	12 100	7200
25 300	23 300	20 300	14 500	9500
14 400	8200	4000	1400	600
24 500	16 000	9200	4000	2000
29 900	23 000	15 200	7500	4000
34 100	29 000	22 500	13 000	7400
35 500	31 600	25 900	16 400	10 100
15 100	8200	4200	1900	1000
28 000	17 000	9700	4200	2400
30 200	26 500	16 500	8000	4200
43 100	36 000	26 700	14 000	8000
45 100	39 200	30 800	18 500	11 000



U.N.A.M. - E.N.E.P.C.	
TESIS PROFESIONAL	
GERMAN NAVARRO F.	
ESPECIALIDAD	INSTRUMENTACION
JUL '80	
ACR. NTS	
DIRECTOR C. DURANGO No. 46-VE.	



SINBOLOGIA.

- 1- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (6 INDICIA EL TAMAÑO EN AMPERES)
- 2- INTERRUPTOR MAGNETICO (6 INDICIA EL TAMAÑO EN AMPERES)
- 3- ELEMENTOS TECNICOS
- 4- (6 INDICIA EL NUMERO DEL CABLE CON EL QUE SE CONECTA AL TABLERO) (6 INDICIA EL DIAMETRO EN MM. Ø) MOTOR TRIFASICO DE INDICACION

5- CONTACTO TRIFASICO

NOTAS

1- VER LA LOCALIZACION DEL EQUIPO EN PLANO AG-4E

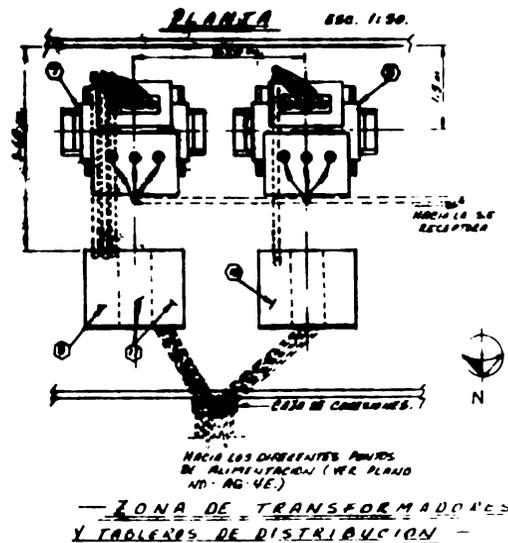
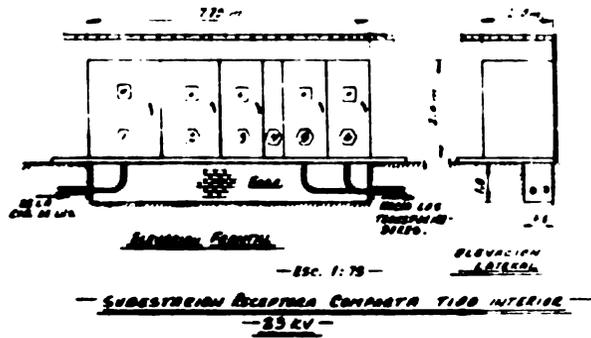
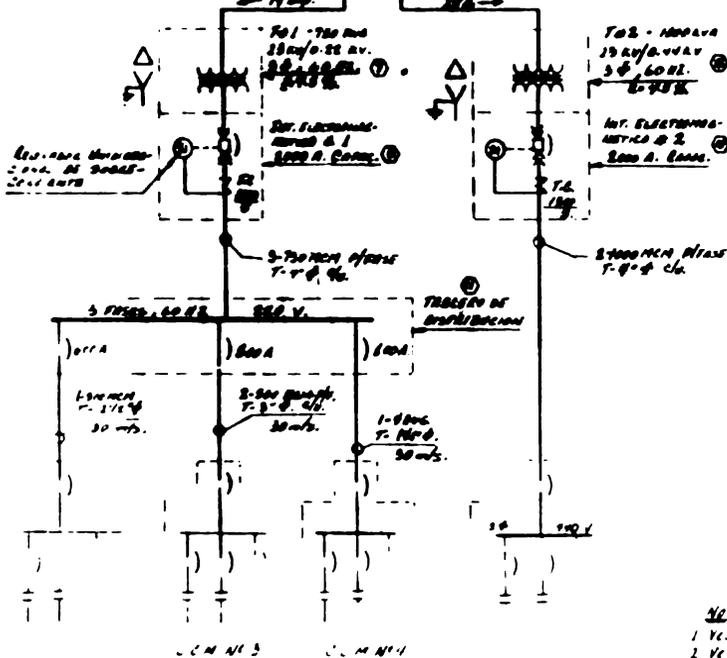
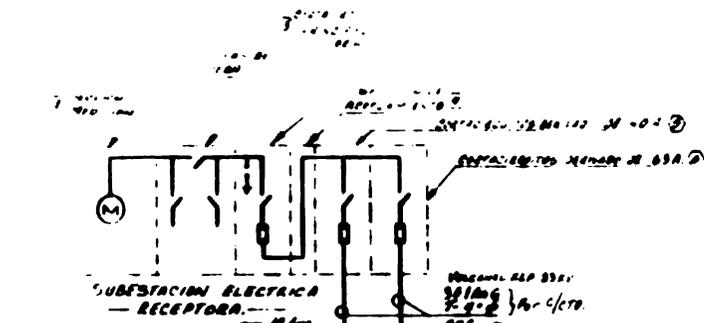
TODOS C.C.M.'S 1-4 DEBEN SER EN TABLERO (CABLEAR EN UN 'B')

5- CADA COMBINACION DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO, DEBE SER EN UN TABLERO CON LOS ELEMENTOS TECNICOS,

TRIFASICO DE CONTROL, ESTACION DE BOTONES

Y CABLES PLASTIC.

U.N.A.M. - E.N.E.P.C.	
TECNICO PROFESIONAL	
GERMAN NAVARRO E	
SIN ESC.	DIAGRAMA
NOV. 80	UNIFILAR
RECT. -	DE FUERZA.
DISEÑO EN C. PLANO. AG-4E.	



NOTAS

- 1 Verse localización del equipo en Plano No. AG-4E
- 2 Verse bases que se los 220V en Plano No. AG-5E

U.N.A.M. - E.N.E.P.C.	
TESIS PROFESIONAL	
GERMAN NAVARRO E	
ESC. LAB.	ARECULO DE EQUIPO
DE. 80	Y DIAGRAMA UNIFILAR
ACR. 110	TOTAL
Dr. Ing. S. Alvarez No. AG-4E.	

COSTO DE PROYECTO.

En la realización de todo proyecto deben de considerarse - dos etapas muy importantes que son las siguientes:

a).- Elaboración de la Ingeniería.- Dentro de esta etapa - el costo de proyecto se ve afectado básicamente por la elaboración de planos de Ingeniería básica, recopilación de información del equipo en cuestión, elaboración de arreglos generales del equipo, diferentes alternativas posibles en la erección del equipo, una vez obtenida la ingeniería básica se procede a realizar la ingeniería de Detalle que servirá para hacer -- posible la construcción de dicho proyecto. Dentro de la ingeniería de detalle se realizan cálculos específicos, que pueden ir desde dimensionamiento de conductores, hasta estudio de -- coordinación de protecciones y estudios de corto circuito por computadora en donde los sistemas de distribución se vuelven más complejos, la ingeniería de detalle va a proporcionar todas las armas con que el ingeniero constructor va a atacar los diversos problemas que se presenten en la construcción - de un proyecto.

Dentro de esta misma etapa de ingeniería se realizan las - selecciones de los equipos auxiliares que servirán de complemento al equipo principal que siempre requiere de ciertos ser vicios, dichos equipos auxiliares vienen siendo Centros de -- Control de Motores, tableros cortacircuitos, tableros de Control, todos estos equipos no están muchas veces incluidos con el equipo original y para ello es necesario realizar una selec ción apropiada de todos estos elementos que en conjunto con el equipo principal le darán cuerpo al proyecto que se trabaje. Mas aun dentro de esta etapa es muy importante considerar -- que partiendo de la ingeniería básica y de detalle se podrá -

contabilizar de una manera más precisa el volumen de materiales que implicaran la instalación del proyecto que se pretende construir, estos materiales son básicamente tubería conduit

longitudes y calibres de cables, cajas de conexiones, condulets, tornillería en gral, soportería en gral, y materiales misceláneos tales como cintas aislantes, soldaduras, samantas para cables, números marcadores, cáñamo, conectores conduit, codos conduit, tubería flexible, accesorios para tubería flexible, y en gral. todos aquellos materiales implícitos en la construcción de un proyecto.

b).- Construcción del proyecto.- La segunda etapa en la realización de un proyecto es la etapa constructiva, en esta etapa, es muy importante que el ingeniero constructor sepa seguir los lineamientos planteados por la ingeniería y mas aun sepa combinarlos con su experiencia para poder dar soluciones prácticas y funcionales que muchas veces no pueden ser plasmadas en un plano por la complejidad de su forma, es en esta etapa tambien en donde materiales y mano de obra se conjugan conjuntamente con la información de la ingeniería para poder dar cuerpo y hacer realidad el proyecto.

En lo que se refiere a los materiales el costo de un proyecto se vé afectado por una serie de factores socioeconómicos tales como movimientos constantes de los precios de los materiales, escasez de los mismos debido a su gran demanda o debido a su complejidad de construcción. Puede decirse a ciencia cierta que nuestro país está viviendo una etapa de fuerte industrialización en la cual el acelerado crecimiento en la rama de la construcción provoca un desequilibrio entre las cantidades fabricadas de materiales y/o equipos y la demanda exce

siva que de ellos se tiene, aunando a ésto el factor inflacionario los costos de un proyecto son realmente altos.

Por otro lado el factor mano de obra representa un costo considerable en la elaboración de un proyecto , ya que aquí es donde aspectos como las Horas-Hombre, las horas extras, y muchas veces la necesidad de realizar trabajos que impliquen libranzas de alimentaciones eléctricas principales, provocan un incremento grande en el costo del proyecto, dichos factores deben ser evaluados minuciosamente en el estudio económico que se realiza inicialmente, para definir si es o no rentable un cierto proyecto, esto es, si otorgará una vez funcionando la suficiente utilidad para poder amortisar rápidamente la inversión que se haga , y más aún que pueda proporcionar los dividendos esperados dentro de su operación normal .

LISTA DE MATERIALES DEL PROYECTO

<u>Part.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción.</u>	<u>Frecic Unitario.</u>
1	12psas.	Luminaria de vapor de Mercurio 400 W. "PHILSPACE" Mca. Holo- pane Cat. 916.	\$ 3,996.00
2	4psas.	Lámpara incandescente de 200W. tipo empotrado "MCUHD PAL" --- Mca. Holopane Cat. R-700-B .	\$ 1,312.20
3	34psas.	Luminaria tipo Industrial --- fluorescente tipo "OC" con 2 -- lámparas de 40W. Mca. "ILINSA" Cat. OC43-24.	\$ 1,597.05
4	27psas.	Contactos Intercambiables de- 300V. Mca. "ROYEK".	\$ 25.00
5	17psas.	Interruptor Intercambiable de 15 amp. Mca. "ROYEK".	\$ 30.00
6	1psa.	Un tablero de alumbrado trifá- sico 4 hilos, 240 V. C.A. 100- amp. Mca. "CUTLER HAMMER" Cat. CHC 12-5	\$ 37,368.00
7	15psas.	Cajas de Interconexiones de --- de 4" x 4" x 2".	\$ 12.00
8	1230 tramos	Tubería Conduit pared gruesa - galvanizada de 3/4" de diámetro con cople y por 3 metros de --- longitud.	\$ 94.00
	10zas.	Un tablero trifásico 4 hilos; 240/127V. C.A. 20 circuitos -- 100 amperes de capacidad Mca.- Cutler Hammer, Cat. NP44B20.	\$ 38,763.20

185.

10	400metros	Cable Vinanel 900 Cal. 8 AWG.	\$ <u>2,324.35</u> 100 mts.
11	400tramos	Tubería Conduit p.g.g. de 1 1/4", de diámetro, con cople y por 3 mts. de longitud .	\$ <u>145.00</u> psa.
12	1400 metros	Cable Vinanel 900 Cal. 4 AWG.	\$ <u>4,101.00</u> 100 mts.
13	6psas.	Interruptores Termomagnéticos - Mca. S.D. de 30 amp. de capaci- dad, de 1 polo de 127 V.	\$ <u>300.00</u> psa.
14	3psas.	Interruptores Termomagnéticos - Mca. S.D. de 40 amp. de capaci- dad, de 1 polo de 127 V.	\$ <u>390.00</u> psa.
15	6psas.	Interruptores Termomagnéticos - de 2 polos, 40 amp. Mca. S.D.	\$ <u>780.00</u> psa.
16	100 tramos	Tubería Conduit p.g.g. de 1" -- de diámetro con cople.	\$ <u>183.00</u> psa.
17	150 tramos	Tubería Conduit p.g.g. de 2" - de diámetro con cople.	\$ <u>447.00</u> psa.
18	90 tramos	Tubería Conduit p.g.g. de 2 1/2", de diámetro con cople.	\$ <u>947.00</u> psa.
19	50 tramos	Tubería Conduit p.g.g. de 4" -- de diámetro con cople.	\$ <u>1,750.00</u> psa.
20	2400 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUMEX, calibre 12 AWG.	\$ <u>908.27</u> 100 mts.
21	450 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUMEX, calibre 1/0 AWG.	\$ <u>9,608.00</u> 100 mts.
22	1000 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUMEX, calibre 1U AWG.	\$ <u>1,047.20</u> 100 mts.
23	800 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUMEX, calibre 4/0 AWG.	\$ <u>18,206.70</u> 100 mts.
24	300 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUMEX, calibre 3/0 AWG.	\$ <u>14,665.60</u> 100 mts.

25	70 mts.	Cable Vinanel 900 Mca. CONDUPEX, calibre 2 AWG.	\$ <u>6,000.35</u> 100 mts.
26	600 mts.	Cable de Energía Vulcanel XLP, - 23 KV, con pantalla, calibre 1 - AWG.	\$ <u>33,434.05</u> 100 mts.
27	100 mts.	Cable Vinanel 900 Calibre 750 MCM.	\$ <u>53,921.90</u> 100 mts.
28	50 mts.	Cable Vinanel 900 Calibre 1000 MCM.	\$ <u>88,148.00</u> 100 mts.
29	1 unidad.	Centro de Control de Motores, alam- brado clase 1 tipo A, para servicio interior NEMA 12, para uso industrial resistente al polvo, gabinete sencillo con empaques de fieltro y neopreno -- construido en secciones verticales -- blindadas e independientes con estruc- tura de lámina de acero rolada en frío unidas entre sí, enchufables compuestas de arrancador Magnético e interruptor- termomagnético. El acabado será esmal- te gris secado al horno, previo trata- miento de desengrasado y fosfatizado-- por inmersión en caliente. Las unidades se proveerán con puertas embisagradas-- al frente con bloqueo que solo les per- mita abrir cuando el interruptor corres- pondiente está en posición de abierto.-- Las barras principales irán colocadas-- en posición horizontal en la parte supe- rior de los gabinetes y estarán reforza- das para soportar los esfuerzos de corto circuito de 25.000 Amps. valor simétrico La construcción de este Centro de Control	

de Motores está de acuerdo con las normas más recientes ANSI.NEMA.-- CSA. UL. Operará en sistema de 220-Volts. 3 fases, 3 Hilos. Constará de 5 secciones que contendrán lo siguiente:

13 Combinaciones de interruptores - termomagnéticos y arrancadores magnéticos a tensión plena, no reversibles, tamaño NEMA 0.

5 Combinaciones de interruptores -- termomagnéticos y arrancadores magnéticos a tensión plena no reversibles, tamaño NEMA 1.

4 Combinaciones iguales a las anteriores pero tamaño NEMA 2.

3 Combinaciones iguales a las anteriores, pero tamaño NEMA 3.

4 Combinaciones iguales a las anteriores, pero tamaño NEMA 4.

5 Combinaciones iguales a las anteriores, pero tamaño NEMA 5.

El precio de este CCM.

§ 859,600.-

30 1 unidad Centro de control de motores con las --- mismas características constructivas que el anterior, pero que consta de 7 secciones con las siguientes características:

3 Combinaciones de interruptores termomagnéticos, arrancadores termomagnéticos a tensión plena no reversibles tamaño NEMA 4.

5 Combinaciones iguales a la anterior, -- pero tamaño NEMA 5.

El precio de este C.C.M. es de: \$ 585,400.00

- 31 1 unidad Centro de control de motores -- de construcción similar a la -- anterior, compuesto de 5 secciones que contendrán los siguientes elementos:
 5 Combinaciones de interruptores termomagnéticos, a tensión plena no reversible tamaño NEMA 0.
 6 Combinaciones iguales a la anterior, pero tamaño NEMA 4.
 El precio de este C.C.M. es de: \$ 432,300.00
- 32 1 unidad Tablero de distribución, con las mismas características constructivas que el C.C.M. inicial, pero que contendrá únicamente, 7 interruptores derivados de 15 amp. c/u. y un interruptor general de 100 amp.
 El precio de este tablero es de: \$ 165,000.00
- 33 1 unidad Transformador de potencia Mca. --- Westinghouse trifásico 60 Hz. conexión delta-estrella aterrizada, 23 KV en el primario, 220 V. con 3 taps de derivación a 5% cada uno y de 700 KVA de capacidad. Enfriado por aceite tipo NR, con 4.5% - de impedancia. Costo. \$ 988452.00
- 34 1 unidad Transformador de potencia de las mismas características que el anterior, pero - con 23 KVA en el primario y 440 V. en el secundario con 5 taps de derivación a - 5% c/u., impedancia igual a 4.5%, y de

189.

1000 KVA de capacidad.

Costo. \$1'235,400.00

- 35 2 unidades Interruptor electromagnético de operación en grupo, con carga, extinción del arco - eléctrico por medio de aire, tipo DHEP, - Mca. Westinghouse, con mecanismo de --- disparo a base de energía almacenada -- tipo solenoide, de 2000 Amp. de capacidad 600 V, 3 fases, 60 Hs,
Costo por cada unidad. \$315,720.00
- 36 2 unidades Relevador Unidireccional de sobrecorriente Mca. Westinghouse tipo CO-8, tiempo inverso con taps de operación a 2, 3, 4, 5, 6, 7 amp., con elemento de disparo instantáneo .
Costo por cada uno. \$35,725.00
- 37 2 unidades Transformador de corriente Mca. Balteau, relación 1500/5 con precisión para medición B0.1.
El costo por cada uno es de: \$1575.00
- 38 2 unidades Tablero de distribución blindado "METAL CLAD" Mca. Westinghouse tipo HDMC. tipo "DRAW OUT" con 3 secciones para alojar interruptores electromagnéticos -- tipos DHEP, para 600 V, 3 fases 60 Hs. -- servicio interior.
Costo por unidad es de: \$794,300.00
- 39 1 unidad Subestación compacta para servicio interior Mca. Accesorios Eléctricos S.A. para 3 fases, 60 Hs, 23 KV con gabinetes fabricados en - lámina Gal. 10 rolada en frío con puertas- embisagradas, manija con porta candado

190.

mirilla de cristal inastillable, con barras principales con capacidad de 600 amp. simétricos, que contiene las siguientes secciones:

Sección de Medición

Sección de Cuchillas de prueba.

Cortacircuitos principal de 100 amp.

Sección de acoplamiento.

Cortacircuitos derivado de 40 amp.

Cortacircuitos derivado de 63 amp.

Los cortacircuitos contendrán seccionadores de operación en grupo, con carga, con mecanismos de operación de tipo energía almacenada Mca.- Driescher and Wittjhoann y fusibles de alta - capacidad interruptiva.

Costo de este conjunto \$ 1'354,570.-

- 40 6jgs. Estuche de Terminales servicio interior premoldeada para 23,000 V Mca. Indael S.A. para cable de energía Vulcanel XLP Cal. -- 1AWG.
Precio por juego \$ 1500.00 c/u.
- 41 6 pzas. Zapata mecánica Mca. Burndy Cat. QA-31B para cable Cal. 1AWG.
Costo por pieza \$ 150.00
- 42 12 pzas. Idem al anterior pero para cable Cal.- 750 MCM. \$ 225.00 pza.
- 43 12 pzas. Idem al anterior pero para cable Cal. 1000 MCM. \$ 290.00 pza.
- 44 3 pzas. Idem al anterior pero para cable Cal. 3000MCM. \$160 pza.

191.

45	6 psas.	Idem al anterior pero para cable Cal. 500 MCM.	\$ 195.00 pza.
46	3 psas.	Idem al anterior pero para cable Cal. 4 AWG.	\$ 150.00 pza.
47	50psas.	Chalupas de Lámina	\$ 9.00pza.
48	75psas.	Cajas de Registro Chicas	\$ 9.00 psas.
49	75psas.	Juegos de tapas de Baquelita de dos- unidades Mca. ROYER.	\$ 25.00 pza.
50	4psas.	Apagadores de 3 vias (P/escalera)- Mca. ROYER.	\$ 75.00 pza.
51	130 jgos.	Contra y monitor galvanizado P/tubo de 1/2" diám.	\$ 7.50 jgo.
52	235jgos.	Idem al anterior , pero P/tubo de - 3/4" diám.	\$ 8.00 jgo.
53	150jgos.	Idem anterior pero P/tubo de 1" diám.	\$ 10.00 jgo.
54	75jgos.	Idem anterior pero P/tubo de 1 1/4" diám.	\$ 22.50 jgo.
55	100jgos.	Idem anterior pero P/tubo de 2" diám.	\$ 45.00 jgo.
56	125jgos.	Idem anterior pero P/tubo de 2 1/2" diám.	\$ 47.50 jgo.
57	86jgos.	Idem anterior pero P/tubo de 4" diám.	\$ 85.00 jgo.
58	95psas.	ConduletLB de 1/2" de diám. C/tapa y - empaque C.H.D.	\$ 32.00pza.
59	250 psas.	ConduletLB de 3/4" diám. c/tapa y empa- que C.H.D.	\$ 46.00 pza.
60	75 psas.	Idem anterior de 1" de diám.	\$ 67.00 pza.
61	210 psas.	Idem anterior de 1 1/4" de diám.	\$ 129.00 pza.

192.

62	115 pzas.	Idem anterior de 2" de diám.	\$ 185.00 pza.
	125 pzas.	Idem anterior de 2 1/2" de diám.	\$ 205.00 Pza.
64	15 pzas.	Idem anterior de 4" de diám.	\$ 1050.00 pza.
65	60 pzas.	Curva Conduit p.g.c. 90° de 1" diám.	\$ 150.00 pza.
66	75 pzas.	Idem anterior de 1 1/4" de diám.	\$ 169.00 pza.
67	40 pzas.	Idem anterior de 2" de diám.	\$ 215.00 pza.
68	45 pzas.	Idem anterior de 2 1/2" de diám.	\$ 265.00 pza.
69	18 pzas.	Idem anterior de 4" de diám.	\$ 635.00 pza.
70	14 pzas.	Caja de conexiones Mca. AESA de - 50 x 50 x 15 cms. c/tapa desmontable.	\$1700.00 pza.
71	4 pzas.	Idem anterior de 80x 80x40 cms.	\$3295.00 pza.
	55 pzas.	Idem anterior de 15x15x10 cms.	\$ 205.00 pza.

El costo total de materiales de este proyecto es

	\$ 2'954,208.90
Más 10% IVA	<u>295,420.90</u>
	<u>\$ 3'249,629.80</u>

NOTA:

Estos costos han sido obtenidos al 20 de Febrero de 1981.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Electrical Principles and Practices por James E. Adams. - Segunda edición. Editorial McGraw-Hill Book Company.
- 2.- Manual del Electricista editado por Conductores Monterrey, S.A.
- 3.- Máquinas Eléctricas por George J. Thaler y Milton L. ---- Wilcox, Editorial Limusa.
- 4.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia por William D. Stevenson McGraw-Hill, Book,Co.
- 5.- IEEE Recommended Praticce for Protection and Coordination-of Industrial and Commercial Power Systems, std. 242-1975.
- 6.- Catálogo Condensado Federal Pacific.
- 7.- Catálogo Industrial 1977-1978, Cutler-Hammer.
- 8.- Catálogo Compendiado NO. 17 Square D de México, S.A.
- 9.- Catálogo General de Alta Tensión, de la Compañía Accesorios Eléctricos,S.A.
- 10.- Selection and Application of Power Fuse, General Electric.
- 11.- Fusibles de Alta Tensión, Driescher y Wittjohann,S.A.
- 12.- Alambres y Cables Vinanel 900 por Condumex, S.A.
- 13.- Centros de Control para Motores, Construcciones Eléctricas, S.A.
- 14.- Centros de Control de Motores, Square D de México, S.A.
- 15.- Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, edición-para la Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.

194.

16.- IEEE Recommended Practice for Electric Power distribution for Industrial Plants. STD. 141-1976.

17.- Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de mediana y alta tensión Ed. Limusa por. Gilberto Enriquez Harper.

C O N C L U S I O N E S .

A lo largo del presente trabajo he podido reafirmar y delinear los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera, más aún dentro de los aspectos de investigación pude conocer los diferentes métodos de realizar la proyección que a nivel industrial se le debe de dar a un proyecto .

De esta forma pude conocer los factores que intervienen en el proceso constructivo de un proyecto y observar la importancia que cada uno de ellos tiene.

Por otro lado en este trabajo conocí la forma de conseguir las relaciones necesarias con varias empresas de diferentes ramos para hacer factible la recopilación de la información que se requiere de fabricantes de equipo, firmas constructoras , Bufetes de ingenieros Consultores, con los cuales estuve -- trabajando estrechamente para lograr la realización de esta tesis.

Ha sido una experiencia importante para mí el desarrollo de este estudio, ya que me he podido percatar de ciertos aspectos que van desde la rama técnica, la rama administrativa y la rama económica que entran en juego en la realización de un proyecto.

Asimismo me he podido enterar de aspectos como son costos de materiales, tiempos de fabricación de equipo reglamentaciones y Normas eléctricas.

Todos los factores mencionados anteriormente se han tratado de plantear de una manera sistemática en el presente trabajo, esperando que sean de utilidad para aquellos que se inician en el estudio de la Ingeniería Eléctrica, o bien para que sirvan de guía aquellos ingenieros que trabajan constantemente en el desarrollo de nuevos proyectos.