

66
2ej



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

Facultad de Ingeniería

**PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA
DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
EN MANZANILLO, COL.**

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

MIGUEL ANGEL HERNANDEZ LOPEZ

Director: Ing. Francisco López Rivas

México, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
REQUERIMIENTOS	2
CAPITULO I.	
ASPECTOS GENERALES.	
1.1 Generalidades	6
1.2 Descripción del Proceso	10
CAPITULO II.	
PUNTOS BASICOS A CONSIDERAR.	
2.1 Bases para el diseño eléctrico	12
2.2 Clasificación de Areas peligrosas	17
CAPITULO III.	
SISTEMAS DE FUERZA.	
3.1 Sistemas de Ductos	28
3.2 Tipo de Subestaciones	32
3.3 Sistemas de Distribución	32
3.4 Niveles de Tensión	33
3.5 Localización de Subestaciones y Centros de Control y Distribución	49
3.6 Capacidad de Subestaciones y Centros de Con- trol y Distribución	50
3.7 Selección y Capacidad de Cables Alimentado- res	53
3.8 Selección de Interruptores	73
3.9 Cálculo de las Corrientes de Corto Circuito.	81
CAPITULO IV.	
SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS.	
4.1 Sistema de Tierras	98

4.2 Efectos de la Corriente en el Hombre 99

4.3 Tensiones Tolerables en el Cuerpo Humano 100

4.4 Partes de una Red de Tierras 104

4.5 Puesta a Tierra 106

4.6 Métodos de Medición de la Resistividad en el -
Terreno 108

4.7 Mejoramiento de la Resistencia de Tierra 113

4.8 Diseño del Sistema de Tierras 118

4.9 Cálculo del Sistema de Tierras de la Subesta-
ción 119

4.10 Sistema de Pararraycs 128

4.11 Descargas Atmosféricas 128

4.12 Partes de un Sistema de Pararraycs 129

4.13 Recomendaciones Básicas 130

CAPITULO V

SISTEMA DE ALUMBRADO.

5.1 Introducción 132

5.2 Sistemas de Iluminación 134

5.3 Métodos de Alumbrado 136

5.4 Curvas de Distribución 139

5.5 Iluminación Interior 145

5.6 Método de los Lúmenes 145

5.7 Método de Cavidad Zonal 154

5.8 Método de Punto por Punto 157

5.9 Alumbrado Exterior 160

CONCLUSIONES 163

BIBLIOGRAFIA 164

INTRODUCCION

Como consecuencia de la fuerte expansión urbana que se está desarrollando en el Puerto de Manzanillo, Colima, PETROLEOS MEXICANOS proyecta construir una Planta de Almacenamiento y Distribución de GAS L.P.G. (Propano) y con ello satisfacer en parte las necesidades de gas en esa región del país. Aunque las plantas de almacenamiento y distribución no son unidades productivas, si son unidades importantes en el desarrollo industrial de un país. Ya que estas se localizan en lugares estratégicos donde no es posible hacer la entrega directa de los productos, por estar bastante alejados de los centros de producción.

En la medida que el consumo de los productos de la industria del Petróleo se ha incrementado en las distintas regiones del país, los sistemas de almacenamiento y distribución se han ampliado y de su flexibilidad de operación depende movilizar con eficiencia dichos productos.

El abastecimiento de productos petroleros a los centros de almacenamiento, distribución y consumo, se efectúan combinando los distintos medios de transporte como son: gasoductos, poliductos, buques-tanque, barcazas, chalanes, autos-tanque, carros-tanque y autocamiones de distintos tipos.

La planta será abastecida a través de buques-tanque que transportarán el Propano líquido desde la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca y será distribuido a través de autos-tanque y carros-tanque con posibilidades de ampliación para distribuirse por poliducto.

ANTECEDENTES.

Dentro de las obras solicitadas por la Gerencia de Ventas de Petroleos Mexicanos para el abastecimiento eficiente de gas licuado en el País, se encuentra la instalación de una Planta de Almacenamiento refrigerado en el Pacífico, adicional a las Plantas de Rosarito y Topolobampo; actualmente, la primera en proceso de cambio de servicio y la segunda en construcción.

Inicialmente se propuso su instalación en Lázaro Cárdenas, Mich., aunque al efectuar una revisión profunda de los consumos de combustibles mencionado, se determinó llevar a efecto la construcción de la Planta en la nueva Agencia de Ventas de Manzanillo, Col. Actualmente en construcción y de la cual partirá un poliducto a la Terminal Satélite de Guadalajara, Jal.

Con las obras mencionadas, el abastecimiento a la parte occidental del País y al Bajío será posible por dos sistemas alternos confiables, como son la Refinería de Salina Cruz vía Manzanillo por buques-tanque y por poliducto de la Refinería de Salamanca hacia Guadalajara, cerrándose el circuito con el nuevo poliducto Manzanillo-Guadalajara en proyecto. En esta forma la distribución de productos destilados y gas licuado tendrá una gran flexibilidad acorde a las demandas de la zona.

Consumos estimados de Gas Licuado (L.P.G. Propano).

<u>Año</u>	<u>Consumos Estimados (B/D.C.)</u>
1980	4,400
1985	10,000
1990	13,000

Para abastecer Edo. Colima, Edo. Nayarit, parte Edos. Jalisco y Michoacán.

REQUERIMIENTOS.

Traslado a la nueva Planta de Manzanillo, Col. (Ej. Tapeizales), ver localización en la fig. 1, correspondiente a la Planta

de Almacenamiento y Distribución de Gas (L.P.G. Propano) en las Truchas, Mich., con las modificaciones que se requieran.

El proyecto deberá contemplar lo siguiente:

- Muelle para descarga de Productos Destilados y Gas (L.P.G.) en la Laguna de San Pedrito en Manzanillo, Col., en la posición que indique la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El muelle deberá ser adecuado para que puedan operar B/T hasta de 60,000 TPM.

- Construcción de tres líneas del muelle a la Planta:

Una línea para Gasolinas.

Una línea para Diesel-Diáfono.

Una línea criogénica para Propano Refrigerado (Gas L.P.G.) con sistema de Pre-enfriamiento.

INSTALACION EN LA PLANTA.

- Tanque de propano refrigerado (Gas L.P.G.) TC-1001 de 20,000 Ton. con sistemas de llenado adecuados para recibir a 550-Ton/hr. y conservar el Gas L.P.G. a sus condiciones de almacenamiento.

- Para mayor seguridad en el llenado se deberá instalar una esfera de 10,000 Bis. (TE-612) de capacidad donde se recibirá el Gas L.P.G. calentado, y de esta esfera se bombeará a llenaderas de autos-tanque y carros-tanque; así como succionarían las bombas booster para alimentar las bombas principales del poliducto Manzanillo-Guadalajara.

La capacidad de calentamiento deberá ser de 1,200 gpm.; la cual se recibirá en la esfera mencionada. Se deberán dejar facilidades para que en una determinada situación se pueda enviar del calentador a llenaderas de autos-tanque y carros-tanque bypaseando la esfera.

- Casa de Bombas.- Es un cobertizo para alojar el equipo de bombeo, tal como bombas rompedoras de vacío, bombas de carga a TE-612 ó llenaderas, bombas horizontales de recirculación de turbasina, bombas de carga a llenaderas desde TE-612, accionadas por

4

motores eléctricos cuyas potencias se especificarán posteriormente.

- Casa de Compresores.- Es un cobertizo para alojar el equipo de compresión, uno para recibo de carga ó llenado (compresor reciprocante "filling"), uno para el sistema de mantenimiento (compresores reciprocantes "holding"), y compresores para aire de instrumentos y planta.

- Llenaderas de Autos-Tanque.- Está formado por una estructura metálica dentro de la cual se encuentran las "Islas", de llenado de Autos-Tanque. Este cobertizo está dividido en secciones por medio de "Islas", en las que se localizan las "Garzas" de llenado, está descubierto en sus cuatro costados, lo que permite la libre circulación de los Autos-Tanque. Las "Islas" son de cuatro posiciones, es decir, que simultáneamente se pueden llenar cuatro Autos-Tanque por "Isla".

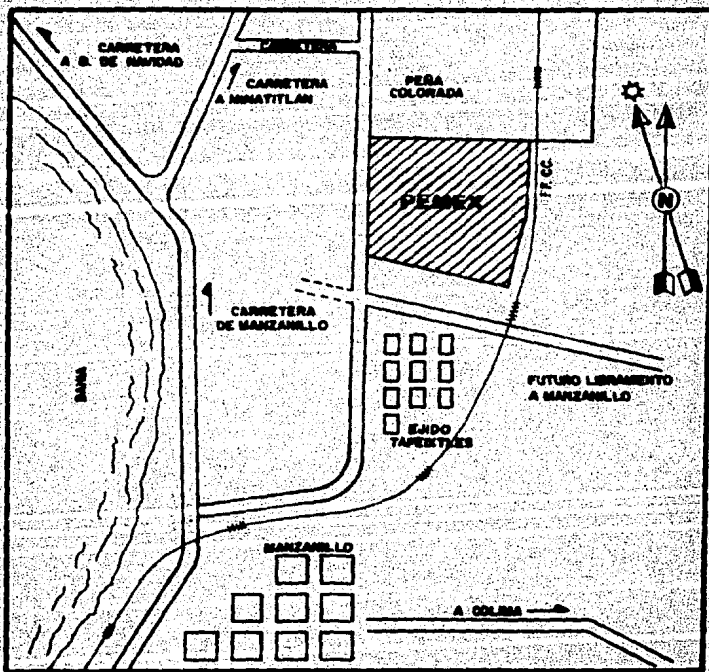
- Llenaderas de Carros-Tanque.- Está formado por una estructura metálica que estará entre dos vías. Este cobertizo estará descubierto en sus costados y en él se localizan las "Garzas" de llenado.

- Area de Control.- En ésta área se localizará el cuarto de control que alojará los centros de control de motores y tableros de distribución de alumbrado, también se localizará el patio de transformadores, baños y oficinas.

- Sistema de Protección Contra Incendio.- Contará con una red de hidrantes, que cubren todas las áreas de peligro. En las zonas de llenaderas, casa de bombas, casa de compresores, se proyectarán torrecillas con monitores, una en cada zona. El sistema de protección a tanques de almacenamiento es a base de espuma mecánica por medio de cámaras instaladas en los tanques. La tubería para el líquido formador de espuma va de la cámara hasta fuera del dique, donde se proporciona el líquido formador de espuma desde una unidad móvil.

Los hidrantes cuentan con salida para manguera, los cuales sirven para formar cortinas de agua en la zona de tanques de almacena-

miento. Además dentro de los edificios se localizarán extinguidores manuales de polvo químico seco. También se cuenta con las bombas contra incendio y con un tanque elevado para almacenamiento de agua.



UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
UNIV. B.A.S.L.	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
UNIV. U.L.L.	Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
UNIV. U.L.S.Z.	(PROGRAMA I)
NO.:	LOC. DE LA PLANTA DE GAS L.P.G. EN
EST.:	TERRENO DE PEBE-COLORADA.
	MANZANILLO, COL. PÁGINA: DE 1

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 GENERALIDADES.

Un proyecto para una planta de proceso, es una serie de actividades encaminadas a construir una Planta de Proceso para obtener un producto de determinadas características.

La Ingeniería de Proyectos la componen principalmente la Ingeniería Básica y de Detalle.

Algunos de los documentos básicos que forman el paquete de Ingeniería básica son:

- a). Descripción detallada del Proceso.
- b). Diagrama de Proceso donde se incluyen balances de materia y energía, condiciones de operación: presión, temperatura, flujo.
- c). Plano de localización general de equipo (sugerido).
- d). Lista de equipo básico.
- e). Hojas de datos de los equipos básicos, y en casos de equipos críticos para la operación de la planta, proporcionar especificaciones detalladas y dibujos si se requieren para su fabricación.
- f). Consumo aproximado de los servicios auxiliares.
- g). Consumo y especificaciones de reactivos químicos y catalizadores.
- h). Secuencia de operación de la planta definición de sistemas básicos de control y seguridad.

La Ingeniería de Detalle se puede definir como la parte de la Ingeniería de Proyecto en la cual se desarrollan las especificaciones de los equipos y se elaboran los planos y demás documentos de ingeniería con los cuales es posible la adquisición de equipos, materiales y accesorios para la construcción y puesta en marcha de la planta y las instalaciones auxiliares requeridas para su operación.

El desarrollo de la Ingeniería de Detalle está fundamenta

de principalmente en:

- a). La Ingeniería Básica.
- b). Bases de Diseño y Especificaciones Generales.
- c). Diagramas Mecánicos de flujo o de Tubería e Instrumentación.
- d). Diagrama de Servicios Auxiliares.
- e). Especificaciones de equipo y materiales de construcción.
- f). Información de fabricantes.
- g). Normas y Códigos.
- h). Adquisición de Equipos y Materiales.

De lo anterior podemos decir en una forma muy general que la Ingeniería de Proyecto cubre los siguientes aspectos: Interpretación y Proyección de Información y Resultados provenientes de plantas piloto, evaluación técnica y económica de tecnologías, elaboración de secuencias de operación del proceso, balances de materia y energía, elaboración de diagramas de proceso, equipo, planos de cimentación, diagramas unifilares, especificación y procurement de los equipos, construcción y arranque de la planta.

El diseño y la construcción de una planta de proceso no podrán ser llevados a cabo por profesionales de una rama de la ingeniería. Si no que requiere de la participación de Ingenieros Químicos, Mecánicos, Civiles, Electricistas, así como especialistas en muchas otras disciplinas tanto técnicas como administrativas. Este esfuerzo combinado es dirigido por una persona llamado Ingeniero de Proyecto.

Un diseño eléctrico consiste principalmente de:

- 1) Dibujos eléctricos (Diagramas Eléctricos)
- 2) Especificaciones.
- 3) Listas de materiales.

Partidas adicionales son: manuales de operación, procedimientos de arranque, ingeniería de campo, supervisión de construcción, etc., las cuales son un complemento de las tres partidas básicas.

Un juego completo de dibujos eléctricos para usarse en construcción, debe contener toda la información necesaria para el

ensamble completo de las componentes del complejo eléctrico, para lograr un servicio funcional y de operación segura.

El tipo de dibujos necesarios pueden ser: diagramas unifilares, diagramas trifilares, diagramas lógicos, diagramas elementales, diagramas de conexión e interconexión, diagramas de alambrado, diagramas de bloques, cédulas de tubo conduit y cable y charolas, arreglos de planta, elevaciones, cortes y detalles.

El diseño eléctrico se debe iniciar elaborando los diagramas unifilares, para elaborar estos diagramas primeramente se debe obtener información de los diagramas mecánicos de flujo del grupo mecánico para ver las necesidades de los motores eléctricos requeridos como accionadores de compresores, sopladores, ventiladores, bombas y agitadores fundamentalmente, después se deberá revisar otras cargas tales como resistencias calefactoras, se debe solicitar del grupo de instrumentos la carga para estos y calcular la carga para el sistema de alumbrado.

Con la información de las cargas, se desarrolla el diagrama unifilar eléctrico, el cual es la representación diagramática de todo el sistema eléctrico.

La parte más crítica en cuanto a alimentación eléctrica se refiere, es sin duda la de instrumentos y dispositivos de seguridad de la planta, ya que en pequeñas variaciones en el voltaje pueden ocasionar paros de la planta que representan un alto costo y daños al equipo, principalmente tratándose de calentadores de fuego directo y calderas debido a enfriadas súbitas de éstas, por lo que éste sistema se ha protegido con una fuente de corriente directa, generalmente baterías alcalinas con cargador y un inversor estático que transforma la corriente directa en alterna, con switch de transferencia automática de una a otra de las fuentes.

Una vez establecido el diagrama unifilar eléctrico se desarrolla la cédula de cable y tubo conduit de la planta perfectamente identificados. Después sobre el plano general de equipo a escala apropiada, o en el que será el dibujo de instalaciones subterráneas se dibujan las rutas de los ductos eléctricos, para poder construir los ductos se desarrollan cortes de estos en va-

rios puntos donde se muestra el número de tubos conduit y arreglo de estos.

En Petróleos Mexicanos la alimentación eléctrica dentro de plantas es normalmente subterránea, pero en algunos casos excepcionales es aérea; estos casos son cuando en la planta se manejan productos químicos corrosivos que pueden en un momento dado fugarse y llegar hasta los ductos y destruirlos. Generalmente la subestación eléctrica se localiza lo más lejano posible del área de tanques de almacenamiento y en el punto de acometida a la planta de la energía eléctrica.

1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO.

Las operaciones que se llevan a cabo en la unidad criogénica, pueden resumirse en cuatro.

- 1.2.1 Recibo de carga.
- 1.2.2 Mantenimiento de carga.
- 1.2.3 Carga a carros-tanque y autos-tanque.
- 1.2.4 Sistema rompedor de vacío.

Cabe señalar que es posible tener una combinación de las operaciones antes mencionadas a un tiempo, para cada una de ellas se tiene el equipo adecuado, siendo el mismo para las dos primeras, solo que de mayor capacidad para el primero. A continuación se hará una descripción por separado de cada una de ellas.

RECIBO DE CARGA.

Esta operación también es llamada de llenado (sistema - filling): consiste en licuar los vapores que llegan acompañando al propano líquido procedente de buques-tanque, los cuales transportan el propano líquido desde Salina Cruz, Oaxaca. El propano líquido es bombeado desde el barco hasta el tanque de almacenamiento. Para esta operación de recibo se tiene el equipo adecuado, - para mayor claridad ver dibujo PR-300.P.

SISTEMA HOLDING O DE MANTENIMIENTO.

El propano líquido se encuentra almacenado en el TC-1001 a presión atmosférica y temperatura de -51.86° F. El propano que se vaporiza dentro del tanque debido a la absorción de calor o el descenso de la presión atmosférica, tiene como consecuencia inmediata, un aumento de presión en el tanque. El exceso de vapores producidos por estos casos, es manejado normalmente por el sistema holding.

En el caso de un incremento súbito en la presión atmosférica, la presión dentro del tanque descenderá, lo cual dará lugar al funcionamiento del sistema rompedor de vacío, mismo que se describirá - posteriormente.

SISTEMA DE CARGA A CARROS TANQUE Y AUTOS TANQUE.

La operación de carga a llenadoras de carros tanque y autos tanque, se lleva a cabo mediante 2 bombas centrífugas verticales (BV-601 A y B), una normal y la otra relevo, cada bomba puede manejar 1200 G.P.M.

SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO.

Para prevenir la estratificación de temperaturas en el TC-1001, lo que ocasionaría un vacío en el tanque, se recircula continuamente su contenido, mediante dos bombas centrífugas verticales (BV-600 A y B), una normal y otra relevo con una capacidad de 50 G.P.M.

El sistema rompedor de vacío puede utilizarse, así mismo para mandar propano líquido a los acumuladores interpasos (TV-602 y TV-603), para enfriarlos o purgarlos después de operaciones de mantenimiento.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

En los apartados anteriores se ha referido a este tanque de una forma u otra, más no se ha hecho mención a la gran diversidad de los efectos que se tienen en el interior y los efectos y consecuencias de éstos, así como su control mediante una adecuada red de instrumentos que son de gran importancia y es por esto que se ha considerado dejar hasta ahora la explicación a ello.

En la parte superior y en la parte baja del tanque se encuentran montados unos termopares, los cuales nos indican la temperatura existente en el interior del tanque, mediante los indicadores de temperatura (IT-105 e IT-106) que se encuentran en el tablero principal en el cuarto de control.

El tanque se encuentra soportado por una base de concreto tratado especialmente para soportar las tensiones producidas por las bajas temperaturas a que se encuentra, éste se encuentra forrado por una doble pared cuyo anillo se ha empacado con un aislante sintético llamado "carlita", el cual es removido periódicamente con aire de instrumentos para evitar que algunas partes del tanque queden descubiertas.

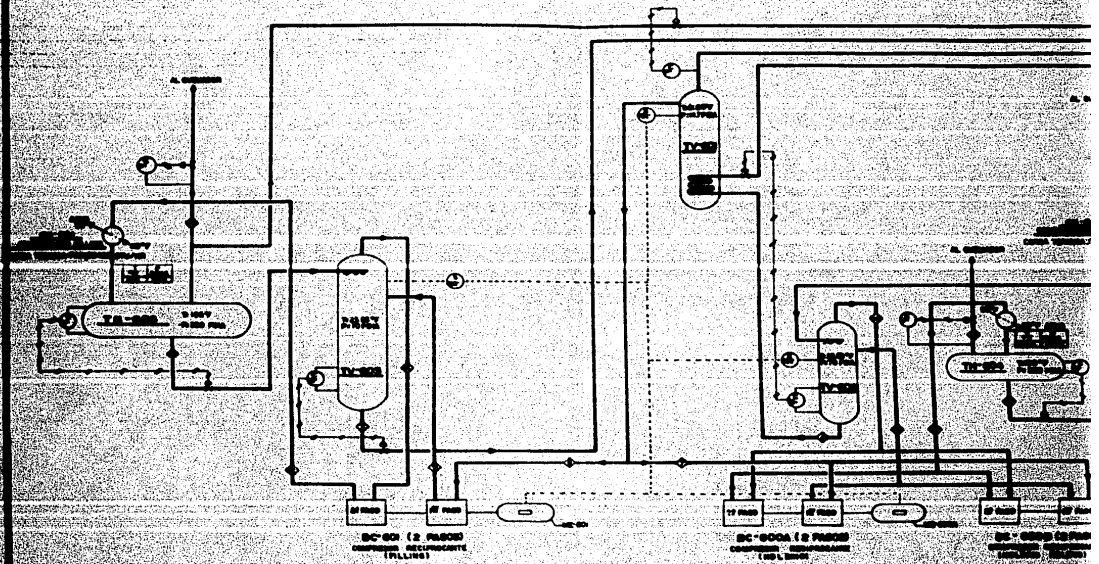
TV-805
VALVEUSE DIFFERENTIELLE
 (PILLAGE)
 1/2" dia 9 x 4, 1/2" dia LONG. T.T.

TV-803
VALVEUSE DIFFERENTIELLE
 (PILLAGE)
 1/2" dia 9 x 4, 1/2" dia LONG. T.T.

TV-801
TANGUE DE BUCON
 (PILLAGE)
 1/2" dia 9 x 4, 1/2" dia LONG. T.T.

TV-802
VALVEUSE DIFFERENTIELLE
 (PILLAGE)
 1/2" dia 9 x 4, 1/2" dia LONG. T.T.

TV-804
VALVEUSE DIFFERENTIELLE
 (PILLAGE)
 1/2" dia 9 x 4, 1/2" dia LONG. T.T.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A. voir page 1
 B. voir page 2

NOTES:
 1. Vérifier les limites de pression et les débits de chaque valve.
 2. Vérifier les réglages des accumulators.
 3. Vérifier les réglages des valves de sécurité.
 4. Vérifier les réglages des valves de commande.
 5. Vérifier les réglages des valves de régulation.
 6. Vérifier les réglages des valves de distribution.
 7. Vérifier les réglages des valves de retour.

DATE	REVISION
DESIGNER	CHECKED
DRAWN	APPROVED
BY	FOR
PROJECT	NO.
SCALE	
BY	FOR
DATE	

TV-901

VALVULA DE CONTROL DE VAPOR DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)

TV-902

VALVULA DE CONTROL DE VAPOR DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)

TH-904

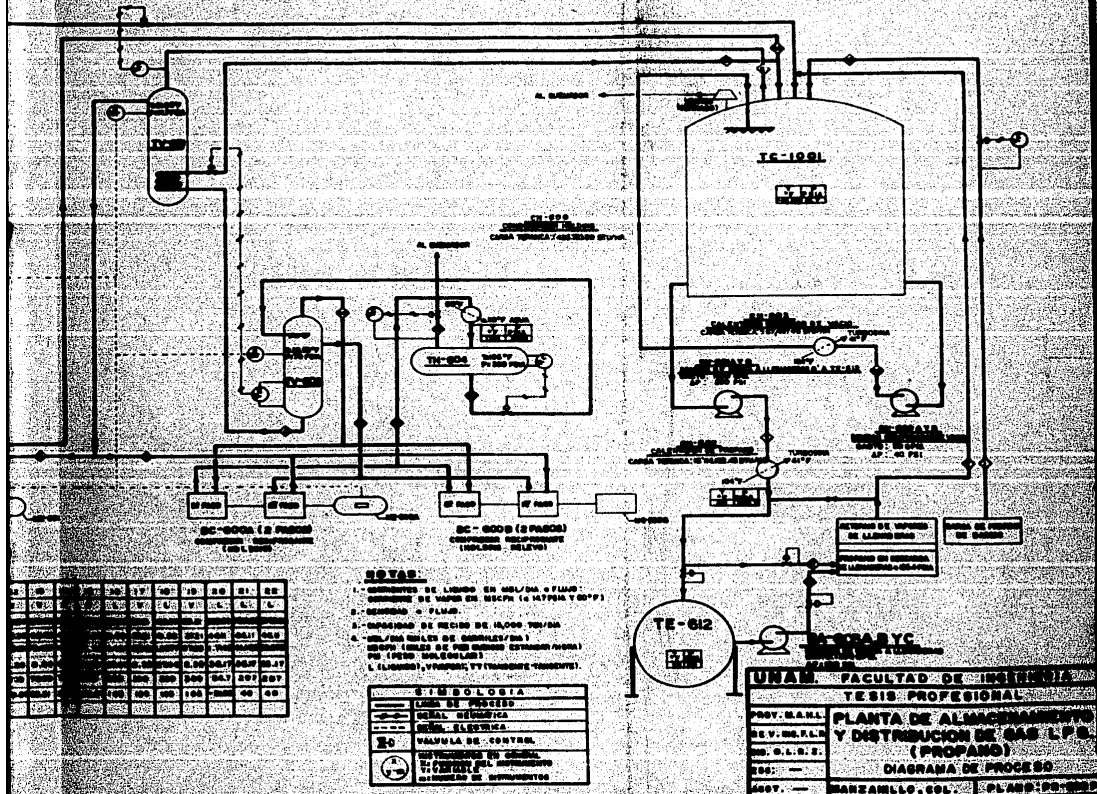
TERMINAL DE TEMPERATURA DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)

TE-602

TERMINAL DE TEMPERATURA DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)

TC-1001

TERMINAL DE TEMPERATURA DE PROPANO REFRIGERANTE (A 100PSIA Y 50°F)

**NOTAS:**

- 1.- CONTROL DE LÍMITE EN NIVEL O FLUJO DE VAPOR DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)
- 2.- CONTROL DE FLUJO
- 3.- CONTROL DE NIVEL DE AGUA POR SOBRECARGA DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)
- 4.- CONTROL DE TEMPERATURA DE BSCPH (A 147PSIA Y 50°F)
- 5.- CONTROL DE TEMPERATURA DE PROPANO REFRIGERANTE (A 100PSIA Y 50°F)

SIMBOLOGIA	
	LINEA DE VAPOR
	LÍNEA DE LÍQUIDO
	LÍNEA DE GAS
	LÍNEA DE AGUA
	LÍNEA DE CONTROL
	VALVULA DE CONTROL
	TERMINAL DE TEMPERATURA
	TERMINAL DE NIVEL
	TERMINAL DE FLUJO

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.S. (PROPANO)
DIAGRAMA DE PROCESO

PROF. M.A.M.A.
 REV. DR. R.L.M.
 DR. G.L.S.R.
 DISEÑADO POR:
 MARZANILLO, COL. PLANO: PG. 002

CAPITULO I I

PUNTOS BASICOS A CONSIDERAR

2.1 BASES PARA EL DISEÑO ELECTRICO.

Este trabajo comprenderá el diseño completo del sistema eléctrico consistiendo en todas las instalaciones de fuerzas con sus correspondientes controles, así como las instalaciones de alumbrado exterior e interior y sistemas de tierras.

En el proyecto de las instalaciones se observarán las normas estandarizadas internacionalmente, así como los reglamentos locales y el Código Nacional Eléctrico.

En el caso de la Industria Petrolera debido a la concentración de productos inflamables en determinadas áreas; el sistema eléctrico representa un factor muy importante desde el punto de vista de seguridad y esto a su vez repercute en el aspecto económico, por lo que es necesario hacer consideraciones particulares en ciertas instalaciones de fuerza y alumbrado, de acuerdo con su ubicación.

ASPECTOS GENERALES.- En términos generales una instalación eléctrica es el conjunto de conductores eléctricos, canalizaciones y accesorios de control y protección necesarios para interconectar la fuente de energía eléctrica con los aparatos eléctricos receptores y dispositivos de conexión previamente seleccionados para determinada función.

Al proyectar y ejecutar una instalación eléctrica, ya sea para alumbrado, calefacción, fuerza o control, se deben considerar los tres objetivos siguientes:

- 1.- Seguridad contra accidentes e incendios, para evitar pérdidas materiales y humanas.
- 2.- Eficiencia de la instalación a fin de garantizar la operación de los aparatos eléctricos conectados, con rendimiento máximo de acuerdo con sus características.
- 3.- Economía considerando la inversión inicial, el consumo de

energía eléctrica por pérdidas y los gastos de conservación del equipo.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION. Hablando en términos físicos, el sistema de distribución de energía eléctrica consistirá en Subestaciones Eléctricas, tableros de maniobras eléctricas, tableros de control y de distribución o de alumbrado, dispositivos individuales de protección de circuitos, incluyendo además, cable y tubo conduit, así como transformadores, etc. El sistema de distribución de energía deberá proporcionar lo siguiente:

I.- ENERGIA ELECTRICA APROVECHABLE. Considerando que los equipos eléctricos pueden tener características variadas, que requieran condiciones de suministro definidas tales como tensión, frecuencia, número de fases, corriente alterna o directa. La Compañía suministradora de energía eléctrica, entrega la energía en forma que ésta es más económica para transmitirse, para cargas grandes la tensión es superior a la aprovechable. La ventaja de alta tensión de transmisión es que las pérdidas de transmisión son mínimas así como también la caída de tensión en el punto de utilización o regulación es mínima. Cuando se conectan las cargas del sistema la tensión del mismo disminuye, lo cual ocasiona que los motores y equipo eléctrico se sobre calienten y puedan fallar prematuramente, ocasionando además, la baja del alumbrado y el mal funcionamiento de equipo electrónico. En cambio cuando la carga disminuye, se puede producir una sobretensión, la cual causa mayores exigencias en el mantenimiento de equipo y se reduce la vida útil de las lámparas. Por lo tanto una de las características principales para que la energía eléctrica sea aprovechable, es que se suministre con estabilidad adecuada a su tensión.

Para contribuir a reducir las pérdidas y la variación de tensión, la energía eléctrica se puede distribuir en alta tensión entre el punto en que la Compañía Eléctrica la entrega y las cargas del sistema. Sin embargo, en general no es económico proveer transformadores individuales para alimentar cada una de las cargas eléctricas, excepto cuando sean grandes. La solución más eco

nómica la proporciona el uso de transformadores en "Centros de Carga" ó "Centros de Distribución"; en los que además generalmente se encuentra un interruptor para la línea de llegada, así como el equipo necesario para protección de circuitos de baja tensión.

2.- CAPACIDAD ADECUADA PARA SUMINISTRAR ENERGIA EN CONDICIONES MAXIMAS DE CONSUMO. El sistema de distribución de energía eléctrica tendrá la capacidad adecuada para manejar la demanda máxima de la planta y se considerará el incremento de la misma debido a ampliaciones futuras en la carga. Ya que las provisiones necesarias del equipo, y los circuitos correspondientes del sistema, se incorporan al diseño del edificio o instalación, los que una vez construidos es difícil modificar, el pasar por alto la capacidad requerida en el futuro, puede ser una omisión costosa, el aumentar ligeramente el costo del sistema para tomar en cuenta las necesidades futuras de demanda, es una inversión inteligente y económica. Un sistema con capacidad insuficiente es la causa de una mala regulación de tensión, que ocasiona un alumbrado defectuoso, mayor mantenimiento, baja producción del personal y equipo, así como reducción de la vida útil del sistema de distribución.

3.- ENERGIA DONDE SE REQUIERE. Se emplearán cable y tubo conduit para distribuir la energía eléctrica a los puntos de consumo. Se considerará la adaptabilidad necesaria en estos componentes para tomar cargas futuras y para permitir cambios en la localización de dichas cargas.

4.- PROTECCION PARA EL PERSONAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO. Como ya se mencionó, es muy importante considerar al proyectar un sistema de distribución, la protección adecuada contra errores de operación, así como defensas que eviten el contacto accidental del personal con conductores y partes vivas de los elementos del sistema.

Para reducir grandemente el número de accidentes que resultan en quemaduras y choques eléctricos, es necesario los cuatro fundamentos siguientes:

- a). El uso de equipo de interrupción, con capacidad adecuada para interrumpir el suministro de energía a todos los circuitos - bajo cualquier condición normal o de emergencia que pueda presentarse.
- b). Instalando todas las partes vivas dentro de un gabinete metálico, el cual debe conectarse a tierra.
- c). Conectando a tierra todas las carozas de máquinas y aparatos eléctricos.
- d). No ejecutar ningún trabajo en equipo eléctrico energizado - cualquiera que sea la tensión.

5.- PROTECCION AUTOMATICA A LOS CIRCUITOS PARA CONDICIONES ANORMALES DE FUNCIONAMIENTO. Los dispositivos de protección de circuitos se seleccionarán de modo que sean capaces de interrumpir las sobrecargas o cortos circuitos que puedan presentarse.

La sobrecarga ocurre cuando el equipo toma demasiada corriente durante un período de tiempo demasiado largo, lo cual puede ser ocasionado por operación defectuosa o por operación simultánea de un número anormal de aparatos eléctricos conectados al sistema.

Un corto circuito ocurre cuando se presenta una falla de aislamiento entre conductores o entre un conductor y tierra.

La protección contra estas fallas en un circuito eléctrico se logra ya sea por medio de interruptores termomagnéticos, electromagnéticos, sumergidos en aceite, fusibles combinados con cuchillas o interruptores con mecanismo de "Energía acumulada" ó de "Acción Rápida".

Los interruptores automáticos así como los fusibles se seleccionarán de acuerdo con las siguientes capacidades de corriente:

- a). Capacidad continua de corriente. La cual está determinada - por la carga normal.
- b). Capacidad interruptiva que está determinada por la potencia de corto circuito disponible en el punto del sistema en que se instale el interruptor y no por la carga.

Teniendo en cuenta lo anterior, cualquier falla por sobrecarga o corto circuito, podrá ser aislada sin perjudicar el resto

del sistema.

La selección de los dispositivos de protección desde el punto de vista de corto circuito, se hará efectuando el cálculo de corrientes de corto circuito del sistema.

6.- PROTECCION CONTRA SOBRE TENSIONES. Se proveerá de protección necesaria contra descargas atmosféricas y sobretensiones. Por medio de apartarrayos, es posible evitar la perforación del aislamiento del equipo, que puede ser resultado del impulso originado por una descarga atmosférica. También se disminuirá el riesgo de sobretensiones, conectando el neutro del sistema sólidamente a tierra. Se proyectará un sistema general de tierras, al que se conectarán los bastidores y carcasa de equipo eléctrico, evitando así peligro de choques eléctricos.

7.- LOCALIZACION DE SUBESTACIONES. Se determinará el tamaño, número, y localización de las subestaciones o centros de control necesarios de acuerdo con los requerimientos del presente proyecto. Se proyectarán con la capacidad adecuada para que el sistema pueda ser ampliado o modificado económicamente de acuerdo con la previsión de cargas futuras y aumentos de demanda.

2.2 CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS.

Esta clasificación consiste en determinar la posibilidad de peligro de una explosión en determinadas áreas, como consecuencia de los productos que en ellas se manejan y de ésta manera poder seleccionar el equipo eléctrico que además de satisfacer las necesidades técnico económicas, pueda operar correctamente, sin que implique peligro de una explosión.

El grado de peligrosidad de una determinada área depende de la clase y cantidad de gases, vapores y polvos explosivos o inflamables contenidos en la atmósfera de dicha área. La cantidad suficiente de tales productos que pueden producir una atmósfera explosiva, es difícil determinarla categóricamente, pues influyen varios factores, algunos de ellos variables tales como: temperatura, presión barométrica, humedad, ventilación, relación de volumen del local y la cantidad del líquido vaporizado, el proceso usado y la construcción del equipo empleado. La fuente eléctrica de ignición puede ser cualquier aparato que al operar produzca arco, chispa o un sobrecalentamiento excesivo.

La clasificación de áreas peligrosas en nuestro país se hace siguiendo los lineamientos marcados por el Código Nacional Eléctrico (National Electrical Code) y por el Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute). Esta clasificación se hace considerando si los productos explosivos se encuentran en forma de gas o vapor, polvos o combustibles, así como la concentración de los mismos.

Para determinar el tipo de equipo requerido para cada caso particular, es necesario seleccionarlo de acuerdo con la atmósfera en que va a operar. Para tal objeto el Código Nacional Eléctrico divide las atmósferas peligrosas en los siguientes grupos:

Grupo A.- Atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B.- Atmósferas que contienen hidrógeno o gases o vapores de peligrosidad equivalentes, tales como gas licuado.

Grupo C.- Atmósferas con vapores de éter etílico, etileno o ciclopropano.

- Grupo D.- Atmósferas que contienen gasolina, hexano, nafta, bencina, butano, propano, alcohol, acetona, benzol, vapores de solventes aromáticos y gas natural.
- Grupo E.- Atmósferas que contienen polvos metálicos, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características peligrosas similares.
- Grupo F.- Atmósferas que contienen negro de humo, carbón o polvo de coque.
- Grupo G.- Atmósferas que contienen harina, almidón o polvo de otras gramíneas.

Los equipos eléctricos destinados a instalarse en áreas peligrosas, son fabricados y aprobados para operar en cada atmósfera conteniendo materiales específicos inflamables, ya que las presiones de explosión, así como las temperaturas de seguridad varían ampliamente dependiendo del material explosivo; por esta razón el equipo se debe seleccionar de acuerdo con la atmósfera explosiva en que operará.

La clasificación de las áreas peligrosas de acuerdo con el Código Nacional Eléctrico, es la siguiente:

Clase I.- Son aquellas localidades en las cuales están o pueden estar presentes en el aire ambiente gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Clase II.- Localidades que son peligrosas por estar presentes polvos combustibles.

Clase III.- Localidades que se consideran peligrosas por que están presentes fibras o materiales que floten en el aire fácilmente y que sean combustibles pero que no se encuentran en tal proporción que se pueda considerar como una suspensión de éstas - en el aire en tal cantidad que sean suficientes para producir mezclas inflamables.

Cada una de estas clases se subdivide a su vez en divisiones 1 y 2.

De las clases de localidades peligrosas enunciadas, se -

trataré en este tema de la Clase 1 y de sus divisiones 1 y 2, las localidades peligrosas pueden agruparse para la Clase 1 de la siguiente manera:

- a). Clase 1, División 1.- Aquellas áreas que contengan con frecuencia ambientes contaminados por gases o vapores combustibles, bien sea durante la operación o durante los trabajos de mantenimiento y limpieza.
- b).- Clase 1, División 2.- Aquellas áreas en que con poca frecuencia existen gases o vapores combustibles mezclados en el aire, o en que sea poco probable que los productos inflamables contenidos dentro del equipo escapen a la atmósfera como consecuencia de rupturas, fracturas o trastornos en el funcionamiento del equipo.

Esta clasificación normalmente incluye lugares donde se usan líquidos, gases o vapores inflamables, pero los cuales a juicio del diseñador podrían ser peligrosos en caso de accidente o en condiciones de operación no usuales. La cantidad de material peligroso que pudiera escapar en caso de accidente, lo apropiado del equipo de ventilación, el área total afectada y los antecedentes de la industria o negocio respecto a las explosiones o fuegos, todos son factores que deberían considerarse al determinar la clasificación y el alcance de cada área peligrosa.

No serán consideradas ordinariamente como condiciones peligrosas las tuberías sin válvulas, las válvulas de retención, los medidores y aparatos similares, aún cuando sean usados para líquidos o gases peligrosos.

Normalmente no serán considerados peligrosos, a menos que estén sujetos también a otras condiciones peligrosas los lugares usados para almacenamiento de líquidos peligrosos o gases licuados comprimidos en recipientes sellados herméticamente.

Las tuberías eléctricas y compartimientos asociados a ellas, separados de los fluidos de proceso por un sencillo sello o barrera, se clasificarán en la división 2, siempre que el lado de salida de la tubería y compartimientos se encuentren en una

área no peligrosa.

EXTENSION DE LAS AREAS PELIGROSAS.— Por razones de seguridad y economía, es conveniente limitar los equipos eléctricos en áreas donde la atmósfera pueda ser explosiva, e instalarlos en lo posible en áreas en las que no se corre riesgo. Una cuidadosa definición de áreas exentas de peligro permite localizar interruptores, transformadores y arrancadores en locales seguros a costo razonable.

Por esta razón una vez que las áreas han sido clasificadas, se determinará la extensión de las mismas y el grado de peligro.

Toda área de la División 1 deberá considerarse rodeada por un área de la División 2 de extensión suficiente para garantizar la dilución hasta concentraciones no peligrosas, de los gases o vapores inflamables contenidos en la atmósfera del área de la División 1.

Los lugares cerrados donde existan fugas apreciables de materiales volátiles combustibles, a través de retenes, sellos ó empaques, o donde se trasvasen líquidos de esa naturaleza, así como donde se pulvericen o esparzan líquidos inflamables, deberán considerarse como áreas peligrosas de la División 1.

Los locales cerrados que por sus condiciones deberían ser clasificados en la División 1, cuando estén provistos de ventilación forzada en que se asegure la continuidad de su operación, ó bien se desenergice automáticamente el sistema eléctrico en caso de fallar dicha ventilación, serán considerados como áreas de la División 2, si la ventilación se toma de un área de ese tipo, o como lugares no peligrosos si la ventilación se toma de un área no peligrosa.

Cuando un local cerrado se encuentre localizado de tal modo que deberá considerarse como área de la División 2, podrá ser considerado como área no peligrosa cuando cuente con ventilación forzada en que se asegure la continuidad de la operación y que -

se alimente de un área no peligrosa. Los locales cerrados a los que se apliquen las disposiciones de este párrafo, no deberán tener comunicación con los locales de otras Divisiones y deberán estar localizados por lo menos a 15 metros de toda fuente de peligro (fugas o escapes de vapores inflamables).

Cuando se manejen productos con temperaturas de inflamación espontánea cercanas a la temperatura ambiente, en lugares cerrados o mal ventilados, además de las disposiciones de este reglamento con respecto a las instalaciones eléctricas, deberá existir un sistema de ventilación forzada diseñado en tal forma que se asegure la continuidad de su funcionamiento.

Las trincheras y zanjas, así como en general las depresiones del piso, donde puedan acumularse vapores más pesados que el aire, dentro de áreas de la División 2, deberán considerarse como áreas de la División 1, cuando los materiales manejados produzcan vapores más densos que el aire. Del mismo modo en los lugares cerrados donde se manejen gases más ligeros que el aire, deberán considerarse como áreas de la División 1, los espacios bajo el techo que carezcan de ventilación forzada o natural.

A las localidades peligrosas pertenecientes a la División 1, las rodeará en cualquier plano vertical un área de la División 2, que comprenderá hasta 3 metros de altura a partir del piso que llegará hasta 15 metros de distancia de la fuente de peligro y finalmente otra franja de 60 centímetros de altura también sobre el piso que llegará hasta 30 metros de dicha fuente de peligro. (ver fig. Nº 2-1). Para delimitar las áreas peligrosas en sitios libremente ventilados, deben determinarse las posibles fuentes de peligro, o sea las fugas o escapes de productos volátiles e inflamables que resulta prácticamente imposible evitar en una forma absoluta durante la operación del equipo, o bien durante las reparaciones o trabajos de limpieza, como son las fugas por retenes, sellos, empaques y uniones mecánicas. Cada fuente de peligro se considerará rodeada por un volumen de atmósfera peligrosa que pertenecerá a la División 2. Dentro de este volumen, las partes bajas o altas podrán convertirse en áreas peligrosas -

de la División 1, según la naturaleza de los productos que se manejen.

Se considerarán como líquidos inflamables aquellos que -
 tengan una temperatura de inflamación menor de 60°C (140°F) y -
 una presión absoluta de vapor que no exceda de 2.81 kg/cm^2 (40 lbs/pulg^2) a 38°C (100°F).

Estos líquidos inflamables se dividir en las siguientes -
 clases:

- Clase I.- Líquidos con temperatura de inflamación menor -
 de 38°C (100°F). Esta clase incluye los siguientes:
- A.- Aquellos que tienen temperatura de inflamación menor de 23°C (73°F) y temperatura de ebullición menor de 38°C (100°F).
 - B.- Aquellos que tienen temperatura de inflamación menor de 23°C (73°F) y temperatura de ebullición de 38°C (100°F) o mayor.
 - C.- Aquellos que tienen temperatura de inflamación de 23°C (73°F) o mayor, pero una temperatura de ebullición menor de 38°C (100°F).

Clase II.- Líquidos con temperatura de inflamación de -
 38°C (100°F).

En términos generales, una fuente de peligro dará origen -
 a todas direcciones a un área cuadrangular peligrosa de la Divi-
 sión 2 en el plano vertical, que se extenderá 8 metros hacia arri-
 ba y hacia los lados, a partir de la fuente de peligro, más otra
 área en el mismo plano que se extenderá horizontalmente hasta 15
 metros de la fuente de peligro y verticalmente hasta 8 metros de
 altura sobre el piso, y finalmente a un área de 60 centímetros de
 altura extendida horizontalmente hasta 30 metros de la fuente de
 peligro. (Ver fig. No 2-2).

Para fines prácticos, los volúmenes de la División 2 que
 rodean a las fuentes de peligro no necesariamente deben limitarse
 por círculos en el plano horizontal, sino que podrán tener la for-
 ma de paralelepípedos rectangulares, orientados según ejes que co

respondan a la disposición del equipo en la planta; pero en ningún caso estos paralelepípedos tendrán dimensiones menores que las especificadas en los párrafos anteriores.

Cuando la fuente de peligro consista de un escape de consideración, como por ejemplo las salidas de vapores en los registros abiertos de los tanques de almacenamiento de productos ligeros, además de lo previsto en los párrafos anteriores, deberá considerarse que existe un área de la división 1 en cualquier plano vertical que se extenderá hasta 1.5 metros de la fuente de peligro.

Los volúmenes de la División 2 que rodeen a las fuentes de peligro, cuando existan muros o construcciones que circundan a éstas, comprenderán hasta la altura del muro o construcción de menor altura. Por ejemplo, los tanques de almacenamiento que contengan productos que desprendan vapores inflamables estarán rodeados de un volumen de la División 2 cuyas dimensiones estarán dadas por la altura del dique y el perímetro de éste. (Ver fig. - No 2-3).

En el caso de las operaciones de llenado y vaciado de productos que desprendan vapores o gases inflamables, en autos tanque y carros tanque, cuando se lleven a cabo al aire libre, se considerarán áreas peligrosas en cualquier plano vertical, en la siguiente forma:

- a). Cuando el llenado se realice por la parte superior del tanque existirá un área de la División 1 hasta una distancia de 1 metro de los registros o respiraderos abiertos. Además se considerará un área perteneciente a la División 2 hasta una distancia de 1.5 metros de dichos registros.
- b). Cuando se carguen o descarguen los tanques mediante conexiones fijas por el fondo, se tomará en cuenta además un área de la división 2 que se extenderá hasta 1 metro de la conexión y otra adicional, de la misma División, de 50 centímetros de altura sobre el piso, que llegará horizontalmente hasta 3 metros de distancia de la conexión.

Fuera de las plantas de proceso, cuando existan fuentes - de peligro en locales ventilados, como por ejemplo empaques de bombas, o juntas de medidores, mezcladores, u otros dispositivos similares que manejen productos que desprendan vapores o gases - inflamables, deberá considerarse en cualquier plano vertical un área peligrosa de la División 2 que se extenderá hasta 1.5 metros de la superficie exterior del dispositivo, agregándole un área - de la misma División de 1 metro de altura que se extenderá hori- - zontalmente hasta 8 metros de distancia de la superficie del dis- - positivo. (Ver fig. Nº 2-4).

Cuando la ventilación sea inadecuada las áreas mencionadas deberán considerarse de la División 1 y estarán rodeadas por un área de la División 2, que se extenderá a 3 metros de la superfi- - cie exterior del aparato o dispositivo y horizontalmente hasta 15 metros de la propia superficie y hasta una altura de 1.5 metros - sobre el piso, así como hasta 30 metros con una altura de 60 cen- - tímetros también a partir del piso. (Ver fig. Nº 2-5).

En las instalaciones destinadas a distribuir al menudeo - productos que desprendan gases o vapores inflamables (como por - ejemplo estaciones de servicio, gasolineras, llenaderas de cilin- - dros de gas, agencias de ventas, etc.) cualquier aparato o dispo- - sitivo que pueda presentar fugas o escapes internos o externos, - se considerará comprendido dentro de un área de la División 1 - hasta una altura de 1.20 metros sobre el piso y hasta una distan- - cia de 50 centímetros en todas direcciones, a partir de la superfi- - cie exterior del dispositivo o aparato, agregándole un área de División 2 de 50 centímetros de altura sobre el piso, en cualquier plano vertical, hasta una distancia horizontal de 6 metros a par- - tir de la superficie exterior del aparato o dispositivo.

Todas las fosas, trincheras, zanjas y en general depresio- - nes del terreno que se encuentren dentro de áreas de la División- - 2 deberán considerarse como áreas de la División 1. Del mismo mo- - do, alrededor de cualquier dispositivo o mecanismo por medio del cual se trasvasen líquidos volátiles e inflamables a chorro abier- - to, deberá considerarse en todas direcciones una distancia de 1 -

metro a partir de la superficie descubierta del líquido como área de la División 1, y una distancia adicional de 50 cms. como área de la División 2. Esto último se aplicará también a las bocas de respiración o llenado de tanques de almacenamiento subterráneos - de productos combustibles volátiles.

En el caso de los tanques de almacenamiento instalados directamente sobre el suelo (no elevados), que contengan derivados volátiles e inflamables, además de las disposiciones contenidas - en los párrafos anteriores, en cuanto son aplicables, deberá cumplirse con las siguientes reglas:

- a). Desde la superficie exterior del tanque hasta una distancia de 3 metros en todas direcciones, se considerará un área de la División 2.
- b). Cualquier registro, respiradero o boca abierta del tanque dará origen en todas direcciones a un área de la División 1 - hasta una distancia de 1.5 metros.
- c). Como se indicó, el área de la División 2 comprenderá en cualquier plano vertical toda el área situada dentro del muro de contención y hasta la altura de éste, y cualquier zanja, canal, fosa o depresión del piso, dará origen a un área de la División 1.
- d). En el caso de los tanques de techo flotante, todo el volumen situado entre el techo y el borde superior del tanque deberá considerarse dentro de la División 1. (Ver fig. N2 2-3).

Cuando se lleven a cabo trabajos que impliquen pulverización de líquidos inflamables en áreas ventiladas, o inmersión de piezas en tinas abiertas que contengan líquidos de esta naturaleza, se considerará en todas direcciones un área de la División 1 hasta una distancia de 6 metros. Esta área estará rodeada por otra adicional de la División 2 hasta una distancia de 12 metros a partir de la fuente de peligro.

En el caso de operaciones de secado o recocido que se realicen en lugares confinados provistos con ventilación forzada, podrá considerarse la operación como no peligrosa, siempre que toda

la instalación eléctrica contenida en el interior sea desenergizada automáticamente en cuanto falle la ventilación.

En los talleres en que se manejen cantidades pequeñas de líquidos inflamables, para fines de limpieza u otras operaciones semejantes, se considerará un volumen de la División 2 hasta una altura de 50 cms., sobre toda la superficie del piso. Además, cuando existan zanjas, trincheras, o depresiones, se considerarán éstas como áreas de la División 1 hasta el nivel del piso.

SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO.

1).- Todo el equipo eléctrico que se instale en áreas clasificadas como Clase 1, División 1, será a "Prueba de Explosión" el cual como ya se definió, es aquel que debido a su construcción especial, es capaz de resistir cualquier explosión de gas o vapor que pudiera ocurrir en su interior sin dañarse ni transmitir hacia el exterior flamas o chispas que puedan provocar la ignición de la atmósfera que lo circunda. En caso de que dejen escapar gases como consecuencia de una explosión en su interior, debido a su trayectoria saldrán al exterior fríos sin posibilidad de que provoquen algún disturbio.

Estos equipos se encuentran contenidos en una coraza herméticamente cerrada la cual para su diseño se han considerado los siguientes factores:

- 1.1 Dimensiones del equipo que alojarán.
- 1.2 Presión debida a la explosión
- 1.3 Temperatura de operación.
- 1.4 Resistencia mecánica del material utilizado.

Aunque todos los aparatos eléctricos que al operar producen chispas o arcos, como interruptores, apagadores, estaciones de botones, arrancadores, etc., están herméticamente cerrados; es conveniente sellar las tuberías que entran o salen de ellos, con el objeto de evitar que los gases o vapores explosivos puedan penetrar a través de la tubería Conduit. Para lo cual se emplearán condulets selladores expresamente diseñados para tal fin, incluyen do compuesto y fibra para sellar.

También se sellará adecuadamente toda la tubería conduit que salga de un local peligroso, con el objeto de que los gases o vapores peligrosos no sean transferidos. En general se sellará toda la tubería conduit que salga de una área de mayor a menor peligro.

2).- El equipo eléctrico que se instale en locales clasificados como Clase 1, División 2, será aquel que su operación incluyendo chispas o arcos, pueda ocurrir sin ser una fuente de ignición en condiciones anormales de operación. Este equipo es denominado por los fabricantes como hermético al vapor (VaporLight) o a prueba de vapor.

Como vía de ejemplo a lo tratado en este tema, se aplicaron las reglas contenidas en el mismo a la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G. (Propano) en Manzanillo, Colima.

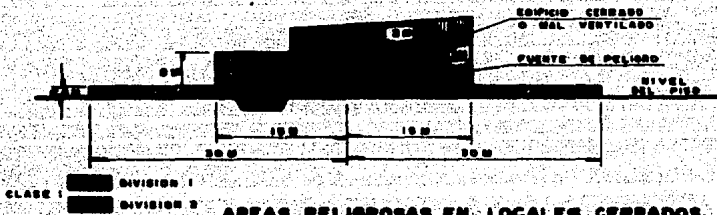


FIGURA 2-1

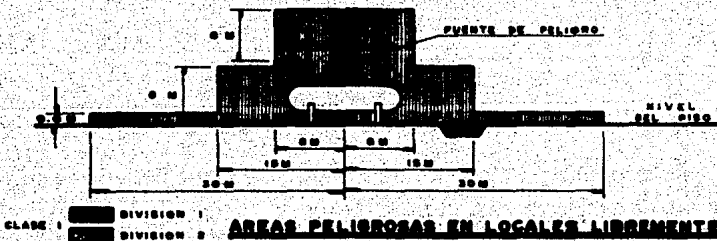


FIGURA 2-2

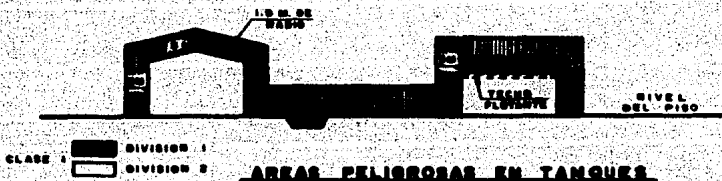


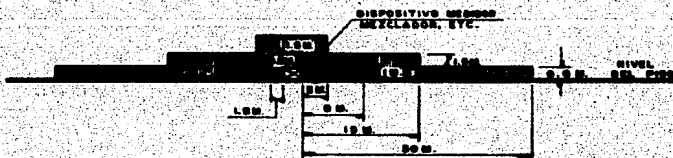
FIGURA 2-3

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PROF. R.A.M.L.	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
ING. M.D.R.L.A.	Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
ING. G.G.S.	(PROPANO)
ING. G.M.	CLASIFICACION DE AREAS
ING. G.M.	PELIGROSAS
ASST. ING.	MANZANILLO, C.O.L. FIGS. 2-1/2/3



CLASE I DIVISION 1
 DIVISION 2

AREAS PELIGROSAS FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESO EN LOCALES VENTILADOS
FIGURA 2-4



AREAS PELIGROSAS FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESO EN LOCALES NO VENTILADOS
FIGURA 2-5

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PROF. G.A.L.L.	PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G. (PROPANO)
PROF. G.S.R.	CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS
PROF. G.S.D.	
PROF. G.S.	
PROF. G.M.	
PROF. G.M.	MANZANILLO, C.B.L. FIGS. 2-4/5

CAPITULO III

SISTEMA DE FUERZA

3.1- SISTEMA DE DUCTOS.

Los sistemas de distribución pueden ser aéreos o subterráneos, la selección entre ambos depende de una gran variedad de factores, siendo el económico el que más influye. El costo del sistema subterráneo pueda ser 5 a 10 veces, el costo de un sistema aéreo.

Para el presente proyecto se ha seleccionado el sistema subterráneo, pues aparte de las ventajas y desventajas entre ambos, se trata de una planta en la que existen ciertas áreas peligrosas, por los productos inflamables que en ellas se manejan.

Además considerando que estas instalaciones se proyectarán para una larga vida útil, lo que hace que el costo anual sea inferior y la amortización más rápida: además teniendo en cuenta la continuidad del servicio, así como la estética de la urbanización de la planta y concentración de cargas, son factores que han determinado la elección del sistema subterráneo.

CONSTRUCCION DE DUCTOS SUBTERRANEOS.

El sistema subterráneo consistirá de ductos eléctricos de tubo metálico, en los que se alojarán los conductores aislados. Los tubos conduit se envolverán en una capa de concreto pobre y se reforzarán con varilla solamente donde las condiciones del tráfico pesado u otras circunstancias lo ameriten. Se dispondrán registros a distancias dictadas de acuerdo con las necesidades del proyecto, pero dichas distancias en línea recta no excederán de 60 mts., salvo circunstancias especiales podrá ser menor.

Los registros se construirán adecuadamente para realizar las operaciones de jalar conductores, hacer conexiones, etc. La localización de ductos y registros se supeditará a los diferentes locales por alimentar.

Para fijar las rutas de los ductos subterráneos, se hará uso de un plano de localización general, en el que deberán considerarse la localización de tomas de agua contra incendio, postes de alumbrado de calles, límite de acera, edificios por alimentar, zonas verdes, servicios principales y laterales de agua, alcantarillas principales y conexiones de servicio, sistema de desagüe, tuberías de productos y líneas telefónicas.

El tamaño del ducto dependerá del diámetro del cable más grande que se instale y de la longitud del conduit a través del cual el cable será jalado, considerando además, el factor de relleno es la relación entre el área ocupada por los conductores en ciuyendo su aislamiento y el área del tubo conduit o sea:

$$\text{Factor de relleno en \%} = \frac{\text{Área de Conductores}}{\text{Área de tubo conduit}} \times 100$$

De acuerdo con la experiencia y teniendo además en consideración la facilidad de alambrado, el factor de relleno tiene los siguientes valores:

Tabla 3-a

# de Conductores en tubo Conduit	Factor de relleno en %
1	53
2	31
3	43
4 ó más	40

En el sistema general de distribución subterránea por resistencia mecánica así como por facilidad de alambrado, se empleará como mínimo tubo conduit de 19 mm. de diámetro.

El número de ductos estará en función de los requerimientos de la distribución local, del número de circuitos y de las previsiones futuras. La disposición de los ductos se hará de tal manera que resulte más económica y que tenga una mayor disipación de calor, lo que permite una mayor capacidad de conducción de corriente de los conductores.

La temperatura a la que opera un cable depende de la temperatura ambiente que rodea al ducto, de las pérdidas en el cobre por efecto Joule y de la proporción en que el calor generado es disipado y conducido al exterior.

En un arreglo de ductos como el de la fig. 3-1, la disipación de calor no es buena, pero el costo promedio de construcción es más bajo que si el ducto se pone como en la fig. 3-2, que es mejor desde el punto de vista de disipación de calor.

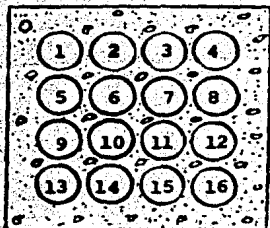


fig. 3-1

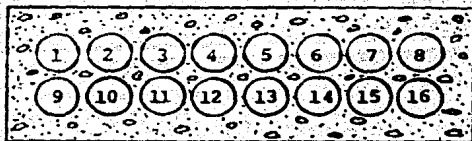


fig. 3-2

Los ductos tendrán un declive de 3 cms., por cada 100 mts. con el fin de que el agua no se acumule en las bolsas formadas por cambios bruscos en las pendientes del terreno. La profundidad de la trinchera será determinada a partir de la altura total del ducto y de la distancia requerida bajo la superficie del pavimento. En general la altura superior del ducto bajo la superficie del pavimento no será menor de 0.50 mts.

Como ya se mencionó los registros se localizarán a lo largo de la trayectoria del ducto a distancias convenientes, las cuales estarán supeditadas a los requerimientos del sistema subterráneo, así como a los esfuerzos a que se someta el cable al ser jalado de un registro a otro.

Los registros se instalarán como consecuencia de la nece

sidad de hacer conexiones, alambrear, jalar cables así como hacer cambios agudos en la trayectoria del ducto y bifurcaciones del mismo para alimentar cargas localizadas en diferentes puntos.

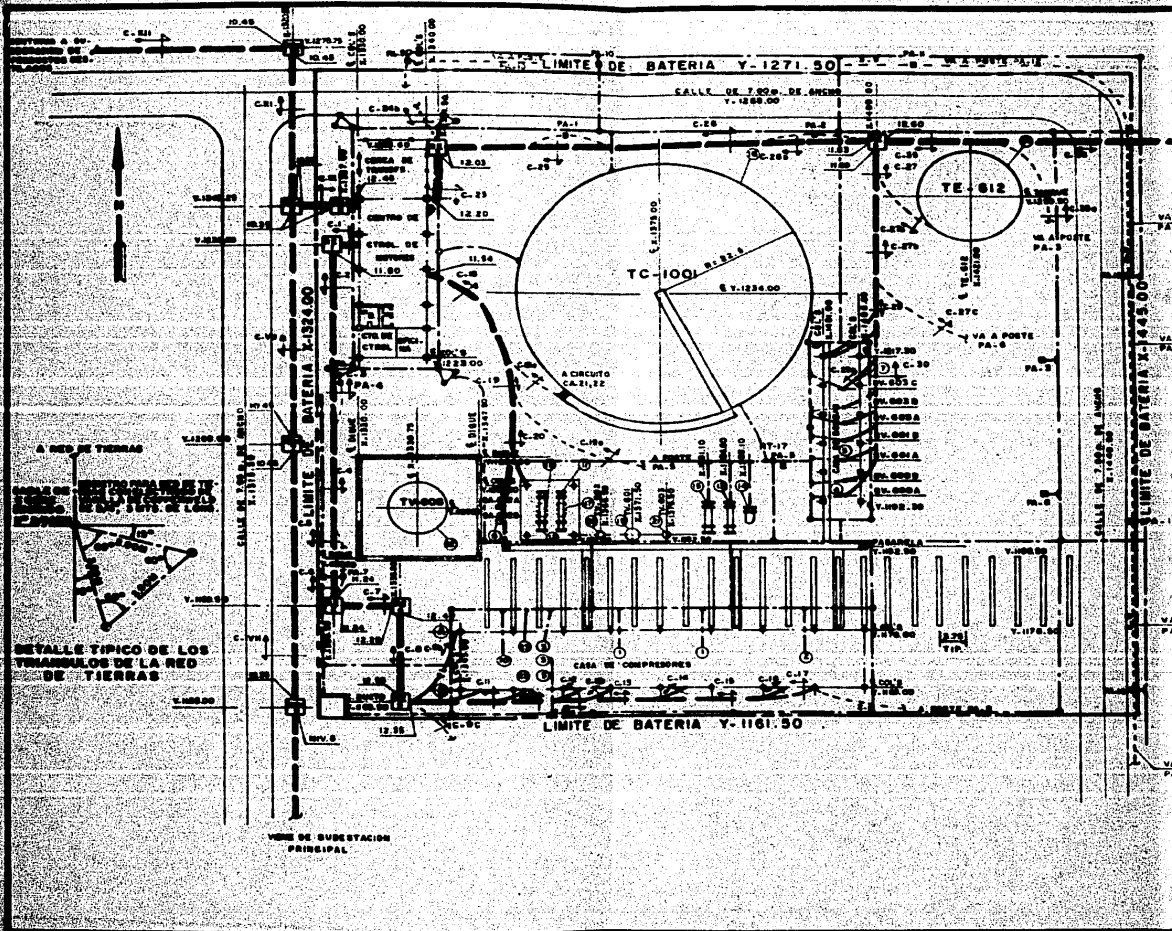
Las dimensiones de los registros serán tales que se disponga de espacio necesario para realizar las operaciones mencionadas, dependiendo del número de ductos que converjan al registro y de la tensión de operación de los cables, se construirán dos tipos de registros, el registro de mano para tensiones de 600 Volts o menores y pocos ductos y el registro de hombro para cuando se tienen varios ductos y tensiones mayores de 600 Volts., serán de forma rectangular y se construirán de concreto reforzado con varilla corrugada y tapa metálica. En las áreas peligrosas los registros serán a prueba de explosión, consistiendo en cajas de conexiones expresas para este fin.

La localización de ductos, cortes y registros se aprecia en el plano EL-905P.

Cabe mencionar la secuencia que se sigue para el desarrollo de este plano, una vez establecido el diagrama unifilar eléctrico se desarrolla la cédula de cable y tubo conduit de la planta perfectamente identificados (ver plano EL-913P). Después sobre el plano general de equipo a escala apropiada, con el que será el plano de instalaciones subterráneas se dibujan las rutas de los ductos eléctricos. Para poder construir los ductos se desarrollan cortes de estos en varios puntos donde se muestra el número de tubos conduit y el arreglo de estos.

Los cortes de los ductos eléctricos se identifican por una letra y un número, ver el desarrollo de estos en el plano EL-908P.

En los planos EL-932P (instalación eléctrica de fuerza en casa de bombas y red de tierras) y EL-933P (instalación eléctrica de fuerza y red de tierras en casa de compresores), se puede apreciar la distribución eléctrica y detalles de conexión del equipo eléctrico.



3.2 TIPO DE SUBESTACIONES.

Las subestaciones pueden ser del tipo exterior abierta, exterior compacta o bien interior abierta o compacta. La selección se hace en función de la capacidad y tensión del sistema, así como de la economía y flexibilidad de operación.

3.3 SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

El arreglo de los circuitos para suministrar energía a varios centros de carga depende fundamentalmente de la continuidad de operación de las cargas, así como de la flexibilidad y economía del sistema, los sistemas de distribución más comúnmente usados son los siguientes:

- Distribución radial sencilla
- Distribución radial con centros de potencia
- Distribución selectiva en el primario
- Distribución selectiva en el primario y secundario
- Distribución en anillo

Para el presente proyecto se ha seleccionado el sistema de distribución radial, que consiste en alimentar las cargas directamente desde una misma subestación, con la tensión adecuada a la carga, con alimentador separado para cada carga.

Este tipo de distribución es el más económico, pero es el menos flexible ya que una falla de alimentador o transformador principal, paraliza la operación de todo el sistema. Pero dado a que este tipo de falla no es muy común y en tal circunstancia se podría tener el auxilio del resto de las "Terminales de Distribución", desde el punto de vista práctico y económico el sistema radial es el más conveniente.

En los planos EL-901P, EL902P, EL-903P y EL-904P se puede apreciar los diagramas unifilares, en los que se muestra el arreglo, y alimentación y control de las cargas, así como los elementos fundamentales de protección. La disposición del equipo de

las subestaciones y centros de control se puede apreciar en la -
fig. Nº 3-3.

Los lineamientos para hacer la disposición de equipo, -
incluyendo la separación que debe haber entre ellos y a las paredes,
se siguieron de acuerdo a las Normas Técnicas para Instalaciones
Eléctricas.

La capacidad de Subestaciones y Centros de Control y -
Distribución se calculan posteriormente.

3.4 NIVELES DE TENSION.

Para seleccionar los niveles de tensión en el sistema -
de distribución eléctrica, se requiere hacer un estudio de las ne-
cesidades del equipo de utilización, de la tensión eléctrica dis-
ponible por la Compañía Suministradora y las conveniencias econó-
micas que resultan de la utilización y distribución de los diver-
sos niveles de tensión considerados.

La selección de los niveles de tensión es uno de los -
factores más significativos en el diseño de un sistema de distri-
bución eléctrica y es el factor más determinante sobre el costo-
del sistema, flexibilidad y facilidad de expansión futura.

Algunos de los factores que tienen efecto sobre la se-
lección de los sistemas de tensión son los siguientes:

- a) Magnitud de la carga.
- b) Distancia de la fuente de suministro al punto de utilización.
- c) Limitaciones en el rango de tensión de los dispositivos eléc-
tricos por alimentar.
- d) Seguridad.
- e) Códigos y Normas.

El efecto de estos factores varía ampliamente para cada
sistema de distribución.

La magnitud de la carga total y el área de la planta -

tienen poco efecto en la selección del voltaje en clase 600 V. - Aquí los rangos del voltaje del equipo de utilización y las limitaciones del voltaje son casi los factores que gobiernan por entero. Sin embargo, la selección del voltaje primario, la magnitud de la carga y la distancia a que se transmitirá la energía son muy importantes, no sólo para las operaciones del momento sino las futuras. Si la planta es compacta, como la mayoría lo son, entonces la magnitud de la carga es el factor más determinante.

Sin embargo, donde los edificios están muy dispersos, - como en algunas plantas, la magnitud de la carga y la distancia - son ambos factores importantes.

En algunas plantas hay porciones considerables de carga, tal como en una casa de bombas, a bastante distancia de la planta principal. Aquí el problema es de transmisión en bloque de energía de un punto a otro. Entonces la magnitud de la carga y la distancia y el tipo de línea de distribución son factores importantes.

EFFECTOS DE DISPOSITIVOS DE UTILIZACION.

Los dispositivos de utilización tienen un efecto profundo sobre la selección del voltaje en plantas industriales. Las lámparas incandescentes y los pequeños motores de potencia fraccionaria, las máquinas herramientas, las máquinas de oficina, aparatos diversos, etc., se consiguen generalmente para usarse a 115 V ó 120 V, 1 fase. Donde esta clase de equipos se usa, se debe suministrar 120 V, 1 fase.

Los motores polifásicos se consiguen para usarse a voltajes desde 110 V hasta 13,200 V. Sin embargo, el voltaje que se debe suministrar, desde el punto de vista de diseño del motor, - así como desde el punto de vista de costo del sistema, es función de la potencia. Los motores hasta 200 HP son generalmente de menor precio cuando se diseñan para usarse a 550 V ó menos pues su tamaño se reduce si se diseñan para dichos voltajes. Los motores menores de 40 HP no se consiguen para voltajes superiores a 550V. Desde los mismos puntos de vista hay límites de potencia deseables y económicos para otros voltajes de motores.

Es así como las potencias de los motores definitivamente afectan la selección del voltaje del sistema en clase de voltajes de 600 V y menor y el voltaje primario del sistema en la clase de voltaje de 2.4 a 13.3 KV., donde se usarán motores más grandes.

Los voltajes para equipo de iluminación se han limitado generalmente en el pasado hasta 120 V. Con el advenimiento de las lámparas de descarga eléctrica la limitación de 120 V ya no existe. En muchos casos la lámpara de descarga eléctrica se puede operar directamente desde el sistema de 480 V, ya que se aplica también a motores y otras cargas de potencia.

CODIGOS Y ESTANDARES.

El reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (ROEI) y el Código Nacional Eléctrico (NEC) exigen definitivas limitaciones en los voltajes que se pueden aplicar al equipo. Estos organismos requieren que los voltajes en algunos circuitos de iluminación se limite a 150 volts de fase a tierra. Los circuitos primarios en edificios se limitan a 15,000 volts entre fases.

SEGURIDAD.

La seguridad es generalmente un factor al seleccionar el voltaje del sistema solamente en el área donde los aparatos o herramientas manuales se usan. El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas y el Código Nacional Eléctrico, por razones de seguridad, como se mencionó previamente, limitan los voltajes en algunos circuitos de iluminación y de dispositivos portátiles a 150 V de fase a tierra.

Cuando hay gran posibilidad de contacto con partes energizadas, tal como el marco no aterrizado de herramientas portátiles, algunas lámparas portátiles, etc., se seleccionan voltajes del orden de 32 V porque se ha demostrado que los voltajes arriba de 50 V a tierra pueden ser fatales. Para tener un mayor nivel de seguridad en circuitos de 50 V o más, el trabajo en partes que llevar corriente se debe hacer solamente con el circuito desenergizado.

SISTEMAS DE DISTRIBUCION A BAJO VOLTAJE.

En la mayor parte de las plantas industriales la mayoría de las cargas son motores de potencia integral polifásicos. - El voltaje del sistema para servir a estas cargas puede ser de 208/120 Volts, ó 240 V ó 480 V ó 600 V. El uso del sistema de 480 V es generalmente deseable para la planta típica de manufactura porque cuesta menos que los sistemas de 240 V, y el equipo de 440 V para uso en sistemas de 480 V es mucho más disponible que el equipo de 550 V para uso en sistemas de 600 V.

SISTEMAS DE DISTRIBUCION A ALTO VOLTAJE.

Los sistemas primarios más comunes son los de 2,400 V, 4,160 V, 6,900 V y 13,800 V. Todas las plantas que usan voltajes primarios para subtransmisión usan voltajes de esta clase, excepto en algunas plantas químicas muy grandes, laminadoras, etc. Estas últimas pueden utilizar voltajes de subtransmisión arriba de 15 KV.

Cuando el voltaje de subtransmisión es mayor de 15 KV, entonces en todos los casos, excepto en algunas laminadoras muy grandes, plantas químicas, etc., la transformación a un voltaje menor de 15 KV es deseable tanto económica como técnicamente para transmitir la energía a través de la planta a las subestaciones de centros de carga donde se reduce al voltaje de utilización. En este caso el Ingeniero debe seleccionar un voltaje primario adecuado. La tendencia en los últimos años ha sido seleccionar voltajes mayores para obtener mayor economía y flexibilidad para expansión. Muchos estudios han mostrado que cualquiera de dos voltajes (4,160 V ó 13,800 V) será adecuado en la mayoría de los casos, es decir, 4,160 Volts para plantas que tienen un transformador de suministro y/o una capacidad de generación de 10,000 KVA o menos y 13,800 Volts para plantas que tienen un transformador de suministro y/o una capacidad de generación de 20,000 KVA o mayor. Para el rango entre 10,000 y 20,000 KVA, ya sea 4,160 ó 13,800 Volts pueden ser los más económicos.

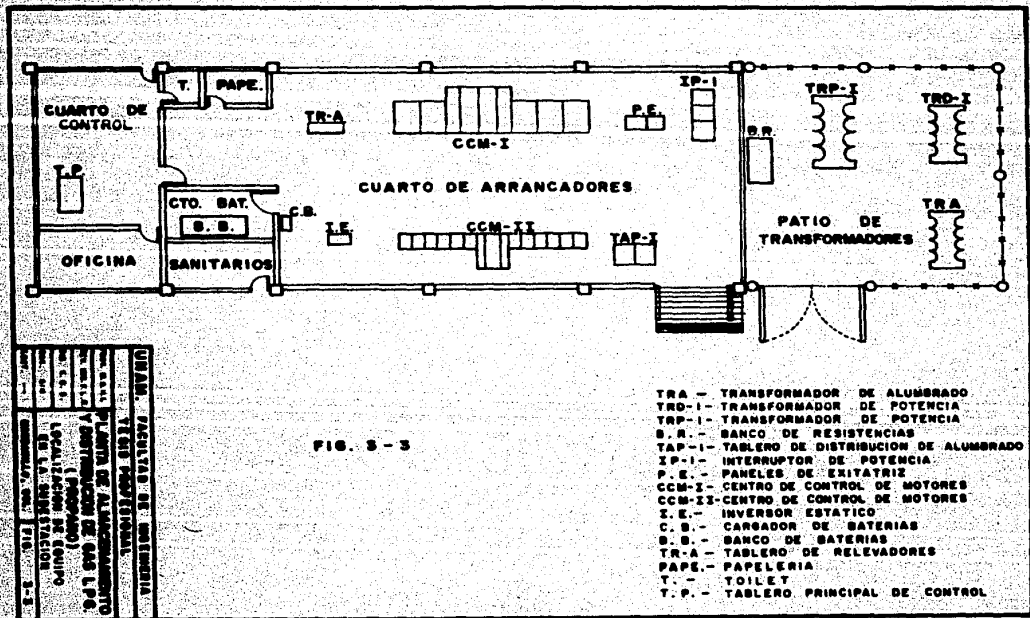


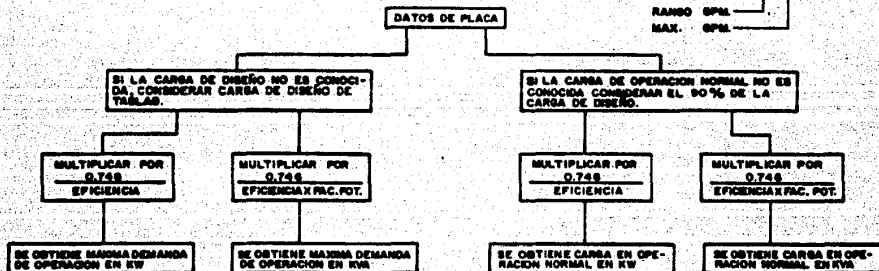
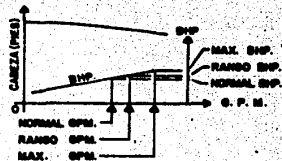
FIG. 3-3

- TRA - TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO
- TRD-I - TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- TRP-I - TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- S.R. - BANCO DE RESISTENCIAS
- TAP-I - TABLERO DE DISTRIBUCION DE ALUMBRADO
- IP-I - INTERRUPTOR DE POTENCIA
- P.E. - PANELES DE EXITATRIZ
- CCM-I - CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
- CCM-II - CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
- I.E. - INVERSOR ESTATICO
- C.B. - CARGADOR DE BATERIAS
- S.S. - BANCO DE BATERIAS
- TR-A - TABLERO DE RELEVADORES
- P.A.P.E. - PAPELERIA
- T. - TOILET
- T.P. - TABLERO PRINCIPAL DE CONTROL

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM	TECNOLOGIA INDUSTRIAL
UNAM	PLANTA DE ALUMBRADO
UNAM	V CONSTRUCCION DE GAS L.P.G.
UNAM	(PROYECTO)
UNAM	LOCALIZACION DEL
UNAM	EN EL AREA
UNAM	INDUSTRIAL, 1967
UNAM	710 - 3-3

PROCEDIMIENTO PARA ESTUDIO DE CARGAS

RANGO DE PLACA —	INDICA EL DATO DE PLACA EN H.P. PARA EL MOTOR O KVA PARA OTRO TIPO DE CARGAS.
CARGA DE DISEÑO —	INDICA EL RANGO DE FRENAO EN S.H.P. PARA MOTORES O KVA PARA OTRO TIPO DE CARGAS.
CARGA DE OPERACION NORMAL —	INDICA EL FRENAO NORMAL EN S.H.P., O KVA DE LA CARGA EN OPERACION NORMAL PARA OTRO TIPO DE CARGAS.
MAXIMA DEMANDA —	KW Y KVA CORRESPONDIENTES A LA CARGA DE DISEÑO
CARGA PROMEDIO —	EN 24 HRS. $\frac{(CARGA NORMAL EN OPERACION \times FACTOR DE USO) + \dots + (CARGA NORMAL EN OPERACION \times FACTOR DE USO)_n}{FACTOR DE DIVERSIDAD}$
MAXIMA DEMANDA —	EN 1 HR. $\frac{(MAXIMA DEMANDA) + \dots + (MAXIMA DEMANDA)_n}{FACTOR DE DIVERSIDAD}$
FACTOR DE USO —	$\frac{HORAS DE OPERACION}{24 H.}$
FACTOR DE DIVERSIDAD —	1.1 (A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA)



DESIGN BRAKE H.P. - LIBRARY DATA

	NAMEPLATE H.P. RATING	EST. DESIGN BRAKE H.P.
--	--------------------------	---------------------------

1	0.25	0.10
2	0.33	0.15
3	0.50	0.25
4	0.75	0.40
5	1.00	0.50
6	1.50	0.75
7	2.00	1.00
8	3.00	2.00
9	5.00	4.00
10	7.50	6.00
11	10.00	8.00
12	15.00	12.00
13	20.00	16.00
14	25.00	20.00
15	30.00	26.10
16	40.00	36.80
17	50.00	43.50
18	60.00	52.20
19	75.00	65.10
20	100.00	87.00
21	125.00	114.00
22	150.00	136.00
23	200.00	192.00
24	250.00	227.00
25	300.00	273.00
26	350.00	318.00
27	400.00	364.00
28	450.00	409.00
29	500.00	455.00
30	600.00	550.00
31	700.00	675.00
32	800.00	780.00
33	900.00	860.00
34	1000.00	975.00
35	1250.00	1150.00
36	1500.00	1450.00
37	1750.00	1650.00
38	2000.00	1950.00
39	2250.00	2175.00
40	2500.00	2450.00
41	3000.00	2900.00
42	3500.00	3450.00
43	4000.00	3960.00
44	4500.00	4400.00
45	5000.00	5000.00

MOTOR PERFORMANCE LIBRARY DECK NO. 1

NPS AC	ENCL TE	VOLTS 440.	HP	RPM	EFFICIENCY				POWER FACTOR				FULL LOAD AMP	LOCKED ROTOR AMP
					1/4	1/2	3/4	FULL	1/4	1/2	3/4	FULL		
0.25	1800	0.0	45.5	54.4	63.0	0.0	38.3	49.2	58.0	0.0	0.0	3.7		
0.33	1800	0.0	48.5	56.4	63.0	0.0	38.3	49.2	58.0	0.0	0.0	3.9		
0.50	1800	0.0	50.5	58.0	64.0	0.0	38.0	48.0	56.0	1.1	6.1	4.1		
0.75	1800	0.0	48.0	56.0	62.5	0.0	38.0	48.0	56.0	1.4	6.0	4.0		
0.75	1800	0.0	64.0	70.0	72.0	0.0	42.0	54.0	64.0	1.0	9.0	4.0		
0.75	1800	0.0	69.0	75.0	72.0	0.0	42.0	54.0	64.0	1.0	9.0	4.0		
0.75	900	0.0	42.5	49.0	52.5	0.0	32.0	43.0	52.0	1.0	9.0	3.0		
1.00	1800	0.0	65.0	72.0	75.0	0.0	45.0	58.0	68.0	1.0	12.0	4.0		
1.00	1800	0.0	68.5	75.0	77.5	0.0	45.0	58.0	68.0	1.0	12.0	4.0		
1.00	900	0.0	43.0	49.5	51.0	0.0	39.0	40.5	50.5	2.4	12.0	3.0		
1.90	3600	0.0	69.0	72.0	75.5	0.0	44.5	54.5	61.0	2.0	17.5	4.0		
1.90	1800	0.0	71.0	75.5	78.0	0.0	52.0	64.0	74.0	2.5	17.5	4.0		
1.50	1200	0.0	73.0	77.5	79.5	0.0	44.0	56.5	64.0	2.0	17.5	4.0		
1.50	600	0.0	70.0	75.0	75.5	0.0	41.0	53.0	61.5	3.1	17.5	4.0		
2.00	3600	0.0	71.0	77.0	78.5	0.0	74.0	83.0	87.5	2.0	20.0	4.0		
2.00	1800	0.0	74.5	79.5	81.0	0.0	57.0	70.0	78.0	3.1	22.5	4.0		
2.00	1200	0.0	75.0	80.0	80.5	0.0	53.0	65.0	72.5	3.3	22.5	4.0		
2.00	600	0.0	71.0	76.5	77.5	0.0	43.0	54.0	65.0	3.9	22.5	4.0		
3.00	3600	0.0	75.0	79.0	81.0	0.0	77.0	85.0	88.5	4.1	30.0	4.0		
3.00	1800	0.0	77.0	81.5	84.0	0.0	65.0	75.0	81.5	4.4	30.0	4.0		
3.00	1200	0.0	77.0	80.0	81.5	0.0	54.0	64.0	75.0	4.8	30.0	4.0		
3.00	600	0.0	77.0	81.0	82.0	0.0	48.0	58.0	69.0	5.1	30.0	4.0		
5.00	3600	0.0	77.0	80.0	81.0	0.0	75.0	84.0	87.0	6.8	45.0	4.0		
5.00	1800	0.0	80.0	83.0	85.5	0.0	84.5	78.0	84.5	6.8	45.0	4.0		
5.00	1200	0.0	81.5	85.5	85.5	0.0	53.0	66.0	75.0	7.7	45.0	4.0		
5.00	600	0.0	81.0	82.5	83.5	0.0	49.0	62.0	71.0	8.3	45.0	4.0		
7.50	3600	0.0	80.0	83.0	84.5	0.0	77.0	85.0	88.0	6.8	60.0	4.0		
7.50	1800	0.0	83.5	87.5	88.5	0.0	69.0	79.0	84.0	10.4	60.0	4.0		
7.50	1200	0.0	84.0	86.0	86.0	0.0	61.0	71.0	78.0	11.0	60.0	4.0		
7.50	600	0.0	84.0	86.0	86.0	0.0	47.0	57.0	64.0	11.8	60.0	4.0		
7.50	3600	0.0	78.0	83.0	84.5	0.0	75.0	82.0	85.0	13.6	75.0	4.0		
10.00	1800	0.0	84.0	86.0	86.5	0.0	69.0	78.5	83.0	13.7	75.0	4.0		
10.00	1200	0.0	84.0	86.5	87.0	0.0	64.5	74.0	81.5	13.8	75.0	4.0		
10.00	600	0.0	84.0	86.5	87.0	0.0	55.0	67.0	79.0	15.0	75.0	4.0		
15.00	3600	0.0	87.5	89.5	89.5	0.0	74.0	82.0	85.5	18.9	110.0	4.0		
15.00	1800	0.0	87.5	89.5	89.5	0.0	77.0	84.5	88.0	19.4	110.0	4.0		
15.00	1200	0.0	87.5	89.5	89.5	0.0	71.0	79.0	82.0	20.2	110.0	4.0		
15.00	600	0.0	87.5	89.5	89.5	0.0	67.5	71.5	76.5	22.0	110.0	4.0		
20.00	3600	0.0	89.5	90.0	90.0	0.0	81.0	89.0	90.0	24.5	145.0	4.0		
20.00	1800	0.0	89.5	90.0	90.0	0.0	79.5	85.0	88.0	25.5	145.0	4.0		
20.00	1200	0.0	89.5	90.0	90.0	0.0	75.0	82.0	87.0	27.0	145.0	4.0		
25.00	3600	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	85.5	77.0	81.0	27.0	145.0	4.0		
25.00	1800	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	85.0	80.0	84.0	28.0	145.0	4.0		
25.00	1200	0.0	87.0	87.0	86.5	0.0	74.0	84.0	86.5	31.0	182.5	4.0		
25.00	600	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	68.0	78.0	82.0	31.5	182.5	4.0		
30.00	3600	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	86.0	76.5	82.5	33.0	217.5	4.0		
30.00	1800	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	85.0	80.0	84.5	34.5	217.5	4.0		
30.00	1200	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	85.0	80.0	84.5	36.5	217.5	4.0		
30.00	600	0.0	88.0	88.0	87.5	0.0	74.0	84.0	86.5	41.5	217.5	4.0		
40.00	3600	0.0	89.0	89.0	88.5	0.0	86.0	76.0	81.5	46.0	270.0	4.0		
40.00	1800	0.0	89.0	89.0	88.5	0.0	86.0	76.0	81.5	47.5	270.0	4.0		
40.00	1200	0.0	89.0	89.0	88.5	0.0	86.0	76.0	81.5	49.0	270.0	4.0		
40.00	600	0.0	89.0	89.0	88.5	0.0	74.0	84.0	86.5	54.0	270.0	4.0		
50.00	3600	0.0	90.5	90.5	90.5	0.0	90.5	82.0	87.0	60.0	360.0	4.0		
50.00	1800	0.0	90.0	90.0	90.0	0.0	90.0	82.0	87.0	60.0	360.0	4.0		
50.00	1200	0.0	90.0	90.0	90.0	0.0	90.0	82.0	87.0	60.0	360.0	4.0		
50.00	600	0.0	90.0	90.0	90.0	0.0	80.0	85.0	87.0	67.0	360.0	4.0		
75.00	3600	0.0	91.0	91.0	91.0	0.0	91.0	82.0	87.0	72.0	450.0	4.0		
75.00	1800	0.0	91.0	91.0	91.0	0.0	91.0	82.0	87.0	72.0	450.0	4.0		
75.00	1200	0.0	91.0	91.0	91.0	0.0	91.0	82.0	87.0	72.0	450.0	4.0		
75.00	600	0.0	91.0	91.0	91.0	0.0	80.0	85.0	87.0	72.0	450.0	4.0		

80.00	3600	0.0	87.0	89.0	91.0	0.0	89.0	91.0	92.0	79.0	435.0
80.00	1800	0.0	89.0	92.0	90.0	0.0	84.0	87.0	88.5	72.5	435.0
80.00	1200	0.0	91.0	92.0	92.0	0.0	81.0	82.5	85.0	75.0	435.0
80.00	900	0.0	91.0	92.0	92.0	0.0	74.0	84.5	90.0	81.5	610.5
75.00	3600	0.0	88.0	91.0	92.2	0.0	86.5	90.0	91.5	87.5	610.5
75.00	1800	0.0	89.5	90.8	91.5	0.0	81.0	87.0	88.5	89.5	542.5
75.00	1200	0.0	91.5	92.5	92.5	0.0	78.5	89.0	91.0	92.5	542.5
75.00	900	0.0	91.0	92.0	91.5	0.0	78.5	89.0	91.5	110.0	620.5
100.00	3600	0.0	89.5	91.5	92.0	0.0	87.5	91.5	92.0	116.0	870.5
100.00	1800	0.0	90.5	92.0	92.0	0.0	80.0	86.0	87.0	121.0	735.0
100.00	1200	0.0	92.0	93.0	93.0	0.0	78.0	84.0	87.0	121.0	735.0
100.00	900	0.0	92.0	93.0	93.0	0.0	77.5	84.0	87.0	140.0	800.0
125.00	3600	0.0	89.5	91.5	92.0	0.0	84.0	89.0	90.0	140.0	800.0
125.00	1800	0.0	91.0	92.5	92.5	0.0	83.5	89.5	91.0	140.0	800.0
125.00	1200	0.0	92.0	94.0	94.0	0.0	87.5	90.0	91.0	140.0	800.0
150.00	3600	0.0	88.5	90.5	91.5	0.0	89.0	91.0	91.5	176.0	1230.0
150.00	1800	0.0	92.0	93.5	94.0	0.0	82.0	87.5	89.0	176.0	1230.0
150.00	1200	0.0	92.0	93.0	93.0	0.0	86.0	90.0	91.0	174.0	1085.0
200.00	3600	0.0	89.5	91.5	92.5	0.0	89.0	91.0	91.5	231.0	1450.0
200.00	1800	0.0	93.0	94.0	94.0	0.0	80.0	86.0	87.0	240.0	1450.0

NOTA PERFORMANCE LIBRARY DECK NO. 19

MFB MB	ENCL MP	VOLTS 4500.	E F F I C I E N C Y				P O W E R				F A C T O R				FULL LOAD AMPS	LOCKED NOTA AMPS
			MP	RPR	1/4	1/2	3/4	FULL	1/4	1/2	3/4	FULL	FULL	LOCKED		
150.00	2600.	0.0	87.3	90.0	90.3	0.0	89.0	87.0	89.0	87.0	89.0	20.2	120.0			
150.00	1800.	0.0	80.0	80.0	91.3	0.0	78.0	85.0	87.0	87.0	20.2	120.0				
150.00	1200.	0.0	89.0	91.3	91.0	0.0	91.0	91.0	91.0	91.0	21.3	120.0				
150.00	900.	0.0	89.0	90.0	90.3	0.0	70.0	79.0	83.0	83.0	21.3	120.0				
200.00	3600.	0.0	88.0	90.3	91.0	0.0	80.0	87.0	89.0	89.0	20.5	161.0				
200.00	1800.	0.0	90.0	91.3	91.3	0.0	78.0	85.0	87.0	87.0	21.0	161.0				
200.00	1200.	0.0	89.0	90.3	91.0	0.0	73.0	82.0	85.0	85.0	20.2	161.0				
250.00	4500.	0.0	79.0	80.3	91.0	0.0	81.0	88.0	90.0	90.0	27.0	161.0				
250.00	3600.	0.0	89.0	91.3	92.0	0.0	73.0	82.0	85.0	85.0	27.0	201.0				
250.00	1800.	0.0	90.0	91.3	92.0	0.0	74.0	83.0	87.0	87.0	34.0	201.0				
250.00	1200.	0.0	89.3	91.0	91.3	0.0	73.0	82.0	85.0	85.0	34.5	201.0				
300.00	4500.	0.0	89.0	90.3	91.0	0.0	73.0	83.0	86.0	86.0	34.5	201.0				
300.00	3600.	0.0	89.3	92.0	92.3	0.0	81.0	88.0	90.0	90.0	30.5	241.3				
300.00	1800.	0.0	90.0	91.3	92.0	0.0	79.0	84.0	88.0	88.0	39.7	241.3				
300.00	1200.	0.0	89.3	91.0	91.3	0.0	71.0	80.0	87.0	87.0	40.9	241.3				
300.00	900.	0.0	90.0	91.0	92.0	0.0	75.0	84.0	87.0	87.0	40.3	216.0				
350.00	3600.	0.0	90.0	92.3	93.0	0.0	85.0	89.0	91.0	91.0	44.3	282.0				
350.00	1800.	0.0	90.0	91.3	92.0	0.0	75.0	84.0	88.0	88.0	40.0	227.0				
350.00	1200.	0.0	90.0	91.3	92.0	0.0	76.0	83.0	84.0	84.0	47.7	282.0				
350.00	900.	0.0	90.0	91.0	92.0	0.0	76.0	83.0	88.0	88.0	46.6	232.0				
400.00	3600.	0.0	91.3	93.0	93.3	0.0	85.0	89.0	91.0	91.0	50.6	287.3				
400.00	1800.	0.0	90.3	92.0	92.3	0.0	75.0	84.0	88.0	88.0	53.0	362.3				
400.00	1200.	0.0	90.3	92.0	92.3	0.0	76.0	83.0	86.0	86.0	54.1	267.3				
400.00	900.	0.0	90.0	91.0	92.0	0.0	76.0	83.0	88.0	88.0	53.5	317.3				
450.00	3600.	0.0	91.3	93.0	93.3	0.0	85.0	89.0	91.0	91.0	56.9	367.3				
450.00	1800.	0.0	90.3	92.0	92.3	0.0	75.0	84.0	88.0	88.0	59.8	362.3				
450.00	1200.	0.0	90.3	92.3	92.3	0.0	81.0	88.0	91.0	91.0	61.7	333.0				
450.00	900.	0.0	90.3	91.3	92.0	0.0	76.0	83.0	88.0	88.0	59.8	333.0				
500.00	3600.	0.0	91.3	93.0	93.3	0.0	85.0	89.0	91.0	91.0	63.3	339.3				
500.00	1800.	0.0	91.0	93.0	93.0	0.0	80.0	88.0	90.0	90.0	64.1	317.3				
500.00	1200.	0.0	91.3	92.3	92.3	0.0	81.0	86.0	89.0	89.0	65.6	403.0				
500.00	900.	0.0	90.0	92.0	92.0	0.0	76.0	85.0	89.0	89.0	66.7	443.0				
600.00	3600.	0.0	92.3	93.3	94.0	0.0	88.0	91.0	92.0	92.0	76.7	432.0				
600.00	1800.	0.0	92.0	93.0	93.3	0.0	78.0	87.0	89.0	89.0	77.6	484.0				
600.00	1200.	0.0	91.0	93.0	93.3	0.0	81.0	86.0	89.0	89.0	77.6	484.0				
600.00	900.	0.0	91.0	92.0	92.3	0.0	76.0	85.0	88.0	88.0	78.4	484.0				
700.00	3600.	0.0	93.3	94.0	94.0	0.0	88.0	91.0	92.0	92.0	87.3	564.0				
700.00	1800.	0.0	92.0	93.0	93.7	0.0	80.0	87.0	90.0	90.0	89.7	506.0				
700.00	1200.	0.0	91.0	93.0	93.3	0.0	81.0	86.0	89.0	89.0	90.9	564.0				
800.00	3600.	0.0	92.3	93.3	94.0	0.0	92.0	91.0	92.0	92.0	94.9	618.0				
800.00	1800.	0.0	92.0	93.0	93.7	0.0	80.0	87.0	90.0	90.0	102.3	643.0				
800.00	1200.	0.0	91.0	93.0	93.3	0.0	81.0	86.0	89.0	89.0	103.3	635.0				
900.00	3600.	0.0	92.3	93.3	94.0	0.0	92.0	91.0	92.0	92.0	107.7	673.0				
900.00	1800.	0.0	92.0	93.0	93.7	0.0	80.0	87.0	90.0	90.0	119.0	729.0				
1000.00	3600.	0.0	92.3	93.3	94.0	0.0	92.0	91.0	92.0	92.0	119.2	809.0				
1000.00	1800.	0.0	92.0	93.0	93.7	0.0	80.0	87.0	90.0	90.0	127.7	809.0				
1000.00	1200.	0.0	93.0	94.0	94.3	0.0	87.0	90.3	91.2	91.2	0.0	0.0				
1000.00	900.	0.0	92.3	94.0	94.3	0.0	86.0	90.0	92.2	92.2	0.0	0.0				
1200.00	3600.	0.0	92.3	94.0	94.3	0.0	92.2	91.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1200.00	1800.	0.0	92.2	94.0	94.2	0.0	88.0	91.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1200.00	1200.	0.0	92.2	94.0	94.2	0.0	88.0	91.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1500.00	3600.	0.0	93.9	95.0	95.4	0.0	92.0	91.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1500.00	1800.	0.0	94.0	94.1	94.4	0.0	92.4	91.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1500.00	1200.	0.0	92.4	94.1	94.4	0.0	88.0	90.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1500.00	900.	0.0	92.4	94.2	94.4	0.0	88.0	90.0	92.0	92.0	0.0	0.0				
1500.00	0.0	0.0	94.0	95.1	95.5	0.0	87.0	91.0	91.3	91.3	0.0	0.0				

1800.00	3600.	0.0	94.1	95.2	95.6	0.0	87.0	91.0	91.5	0.0	0.0
1800.00	1800.	0.0	92.7	94.4	94.7	0.0	86.3	90.4	92.5	0.0	0.0
2000.00	1800.	0.0	92.7	94.4	94.7	0.0	0.0	90.0	92.0	0.0	0.0
2000.00	900.	0.0	92.6	94.4	94.6	0.0	0.0	0.0	92.2	0.0	0.0
2250.00	3600.	0.0	94.2	95.3	95.7	0.0	87.0	91.0	92.0	0.0	0.0
2250.00	1800.	0.0	92.8	94.5	94.8	0.0	86.4	90.5	92.4	0.0	0.0
2250.00	1200.	0.0	92.8	94.5	94.8	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
1150.00	500.	0.0	92.0	94.4	94.8	0.0	87.0	91.0	92.0	0.0	0.0
1300.00	3600.	0.0	94.2	95.3	95.7	0.0	84.5	90.6	92.6	0.0	0.0
1300.00	1800.	0.0	92.9	94.6	94.9	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
1300.00	1200.	0.0	92.9	94.6	94.9	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
2300.00	900.	0.0	92.8	94.6	94.8	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
3000.00	3600.	0.0	94.3	95.4	95.8	0.0	87.0	91.0	92.0	0.0	0.0
3000.00	1800.	0.0	93.0	94.7	95.0	0.0	86.6	90.7	93.0	0.0	0.0
3000.00	1200.	0.0	93.0	94.7	95.0	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
3000.00	900.	0.0	93.0	94.8	95.0	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
3500.00	3600.	0.0	94.3	95.4	95.8	0.0	87.0	91.0	92.0	0.0	0.0
3500.00	1800.	0.0	93.0	94.7	95.0	0.0	86.6	90.7	93.0	0.0	0.0
3500.00	1200.	0.0	93.0	94.7	95.0	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
3500.00	900.	0.0	93.0	94.8	95.0	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
4000.00	3600.	0.0	94.4	95.5	95.9	0.0	86.0	91.5	92.5	0.0	0.0
4000.00	1800.	0.0	93.1	94.8	95.1	0.0	86.4	90.7	93.0	0.0	0.0
4000.00	1200.	0.0	93.1	94.8	95.1	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
4000.00	900.	0.0	93.1	94.9	95.1	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
4500.00	3600.	0.0	94.5	95.6	96.0	0.0	87.0	91.5	92.5	0.0	0.0
4500.00	1800.	0.0	93.1	94.8	95.1	0.0	86.6	90.7	93.0	0.0	0.0
4500.00	1200.	0.0	93.1	94.8	95.1	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
4500.00	900.	0.0	93.1	94.9	95.1	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
5000.00	3600.	0.0	94.5	95.6	96.0	0.0	88.0	91.5	92.5	0.0	0.0
5000.00	1800.	0.0	93.2	94.9	95.2	0.0	86.4	90.7	93.0	0.0	0.0
5000.00	1200.	0.0	93.2	94.9	95.2	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0
5000.00	900.	0.0	93.2	95.0	95.2	0.0	0.0	0.0	92.0	0.0	0.0

IDENTIFICACION	SERVICIO	VOLTS	DESCRIPCIÓN DE FRENO S. N. F.	DATO DE PLACA	CARGAS INDIVIDUALES				FACTOR DE USO	EPI CEN CIA	FACTO DE POTEN	CARGAS COMBINADAS (MOMENTO DE CARGA 25 MRS EN UNA HORA)			
					CARGA EN OPERACION NORMAL		MÁXIMA DEMANDA					R W	RVA	R W	RVA
					R W	KVA	R W	KVA							
ME-601A	BOMBA DE CARGA A LLENADERAS (NORMAL)	4000	227	280	166.56	200.48	185.07	222.97	1	0.915	0.83	166.56	200.48	185.07	222.97
ME-601	COMPRESOR RECIPROCANTE PILINGO (NORMAL)	4000	160	190	1034.56	1188.24	1149.82	1215.82	1	0.941	0.901	1034.56	1188.24	1149.82	1215.82
---	TRANSFORMADOR TRD-1	4000	---	1170	1170	1400	1170	1400	1	1	0.85	1170	1400	1170	1400
ME-600A	COMPRESOR RECIPROCANTE "SOLBINA" (NORMAL)	4000	409	480	278.48	358.33	331.64	394.81	1	0.920	0.86	278.48	358.33	331.64	394.81
ME-601E	BOMBA DE CARGA A LLENADERAS (SERVO)	4000	227	250	166.56	200.48	185.07	222.97	---	0.915	0.83	---	---	---	---
ME-605	BOMBA DE SERVICIO CONTRA INCENDIO	4000	227	250	166.56	200.48	185.07	222.97	---	0.915	0.83	---	---	---	---
						3505.81		3739.54							
												2404.20			3299.6

ESTUDIO DE CARGAS

SUBSECTOR: C. C. N. DE PLANO.
PRINCIPAL N° 1 EL-902 P

INFORME: H.A.H.L.
ELABORADO POR: ING. E.L.R.
FECHA: 6/1/64

IDENTIFICACION	SERVICIO	VOLTS	DESCR. DE FRECU. B.M.F.	DATO DE PLACA	CARGAS INDIVIDUALES			FACTOR DE U.S.O.	E.F.I. C.I.A.	FACTOR DE POTEH.	CARGAS COMBINADAS				
					CARGA EN OPERACION NORMAL		MÁXIMA DEMANDA				PROMEDIO DE CARGA 24 HRS.		MÁXIMA CARGA EN UNA HORA		
					K.W.	K.V.A.	K.W.				K.V.A.	K.W.	K.V.A.	K.W.	K.V.A.
—	MOTOR AUX. DE ACIPTS PARA EL COMPRESOR A. H. (NORMAL)	440	2.00	3	1.64	2.19	1.83	2.44	1	0.815	0.75	1.64	2.19	1.83	2.44
—	MOTOR AUX. DE ACIPTS PARA EL COMPRESOR A. H. (RELEVU)	440	200	3	1.64	2.19	1.83	2.44	—	0.815	0.75	—	—	—	—
ME-600A	BOMBA ROTORIANA DE VACIO (NORMAL)	440	2.00	3	1.64	2.19	1.83	2.44	1	0.815	0.75	1.64	2.19	1.83	2.44
ME-600B	BOMBA ROTORIANA DE VACIO (RELEVU)	440	2.00	3	1.64	2.19	1.83	2.44	—	0.815	0.75	—	—	—	—
ME-600A	COMPRESOR ROTORIANO DE INSTR. Y PLANTA (NORMAL)	440	65.20	75	48.21	53.56	53.56	57.51	1	0.908	0.90	48.21	53.56	53.56	57.51
ME-603	COMPRESOR ROTORIANO DE INSTR. Y PLANTA (RELEVU)	440	65.20	75	48.21	53.56	53.56	57.51	—	0.908	0.90	—	—	—	—
—	MOTOR AUX. DE ACIPTS PARA EL COMPRESOR R.F. (NORMAL)	440	4.00	5	3.23	4.14	3.57	4.60	1	0.830	0.78	3.23	4.14	3.57	4.60
—	ALIMENTADOR AL CCM-12 (NORMAL)	440	—	400	340	400	340	400	1	1	0.85	340	400	340	400
ME-602A	BOMBA DE REGULACION DE TOROSINA (NORMAL)	440	114.00	125	82.74	92.45	91.93	102.72	1	0.925	0.895	82.74	92.45	91.93	102.72
ME-602B	BOMBA DE REGULACION DE TOROSINA (RELEVU)	440	114.00	125	82.74	92.45	91.93	102.72	—	0.925	0.895	—	—	—	—
—	MOTOR UNIDAD CONDENSADORA AIRE ACOND. (NORMAL)	440	8.00	10	6.24	7.95	6.73	8.84	1	0.860	0.785	6.24	7.95	6.73	8.84
ME-603A	ACIPTS DE PROFUNDO DESE ESPERA A LUNADA. (NORMAL)	440	52.20	60	38.80	44.10	42.79	48.62	1	0.910	0.880	38.80	44.10	42.79	48.62
ME-603B	BOMBA DE PROFUNDO DESE EN LA ALENDA (NORMAL)	440	52.20	60	38.80	44.10	42.79	48.62	1	0.910	0.880	38.80	44.10	42.79	48.62
ME-603C	BOMBA DE PROFUNDO DESE EN LA ALENDA (RELEVU)	440	52.20	60	38.80	44.10	42.79	48.62	—	0.910	0.880	—	—	—	—
—	MOTOR PARA EL ARRANQUE DE UNIDAD (NORMAL)	440	8.00	10	6.24	7.95	6.73	8.84	0.5	0.860	0.785	3.12	3.77	6.73	8.84
—	MOTOR DE UNIDAD CONDENSADORA DE AIRE ACOND. (NORMAL)	440	8.00	10	6.24	7.95	6.73	8.84	1	0.860	0.785	6.24	7.95	6.73	8.84
—	MOTOR DE UNIDAD CONDENSADORA DE AIRE ACOND. (RELEVU)	440	4.00	5	3.23	4.14	3.57	4.60	0.5	0.830	0.78	1.61	2.07	3.57	4.60
—	TRANSF. DE ALIMENTADO DE UNIDAD (NORMAL)	440	—	1000	102.8	168	142.8	168	1	1	0.85	142.8	168	142.8	168
ME-610A	UNIDAD DE PROTECCION UNIDAD (NORMAL)	440	8.00	10	6.24	7.95	6.73	8.84	0.5	0.860	0.785	3.12	3.77	6.73	8.84
ME-610B	UNIDAD DE PROTECCION UNIDAD (RELEVU)	440	8.00	10	6.24	7.95	6.73	8.84	0.5	0.860	0.785	3.12	3.77	6.73	8.84
—	UNIDAD ESPECIAL CONTACTOS EN PLAT. DE COND.	440	26.10	30	19.67	22.12	21.63	24.58	0.75	0.900	0.88	16.60	16.59	21.63	24.58
—	UNIDAD ESPECIAL CONTACTOS EN PLAT. DE COND.	440	26.10	30	19.67	22.12	21.63	24.58	0.75	0.900	0.88	16.60	16.59	21.63	24.58
—	UNIDAD ESPECIAL CONTACTOS EN PLAT. DE COND.	440	26.10	30	19.67	22.12	21.63	24.58	0.75	0.900	0.88	16.60	16.59	21.63	24.58
						115.47		1175.22							
												870.38			957.47

ESTUDIO DE CARGAS

SUBSTACION: **PRINCIPAL**

NO. **11**

EN PLANTA: **EL-904P**

ELABORADO: **H. A. H.L.**

REVISADO: **MRS. E.L.R.**

FECHA: _____

IDENTIFICACION	SERVICIO	VOLTS	DISCRG DE FRENO D.H.P	DATO DE PLACA	CARGAS INDIVIDUALES				FACTON DE U S O	E P I C I A	FACTON DE POTEN	CARGAS COMBINADAS			
					CARGA EN OPE- RACION NORMAL		MAXIMA DEMANDA					PROMEDIO DE CARGA 24 HRS.		MAXIMA CARGA EN UNA HORA	
					K W	KVA	K W	KVA				K W	KVA	K W	KVA
CA-1	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CA-2	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CA-3	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CA-4	ALIM. INV. ESTATICO	220			3	3.52	3	3.52	1	0.85	3	3.52	3	3.52	
CA-5	CAL. DE ESPACIO CCM-1	220			3.75	4.41	3.75	4.41	—	—	—	—	—	—	
CA-6	ALUM. CASA DE COMP.	220			15.30	18	15.30	18	0.75	0.85	15.30	18	15.30	18	
CA-7	ALUMB. CASA DE BOMBAS	220			4.85	5.70	4.85	5.70	0.75	0.85	4.85	5.70	4.85	5.70	
CA-8	TAB. DE ALUMB. TA-GCM	220			9.13	10.74	9.13	10.74	1	0.85	9.13	10.74	9.13	10.74	
CA-9	CONT. 3 ^o EN PLAT. COND.	220			5.22	6.14	5.22	6.14	—	0.85	—	—	—	—	
CA-10	CONT. 3 ^o EN CASA DE B.	220			5.22	6.14	5.22	6.14	—	0.85	—	—	—	—	
CA-11	CONT. 3 ^o EN CASA DE C.	220			5.22	6.14	5.22	6.14	—	0.85	—	—	—	—	
CA-12	RES. CAL. EN IP-1	220			0.30	0.35	0.30	0.35	—	0.85	—	—	—	—	
CA-13	CAL. TANQUE CRIOBENICO	220			40	47	40	47	1	0.85	40	47	40	47	
CA-14	ALIM. CARGADOR DE BAT.	220			1	1.17	1	1.17	1	0.85	1	1.17	1	1.17	
CA-15	SECADOR DE AIRE	220			1	1.17	1	1.17	1	0.85	1	1.17	1	1.17	
CA-16	ALUM. TAB. ALUMB. LL-AT.	220			3.19	3.75	3.19	3.75	0.75	0.85	3.19	3.75	3.19	3.75	
CA-17	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CA-18	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CA-19	ALUMB. EXTERIOR	220			3.8	4.47	3.80	4.47	0.75	0.85	3.8	4.47	3.8	4.47	
CA-20	ALUMB. EXTERIOR	220			3.8	4.47	3.80	4.47	0.75	0.85	3.8	4.47	3.8	4.47	
CA-21	ALUMB. EXTERIOR	220			4.4	5.17	4.4	5.17	0.75	0.85	4.4	5.17	4.4	5.17	
CA-22	ALUMB. EXTERIOR	220			4.84	5.17	4.84	5.17	0.75	0.85	4.84	5.17	4.84	5.17	
CA-23	ALUMB. EXTERIOR	220			3.63	4.15	3.63	4.15	0.75	0.85	3.63	4.15	3.63	4.15	
CA-24	ALUMB. EXTERIOR	220			3.35	3.94	3.35	3.94	0.75	0.85	3.35	3.94	3.35	3.94	
						141.6		181.6				118.40		118.40	

TAB. 051.
DE ALUMB.

TAB. 1

EL-904P

M. PLANI
REVISOR: JNE. E.L.S.
TECN.

ESTUDIO DE CARGAS

M. PROT
DISEÑADOR: M.A.H.L.

IDENTIFICACION	SERVICIO	VOLTS	DISERG DE FRENO B. N. P.	DATO DE PLACA	CARGAS INDIVIDUALES				FACTON DE U S O	EPI CEN	FACTON DE POTEN	CARGAS COMBINADAS			
					CARGA EN OPERACION NORMAL		MAXIMA DEMANDA					PROMEDIO DE CARGA EN UNA HORA		MAXIMA CARGA EN UNA HORA	
					KW	KVA	KW	KVA				KW	KVA	KW	KVA
CA-37-2	ALUMB. EXTERIOR	220			0.5	0.58	0.5	0.58	0.75		0.85	0.5	0.58	0.5	0.58
CA-38-2	TABLERO T-1	220			3.4	4	3.4	4	0.75		0.85	3.4	4	3.4	4
CA-39-2	TABLERO TA-3C	220			1.6	1.88	1.6	1.88	0.75		0.85	1.6	1.88	1.6	1.88
CA-40-2	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
CA-41-2	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
CA-42-2	TABLERO TA-41-C/T-1	220			7.4	8.7	7.4	8.7	0.75		0.85	7.4	8.7	7.4	8.7
CA-43-2	ALUMB. EXTERIOR	220			1.8	2.11	1.8	2.11	0.75		0.85	1.8	2.11	1.8	2.11
CA-44-2	ALUMB. EXTERIOR	220			1.8	2.11	1.8	2.11	0.75		0.85	1.8	2.11	1.8	2.11
CA-45-2	ALUMB. EXTERIOR	220			1.6	1.88	1.6	1.88	0.75		0.85	1.6	1.88	1.6	1.88
CA-46-2	ALUMB. EXTERIOR	220			1.2	1.41	1.2	1.41	0.75		0.85	1.2	1.41	1.2	1.41
CA-47-2	ALUMB. EXTERIOR	220			4.4	5.17	4.4	5.17	0.75		0.85	4.4	5.17	4.4	5.17
CA-48-2	ALUMB. EXTERIOR	220			5.28	6.21	5.28	6.21	0.75		0.85	5.28	6.21	5.28	6.21
CA-49-2	ALUMB. EXTERIOR	220			2.64	3.10	2.64	3.10	0.75		0.85	2.64	3.10	2.64	3.10
CA-50-2	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
CA-51-2	DISPONIBLE	220			—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
CA-52-2	TABLERO T1C	220			1	1.17	1	1.17	1		0.85	1	1.17	1	1.17
CA-53-2	TABLERO T1FC	220			1	1.17	1	1.17	1		0.85	1	1.17	1	1.17
CA-54-2	TABLERO RELEVADORES	220			1	1.17	1	1.17	1		0.85	1	1.17	1	1.17
CA-55-2	VALVULA V30-108	220			0.5	0.58	0.5	0.58	1		0.85	0.5	0.58	1	0.58
CA-56-2	ALIMENT. QUIM. ELEV.	220			1	1.17	1	1.17	—		0.85	—	—	—	—
CA-57-2	CONT. 1ª TORRE ANF.	220			0.4	0.47	0.4	0.47	—		0.85	—	—	—	—
CA-58-2	CONT. 1ª EN. DES.	220			0.2	0.23	0.2	0.23	—		0.85	—	—	—	—
						43.11		43.11					41.24		41.24

ESTUDIO DE CARGAS

TAB. DIST.
DE ALUMB.

TAP-2

EL-903P

IN. PAIS.

CANAL: H.A.M.L.

REVIC: 146.5 K.R.

IN. PROJ.

3.5 LOCALIZACION DE SUBESTACIONES Y CENTROS DE CONTROL Y DISTRIBUCION.

Puesto que la compañía suministradora de energía eléctrica exige que su equipo de medición, se localice próximo al acceso de la Planta, en este caso tenemos la "Planta de Productos - Destilados" adyacente a la "Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G." y las dos estarán alimentadas por la misma subestación. Por consiguiente se tendrá la Subestación próxima al acceso del área de las plantas, con coordenadas Sur 919.27 mts., Este 1,366.35 mts., y estará integrada por el equipo de medición de la compañía suministradora, cuchillas desconectadoras sin carga, cuchillas seccionadoras simples, apartarrayos e interruptor con carga. Debido a que ésta subestación se encuentra tan distante fuera del centro de carga, nos conviene desde el punto de vista técnico económico, localizar en éste sitio el transformador de potencia para distribución a alto voltaje, que consistirá de un transformador de potencia con relación de transformación de 115/13.8 KV., a las boquillas de baja tensión, por medio de un interruptor se accipará un tablero de distribución, denominado Centro de Control y Distribución "TDA".

Como ya se mencionó debido a la disposición de la planta y a la localización de las cargas eléctricas, no se controlarán desde un mismo lugar, pues desde el punto de vista de flexibilidad y economía es más conveniente disponer de centros de control y distribución, adecuadamente localizados, de acuerdo con la concentración de carga y división de áreas.

De acuerdo con la distribución de locales del área de la planta y considerando las funciones de los mismos, su agrupamiento así como su distancia a la subestación principal; el área de las plantas se dividirá en dos, cada una de las cuales será alimentada por un centro de control y distribución como a continuación se describe:

Centro de Control y Distribución de la Planta de Productos Destilados y Centro de Control y Distribución de la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G.

En este trabajo nos ocuparemos del proyecto de la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G. Para reducir la caída de tensión y tener una buena regulación, así como para reducir las pérdidas por efecto Joule y tener mayor economía en los conductores de cobre, se localizará el centro de carga del sistema de la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G., el cual se ha determinado a partir de la carga y coordenadas de cada local, empleando las siguientes expresiones:

$$\text{Coordenadas Norte} = \frac{W_1 Y_1 + W_2 Y_2 + W_3 Y_3 + \dots + W_n Y_n}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n}$$

$$\text{Coordenadas Este} = \frac{W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + \dots + W_n X_n}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n}$$

En donde: W = Carga conectada en Watts de cada local.
 Y = Coordenada Norte en Mts.
 X = Coordenada Este en Mts.

Aplicando las ecuaciones anteriores, se obtuvieron las coordenadas del centro de carga que son: Norte 1180.12 mts. y Este 1380.62 mts. De acuerdo con estas coordenadas, el centro de carga del sistema, queda en una área peligrosa, o sea junto a la casa de bombas y la casa de compresores, por lo que no conviene ubicar en este punto la subestación pues en tal caso sería a prueba de explosión y tendría un costo elevado por ser de fabricación especial. Por consiguiente la localización definitiva de la subestación principal de la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G., se hará adyacente a las oficinas. En este punto la subestación está fuera de áreas peligrosas, por lo tanto será de fabricación estandar.

Debido a la proximidad de áreas peligrosas, esta subestación se alojará en un edificio adecuado y consistirá de un interruptor de potencia tipo removible en aire para servicio interior que estará localizado dentro del edificio y estará acoplado por medio de cables al lado primario de un transformador de potencia con relación de transformación de 13.8/4.16 KV., las boquillas -

del lado de baja tensión, por medio de un interruptor se acoplará un tablero de Distribución denominado Centro de Control y Distribución "CCM-I". De éste CCM-I se alimentarán las cargas que requieran tensión de 4.16 KV., así como el transformador de potencia con relación de transformación 4.16/0.480 KV., de éste transformador las bobinas de baja tensión por medio de un interruptor se acoplará un tablero de Distribución denominado Centro de Control y Distribución "CCM-II" y estará en el mismo local del CCM-I y de la subestación. De las barras de 480 Volts de éste Centro de Control y Distribución, se derivarán los alimentadores para las cargas que requieran este nivel de tensión. En este mismo Centro de Control y Distribución CCM-II se alimenta el Centro de Control y Distribución del área de servicios auxiliares denominado "CCM-12" y está acoplado por medio de un interruptor de capacidad adecuada. También se encuentra en este gabinete al alimentador del transformador de alumbrado de relación de transformación 480/220-127 Volts, de cuyo secundario por medio de un interruptor de capacidad adecuada se acoplará un Centro de Distribución de Alumbrado denominado "TAP-1", para las cargas de alumbrado de las diferentes áreas. Para el alumbrado exterior de la planta, se encuentra dentro de este gabinete un contactor controlado por fotocelda con un Tablero de Distribución de Alumbrado.

Para mayor claridad ver los Diagramas Unifilares, planos No. EL-901P, EL-902P, EL-903P y EL-904P.

3.6 CAPACIDAD DE SUBESTACION Y CENTROS DE CONTROL Y DISTRIBUCION.

Para determinar la capacidad de los transformadores de alumbrado, así como de los Centros de Control y Distribución, se hará a partir de la demanda máxima de cada uno de ellos, más un 30% de la misma para considerar futuras ampliaciones.

Los factores de demanda se han seleccionado considerando el tipo de carga, así como las características de operación de

la misma.

El factor de demanda es igual a la relación de la demanda máxima y la carga total instalada, su valor numérico siempre será menor que la unidad.

La capacidad del transformador de potencia se determinará considerando el factor de diversidad, el cual es igual a la suma de las demandas máximas individuales de las diferentes cargas del sistema entre la demanda máxima de todo el sistema; este factor generalmente varía entre 1.0 y 2.0, dependiendo precisamente de la diversificación en la operación de las cargas.

Por consiguiente la potencia del transformador será igual a la carga instalada por el factor de demanda, dividida entre el factor de diversidad, más un porcentaje para considerar futuras ampliaciones.

A continuación se indica la capacidad requerida para los Centros de Control y Distribución, y de los transformadores de potencia de relación 13.8/4.16 KV. y 4.16/0.480 KV., considerando reserva para futuras ampliaciones.

Para determinar la capacidad de éstos se indica el siguiente procedimiento para estudio de cargas, con sus respectivos listados de datos, así como las hojas de cálculo de estudio de cargas donde se describe dicho procedimiento, ver final inciso 3.4.

Subestación Principal de la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P.G., SUBESTACION 13.8/4.16 KV., "CCM-1".

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Instalada}}$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{\text{Suma de las Demandas Máximas}}{\text{Demanda Máxima Resultante}}$$

$$\text{KVA}_T = \text{Carga Instalada} \times \frac{\text{Factor de Demanda}}{\text{Factor de Diversidad}}$$

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{3293.6}{3505.61} = 0.93$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{3739.54}{3293.60} = 1.13$$

$$\text{KVA}_T = 3505.61 \times \frac{0.93}{1.13} = 2885$$

$$\text{KVA}_T = 2885$$

Por lo tanto considerando una reserva de 30% para cargas futuras, la capacidad de la subestación y en consecuencia del transformador de potencia será de:

$$\text{Capacidad de la Subestación} = 2885 \times 1.30 = 3750 \text{ KVA}$$

Como el transformador comercial inmediato superior es de 5,000 - KVA, se selecciona éste.

CCM-12

La demanda máxima del CCM-12 es de 289.92 KVA, por lo tanto considerando una reserva de 30% para cargas futuras, la capacidad de - CCM-12 será de:

$$\text{Capacidad del CCM-12} = 289.92 \times 1.30 = 376 \text{ KVA}$$

$$\text{Capacidad del CCM-12} \pm 400 \text{ KVA.}$$

SUBESTACION 4.16/0.480 KV, CCM-11

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{959.49}{1115.47} = 0.86$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{1175.32}{959.49} = 1.22$$

$$\text{KVA}_T = 1115.47 \times \frac{0.86}{1.22} = 786.31$$

$$\text{KVA}_T = 786.31$$

Por lo tanto considerando una reserva de 30% para cargas futuras, la capacidad de la subestación y en consecuencia del transformador de potencia será de:

$$\text{Capacidad de la Subestación} = 786.31 \times 1.30 = 1022.20 \text{ KVA}$$

Como el transformador comercial inmediato superior es de 1250 KVA

se selecciona ésta.

De manera similar se calcularon las capacidades de los Tableros de Distribución de Alumbrado y en consecuencia de los transformadores de alumbrado de relación 480/220-127 Volts, siendo las siguientes:

Tablero de Distribución de Alumbrado "TAP-1", con el respectivo Transformador de Alumbrado "TRA" de 150 KVA.

Tablero de Distribución de Alumbrado "TAP-2", con el respectivo Transformador de Alumbrado de 75 KVA.

3.7 SELECCION Y CAPACIDAD DE CABLES ALIMENTADORES.

Para la selección de los alimentadores de baja tensión se toman en consideración los siguientes factores:

- a) Condiciones de instalación
- b) Capacidad de corriente
- c) Tensión de operación
- d) Caída de tensión

a) Para la selección del tipo de aislamiento, se consideran la tensión de operación del circuito, las características del lugar en que se instalen los conductores (humedad, seco, cálido, etc.), la forma en que se instalen (en tubo conduit, en charolas o directamente enterrados), temperatura ambiente, temperatura de operación y economía.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características de los aislamientos para conductores más comúnmente empleados en circuitos de baja tensión:

se selecciona ésta.

De manera similar se calcularon las capacidades de los Tableros de Distribución de Alumbrado y en consecuencia de los transformadores de alumbrado de relación 480/220-127 Volts, siendo las siguientes:

Tablero de Distribución de Alumbrado "TAP-1", con el respectivo Transformador de Alumbrado "TRA" de 150 KVA.

Tablero de Distribución de Alumbrado "TAP-2", con el respectivo Transformador de Alumbrado de 75 KVA.

3.7 SELECCION Y CAPACIDAD DE CABLES ALIMENTADORES.

Para la selección de los alimentadores de baja tensión se toman en consideración los siguientes factores:

- a) Condiciones de instalación
- b) Capacidad de corriente
- c) Tensión de operación
- d) Caída de tensión

a) Para la selección del tipo de aislamiento, se considerará la tensión de operación del circuito, las características del lugar en que se instalen los conductores (humedad, seco, frío, etc.), la forma en que se instalen (en tubo conduit, en charolas o directamente enterrados), temperatura ambiente, temperatura de operación y economía.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características de los aislamientos para conductores más comúnmente empleados en circuitos de baja tensión:

Tabla 3-B

Tipo	Construcción	Aplicación
R	Conductor con aislamiento de hule y cubierta de algodón trenzado, para una temperatura de operación de 60° C.	Para uso general - en locales secos.
RH	Similar al tipo R pero tiene aislamiento de hule resistente al calor y temperatura de operación de 75° C.	Para uso general - en locales, mayor capacidad de corriente que el tipo R.
RHH	Similar al RH, pero más resistente al calor tiene una temperatura de operación de 90° C.	Gran capacidad de corriente para cables mayores del N° 10 AWG.
RW	Similar al R, pero con aislamiento de hule resistente a la humedad, temperatura de operación de 60° C.	Para uso general - en locales secos y mojados, igual capacidad de corriente que el tipo R.
RH-RW	Combina los RH y RW, aislamiento de hule resistente al calor y a la humedad, temperatura de operación 25° C en locales secos y 60° C en locales húmedos.	En los lugares secos tiene la capacidad de corriente del tipo RH y en los locales húmedos la del tipo RW
RHW	Similar al RH-RW tiene una temperatura de operación de 75° C.	En locales secos y mojados tiene la misma capacidad de corriente que el RH.
TW	Conductor con aislamiento de plástico - (cloruro de polivinil) tiene alta resistencia a la corrosión, al calor y a la humedad. Tiene una temperatura de operación de 60° C.	Para locales secos y mojados tienen menor sección que el tipo R, pero ocupa la misma sección de tubo, igual capacidad de corriente que el tipo R.
TWH	Similar al tipo TW, pero tiene mayor resistencia al calor y tiene una temperatura de operación de 75° C.	Para lugares secos y mojados, mayor capacidad de corriente que el tipo TW.

Tipo	Construcción	Aplicación
RU, RUH, y RW	Hule latex, equivalente a los tipos R, RH, RW.	Aplicación corres- pondiente a los ti- pos R, RH, RW.

Existen otros tipos de aislamiento para conductores, como son los aislamientos de asbestos, cambray barnizado, mineral, papel, etc., los cuales tienen aplicaciones más específicas.

Los aislamientos R y T soportan un mínimo de calor, en consecuencia tienen menor capacidad de corriente que otros tipos como los asbestos que tienen grandes temperaturas de operación.

Ya que en este caso no se tienen condiciones extraordinarias de operación, se han seleccionado conductores con aislamiento THW o sus equivalentes como el vinavel 900 que tiene una temperatura de operación de 90° C. Los conductores con aislamiento tipo THW son superiores técnicamente a los tipos R, siendo además más económicos por su construcción sencilla.

b) La capacidad de conducción de corriente para cada conductor con determinado aislamiento y tamaño, se basa en la suposición de que la temperatura ambiente es de 30° C. Y las temperaturas que se indican en la tabla anterior, es la mínima temperatura que el aislamiento del conductor puede alcanzar sin dañarse y será alcanzada cuando el conductor conduzca su corriente normal a la temperatura ambiente de 30° C.

La capacidad de conducción de corriente de un conductor aislado varía directamente con la diferencia entre la temperatura nominal de operación del mismo y la temperatura ambiente del local en que se instale. Por consiguiente cuando la temperatura ambiente es superior a 30° C, la capacidad de conducción real del conductor, será afectada por un factor que depende de la temperatura ambiente del lugar y del tipo de aislamiento. Este factor siempre es menor que la unidad, como a continuación se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3-C

TEMPERATURA DE OPERACION						
	60° C	75° C	90° C	110° C	125° C	200° C
TIPO DE AISLAMIENTO						
TEMP. AMBIENTE C	R, RM, RH, RLW, RH RH-RM, T, TW	RH, RUH RSM, THW Vinanal 900	Papel TA SA, AVB RHH, VV	AVA, AVL.	AI, AIA	A, AA
40	0.82	0.88	0.90	0.94	0.95	-
45	0.71	0.82	0.85	0.90	0.92	-
50	0.51	0.75	0.80	0.87	0.89	-
55	0.41	0.67	0.74	0.83	0.86	-
60	-	0.58	0.67	0.79	0.83	0.91
70	-	0.35	0.52	0.71	0.76	0.87
75	-	-	0.43	0.66	0.72	0.86
80	-	-	0.30	0.61	0.69	0.84
90	-	-	-	0.50	0.61	0.80
100	-	-	-	-	0.51	0.77
120	-	-	-	-	-	0.79
140	-	-	-	-	-	0.59

Otro factor que reduce la capacidad de conducción es el agrupamiento de conductores. Cuando varios conductores instalados en ductos y están en contacto entre sí, tiene menor capacidad de radiación de calor, elevándose la temperatura y en consecuencia se reduce la capacidad de conducción de corriente, en proporción al agrupamiento de los conductores. Cuando se instalan de 4 a 6 conductores en un mismo tubo o canalización la capacidad de conducción de corriente se reduce a 80 de la nominal. Si el número de conductores es de 7 a 24 la capacidad de corriente se reduce a 70% y de 25 a 42 la capacidad de conducción se reduce a 60% de la nominal. Para el número de conductores no se consideran los hilos de retorno o hilo neutro.

La selección del calibre del conductor se hará de acuer-

do con la capacidad de corriente requerida por la carga. En general para cargas que operen continuamente durante largos períodos, como en el caso de alumbrado general los conductores se calcularán para una tolerancia de 25% sobre la corriente nominal. En el caso de alumbrado interior de locales, se considerará un factor de demanda de 100% para el cálculo del alimentador. En el caso de motores en que se pueden presentar sobrecargas admisibles, el calibre del alimentador del circuito derivado para un solo motor se calculará con un 125% de la corriente a plena carga. Cuando se trate de varios motores, el alimentador principal se calculará con 125% de la corriente a plena carga del motor más grande más la suma de corrientes a plena carga del resto de motores. Si se tienen cargas mixtas o sea alumbrado y motores el alimentador se calculará considerando la corriente requerida para alumbrado más 125% de la corriente a plena carga del motor mayor, más la suma de corrientes a plena carga del resto de motores.

c). Como ya se definió al hablar de selección de tensiones se tendrá un sistema de distribución en baja tensión a 480 Volts, del que se alimentarán directamente los motores y transformadores de alumbrado con relación 480/220-127 Volts.

Para el presente proyecto se han seleccionado motores que dado su potencia tendrán una tensión de placa de 440 Volts, las lámparas incandescentes y los reactores de lámparas fluorescentes, así como los aparatos portátiles tienen una tensión nominal de 125 Volts. Los reactores de las lámparas de vapor de mercurio y sodio tienen una tensión nominal de 216 Volts. De lo anterior se deduce que la tensión del sistema es ligeramente superior a la de utilización de los aparatos, lo cual obedece a la conveniencia de tener una tensión de reserva, no para cubrir cambios de naturaleza transitoria de tensión, sino para compensar la caída de tensión a través del transformador, barras, cables alimentadores y circuitos derivados, sobre todo considerando que el sistema es susceptible a ampliarse y en consecuencia la caída de tensión aumentaría. En condiciones normales y de acuerdo con las normas NEMA los equipos eléctricos se fabrican para operar con ciertas tolerancias en la tensión que se les aplica, sin que se

afecte su buen funcionamiento. La tensión de reserva se selecciona considerando que si el circuito en un momento dado no opera a plena carga, los aparatos conectados al mismo no operan a una sobretensión que exceda en 3% a la tensión nominal para aparatos eléctricos que operan a 216-124 Volts. Y 10% para motores a 440 Volts.

d). Otro factor de suma importancia para determinar el calibre requerido de un alimentador, es la caída de tensión pues cuando esta es grande, la tensión de operación del equipo será inferior a la nominal en consecuencia el equipo operará ineficientemente o se quemará, debido a que para potencia constante a menor tensión, mayor corriente y a mayor corriente mayor calor generado por efecto Joule.

Generalmente no es económico proyectar los circuitos con una regulación de 100%, para tal fin las normas y reglamentos eléctricos, permiten tolerancias en la caída de tensión como a continuación se indica:

Alumbrado y Fuerza	Alimentador	2%
	Circuito derivado	3%
	Total:	5%

Por consiguiente el calibre del alimentador para un circuito determinado, será aquel que sea capaz de conducir la corriente a plena carga, sin que su temperatura sobrepase la temperatura máxima del aislamiento y la caída de tensión no exceda a los valores indicados con anterioridad.

La caída de tensión en un alimentador es consecuencia de la impedancia del mismo o sea es la suma vectorial de la caída de tensión por resistencia más la caída de tensión por reactancia. Estas relaciones vectoriales se presentan en el siguiente diagrama, en el que se supone una carga operando a reactor de potencia-
atrazado.

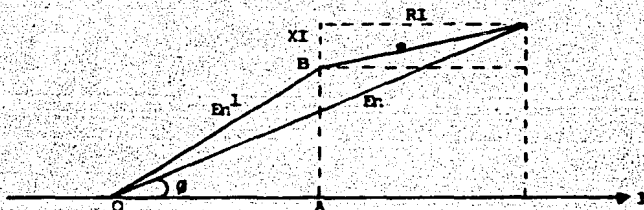


Fig. Nº 3-4

Fig. Nº 3-4

E_n = Tensión inicial al neutro.

E_n^1 = Tensión al final al neutro.

I = Corriente en la línea en amperes.

$\cos \phi$ = Factor de Potencia de la carga.

e = Caída de tensión al neutro, por efecto de reactancia y resistencia óhmica.

R = Resistencia óhmica efectiva al neutro.

X = Reactancia al neutro en Ohms.

$$e = \sqrt{RI^2 + XI^2} \quad \text{(III-1)}$$

$$E_n^1 = \sqrt{OE^2 + AB^2} = \sqrt{(E_n \cos \phi - RI)^2 + (E_n \sin \phi - XI)^2} \quad \text{(III-2)}$$

$$e = E_n - E_n^1$$

Para circuitos con una longitud menor de 100 metros, la caída de tensión por reactancia puede despreciarse, pues el error cometido es insignificante. Por lo tanto partiendo del siguiente diagrama se pueden obtener las fórmulas simplificadas para el cálculo de la caída de tensión. Todas las cargas se alimentarán de un sistema con conexión estrella con neutro a tierra como se indica en la siguiente figura:

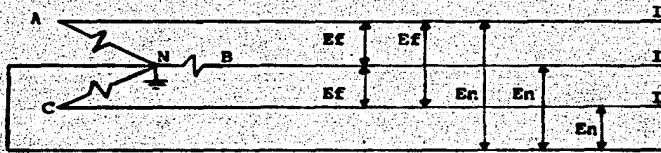


Fig. Nº 3-5

Las ecuaciones se determinarán de las siguientes suposiciones:

W = Potencia en Watts.

I = Corriente en Amps. por conductor.

E_f = Tensión entre fases o hilos de corriente.

E_n = Tensión entre fase y neutro.

e_n = Caída de tensión entre hilo de corriente y neutro.

e_f = Caída de tensión entre fases.

R = Resistencia de un conductor en Ohms.

S = Sección del conductor en mm^2

P = Resistividad del cobre a 60°C , $\frac{1}{50}$ ohm - mm^2/m

L = Distancia al centro de carga en metros.

La caída de tensión se determinará a partir de la siguiente expresión:

$$e_{fX} = \frac{100 e_f}{E_f} \quad (\text{Entre fases})$$

$$e_{nX} = \frac{100 e_n}{E_n} \quad (\text{Fase a neutro})$$

$$\text{La resistencia } R = P \frac{L}{S} = \frac{1}{50} \frac{L}{S} = \frac{L}{50S}$$

1.- Alimentación con una fase, 2 hilos.

$$W = E_n I \cos \phi \quad ; \quad I = \frac{W}{E_n \cos \phi} \quad (\text{III-3})$$

$$e_n = 2 RI = \frac{L}{25} \frac{I}{S}$$

(III-4)

$$e_n X = \frac{L}{25} \frac{I}{S} \times \frac{100}{E_n} = \frac{4 LI}{S E_n}$$

(III-5)

2.- Alimentación con dos fases, 3 hilos

$$W = 2 E_n I \cos \theta; \quad I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta}$$

(III-6)

$$e_n = RI = \frac{L I}{50 S}$$

(III-7)

$$e_n X = \frac{L I}{50 S} \times \frac{100}{E_n} = \frac{2 LI}{E_n S}$$

(III-8)

3.- Alimentación con dos fases, dos hilos

$$W = E_f I \cos \theta; \quad I = \frac{W}{E_f \cos \theta}$$

(III-9)

$$e_f = 2 RI = \frac{2 LI}{50 S}$$

(III-10)

$$e_f X = \frac{2 LI}{50 S} \times \frac{100}{E_f} = \frac{4 LI}{E_f \times S}$$

(III-11)

4.- Alimentación con 3 fases; 3 hilos

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \theta; \quad I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta}$$

(III-12)

$$e_f = \sqrt{3} RI = \frac{\sqrt{3} I L}{50 S}$$

(III-13)

$$e_f X = \frac{\sqrt{3} I L}{50 S} \times \frac{100}{E_f} = \frac{2 \sqrt{3} LI}{E_f \times S}$$

(III-14)

5.- Alimentación con 3 fases, 4 hilos

$$W = 3 E_n \cos \theta; \quad I = \frac{W}{3 E_n \cos \theta}$$

(III-15)

$$e_n = RI = \frac{LI}{50 S}$$

(III-16)

$$e_n X = \frac{LI}{50 S} \times \frac{100}{E_n} = \frac{2 LI}{E_n S}$$

(III-17)

Cálculo del alimentador para el tablero de alumbrado - TA-CCM., en el cuarto de control.- la alimentación se hace desde el tablero de distribución de alumbrado TAP-1. Las características del circuito son las siguientes: 9,130 Watts, alimentación 3 fases, 4 hilos, 220/127 Volts, cuatro conductores en tubo conduit metálico, longitud del circuito 20 mts., temperatura ambiente - 30° C.

a) Por corriente, de acuerdo con la fórmula (III-15).

$$I = \frac{W}{3 \cdot E_n \cdot \cos \theta} = \frac{9130}{3 \cdot 127 \cdot 0.85} = 28.19 \text{ Amps.}$$

De acuerdo con las tablas de fabricantes de conductores, para esta corriente y considerando conductor con aislamiento THW. Considerando además que no hay factor de corrección por temperatura si por agrupamiento de conductores, se tiene que el calibre requerido es Nº 10 A.W.G.

b) Por caída de tensión, considerando solamente resistencia, ya que la longitud es menor de 100 mts. De acuerdo a la ecuación III-17 se tiene que la sección requerida para que la caída de tensión no exceda del 2%, es:

$$S = \frac{2 \cdot LI}{E_n \cdot \cos^2 \theta} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 28.19}{127^2 \cdot 0.85^2} = 4.43 \text{ mm}^2$$

El calibre del conductor con una sección próxima superior al valor calculado es el Nº 10 A.W.G. que tiene una sección de 6.83 mm². Ya que por corriente y por caída de tensión da el calibre Nº 10 A.W.G. éste será el calibre definitivo.

Para 4 conductores del Nº 10 A.W.G. en un mismo tubo, y considerando un factor de relleno de acuerdo con la tabla 3-a es de 40%, sabiendo que el área total del conductor aislada es de 13.99 mm², el conduit requerido será:

$$\begin{aligned} \text{Área tubo conduit} &= \frac{\text{Área de conductores}}{\text{Factor de Relleno}} \\ &= \frac{4 \cdot 13.99}{0.40} = 139.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Para esta sección se requiere tubo conduit de 19 mm. de diámetro interior.

Cálculo del alimentador para el centro de control de motores CCM-11. La alimentación se efectuará del transformador TRD-1, 4.16/0.48 KV, con las siguientes características:

La carga total será de 1102 H.P. o sea 4 motores de 3 H.P., 2 de 5 H.P., 8 de 10 H.P., 3 de 60 H.P., 2 de 75 H.P., 2 de 125 H.P., un alimentador del CCM-12 de 400 KVA, alimentación a 3 fases, 3 hilos, 480 Volts. Se dispondrán de 4 conductores por fase alojados en 4 tubos 3 por tubo. La longitud del circuito es de 30 mts., temperatura ambiente 30° C.

a). Por corriente. De acuerdo con lo expresado con anterioridad al hablar de capacidad de conducción de corriente, la capacidad del alimentador será:

$I = 1.25 I_{p.c.}$ Motor mayor + $I_{p.c.}$ otros motores.

$I_{p.c.}$ = corriente a plena carga del motor.

Cuando desarrolla su potencia nominal a tensión nominal, la cual se obtiene de tablas o directamente de las siguientes expresiones:

$$I_{p.c.} = \frac{HP. \times 746}{\sqrt{3} \times E \times N \times F.P.} \quad (\text{motor trifásico})$$

en donde: H.P. = Potencia del motor en caballos

E = Tensión de placa en Volts

N = Eficiencia

F.P. = Factor de potencia.

A partir de tablas la corriente a plena carga de un motor de 125-H.P. es de 163 Amps., del de 3 de 5 Amps., del de 5 de 7.9 Amps., del de 10 de 15 Amps., del de 60 de 80 Amps., del de 75 de 100 Amps., del de 25 de 36 Amps., del de 100 de 130 Amps., la corriente de 400 KVA es de 481 Amps. y la de 168 KVA es de 202 Amps., por lo que:

$$I = 163 \times 1.25 + 4 \times 5 + 2 \times 7.9 + 8 \times 15 + 3 \times 80 + 2 \times 100 + 163 + 36 + 130 + 481 + 202 = 1811 \text{ Amps.}$$

Como vemos la corriente es muy grande por lo que procedemos a dividir esta entre 4 conductores que nos dá de 452 Amps.- Para esta corriente el calibre requerido del conductor con aislamiento tipo THW; teniendo en cuenta que no hay factor de corrección de temperatura ni de agrupamiento de conductores, es de 750 M.C.M., que conduce 505 Amps., ó sea el circuito será de 4 conductores por fase de 750 M.C.M., por lo que el circuito será de 12 conductores de 750 M.C.M.

b) Por caída de tensión considerando solamente resistencia y a partir de la ecuación (III-14) se tiene que la sección requerida para que la caída de tensión no sea mayor de 2%, es:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} \times I \times L}{Kf \times e\%} = \frac{2 \times 1.73 \times 452 \times 30}{480 \times 2} = 48.92 \text{ mm}^2$$

El calibre del conductor próximo al valor calculado es el calibre No 1/0 A.W.G., ya que este calibre resultó menor al calculado por corriente que es de 750 M.C.M., por consiguiente el calibre correcto será el calculado por corriente.

La sección de cada uno de los cuatro conduits, llevando 3 conductores de 750 M.C.M., cada uno de área exterior de 754.7 mm² y considerando un factor de relleno de acuerdo con la tabla 3-a es de 43%, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Area tubo conduit} &= \frac{\text{Area de conductores}}{\text{Factor de relleno}} \\ &= \frac{3 \times 754.7}{0.43} = 5265.34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Se utilizarán 4 tubos de 101 mm. de diámetro interior - cada uno.

Cálculo del alimentador de la bomba de propano ME-603A. La alimentación se hace desde el centro de control y distribución CCM-11. Las características del circuito son las siguientes:

Capacidad 60 H.P., alimentación 3 fases, 3 hilos, 480 - Volts., 3 conductores en tubo conduit metálico, longitud del circuito 164 mts. temperatura ambiente 30° C.

- a) Por corriente, cuando desarrolla su potencia nominal a tensión nominal, la cual se obtiene de tablas o directamente de la siguiente expresión.

$$I_{p.c} = \frac{H.P. \times 746}{\sqrt{3} \times E \times N \times F.P.}$$

A partir de tablas la corriente a plena carga de un motor de 60 - H.P. es de 72.5 Amps., $I_c = 72.5 \times 1.25 = 90.62$ Amps.

Para esta corriente y considerando que no hay factor de corrección por temperatura ni por agrupamiento de conductores, el calibre del conductor con aislamiento tipo THW es el Nº 2 A.W.G.

- b) Por caída de tensión, considerando resistencia y reactancia del circuito, ya que en este caso la longitud del circuito es bastante considerable. A partir de la ecuación (III-1) y de las características del cable Nº 2 A.W.G. se tiene:

Reactancia para cable en ducto metálico a 60 c.p.s. = 0.017 $\frac{\text{ohms}}{100\text{m}}$

Resistencia C.A. a 60° C = 0.067 ohm/100

Para una longitud de 164 mts.

$$X = 0.017 \times 1.64 = 0.027 \text{ Ohms.}$$

$$R = 0.067 \times 1.64 = 0.109 \text{ Ohms.}$$

$$RI = 0.109 \times 72.5 = 7.9 \text{ Volts.}$$

$$XI = 0.027 \times 72.5 = 1.95 \text{ Volts.}$$

Sustituyendo en la ecuación (III-1) se tiene:

$$e = \sqrt{(7.9)^2 + (1.95)^2} = 8.13 \text{ Volts}$$

La caída de tensión será:

$$\text{en\%} = \frac{8.13 \times 100}{480 / \sqrt{3}} = 2.93\%$$

Puesto que la caída de tensión para el calibre Nº 2 - A.W.G., es menor del 3% éste calibre será el definitivo para el alimentador.

La sección del tubo conduit, para 3 conductores Nº 2 -

A.W.G. de área total de 89.42 mm² incluyendo aislamiento, considerando un factor de relleno de 43%, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Área de tubo conduit} &= \frac{\text{Área de conductores}}{\text{Factor de relleno}} \\ &= \frac{3 \times 89.42}{0.43} = 623.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Se empleará un tubo conduit de 32 mm. de diámetro.

De manera análoga se procedió para determinar el calibre de los demás alimentadores del resto de tableros de alumbrado, circuitos derivados de motores y centros de control y distribución restantes.

Se presenta el plano EL-913P "Cédula de Cable y tubo Conduit", como ejemplo de aplicación en el proyecto. En este plano no se presentan algunos de los circuitos de todo el proyecto.

CALCULO DE ALIMENTADORES DE 5 Y 15 KV.

Para la selección de alimentadores de 5 y 15 KV se tomarán en consideración los siguientes conceptos básicos:

a). Capacidad de conducción a plena carga. En este factor se deben considerar los siguientes parámetros: corriente nominal del circuito, temperatura máxima permisible del conductor en operación continua, temperatura ambiente, pérdidas en el conductor por efecto superficial y de proximidad, pérdidas en el dieléctrico por efecto capacitivo, pérdidas producidas por corrientes circulantes y parásitas en los recubrimientos metálicos del cable, también se considera resistividad térmica del medio a través del cual se disipan las pérdidas del cable, tipo de aislamiento y tamaño, profundidad de instalación y agrupamiento de conductores.

b). Capacidad de sobrecarga, la cual es función de la temperatura máxima en el conductor que soporta el aislamiento sin que se deteriore, considerando la temperatura en el dieléctrico,-

en los recubrimientos del cable y el medio externo.

c). Caída de tensión y regulación. Considerando los - parámetros, resistencia del conductor a la temperatura de operación, reactancia inductiva del circuito, corriente a plena carga, factor de potencia a plena carga y longitud del circuito.

d). Capacidad de corto circuito. La capacidad de corto circuito de un cable aislado, es independiente de la tensión - de operación y para su cálculo solamente se considera, sección - transversal del conductor, temperatura máxima que soporte el aislamiento en periodos de corto circuito y temperatura de operación al ocurrir el corto circuito.

El cálculo de la corriente de corto circuito, que puede soportar un cable considerando el aspecto térmico se basa en la - hipótesis de que, dada la brevísima duración del corto circuito, todo el calor generado por el paso de dicha corriente se acumula en el conductor.

De acuerdo a lo anterior y conociendo la corriente a su - suministrar, por medio de curvas de corriente para cables de cobre se calcula el calibre del conductor de la gráfica N^o 20 mostrada en la fig. N^o 3-6 para cable tipo (EPR-XLP) instalado en ductos - de asbesto cemento subterráneos y pantallas a tierra, el cual se emplea en nuestros alimentadores del proyecto.

Además de los factores de corrección, se proporciona la gráfica N^o 35 de la fig. N^o 3-7, de corriente para cables de co- - bre en condiciones de régimen transitorio (sobrecarga y corto cir- - cuito) para diferentes tipos de operación de los equipos de pro- - tección correspondientes.

Cabe mencionar la función de la pantalla a tierra, es - una pantalla de blindaje, que consiste en una cinta delgada de co- - bre en espiral aplicada sobre el aislamiento, su principal objeti- - vo es uniformizar el campo dentro del aislamiento, obteniéndose - por lo tanto una distribución simétrica de gradiente de tensión, - evitando al máximo la ionización del aire. El cable aislado pro-

en los recubrimientos del cable y el medio externo.

c). Caída de tensión y regulación. Considerando los - parámetros, resistencia del conductor a la temperatura de operación, reactancia inductiva del circuito, corriente a plena carga, factor de potencia a plena carga y longitud del circuito.

d). Capacidad de corto circuito. La capacidad de corto circuito de un cable aislado, es independiente de la tensión - de operación y para su cálculo solamente se considera, sección - transversal del conductor, temperatura máxima que soporte el aislamiento en periodos de corto circuito y temperatura de operación al ocurrir el corto circuito.

El cálculo de la corriente de corto circuito, que puede soportar un cable considerando el aspecto térmico se basa en la - hipótesis de que, dada la brevísima duración del corto circuito, todo el calor generado por el paso de dicha corriente se acumula en el conductor.

De acuerdo a lo anterior y conociendo la corriente a su - suministrar, por medio de curvas de corriente para cables de cobre se calcula el calibre del conductor de la gráfica N° 20 mostrada en la fig. N° 3-6 para cable tipo (EPR-XLP) instalado en ductos - de asbesto cemento subterráneos y pantallas a tierra, el cual se emplea en nuestros alimentadores del proyecto.

Además de los factores de corrección, se proporciona la gráfica N° 35 de la fig. N° 3-7, de corriente para cables de cobre en condiciones de régimen transitorio (sobrecarga y corto circuito) para diferentes tipos de operación de los equipos de protección correspondientes.

Cabe mencionar la función de la pantalla a tierra, es - una pantalla de blindaje, que consiste en una cinta delgada de cobre en espiral aplicada sobre el aislamiento, su principal objetivo es uniformizar el campo dentro del aislamiento, obteniéndose - por lo tanto una distribución simétrica de gradiente de tensión, evitando al máximo la ionización del aire. El cable aislado pro-

visto con pantalla de blindaje, se comporta como un transformador, pues al pasar de una corriente alterna se produce un flujo magnético, el cual se encadena en parte con la pantalla, y por lo tanto se induce en ella una tensión con respecto a tierra, por esta razón la pantalla deberá aterrizararse por lo menos en dos puntos, para seguridad del personal que los maneja. Al aterrizar la pantalla circulará una corriente a través del circuito formado por la misma tierra, produciéndose pérdidas adicionales que elevarán la temperatura del aislamiento, la cual deberá considerarse al determinar la capacidad de conducción del cable.

Se desarrollará el procedimiento que se utilizó para seleccionar el alimentador principal CFA-3 para el transformador TRP I de relación 13.8/4.16 KV. La alimentación se hace desde el tablero "TDA", las características del circuito con las siguientes:

Carga total instalada 3505.61 KVA.

Circuito trifásico a 3 hilos, 13.8 KV., longitud 400 mts.

El transformador tiene una capacidad de servicio de 5000/5600 KVA, con enfriamiento tipo OA/FA-PUT y a 55° C/65° C.

Para tener una mayor seguridad de continuidad de servicio de los conductores, así como del equipo instalado, efectuaremos los cálculos considerando la máxima potencia del transformador.

Se calcula la corriente nominal que depende de la carga conectada, para nuestro caso depende de la máxima capacidad del transformador.

Esta corriente se calcula mediante la expresión siguiente:

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} KV} \therefore I_n = \frac{5600 KVA}{1.732 \times 13.8 KV} = 234.29 \text{ Amps.}$$

Afectando esta corriente por los factores de corrección que nos proporciona el catálogo Condumex (capacidad de conducción de corriente en cables aislados) obtenemos la corriente corregida, o capacidad del conductor.

- a) Factor de agrupamiento (FA) = 0.61
 b) Factor de temperatura (FT) = 0.97
 c) Factor de corrección por incremento en la profundidad de instalación. (FP) = 1
 d) Factor de corrección por variación de la resistividad térmica del terreno. (FR) = 1

$$\text{Suponiendo } RHO = \frac{120^{\circ} C \times C_m}{\text{Watts}} \quad 6 \text{ Ohm-m}$$

Una vez encotrados estos factores obtenemos la corriente corregida.

$$I_c = \frac{I_n}{FA \times FP \times FT \times FR} = \frac{234.29}{0.61 \times 0.97 \times 1 \times 1} = 396 \text{ Amp.}$$

Con esta corriente entramos en la gráfica No 20 (corrientes en cables de energía unipolares, con aislamiento extruido (EPR-XLP) instalados en ductos subterráneos y pantallas a tierra).

Observamos en la gráfica No. 20 que el calibre No. 500-MCM por capacidad de conducción en el indicado ya que conduce - 450 Amperes.

VERIFICACION DE LA REGULACION. (Reg.)*

$$\% \text{ Reg.} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100$$

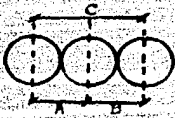
$$V = I \sqrt{(R_{90} \cos \theta + X_L \sin \theta)}$$

$$R_{90} = R_{20} (1 - \alpha \Delta T)$$

Donde:

- | | | |
|----------|---|--|
| V_n | = Voltaje del sistema (al neutro). | = 13800/ $\sqrt{3}$ |
| I | = Corriente a plena carga. | = 235 Amps. |
| l | = Longitud del circuito | = 400 m. = 0.4 Km |
| R_{20} | = Resistencia a 20°C del cable de cobre | = 0.0694 Ohms/Km ** |
| X_L | = Reactancia inductiva del cable de cobre | = (su valor se obtiene a continuación) |
| α | = Coeficiente de temperatura del cobre | = 0.00393/°C *** |

- $\cos \theta$ = Factor de potencia del sistema = 0.8
 ΔT = Diferencia de temperatura = 70°C
 $\therefore R_{90}$ = $0.694 (1 + 0.00393 \times 70)$
 = $0.694 (1.275) = 0.884 \text{ Ohm/Km}$
 X_L = $2 \pi f L$
 L = Inductancia = $4.06 \text{ Log. } \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}} \times 10^{-4} \text{ Hy/Km.}$
 DMG = Diámetro medio geométrico



$$\text{DMG} = \sqrt[3]{A \times B \times 2C}$$

$$= \sqrt[3]{2 D D D} = \sqrt[3]{2} D = 1.26 D$$

- * Fórmula tomada de la pub. IT044-0676 "Selección de calibre - de cables de energía con aislamiento sólido" de Conductores Monterrey, S.A.
- ** Tabla de la pub. cat. 003-0976 página 56 "Cables de energía I-69 Kv" de Conductores Monterrey, S.A.
- *** Tabla 3 sec. 4-34 del "Manual Standard del Ingeniero Electricista" Vol. I por A.E. Knowlton.

- D = 33 mm (cat. 003-0976, pag. 23 C.M. cable de cobre 15 KV)
 DMG = $1.26 \times 33 = 41.58 \text{ mm.}$
 RMG = radio medio geométrico = $r \times k$
 r = radio exterior del conductor = 10.5 mm.
 k = Cts. de acuerdo al número de hilos.
 k_{37} = 0.768

$$\text{RMG} = 0.768 \times 10.5 = 8.064$$

$$\therefore X_L = 2 \times 3.1416 \times 60 \times 4.06 \times \text{Log. } \frac{41.58}{8.064} \times 10^{-4}$$

$$= 1530.58 \times \text{Log. } 5.1516 \times 10^{-4}$$

$$= 1530.58 \times 0.7123 \times 10^{-4}$$

$$X_L = 0.1090 \text{ Ohms/Km.}$$

$$\Delta V = I \cdot (R_{90} \cos \theta + X_L \sin \theta)$$

$$\Delta V = 235 \times 0.4 (0.1107 \times 0.8 + 0.1090 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 14.47$$

Así:

$$\% \text{ Reg.} = \frac{\Delta V}{V_R} \times 100$$

$$= \frac{14.47 \sqrt{3}}{13800} \times 100 = 0.1816$$

$$\% \text{ Reg.} = 0.1816$$

$$0.1816 \lll 2\%$$

Procediendo de igual forma para cada uno de los circuitos alimentadores, obtenemos los resultados que aparecen en los planos EL-901P, EL-902P, EL-903P, EL-904P (diagramas unifilares), donde podemos observar el calibre del conductor adecuado para cada circuito calculado por capacidad de conducción de corriente en cables aislados.

En el caso de tensiones altas la corriente es baja y se tiene longitud pequeña no se considera caída de tensión, sin embargo la sección del conductor determinada por capacidad de corriente, puede ser modificada de acuerdo con la capacidad de corto circuito.

De acuerdo a lo anterior, cabe mencionar que el menor calibre que se permite utilizar en estos niveles de tensión es el conductor calibre Nº 2/0 AWG. Ya que según la gráfica Nº 35, para una potencia de falla de 250 MVA simétricos a una tensión de 4.16 KV, encontramos una corriente de corto circuito a este nivel de 34,737 Amps., simétricos del sistema, con ésta corriente y suponiendo que una falla persiste durante 5 ciclos como máximo, encontramos en la gráfica antes mencionada y encontramos que el calibre mínimo para estos niveles es de calibre Nº 2/0 AWG.

CONDUCTOR NEUTRO.

Este conductor es necesario, tanto para poder disponer de la tensión de fase (V_n) ó tensión al neutro, como para llevar-

la corriente de desbalanceo de un circuito. Este conductor neutro hace contacto con tierra solamente en la subestación. No se aterriza en ningún otro punto de la instalación eléctrica, para así evitar que circule corriente en forma permanente por el conductor de conexión a tierra.

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

SELECCION DEL CONDUCTOR NEUTRO.

Se selecciona en tres casos diferentes, de acuerdo a lo que se establece a continuación:

- 1).- En un circuito monofásico a dos hilos (fase y neutro) o a tres hilos (2 fases y neutro), el conductor neutro debe ser del mismo calibre del conductor de fase, ya que en ambos casos, está llevando la misma corriente de fase; es decir, no es propiamente "neutro", pues se convierte en conductor activo.
- 2).- En un circuito trifásico prácticamente balanceado, como puede ser un tablero de alumbrado con la mayoría de sus circuitos derivados alimentados a tensión de fase (127 Volts), el conductor neutro se selecciona de tal manera que su capacidad sea para la corriente demandada por el circuito y no sea menor del 50% de la capacidad del conductor de fase. Así se garantiza que en un caso crítico, cuando sólo una ó dos fases están operando, el conductor neutro queda sobrecargado.
- 3).- En un circuito trifásico normalmente balanceado, el calibre del conductor neutro se elige de tal modo que su capacidad sea un tercio de la del conductor de fase. La capacidad del neutro así calculada puede llevar con un amplio margen una posible corriente de desbalanceo normal. Si llega a ocurrir un desbalanceo mayor, que pudiera sobrecargar al neutro, el interruptor que protege al circuito debe abrir.

GRAFICA 20

CORRIENTES EN CABLES DE ENERGIA UNIPOLARES, CON AISLAMIENTO EXTRUIDO (EPR-XLP) INSTALADOS EN DUCTOS SUBTERRANEOS Y PANTALLAS A TIERRA

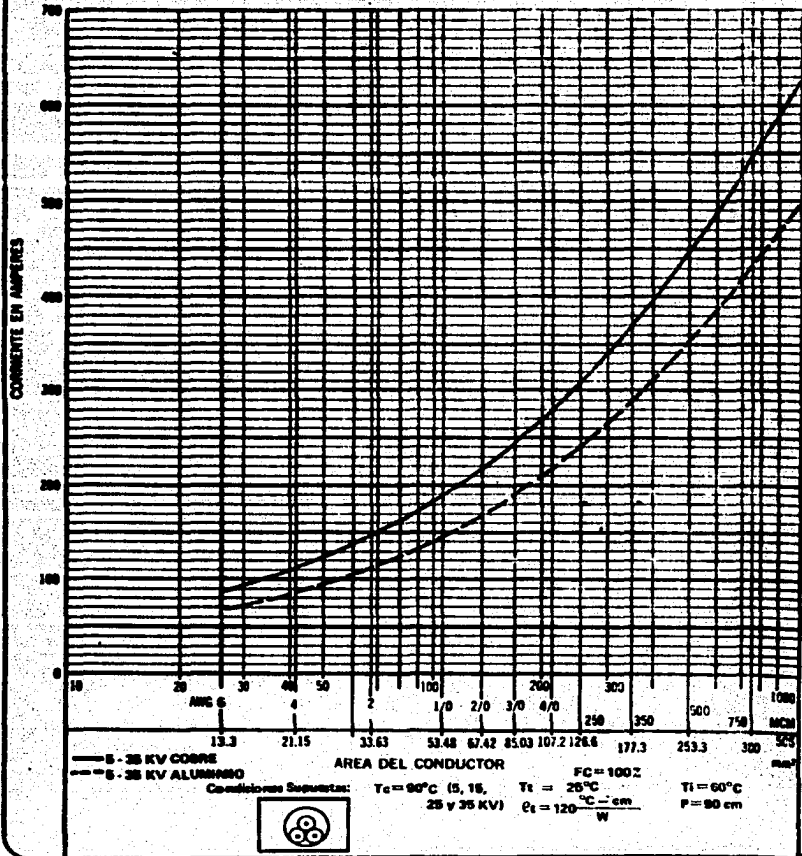


Fig. No 3-6

GRAFICA 35

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE

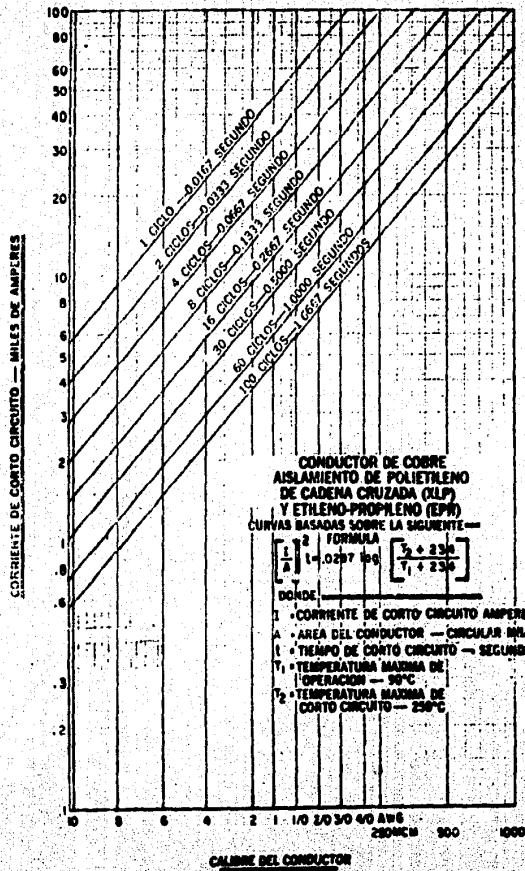


Fig. No. 3-3

GRAFICA 35

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE

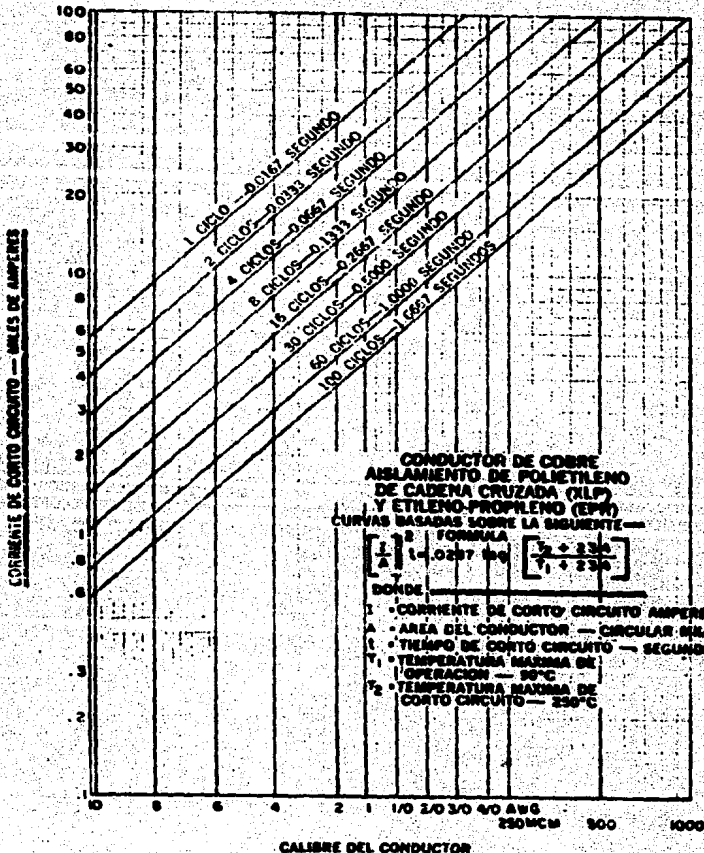


Fig. No. 3-3

3.8 SELECCION DE INTERRUPTORES.

Un interruptor es un dispositivo que controla el flujo de corriente eléctrica a través de un circuito determinado. Este dispositivo debe llevar las siguientes funciones:

- a) Conducir la corriente normal del circuito sin sobrecalentarse.
- b) Desconectar sin peligro el circuito bajo condiciones normales ó anormales a voluntad del operario.
- c) Proporcionar protección contra sobrecargas.
- d) Protección contra circuito corto.

En general los interruptores se pueden clasificar en interruptores de potencia ó alta tensión y en interruptores de baja tensión y de acuerdo con la manera de detectar la falla de sobrecarga y corte circuito, los interruptores pueden ser: a) de acción indirecta por medio de relevadores. b) Dispositivos de acción directa. c) Por fusibles.

Los interruptores con acción indirecta, son actuados por relevadores, los cuales son instalados en el sistema para detectar la falla y completar el circuito de disparo del interruptor. Los relevadores pueden ser dispositivos que responden solamente a la magnitud de la sobrecorriente ó bien pueden tener una combinación de bobinas de corriente ó potencial, para detectar dirección de corriente, balance de corrientes, diferencia de corriente, distancia, etc. La mayoría de los relevadores operan a través del secundario de transformadores de corriente o potencial. Los relevadores proveen la mejor protección y son contruidos con un mayor grado de exactitud que los fusibles o dispositivos de acción directa, además son ajustables tanto en corriente como en tiempo.

Los dispositivos de disparo de acción directa, se montan directamente en el interruptor y son asociados para el disparo por acción mecánica directa, en respuesta a la magnitud de la corriente del circuito. El dispositivo de disparo de acción directa puede ser operado por la atracción de la armadura por la

fuerza electromagnética creada por la corriente de falla que fluye a través de la bobina en serie o bien por una tira bimetalica actuada por el calor generado por la corriente de falla. Los dispositivos de disparo de acción directa, generalmente se usan en interruptores de potencia, en pequeñas instalaciones solamente como protección contra corto-circuito. Estos son menos exactos que los relevadores en su característica corriente-tiempo. En los interruptores de baja tensión (menos de 600 V.) los dispositivos de disparo de acción directa son electromagnéticos, la armadura es del tipo embisagrada y es actuada por el flujo de corriente que circula a través de la bobina en serie con el circuito, dicha armadura acciona el mecanismo cuya operación rápida se obtiene por medio de un resorte que abre o cierra los contactos del interruptor en forma simultánea. La operación de los dispositivos de disparo de acción directa, pueden ser: 1) Instantáneas. 2) Con retardo de tiempo corto y largo. 3) Instantáneo con retardo de tiempo corto o largo. 4) Instantáneo con retardo de tiempo corto y largo. El dispositivo de tiempo largo se puede calibrar de 80 a 160% del rango de la bobina de disparo y el de tiempo corto de 2 a 10 veces el rango de la bobina de disparo o corriente nominal del interruptor.

El dispositivo de disparo de acción directa tipo término en combinación con el dispositivo de disparo instantáneo magnético, se usan comúnmente en interruptores de baja tensión denominados de "caja moldeada", para proveer protección de operación de tiempo retardado cuando la sobrecarga es moderada y operación instantánea para corrientes de corto circuito de gran magnitud. El elemento térmico generalmente es no ajustable después de su instalación y el elemento instantáneo puede ser ajustable o no ajustable. El conjunto de estos dos elementos integran el interruptor termomagnético, los cuales están armados dentro de una caja aislante, la cual sirve también como bastidor, hecha de material fenólico moldeado. Estos interruptores generalmente se construyen para una corriente nominal de 10 a 1000 Amperes.

Los fusibles son dispositivos operados térmicamente que combinan las funciones de detección de falla y apertura del cir-

cuito en un dispositivo, se usan tanto en alta como en baja tensión. Tienen la desventaja de no ser ajustables y de operación lenta en valores bajos de corriente de corto-circuito, son menos exactos que los relevadores pero comparables con interruptores de acción directa de baja tensión cuando se trata de altas corrientes y superiores a ellos en circuitos de bajas corrientes.

Debido a que se funden en menos de medio ciclo, están sujetos a altos valores de corriente de falla, por consiguiente se produce el arco, el cual puede alcanzar su valor cresta, a menos de que se extinga antes, cuando esto se hace los fusibles se denominan "Limitadores de corriente".

La mayoría de los fusibles están autoprotectidos, es decir, que son capaces de extinguir el arco para cualquier valor de corriente dentro de su límite de capacidad interruptiva.

Los fusibles tienen las siguientes desventajas sobre los interruptores: posible operación monofásica, tiempo de disparo no ajustable, limitación en la selección de característica corriente-tiempo, limitado a una operación, por ser dispositivo térmico es afectado por la temperatura ambiente, su rápida operación hace difícil la coordinación con otros elementos de protección.

Sin embargo cuando se trata de bajas capacidades no sujetas a grandes fluctuaciones de corriente, por su economía y simplicidad, los fusibles se recomiendan combinados con desconectadores en grupo. El elemento desconectador se instala para conectar y desconectar la carga con toda seguridad a voluntad del operario, por consiguiente debe tener capacidad interruptiva adecuada para llevar a cabo su función. Los fusibles detectarán e interrumpirán las sobrecargas y cortos circuitos que puedan presentarse.

Para el presente proyecto puesto que la capacidad instalada es grande y la operación de apertura o cierre la efectuarán con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), se instalaron interruptores de potencia con acción indirecta, actuados por relevadores.

En los niveles de 13.8 KV. y 4.16 KV., en el primario y secundario de los transformadores de potencia, se instalarán interruptores de potencia con acción indirecta, actuados por relevadores ya que la operación de apertura o cierre lo efectuarán con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), teniendo en cuenta las siguientes características:

- Tensión normal de operación
- Corriente nominal
- Capacidad interruptiva en MVA.

El cálculo del interruptor del transformador de potencia "TRD-I" 4.16/0.48 KV se observa en los ejemplos 2 y 4 posteriormente descritos.

La protección de baja tensión del transformador de potencia se efectuará por medio de interruptor electromagnético en aire de operación manual y eléctrica. Por lo que respecta a circuitos derivados que alimentan tanto cargas de motores como alumbrado, se protegerán con interruptores termomagnéticos de caja moldeada.

Las características fundamentales de un interruptor para proteger determinado circuito, debe satisfacer con su designación de corrientes de corto-circuito. La designación de corriente nominal y la calibración de los interruptores está en función de los requerimientos de la carga, como a continuación se indica:

Capacidad continua de corriente.

Circuitos derivados.- Los interruptores automáticos no ajustables para protección contra sobrecorriente de un circuito derivado que alimente cargas que no sean motores, deberán tener una capacidad nominal de acuerdo con la corriente permisible en los conductores. Si la corriente permisible en los conductores no corresponde a un interruptor de capacidad normal, se usará el interruptor de capacidad inmediata, siempre que no exceda del 150% de la corriente permisible en los conductores.

Los interruptores ajustables se ajustarán para que no operen a más del 150% de la corriente permisible de los conductores. En general se considera 125% de la corriente a plena carga del circuito.

Circuito derivado para un motor.- Puesto que los motores pueden operar con sobrecarga, cuando esta es demasiado prolongada, el calor generado puede dañar el aislamiento de los devanados del motor o bien el alimentador, por consiguiente es necesario que dispongan de protección por sobrecarga, la cual deberá ser de acción retardada para permitir que fluya la corriente de arranque del motor sin que opere, esto se logra empleando elementos térmicos o relevadores térmicos de sobrecarga, generalmente del tipo que tienen elemento bimetalico. De acuerdo con el reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas indica que la capacidad de ajuste de este dispositivo no deberá ser mayor del 140% de la corriente nominal a plena carga, siendo esta la tolerancia máxima. Normalmente los fabricantes de los motores con 40° C de sobre elevación de temperatura, aceptan que el dispositivo de sobrecarga no dispare a más del 125% de la corriente a plena carga del motor. La capacidad o ajuste del interruptor para proveer protección contra sobrecorriente deberá determinarse en función de la corriente de arranque del motor y de acuerdo con el reglamento no será mayor de 400% de la corriente a plena carga del motor. La corriente de arranque se obtiene a partir de la potencia a rotor bloqueado (KVA/H.P.), que está en función de la letra de Código del motor, la cual depende de las características del par de arranque. Para el presente proyecto la mayor parte de los motores tienen una potencia de 1 a 100 H.P., estos motores serán de uso general con alimentación trifásica a 440 Volts.

En la siguiente tabla se resumen los datos para determinar la corriente de arranque de estos motores.

Tabla 3-d

Letra Código	Potencia H.P.	KVA/H.P. a rotor bloqueado
L	1	9.00 a 9.99
K	2	8.00 a 8.99
J	3	7.10 a 7.99
H	5	6.30 a 7.00
G	7 1/2-10	5.60 a 6.29
F	15-100	5.00 a 5.99

La corriente aproximada de arranque se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{arr.} = \frac{\text{KVA/HP Rotor bloqueado} \times \text{H.P.}}{\sqrt{3} \times \text{Tensión entre fases}} \dots\dots\dots (\text{III-18})$$

Sin embargo puesto que la corriente de arranque es sumamente instantánea y generalmente no se tiene un bloqueo de 100%, de acuerdo con normas internacionales, la designación de corriente de la corriente a plena carga de acuerdo con la siguiente tabla, para motores monofásicos o polifásicos jaula de ardilla o síncronos.

Tabla 3-e

Arranque a tensión plena, por resistencia o reactancia

Letra Código	Fusibles	disparo del disyuntor
Letra Código A	150%	150%
Letra de Código B a E	250%	200%
Letra de Código F a V	300%	250%

Arranque por autotransformador

Letra Código	Fusibles	disparo del disyuntor
Letra Código A	150%	150%
Letra Código B a E	200%	200%
Letra Código F a V	250%	200%

Conocida la letra del Código y la corriente a plena carga del motor, se determina la capacidad del interruptor.

Alimentador para varios motores.- Este alimentador se protegerá contra sobrecorriente, considerando la corriente de arranque del motor más grande, tomada de acuerdo con la tabla anterior, más la suma de corrientes a plena carga de otros motores ó sea:

$$I_{tot} = I \text{ arranque motor mayor} + I \text{ plena carga otros motores.}$$

Alimentador para motores y cargas de alumbrado.- La protección contra sobrecorriente de este alimentador se efectúa considerando la corriente de arranque del motor mayor más la corriente a plena carga de otros motores y corriente a plena carga requerida para alumbrado ó sea:

$$I_{tot} = I \text{ arranque motor mayor} + I \text{ plena carga otros motores y alumbrado.}$$

El ajuste o capacidad del interruptor que proteja el primario o secundario del transformador, no será mayor que el 25% de la corriente nominal del primario o secundario, dependiendo de si la protección se aplica en el primario o secundario.

En el caso de interruptores de caja moldeada en general con calibrados para operar a 25° C, por consiguiente estos interruptores son afectados por la manera en que se instalan, por la clasificación del tipo de carga o ciclo de trabajo, por la frecuencia cuando es mayor de 60 C.P.S., por la altitud sobre el nivel del mar en que operen; sin embargo estos factores quedan enclavados al calcular los interruptores de acuerdo con lo enunciado con anterioridad, tanto para cargas de motores como alumbrado.

A continuación se determina la corriente de régimen o disparo de los interruptores de diversos circuitos.

1) Interruptor para protección de tablero de alumbrado TA- CCM en el cuarto de control. La carga conectada es de 9130 watts, y la alimentación se hace con conductores calibre Nº 10 A.

W.G. con 3 fases 4 hilos, 220/127 Volts.

La capacidad del interruptor con 25% de sobrecarga es:

$$I_{\text{tot}} = 1.25 I_{\text{p.c.}} = \frac{1.25 W}{\sqrt{3} \times 127 \times 0.85} = \frac{1.25 \times 9130}{\sqrt{3} \times 127 \times 0.85} = 35.24 \text{ Amps.}$$

Capacidad del interruptor termomagnético comercial próximo al valor calculado es de 40 Amps.

2) Interruptor para protección del alimentador para el centro de control de motores CCM. 11.

La carga consiste de 4 motores de 3 H.P., 2 de 5 H.P., 8 de 10 H.P., 3 de 60 H.P., 2 de 75 H.P., 2 de 125 H.P., 1 de 25 H.P., 1 de 100 H.P., un transformador de alumbrado "TRA" de 168 KVA y un centro de control de motores CCM-12 de 400 KVA y la alimentación se efectúa con 12 conductores del Nº 750 M.C.M., 4 por fase, a 3 fases, 3 hilos, 480 Volts.

Sabiendo que la corriente a plena carga para motores de 125 H.P., es de 163 Amps. del de 3 de 5 Amps. del de 5 de 7.9 Amps., del de 10 de 15 Amps., del de 60 de 80 Amps., la corriente de 400 KVA es de 481 Amps. y la de 168 KVA es de 202 Amps., de acuerdo con lo expresado con anterioridad se tiene que la capacidad del interruptor es:

$$I = 163 \times 2.5 + 4 \times 5 + 2 \times 7.9 + 8 \times 15 + 3 \times 80 + 2 \times 100 + 163 + 36 + 130 + 481 + 202 = 2015.3 \text{ Amps.}$$

El interruptor comercial con capacidad próxima al valor calculado es de 2000 Amps. De acuerdo con lo expresado con anterioridad se selecciona un interruptor electromagnético, con capacidad interruptiva de 50,000 Amps. sim. tipo LSIG.

3) Interruptor para protección del alimentador de la bomba de propano ME-603 A.

La carga conectada es de 60 H.P. y la alimentación se hace con tres conductores calibre Nº 1/0 A.W.G., 3 fases, 3 hilos, 480 Volts de acuerdo con lo expresado con anterioridad se tiene que la capacidad del interruptor es:

$$I_{\text{tot}} = 1.40 I_{\text{p.c.}} = \frac{1.40 \times \text{H.P.} \times 746}{\sqrt{3} \times E \times N \times \text{F.P.}}$$

$$I_{\text{tot}} = 1.40 \times 80 = 112 \text{ Amps.}$$

Capacidad del interruptor termomagnético comercial próximo al valor calculado es de 125 Amps.

De manera análoga a los casos anteriores se procedió para determinar los interruptores que protegen los diversos circuitos, los resultados se aprecian en los planos: EL-901P, EL-902P, EL-903P, - EL-904P.

4) Capacidad de interruptor para protección del primario del transformador de potencia "TRD-1" 4.16 1/0.048 KV, - 1250/1400 KVA. La protección se hará a base de fusibles y la capacidad continua de corriente será:

$$I = 2 I_{\text{p.c.}} = \frac{2 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times \text{KV}} = \frac{2 \times 1400}{1.732 \times 4.16} = 388.61 \text{ Amps.}$$

Se empleará fusible de 400 Amps.

3.9 CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

El estudio de las corrientes de corto circuito se hace necesario, pues de su valor depende la habilidad requerida para que los interruptores operen satisfactoriamente en condiciones de corto circuito.

La magnitud de la corriente de corto circuito depende de la capacidad de la fuente de alimentación, de la tensión eléctrica, del tamaño de los equipos y las dimensiones físicas de los ductos y cables hasta el punto de corto circuito, por consiguiente la capacidad interruptiva requerida se determina por la corriente de corto circuito disponible en el lugar en que se encuentra instalado el dispositivo de protección del circuito.

Cuando se calcula el corto circuito disponible es de ex

trama importancia que todas las fuentes que contribuyen al cortocircuito se toman en cuenta y que así mismo las reactancias de estas fuentes sean determinadas. Las fuentes básicas que contribuyen a la corriente de corto circuito son: a) generadores. b) Motores síncronos y condensadores. c) Motores de inducción.

Al ocurrir un corto circuito los generadores continúan generando tensión, debido a que la excitación del campo es mantenida y la máquina prima que acciona al generador continúa operando a su velocidad normal. La tensión generada produce una corriente de corto circuito de gran magnitud, la cual fluye del generador al punto de corto-circuito, esta corriente es limitada solamente por la impedancia del generador y el circuito entre el generador y el punto del corto circuito.

El motor síncrono tiene una construcción similar al generador pero normalmente opera en forma inversa transformando la energía eléctrica en energía mecánica.

Al producirse un corto circuito, el motor actúa como generador, por la inercia de la carga y al disminuir la tensión del sistema el motor síncrono libera corriente de corto circuito hacia el punto de la falla, la cantidad de corriente dependerá de la potencia del motor, su reactancia, tensión nominal y reactancia al punto de corto circuito.

La inercia de la carga en los motores de inducción hace que se comporten en forma similar al motor síncrono al ocurrir un corto circuito, con la diferencia de que el motor de inducción no tiene devanado para excitación con corriente directa, pero en cambio tiene un campo magnético en el rotor producido por inducción del campo del estator, el cual permanece constante, cuando la tensión aplicada al estator es normal. Cuando la tensión de la fuente disminuye rápidamente como consecuencia de un corto circuito, el campo magnético del rotor no desaparece instantáneamente y al seguir girando el motor por inercia, se genera una tensión en el devanado del estator, causando que fluya una corriente de corto circuito hacia el punto de falla, puesto que la excitación del

campo no es mantenida, la corriente de corto circuito desaparece gradualmente después de 4 ciclos. La magnitud de la corriente de corto circuito dependerá de la potencia nominal del motor, de su reactancia, de la tensión nominal y de la reactancia del sistema hasta el punto de corto circuito.

Los transformadores no son fuentes de corto circuito, - pues solamente suministran la corriente de corto circuito generada por generadoras y motores, cambiando la magnitud de la tensión y la corriente. La magnitud de la corriente de corto circuito producida a través de un transformador depende de su tensión en el secundario, de su reactancia, la reactancia de los generadores y el sistema hasta las terminales del transformador y la reactancia del circuito desde el transformador al punto de falla.

La reactancia de las máquinas rotatorias no es un valor absoluto como en el caso de transformadores y cables, si no que es una cantidad compleja que varía en función del tiempo al ocurrir un corto circuito. Sin embargo por simplificaciones de cálculos en el estudio de corto circuito para aplicación de interruptores y relevadores, se asignan tres valores de reactancias a motores y generadores, las cuales son:

- 1.- Reactancia subtransitoria, es la reactancia aparente del devanado del estator en el instante que ocurre el corto circuito y determina el flujo de corriente de corto circuito durante los primeros ciclos.
- 2.- Reactancia transitoria, es la reactancia aparente inicial del devanado del estator, considerando solamente el enbobinado del campo. Esta reactancia determina el flujo de corriente cuando la reactancia subtransitoria ha sido controlada y es efectiva después de medio ciclo.
- 3.- Reactancia sincrónica, es la reactancia aparente que determina el flujo de corriente. Cuando se han alcanzado las condiciones estacionarias y es efectiva hasta después de varios ciclos de que ocurre el corto circuito, en consecuencia no tiene influencia para la aplicación de interruptores, fusibles y contactores, solamente en estudio para el ajuste de releva

dores.

Puesto que la reactancia subtransitoria es menor que la reactancia transitoria, la corriente de corto circuito será mayor en los primeros ciclos de que ocurre el mismo.

Las corrientes de corto circuito son siempre asimétricas durante los primeros ciclos de que ocurre el corto circuito, esta asimetría depende del valor instantáneo de la tensión al ocurrir la falla y de la relación de reactancia. Para facilitar el estudio del corto circuito, la corriente asimétrica se divide arbitrariamente en dos componentes una componente simétrica de corriente alterna y otra componente de corriente directa, esta componente solamente se presenta en los primeros ciclos y va desapareciendo gradualmente, lo anterior se aprecia en la siguiente figura:

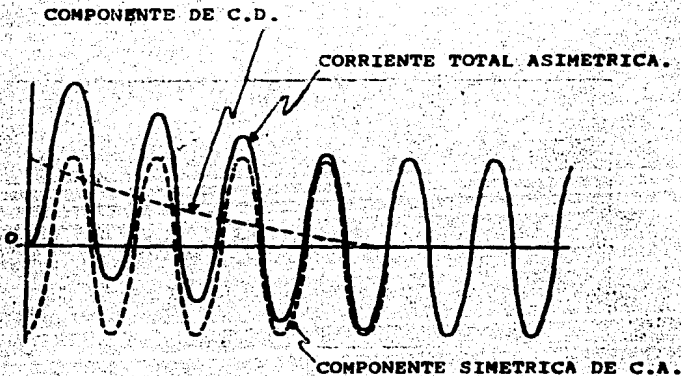


Fig. Nº 3-8

El cálculo de las corrientes de corto circuito se efectúa considerando solamente la componente simétrica de C.A., la corriente total asimétrica se obtiene multiplicando la componente simétrica por un factor de asimetría, cuyo valor depende de la relación de decaimiento de la componente de C.D., la cual es proporcional a la relación de reactancia a resistencia, esta relación también varía con el tiempo. En general en circuitos de más de 600 Volts al factor de multiplicación considerando la componente de C.D. es 1.6 veces el valor efectivo de la componente simétrica de C.A. Al primer medio ciclo. Para circuitos de 5000 Volts o menos donde no hay generación local, el factor de multiplicación para calcular la corriente total al primer medio ciclo es de 1.5 y para circuitos de 600 Volts o menos el factor de multiplicación es de 1.25 designaciones de corriente de corto circuito.

Corriente momentánea.— Esta corriente es la que se presenta en el primer medio ciclo del corto circuito y es el valor máximo efectivo de corriente asimétrica que el interruptor debe soportar en posición de cerrado. Esta corriente es muy significativa pues define la habilidad del interruptor para soportar los esfuerzos mecánicos los cuales varían con el cuadrado de la corriente. Para determinar su valor es necesario considerar todas las fuentes de corriente de corto circuito, usando las reactancias subtransitorias de generadores, motores síncronos y motores de inducción y puesto que la componente directa está presente, es necesario considerarla aplicando el factor de multiplicación adecuado o sea la corriente momentánea asimétrica, será igual a la componente momentánea simétrica por el factor de multiplicación.

Corriente de interrupción.— Esta corriente es la que debe ser capaz de abrir el interruptor sin que se dañe y su valor dependerá de la rapidez con que opere el interruptor, pues entre más rápido opere el interruptor, mayor será la corriente por interrumpir. En general para interruptores que operen en 5 ciclos, la contribución de motores de inducción habrá desaparecido y la reactancia de motores síncronos habrá cambiado de subtransitoria a transitoria, por consiguiente para determinar la capacidad interruptiva se considera la reactancia subtransitoria de generadores,

la reactancia transitoria de motores síncronos y los motores de inducción se desprecian. La componente de C.D. se considera despreciable, empleando un factor de multiplicación de la unidad, excepto cuando la capacidad interruptiva del sistema sea mayor de 500 MVA en cuyo caso el factor será de 1.1.

En el caso de fusibles de alta tensión, interruptores en aire de baja tensión y arrancadores, los cuales operan en un ciclo o dos, en este caso se consideran todas las fuentes de contribución de corriente de corto circuito, considerando las reactancias subtransitorias de generadores, motores síncronos y motores de inducción, para determinar la corriente sinéfrica de apertura. El factor de multiplicación para considerar la componente de C.D. será de 1.25 para interruptores en aire, fusibles y arrancadores de baja tensión y de 1.6 para fusibles y arrancadores de alta tensión.

CORTO CIRCUITO CONSIDERADO.

Para determinar las corrientes de falla se considerará el corto circuito trifásico, ya que generalmente las magnitudes de la corriente de corto circuito de línea a tierra y de línea a línea son menores que la corriente de corto circuito trifásico. Se considera un sistema balanceado, por lo que el estudio se hace por fase, considerando las impedancias de fase a neutral.

Solamente se determinará la corriente de interrupción, pues en casos en que no se tienen grandes cargas de motores, se considera que la corriente momentánea es de 1.6 veces la corriente de interrupción.

Los transformadores, generadores y motores generalmente tienen una reactancia igual a 5 veces la resistencia, por lo que esta se desprecia sin error considerable. En circuitos de menos de 600 Volts, se considera tanto la reactancia como la resistencia de cables alimentadores y barras.

Puesto que no se conocen las características de operación de los motores, se consideran agrupados con KVA base igual a

los H.P. nominales y con una reactancia subtransitoria de 25% para metros de inducción.

Para el cálculo de las corrientes de corto circuito se hará uso de las siguientes expresiones:

El por ciento de reactancia se define el por ciento de tensión nominal que se consume en la reactancia cuando fluye por ella la corriente nominal, en forma algebraica se tiene:

$$X\% = \frac{(I) (X)}{E} \times 100 = \frac{\sqrt{3}(I) (X)}{KV (10)} \dots\dots\dots (III-19)$$

- Donde: I = corriente de línea en amperes.
- X = reactancia o impedancia al neutro en OHMS.
- X% = por ciento de reactancia.
- E = Tensión de línea a neutro en OHMS.
- KV = Tensión de línea a línea en Kilovolts.

De la fórmula de potencia en un circuito trifásico la corriente es igual a:

$$I = \frac{(KVA) Base}{\sqrt{3} (KV)}$$

Substituyendo en la ecuación (III-19) se tiene:

$$X\% = \frac{(X) (KVA) Base}{(KV)^2 (10)} \dots\dots\dots (III-20)$$

Conocida la reactancia total referida a determinada base la potencia simétrica de corto circuito será:

$$\frac{(KVA) Base}{X\%} = \frac{KVA Simétricos de corto circuito}{100}$$

Por lo que:

$$KVA sim. de c.c. = \frac{100}{X\%} (KVA) Base \dots\dots\dots (III-21)$$

La corriente simétrica de corto circuito será:

$$I sim = \frac{(100) (KVA) Base}{(X\%) (\sqrt{3} (KV))} \dots\dots\dots (III-22)$$

La corriente asimétrica sera:

$$I_{\text{asim.}} = I_{\text{sim.}} \times \text{factor de multiplicación} \dots\dots\dots \text{(III-23)}$$

Para cambiar reactancia de una base a otra, se hace por simple -
proporción.

$$X\% \text{ base 2} = \frac{(\text{KVA})_{\text{Base 2}}}{(\text{KVA})_{\text{Base 1}}} (X\% \text{ Base 1}) \dots\dots\dots \text{(III-24)}$$

La reactancia aproximada de un interruptor en aire es igual a:

$$X = \frac{0.2}{\text{Corriente nominal del interruptor}} \dots\dots\dots \text{(III-25)}$$

Cálculo del corto circuito.

Partiendo del diagrama unifilar simplificado como se -
muestra en la fig. Nº 3-9 y considerando una base de 1000 KVA, se
tiene que el % de reactancias de los diferentes elementos del cir-
cuito son:

1) Reactancia equivalente del sistema, de la ecuación (III-19)

$$X\% = \frac{1000}{750000} \times 100 = 0.133\%$$

2) Reactancia del cable de alta tensión en base de 1000 KVA, de
400 Mts. de cable de 500 M.C.M. en ducto magnético, tomada de
tablas es $x = 0.0421/1000$ pies, pero como tenemos 400 mts. -
= 1312 pies se tiene que:

$$x = 0.0552/1312 \text{ pies}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$X\% = \frac{0.0552 \times 1000}{(13.8) \times 10} = 0.029\%$$

3) Reactancia interruptor en aire de 1200 Amps., de la ecuación -
(III-25) será:

$$X = \frac{0.2}{1200} = 0.000167 \text{ OHMS.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.000167 \times 1000}{(13.8)^2 \times 10} = 0.000088\%$$

- 4) Por ciento de reactancia del transformador de potencia de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{5600} \times 6 = 1.07\%$$

- 5) Reactancia interruptor en aire de 1200 Amps., de la ecuación (III-25).

$$X = \frac{0.2}{1200} = 0.000167 \text{ OHMS.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.000167 \times 1000}{(4.16)^2 \times 10} = 0.000965\%$$

- 6) Reactancia del cable de alta tensión en base de 1000 KVA, de 160 Mts. de cable de 2/0 A.W.G. en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0630/1000$ pies, pero como tenemos 160 mts. = 525 pies se tiene que:

$$X = 0.033/525 \text{ pies}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.033 \times 1000}{(4.16)^2 \times 10} = 0.19\%$$

- 7) Por ciento de reactancia motor de inducción de 250 H.P. como:

$$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times F.P.}, \text{ el equivalente es 223 KVA, de la ecuación (III-24) será:}$$

$$XX = \frac{1000}{223} \times 25 = 112\%$$

- 8) Reactancia del cable de alta tensión en base de 1000 KVA, de 200 Mts., de cable de 400 M.C.M. en ducto magnético tomada de tablas es $X = 0.0548/1000$ pies, pero como tenemos 200 mts. = 656 pies se tiene que:

$$X = 0.0359/656 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0359 \times 1000}{(4.16)^2 \times 10} = 0.20\%$$

- 9) Por ciento de reactancia motor síncrono de 1500 H.P., como:

KVA $\frac{H.P. \times 0.746}{EF \times P.P.}$, el equivalente es 1276 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$X = \frac{1000}{1276} \times 25 = 19.60\%$$

- 10) Reactancia del cable de alta tensión en base a 1000 KVA, de 30 mts. de cable de 4/0 A.W.G. en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0583$ pies, pero como tenemos 30 mts. = 98 pies se tiene que:

$$X = 0.00571/98 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00571 \times 1000}{(4.16)^2 \times 10} = 0.032\%$$

- 11) Por ciento de reactancia del transformador de potencia, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{1400} \times 5.75 = 4.10\%$$

- 12) Reactancia del cable de cobre de baja tensión en base de 1000 KVA, de 40 mts. de cable de 750 M.C.M. en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0497/1000$ pies, pero como tenemos 40 mts. = 131 pies se tiene que:

$$X = 0.00651/131 \text{ pies}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00651 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 2.87\%$$

Como son 4 conductores por fase el equivalente de $XX = 2.87\%$
 $XX = 0.717\%$.

- 13) Reactancia interruptor en aire de 2000 Amps. de la ecuación -

(III-25).

$$x = \frac{0.2}{2000} = 0.0001 \text{ OHMS.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0001 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 0.0434\%$$

- 14) Reactancia del cable de alta tensión en base de 1000 KVA, de 200 mts. de cable de 2/0 A.W.G., en ducto magnético tomado de tablas es $X = 0.0630/1000$ pies, pero como tenemos 200 mts. = 656 pies se tiene:

$$x = 0.041/656 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.041 \times 1000}{(4.16)^2 \times 10} = 0.23\%$$

- 15) Por ciento de reactancia motor síncrono de 450 H.P., como:

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times F.P.}$, el equivalente es 395 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{395} \times 25 = 63.30\%$$

- 16) Reactancia cable de alta tensión, $XX = 0.23\%$

- 17) Reactancia motor de inducción de 250 H.P., $XX = 112\%$

- 18) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 150 mts. de cable de 2 A.W.G. en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0685/1000$ pies, pero como tenemos 150 mts. = 492 pies, se tiene que:

$$x = 0.033/492 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.033 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 14.32\%$$

- 19) Por ciento de reactancia motor de inducción de 75 H.P. como:

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times F.P.}$, el equivalente es 60 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{60} \times 25 = 416\%$$

- 20) Reactancia interruptor en aire de 800 Amps., de la ecuación (III-25).

$$X = \frac{0.2}{800} = 0.00025 \text{ OHMS}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00025 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 0.11\%$$

- 21) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 400 mts. de cable de 500 M.C.M., en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0526/1000$ pies, pero como tenemos 400 mts. = 1312 pies, se tiene que:

$$X = 0.069/1312 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.069 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 29.94\%$$

Como son 2 cables por fase el equivalente de $XX = 29.94\%$ es $XX = 14.97\%$.

- 22) Reactancia interruptor en aire de 800 Amps.

$$XX = 0.11\%$$

- 23) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 50 mts. de cable de 3/0 A.W.G., en ducto magnético, tomada de tablas es $= 0.0605/1000$ pies, pero como tenemos 50 mts. = 164 pies, se tiene que:

$$X = 0.00992/164 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00992 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 4.30\%$$

- 24) Por ciento de reactancia motor de inducción de 125 H.P., como

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times P.P.}$, el equivalente es 103 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{103} \times 25 = 243\%$$

- 25) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 150 mts. de cable de 1/0 A.W.G., en ducto magnético, tomada de tablas $X = 0.0635/1000$ pies, pero como tenemos 150 mts. = 492 pies, se tiene que:

$$X = 0.0312/492 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0312 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 13.54\%$$

- 26) Por ciento de reactancia motor de inducción de 60 H.P., como

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times P.P.}$, el equivalente es 49 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{49} \times 25 = 510\%$$

- 27) Reactancia del cable de baja tensión.

$$XX = 13.54\%$$

- 28) Reactancia motor de inducción de 60 H.P.

$$XX = 510\%$$

- 29) Por ciento de reactancia de motores 31 H.P. = 27.6 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{27.6} \times 25 = 906\%$$

- 30) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 30 mts. de cable de 4/0 A.W.G., en ducto magnético, tomada de tablas es = 0.0583/1000 pies, pero como tenemos 30 mts. = 98 pies, se tiene que:

$$X = 0.00571/98 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00571 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 2.47\%$$

- 31) Por ciento de reactancia del transformador de alumbrado de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{168} \times 3.5 = 20.9\%$$

- 32) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 30 mts. de cable de 250 M.C.M., en ducto magnético, tomada de tablas es $X = 0.0570/1000$ pies, pero como tenemos 30 mts. = 98 pies, se tiene que:

$$X = 0.00558/98 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00558 \times 1000}{(0.22)^2 \times 10} = 11.52\%$$

- 33) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 40 Mts. de cable de 6 A.W.G., en ducto magnético tomada de tablas $X = 0.0796/1000$ pies, pero como tenemos 40 mts. = 131 pies, se tiene que:

$$X = 0.0010/131 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0010 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 0.434\%$$

- 34) Por ciento de reactancia motor de inducción de 40 H.P., como

$$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{EF \times P.P.}, \text{ al equivalente es 33 KVA, de la ecuación (III-24) será:}$$

$$XX = \frac{1000}{33} \times 25 = 757\%$$

- 35) Reactancia del cable de baja tensión.

$$XX = 0.434\%$$

- 36) Reactancia motor de inducción de 40 H.P.

$$XX = 757\%$$

37) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 50 mts. de cable de 2/0 A.W.G., en ducto magnético, tomada de tablas $X = 0.0630/1000$ pies, pero como tenemos 50 mts. = 164 - pies, se tiene que:

$$X = 0.0010/164 \text{ pies.}$$

El X de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0010 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 0.434\%$$

38) Por ciento de reactancia motor de inducción de 100 H.P., como

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{\frac{E.F.}{\%} \times P.P.}$, el equivalente es 77 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{77} \times 25 = 325\%$$

39) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 30 mts. de cable de 3 A.W.G., en ducto magnético, tomada de tablas $X = 0.0860/1000$ pies, pero como tenemos 30 mts. = 98 - pies, se tiene que:

$$X = 0.00482/98 \text{ pies.}$$

El X de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.00482 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 2.09\%$$

40) Por ciento de reactancia motor de inducción de 20 H.P., como

$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{\frac{E.F.}{\%} \times P.P.}$, el equivalente es 16 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{16} \times 25 = 1562\%$$

41) Por ciento de reactancia del transformador de alumbrado, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{75} \times 3 = 40\%$$

42) Reactancia del cable de baja tensión en base de 1000 KVA, de 30 mts. de cable de 6 A.W.G., en ducto magnético tomada de ta

blas $X = 0.0796/1000$ pies, pero como tenemos 30 mts. = 98 -
pies, se tiene que:

$$X = 0.0078/98 \text{ pies.}$$

El % de reactancia aplicando la ecuación (III-20) será:

$$XX = \frac{0.0078 \times 1000}{(0.48)^2 \times 10} = 3.32\%$$

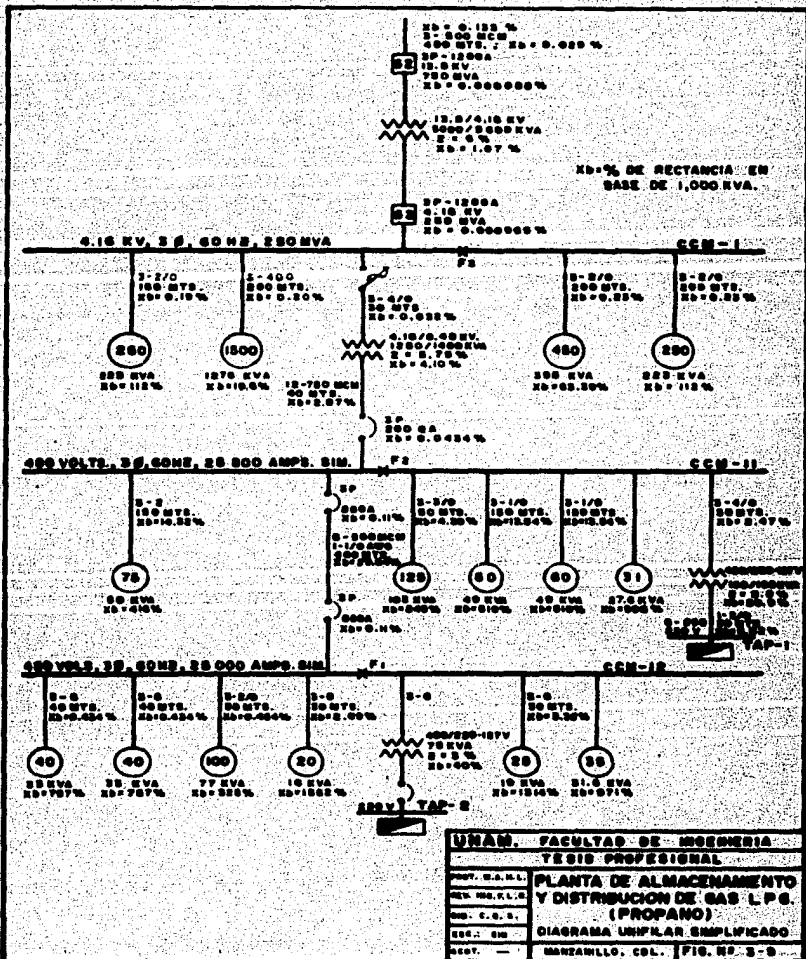
43) Por ciento de reactancia motor de inducción de 25 H.P., como

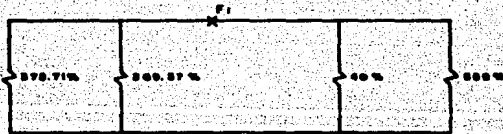
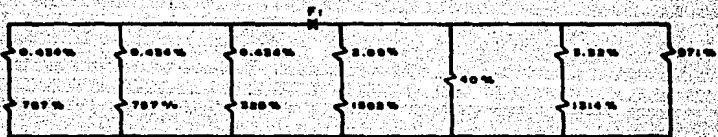
$KVA = \frac{H.P. \times 0.746}{\text{E.F.} \times \text{E.P.}}$, el equivalente es 19 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{19} \times 25 = 1374\%$$

44) Por ciento de reactancia de motores 35 H.P. = 31.6 KVA, de la ecuación (III-24) será:

$$XX = \frac{1000}{31.6} \times 25 = 971\%$$





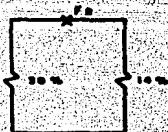
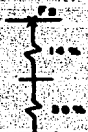
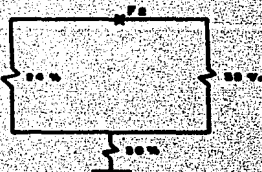
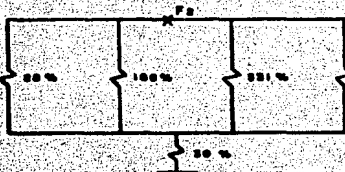
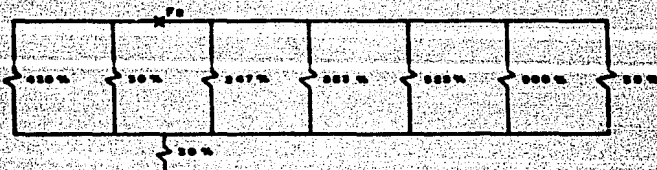
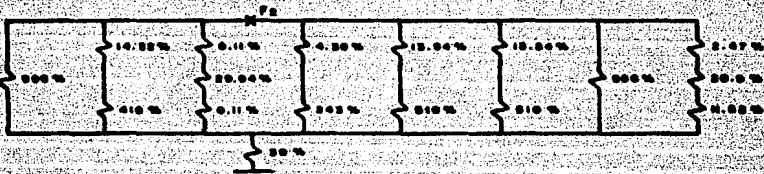
$$Z_{\text{sim}} = \frac{100 \times 1000}{50 \times 1.75 \times 0.60} = 4,009 \text{ Amp. Sim.}$$

$$Z_{\text{asim}} = 4009 \times 1.25 = 5,111 \text{ Amp. Asim.}$$

$$P_{\text{cc. Sim.}} = \frac{100 \times 1000}{50} = 3,333 \text{ MVA}$$

$$P_{\text{cc. Asim.}} = 3,333 \times 1.25 = 4,166 \text{ MVA}$$

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
NOV. S.A.S.L.	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
NOV. S.A.S.L.R.	Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
NOV. S.A.S.S.	(PROPANO)
NOV. S.A.S.S.	SECCION DE SIEMBRA DE
NOV. S.A.S.S.	DE V. CONTROL (CASA-111)
NOV. S.A.S.S.	
NOV. S.A.S.S.	BOGOTÁ, COLOMBIA - 1950



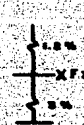
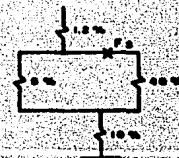
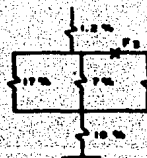
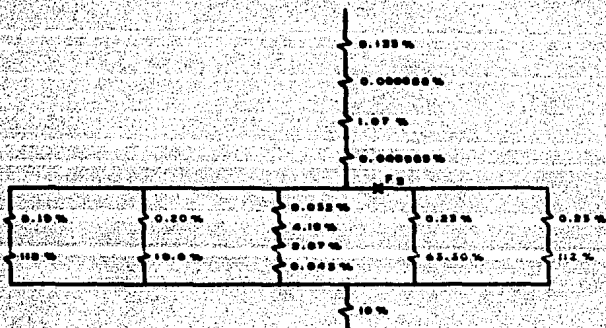
$$I_{sim} = \frac{100 \pm 1000}{10 \pm 1.75 \pm 5.00} = 12.028 \text{ Amp. Sim.}$$

$$I_{sim} = 12.028 \pm 1.75 = 13.035 \text{ Amp. Asim.}$$

$$P_{sim} = \frac{100 \pm 1000}{10} = 10 \text{ MVA.}$$

$$P_{sim} = 10 \pm 1.25 = 12.5 \text{ MVA.}$$

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.E.	
(PROYECTO)	
REQUISITOS PARA LA FOLLA	
EN EL PUERTO DE (CEN-11)	
ACT. ---	MAGDALLENO, CAL. (FOL. NO. 5-11)



$I_{adm} = \frac{100 \pm 1000}{0.06 \pm 1.732 \pm 0.18} = 10,320 \text{ Amps. Sim.}$

$I_{adm} = 10,320 \pm 1.25 = 20,410 \text{ Amps. Asim.}$

$P_{c. Sim.} = \frac{100 \pm 1000}{0.09} = 117 \text{ MVA}$

$P_{c. Asim.} = 117,64 \pm 1.25 = 147 \text{ MVA}$

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
AUT. G.C.E.L. REV. M.C.E.L.R. DIR. C.E.C.P. TIT. GIN ASST.	PLANTA DE ALIMENTACION Y DISTRIBUCION DE LAS LPS (PROGRAMA) REDUCCION DE DIARRAMA DE DE LA PLANTA DE ALTA TENSION MEXICO, D.F., 1970. 10. 5-12

En la fig. N° 3-9, se indica el diagrama unifilar simplificado, con los datos empleados para el cálculo y el porcentaje de reactancia determinado en base de 1000 KVA.

Los diagramas unifilares equivalentes para determinar las fallas en los puntos F1, F2 y F3, se muestran en las figuras Nos. 3-10, 3-11 y 3-12 respectivamente.

Reduciendo en los diagramas equivalentes anteriores, por adición de resistencias en serie paralelo, se obtiene el porcentaje de reactancia total en los puntos F1, F2 y F3 respectivamente.

Sustituyendo en la ecuación (III-22) se obtiene la corriente simétrica de corto circuito.

Aplicando un factor de multiplicación del 1.25, para considerar la componente de C.D. y sustituyendo en la ecuación (III-23), se obtiene la corriente total asimétrica.

Para obtener las potencias de corto circuito, simétrica y asimétrica se emplearon las siguientes fórmulas respectivamente.

$$Pcc \text{ Sim.} = \frac{100 \times \text{KVA base}}{X}$$

$$Pcc \text{ Asim.} = 1.25 \times Pcc \text{ Sim.}$$

Por consiguiente la capacidad interruptiva mínima que deberán tener los interruptores conectados a las barras de 480 Volts, del CCM-12, será de 5111 Amp. asimétricos, los interruptores conectados a las barras de 480 Volts, del CCM-11, será de 15035 Amps. asimétricos y los interruptores conectados a las barras de 4160 Volts, del CCM-1, será de 20410 Amp. asimétricos.

C A P I T U L O I V

SISTEMAS DE TIERRAS Y PARARRAYOS.

4.1 SISTEMA DE TIERRAS.

INTRODUCCION.

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

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

El sistema de tierras puede ser comparado con el siguiente diagrama durante su funcionamiento, (ver fig. 4-1).

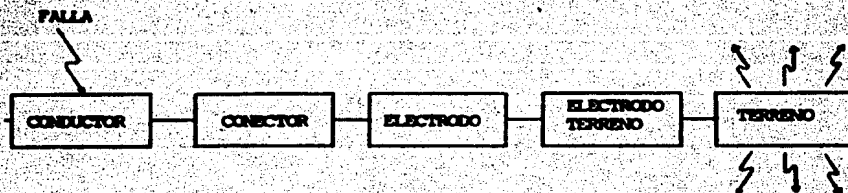


Fig. No 4-1

4.2 EFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL HOMBRE.

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

Lo que regula la inmovilidad muscular y que no permite soltar el objeto energizado es la intensidad de la corriente; pero la tensión aplicada está relacionada con ésta a través de la resistencia óhmica de la parte del cuerpo que queda en contacto con los diferentes potenciales. Esta resistencia es muy variable y depende de las condiciones en que se efectúe el contacto, que pueden ser húmedas, en piel seca, a través de zapatos u ropa,

Los estados de ánimo de las personas también influyen en el menor ó mayor aumento de la resistencia óhmica de su cuerpo en el caso de miedo, influye notablemente en la disminución de la resistencia. Además, el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir, la resistencia del cuerpo humano disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al duplicar la tensión aplicada la corriente sube a más del doble.

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

$$I_k^2 \cdot t = 0.0135 \dots\dots\dots (4-1)$$

$$I_k = \sqrt{\frac{0.0135}{t}} = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \text{ Amp.} \dots\dots\dots (4-2)$$

Donde:

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

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

0.0135 Es un constante de energía derivada empíricamente.

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

Se puede considerar 25 mA como un valor de corriente a través del corazón sin que éste se vea afectado. Sin embargo, la ecuación (4-2) muestra que pueden soportarse con seguridad corrientes de intensidades mucho más altas cuando puede confiarse en aparatos de protección de operación rápida, para limitar la duración de las fallas.

Nótese de la ecuación (4-2) que resulta una corriente de 116 mA, para un segundo y 367 mA, para un tiempo de 0.1 segundos (6 ciclos).

4.3 TENSIONES TOLERABLES EN EL CUERPO HUMANO.

Usando el valor de la corriente tolerada por el cuerpo establecida en la ecuación (4-2) y las constantes apropiadas del circuito, es posible calcular la diferencia de potencial tolera-

ble entre dos o más puntos.

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

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

La resistencia del terreno inmediato bajo los pies puede determinar la cantidad de corriente a través del cuerpo, situación que se aprovecha para separar grava o piedra triturada en la superficie del terreno riesgoso y de esta forma disminuir la magnitud de corriente.

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

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

Usando el valor de la corriente tolerada por el cuerpo-

establecida por la ecuación (4-2) y las constantes apropiadas del circuito antes mencionadas es posible calcular las tensiones tolerables entre dos puntos de contacto.

POTENCIAL DE PASO.

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

En la fig. No 4.2 se muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial de un paso o contacto entre los pies.

Del circuito equivalente tenemos:

$$E_{\text{paso}} = (R_K + 2 R_f) I_K = (1000 + 6 S_s) \frac{0.116}{\sqrt{E}}$$

$$E_{\text{paso}} = \frac{116 + 0.7 S_s}{\sqrt{E}} \text{ Volts} \dots\dots\dots (4-3)$$

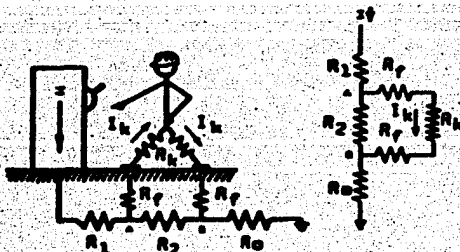


Fig. No 4-2. Potencial de Paso.

POTENCIAL DE CONTACTO.

El potencial de contacto es la diferencia de potencial a través del cuerpo de una persona entre una mano y los dos pies cuando está tocando un objeto o equipo aterrizado.

El potencial será más grande cuando la persona está parada en el centro de la malla.

La fig. 4-3 muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial para un contacto entre la mano y los dos pies. Del circuito equivalente tenemos:

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

$$E_{\text{ contacto }} = \frac{116 + 0.17 S_s}{\sqrt{E}} \dots\dots\dots (4-4)$$

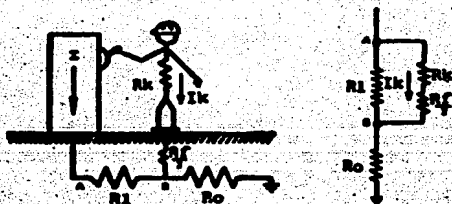


Fig. No 4-3 Potencial de Contacto

POTENCIAL DE TRANSFERENCIA.

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

Si una persona parada dentro del área de una planta toca un conductor aterrizado en un punto remoto, o una persona parada en un punto remoto toca un conductor conectado a tierra en esta planta. Aquí la tensión del choque eléctrico puede ser esen--

cialmente igual a la elevación total de potencial de la malla de tierra y no la fracción de ese total que se encuentra en los potenciales de fase y contacto.

4.4 PARTES DE UNA RED DE TIERRAS.

La red de tierras es una malla que se usa para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de la estructura del edificio o fábrica.

Para realizar esta función debe estar constituida principalmente por:

- 1) **CONDUCTOR.** Los conductores utilizados en las redes de tierra son de cobre desnudo, trenzado o sólido. Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y - por sus resistencia a la corrosión. Distinguiremos dos tipos de aplicación del conductor, el de puesta a tierra y el de la red de tierras.
El conductor de puesta a tierra se usa para conectar las estructuras de los equipos y las canalizaciones metálicas a la red de tierras.
El conductor de la red de tierras es el conductor principal - que corre alrededor del edificio, fábrica, subestación, planta generadora. Su calibre es mayor con respecto al conductor de puesta a tierra.
- 2) **CONECTORES.** Son aquellos elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierras, además de conectar las varillas (electrodos) y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red.
Los conectores se dividen en tres tipos:
 - a) Conector Mecánico
 - b) Conector Soldable
 - c) Conector de presión
 - a) Conector Mecánico. - Está formado generalmente por dos -

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

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

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

No tienen medio para separarlos y poder hacer mediciones en la red, para eliminar este problema, habría que usar conectores mecánicos en algunas partes de la red para poder efectuar dichas mediciones.

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

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

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

- 3) **ELECTRODOS**. Son las varillas que se introducen verticalmente en el terreno y que sirven para que la malla esté en contacto con zonas más húmedas del subsuelo con el objeto de mantener a potencial de tierra los conectores conectados a ella y se disipen en el terreno las corrientes que recoge. Estas varillas son de cobre o de acero con una cubierta de cobre.

4.5 PUESTA A TIERRA.

El aterrizamiento del equipo consiste en la conexión a tierra de las partes metálicas no portadoras de corriente. Esto incluye las carcasas de los motores, cajas de conexiones, gabinetes, cajas de interruptores, tanques de los transformadores, canalizaciones, cajas de los arrancadores, envolturas metálicas de todos los equipos presentes en la planta, tanques de almacenamiento, postes de alumbrado, etc.

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

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

Un segundo objetivo de la puesta a tierra del equipo es conseguir una trayectoria de baja impedancia para las corrientes de falla a tierra.

Las altas impedancias de las conexiones o una sección transversal insuficiente pueden causar arqueo o calentamiento suficiente como para inflamar algún material combustible cercano o gases peligrosos.

La red de tierras debe tenderse de tal manera que un conductor corra completamente alrededor del edificio y ser de cobre reconocido o estirado en frío medic. Para construcciones con estructuras de acero la red de tierras debe conectarse a cada columna exterior del edificio; pero si éste es grande, se debe con-

siderar una malla para la conexión de las columnas internas.

Los cables de la periferia de la malla deberán enterrarse a un mínimo de 100 cms. de la parte exterior de la pared del edificio y a 60 cms. bajo el nivel del piso terminado. Donde exista el riesgo de daño mecánico, el conductor deberá protegerse con tubería u otro medio adecuado; si se usa tubería de fierro u otro material ferromagnético, el conductor deberá conectarse eléctricamente en ambos extremos de la canalización para prevenir efectos inductivos. Es recomendable tener los conductores de tal modo que queden flojos para evitar una posible ruptura accidental o debida a los esfuerzos térmicos que se presentan durante una falla.

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

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

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

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

4.6 METODOS DE MEDICION DE LA RESISTIVIDAD EN EL TERRENO.

Con el uso de las tablas N^o 4-3, se puede tener la resistividad aproximada del terreno donde se hará una instalación de tierras, desde luego, que lo ideal es hacer una medición física en el terreno y en varios puntos del mismo y así lograr una encuesta, marcando las diferencias importantes en localización superficial, así como en profundidad.

Todos los métodos que se aplican para la medición de la resistividad del terreno tienen su principio en la Ley de Ohm ($I = \frac{V}{R}$), misma que se usa para la medición de la resistencia en los conductores, que en este caso, es el terreno el cual va a recibir descargas eléctricas y su función será similar al conductor, limitando esta descarga por la resistencia propia del terreno.

Es necesario realizar mediciones del terreno donde se ha de instalar, la red de tierras, varillas, etc., porque del valor obtenido habrá de afectarse el costo de los elementos para conexión a tierra.

Solamente en el laboratorio y por medio del control de humedad y temperatura, se logran valores exactos, para fines prácticos es suficiente con los sistemas que a continuación se refieren:

El método ilustrativo en la fig. 4-4, hecho en laboratorio para muestras pequeñas, se reduce a una caja de madera, plástico o material altamente resistivo, con dimensiones determinadas, únicamente con dos placas metálicas laterales que establecen una intensidad de corriente por medio de una batería en serie con un ampermetro (I), la caída del potencial se registra en un voltmetro (E) el cual tiene sus terminales separadas una longitud (L) equidistante de las placas de metal.

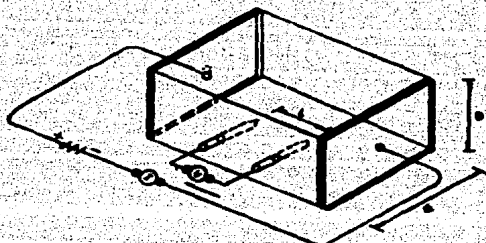


Fig. 4-4. Dispositivo empleado en laboratorio para determinar la resistencia y resistividad del suelo.

El método de los CUATRO PUNTOS, es el más usual en la medición de la resistividad. Y consiste en la inserción de cuatro electrodos a una profundidad "B", dos electrodos son de corriente y dos intermedios de potencial, estos de pequeñas dimensiones. El voltaje entre los dos electrodos de potencial es entonces medido y dividido por la corriente entre los dos electrodos. Eso dará el valor de la resistencia mutua "R".

Los instrumentos empleados en la práctica comúnmente dan la lectura en ohms (Ω).

La fig. 4-5, muestra la esquematización del WEGGER de cuatro puntos, para medición de la resistencia del terreno.

Los electrodos C_1 y C_2 imprimen una corriente alterna de la corriente continua producida por el dinamo de mano que al pasar por el conmutador C_c produce una caída alterna registrada por los electrodos P_1 y P_2 conmutada nuevamente por C_p convirtiéndola en corriente continua alimentando la bobina antagonista del medidor de resistencia "R".

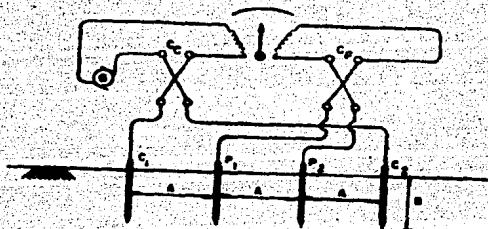


Fig. 4-5. Método de los cuatro puntos empleando un Megger.

El sistema SHEPARD CANES, se usa una corriente continua que se establece por medio de una batería de 3 volts de dos celdas el medidor también está conectado en serie, es un miliamperímetro de doble rango 0-25 mA graduado para leerse en Ω/cm . Esta lectura es directa.

Los electrodos están hincados en el suelo por dos barras aisladas, con el cátodo de mayor longitud para evitar la polarización. Este sistema se emplea para pequeñas muestras sobre el terreno. La figura 4-6 es representativa de este método de medición.

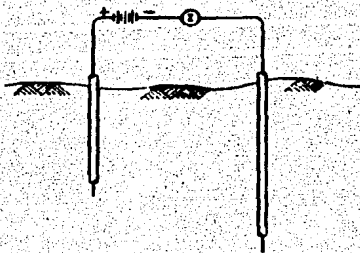


Fig. 4-6. Representación esquemática del método Shepard Canes de medición de la resistividad.

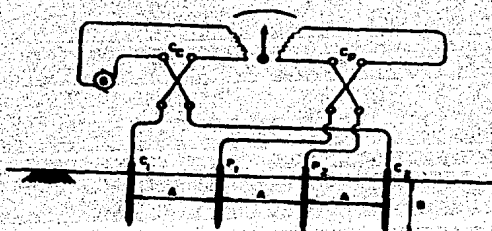


Fig. 4-5. Método de los cuatro puntos empleando un Megger.

El sistema SHEPARD CANES, se usa una corriente continua que se establece por medio de una batería de 3 volts de dos celdas el medidor también está conectado en serie, es un miliamperímetro de doble rango 0-25 mA graduado para leerse en Ω/cm . Esta lectura es directa.

Los electrodos están hincados en el suelo por dos barras aisladas, con el cátodo de mayor longitud para evitar la polarización. Este sistema se emplea para pequeñas muestras sobre el terreno. La figura 4-6 es representativa de este método de medición.

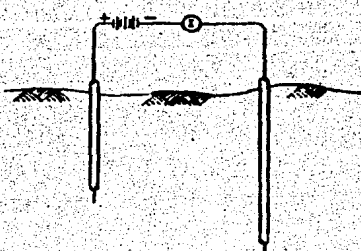


Fig. 4-6. Representación esquemática del método Shepard Canes de medición de la resistividad.

El método de los TRES PUNTOS, se ilustra en la figura 4-7, éste método puede ser utilizado en C.A. a frecuencia comercial ó bien en C.D.

Para obtener un grado aceptable de exactitud con el método de los tres puntos. La resistencia de los electrodos auxiliares deberá ser aproximadamente igual o menor que la del electrodo bajo prueba. Por otro lado aún con pequeños errores en las mediciones individuales pueden resultar grandes errores en la resistencia computada.

Cuando se usa corriente directa el efecto de la corriente alterna dispersa es eliminada. Las corrientes directas dispersas y la formación de gas en los electrodos suelen dar una lectura falsa. Estos efectos pueden ser reducidos, tomando lecturas primero con la corriente en una dirección, luego cambiar la polaridad y tomar nuevamente lecturas. Un promedio de estas lecturas dará un valor bastante aproximado. Las corrientes deberán ser aplicadas solamente en el tiempo suficiente para obtener las lecturas.

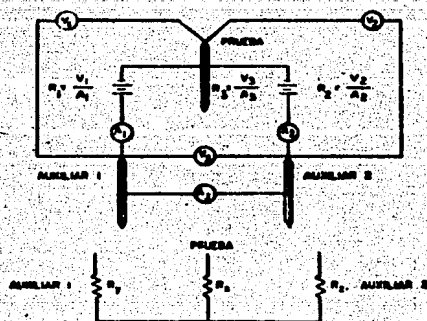


Fig. 4.7. Esquematación del método de los Tres Puntos para determinar la resistencia del suelo.

El método de la Relación, este método de medición y prueba de la resistencia de electrodos conectados a tierra se muestra en la figura 4-8. En este método la resistencia del electrodo bajo prueba, en serie con un electrodo auxiliar es medida por medio de un puente de Wheatstone o un ohmetro. Un potenciómetro de conductor deslizante es conectado a través de los mismos electrodos con el contacto deslizante conectado a un electrodo auxiliar secundario a través de un detector para determinar el punto de balance en el potenciómetro. El punto de balance en el potenciómetro fija la relación de la resistencia del electrodo de prueba a la resistencia total de los dos en serie que se ha determinado en la primera medición.

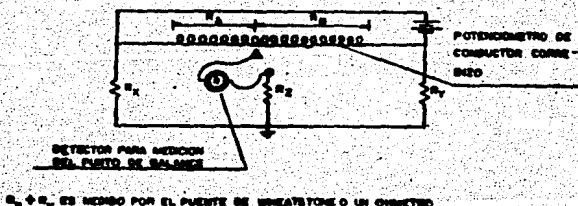


Fig. 4-8. Método de relación

PROCESO DE MEDICION.

Una vez que se conoce el método para medir la resistividad del terreno se procede a la aplicación sobre el lugar determinado, localizando los puntos críticos donde se supone existirán los mayores gradientes de potencial provocados por una falla o descarga eléctrica.

Se realiza un croquis del terreno indicando los puntos de medición y la dirección en que habrán de realizarse.

Realizar un número determinado de mediciones para obte-

ner un balance estadístico.

4.7 MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE TIERRA.

Cuando se encuentra que una resistencia de electrodo a tierra no es suficientemente baja, hay varias maneras para mejorarla.

- Longitud del electrodo de tierra.
- Uso de varios electrodos.
- Tratamiento químico del suelo.

EFFECTO DEL TAMAÑO DEL ELECTRODO.

En líneas anteriores se mencionó que la resistividad va ría disminuyendo conforme se profundiza en el suelo. En general si se duplica la longitud del electrodo, se reduce la resistencia a aproximadamente al 40%. La gráfica de la figura 4.9 se muestra el comportamiento de este efecto.

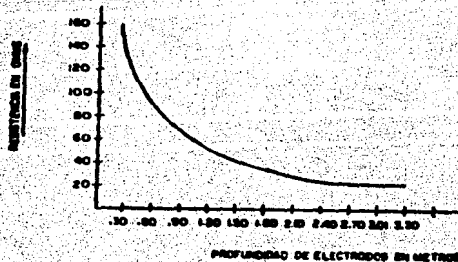


Fig. 4-9. Comportamiento de la resistencia con respecto a la profundidad de electrodos.

Se puede también pensar que aumentando el diámetro del electrodo se puede tener una reducción de la resistencia, en efecto esto pasa, pero no es considerable el cambio que sufre la resistencia. La gráfica de la figura 4-10 muestra el comportamiento de un electrodo de 3 m., pero de diámetros diferentes.

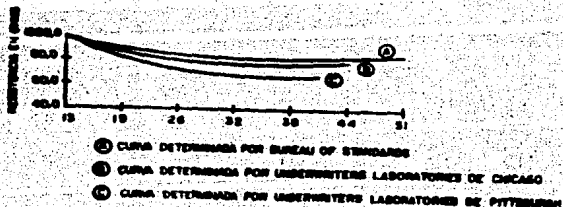


Fig. 4-10. Efecto del diámetro del electrodo de la resistencia.

USO DE VARIOS ELECTRODOS.

Dos electrodos bien espaciados enterrados en el suelo - proporcionan dos trayectorias en paralelo. La regla de dos resistencias en paralelo no se aplican exactamente; esto es, la resistencia resultante no es la mitad de una de ellas; si estas son iguales. Realmente la reducción lograda, si se tienen dos electrodos es de 60%, si se tienen tres es de 40% y si se tienen cuatro será de 33%.

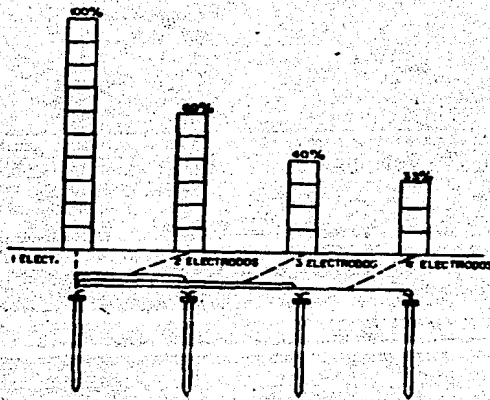


Fig. 4-11 Resultados promedio obtenidos para varios electrodos a tierra.

Cuando se usan varios electrodos, estos deben estar separados entre sí una distancia mayor que su longitud enterrada. - No se cuestionan las razones técnicas, pero basta saber; si se analizan las curvas de la figura 4-12, donde se determinan dos electrodos en paralelo de 3 m. y 3 m. de separación; si se aumenta a 6 m., la resistencia disminuye hasta un 50%.

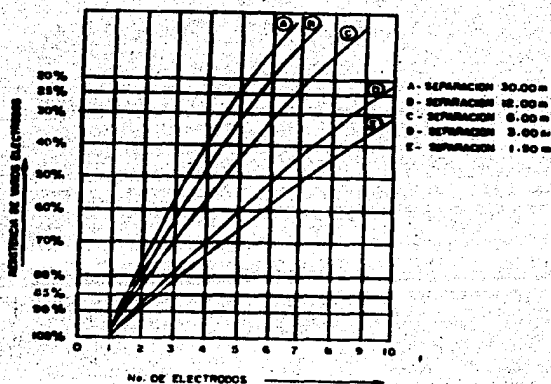


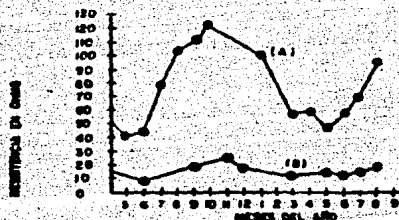
Fig. 4-12. Resistencia comparativa de varios electrodos. Electrodo sencillo = 100%.

TRATAMIENTO QUÍMICO DEL SUELO.

El tratamiento químico del suelo es un buen medio para bajar la resistencia del mismo, cuando los electrodos de tierra ya no se pueden enterrar más, debido a la dureza del suelo. Se tiene que considerar, sin embargo, el efecto corrosivo en el electrodo. Normalmente compuestos como el sulfato de cobre y sal de roca no son corrosivos. Se piensa que también el tratamiento químico no es un medio permanente de mejorar la resistencia de tierra de los electrodos, pues los compuestos químicos llegan a lavarse (a desaparecer) con la lluvia y el drenaje natural del suelo. Dependiendo de la porosidad del terreno y de la cantidad de la lluvia, los períodos de renovación del tratamiento químico varían. Pero se puede decir que duran algunos años.

Una de las ventajas del tratamiento químico es que reduce la variación de la resistencia del suelo que se presenta por cambios de estaciones y advenimientos de temporadas de sequía y -

humedad; como se puede ver en la curva de la figura 4-13.



(A) CURVA SIN TRATAMIENTO QUIMICO DE TERRENO

(B) CURVA CON TRATAMIENTO QUIMICO DE TERRENO

Fig. 4-13. Comportamiento de la resistividad de acuerdo con el tratamiento químico.

MÉTODOS DE APLICACION DEL TRATAMIENTO QUIMICO.

Existen tres maneras o formas de aplicar los elementos o sustancias químicas que se emplean extensamente en la práctica.

Elas son:

- Empleando un registro.
- Por medio de una trinchera alrededor del electrodo.
- Creando una bandeja alrededor del electrodo.

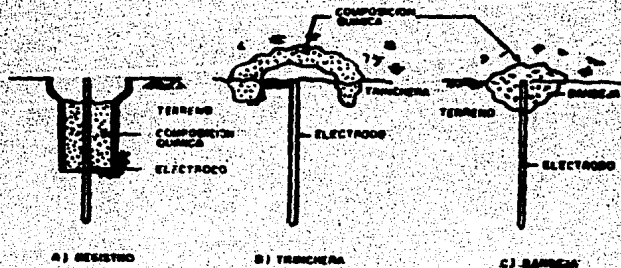


Fig. 4-14. Formas de aplicar el tratamiento químico.

La figura 4-14 muestra claramente la forma de proceder en cada caso, de aplicación del tratamiento químico. Cada método tiene sus ventajas.

4.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

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

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

Para el mejor funcionamiento de la red es necesario tener uniformidad en los espaciamentos de los conductores formando rejillas compuestas de mallas cuadradas o rectangulares para distribuir los potenciales locales que se presenten en esta zona.

El diseño preliminar deberá ser ajustado de tal manera que la longitud del conductor enterrado, incluyendo las conexiones del cruce y varillas, sea igual o mayor a la longitud obtenida en la ecuación número 4-5.

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

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

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

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

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

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

- a). Se tenga una resistencia a la fusión y al deterioro de las uniones eléctricas bajo las condiciones de magnitud y duración de la corriente de falla a tierra.
- b). Ser mecánicamente resistente en un alto grado, especialmente en lugares expuestos a daños físicos.
- c). Tener conductividad suficiente de tal forma que no contribuya a diferencias de potencial locales peligrosas.

4.9 CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS DE LA SUBESTACION.

En este cálculo se van enunciando y explicando el significado de las literales, así como la explicación de las ecuaciones.

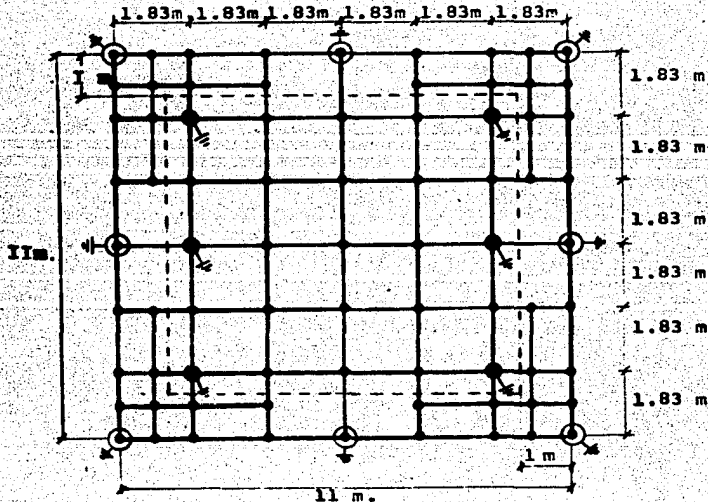
Para el diseño de sistemas de tierras general se hicieron tres cálculos, siendo estos la malla de la subestación, la malla en la casa de bombas y la malla de la casa de compresores; todas estas mallas forman una sola que es la malla general, misma que podemos apreciar de conjunto en el plano EL-905P. Como ejem-

pio del cálculo se escogió la malla de la subestación porque es la que ofrece más riesgos. Los otros dos cálculos no se incluyeron debido a que el procedimiento es similar. El desarrollo se apoya en las tablas y figuras que aparecen en la parte teórica. Empezamos por conocer el área cubierta por la red de tierra siendo esta de 11 m. de largo por 11 m. de ancho. Con estas dimensiones podemos elegir la cuadrícula de la malla a proponer. Quedando como sigue, los conductores distribuidos a lo ancho estarán espaciados 1.83 m. y los conductores distribuidos a lo largo estarán espaciados 1.83 m.

La malla resultante con las separaciones antes mencionadas, estará constituida por 7 conductores transversales y 7 conductores paralelos.

La longitud del conductor de la malla incluyendo el largo de las catorce varillas y los tramos de cable en las cuatro esquinas es de:

$$L = 7(11) + 7(11) + 14(3) + 8(3.66) = 225 \text{ m.}$$



DETERMINACION DE LA MAXIMA CORRIENTE DE FALLA.

Para la corriente de falla se consideró el corto circuito trifásico, ya que generalmente las magnitudes de la corriente de corto circuito de línea a tierra y de línea a línea son menores que la corriente de corto circuito trifásica.

Y como se vió anteriormente sus valores en el bus de 4.16 KV (CCM-1) son:

$$I_{sc} \text{ Asim.} = 20410 \text{ Amps.}$$

$$P_{cc} \text{ Asim.} = 118 \text{ MVA}$$

La corriente de falla debe corregirse por un factor de decremento, ya que al ocurrir la falla se origina una corriente transitoria, la cual se debe tomar en cuenta para mayor seguridad. Tomando una duración de la falla de 0.5 seg. se tiene un factor de decremento de 1, para otros tiempos podemos consultar la tabla N° 4.1.

Tabla 4.1

Duración de la falla y del choque eléctrico. T segs.	Factor de decremento
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 ó más	1.00

El factor de crecimiento de la planta es de 1. La corriente de falla trifásica aplicando los factores de decremento y crecimiento será:

$$I = 20,410 \text{ Amp.} \times 1 \times 1 = 20,410 \text{ Amp.}$$

Para la selección del calibre mínimo del conductor de cobre de la red de tierras que resista la falla de corto circuito

sin que llegue al punto de fusión, lo calculamos con la fórmula de ONDERDONK:

$$CM = K I \sqrt{t}$$

La tabla Nº 4.2 está basada en la ecuación antes mencionada, por lo tanto es más práctico consultarla.

Tabla 4.2

TAMAÑOS MÍNIMOS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE PARA EVITAR LA FUSIÓN.

Tiempo de duración de la falla	Circular mils por ampere		
	Cable Solamente	Con uniones soldadas	Con uniones atornilladas
30 seg.	40	50	65
4 seg.	14	20	24
1 seg.	7	10	12
0.5 seg.	5	6.5	8.5

Tabla 4.3

RESISTIVIDAD PROMEDIO DE LA TIERRA	
Tipo de Tierra	Resistividad en ohms - metro
Suelo orgánico mojado	10
Suelo húmedo	10 ²
Suelo seco	10 ³
Roca	10 ⁴

La selección del calibre se hizo en base a la conexión - mecánica debido a que tiene un punto de fusión muy bajo de 250° C. De esta manera queda abierta la posibilidad de usar todos los tipos de conexiones.

Cálculo del calibre:

$$8.5 \frac{\text{CM}}{\text{AMP}} \times 20,410 \text{ AMP} = 173,495 \text{ CM}$$

El calibre más próximo es el de 4/0 (211,600 CM)

Este conductor cumple con la sección 603.14 y 603.2 a de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

Para obtener un voltaje de malla dentro de los límites de seguridad, se requiere que la malla tenga por lo menos la longitud dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{K_n K_i \rho I \sqrt{E}}{116 + 0.17 S_r} \dots \dots \dots (4-5)$$

Donde:

ρ es la resistividad del terreno natural que en nuestro caso fue de 5.4 Ω/m

S_r es resistividad del piso (concreto), siendo ésta de 1000 Ω/m

K_n = Es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos (los de mayor longitud), el espaciamiento D, el diámetro d y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red.

Su valor se calcula como sigue:

$$K_n = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16h^2} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} , \text{ etc. } \dots \dots (4-6)$$

La cantidad de factores en el segundo término es de 2 - menos que el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales.

Para nuestro caso el valor de K_n es:

$$K_n = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{(1.83)^2}{16(0.5)^2 0.0134} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10}$$

$$K_n = 0.29$$

K_1 = Es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red. Para conocer K_1 lo hacemos mediante la siguiente ecuación:

$$K_1 = 0.65 + 0.172 n \dots\dots\dots (4-7)$$

Donde:

n es el número de conductores (los de menor longitud).

Sustituyendo valores, tenemos que:

$$K_1 = 0.65 + 0.172 (7) = 1.85$$

Para conocer L sustituimos valores en la ecuación correspondiente:

$$L = \frac{0.29 \times 1.85 \times 5.4 \times 20,410 \times 0.707}{235} = 146 \text{ m.}$$

Se cumple que:

$$L < L_m; L = 144 \text{ m.}, L_m = 225 \text{ m.}$$

La resistencia a tierra de la malla la obtenemos con la ecuación de LAURENT y NIEMAN (sección 603.2 c de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas).

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \text{ en ohms.} \dots\dots\dots (4-8)$$

Donde:

- r es el radio en metros de una placa circular equivalente, - cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.
- L es la longitud total de los conductores enterrados, en metros.
- ρ es la resistividad eléctrica del terreno.

Para conocer R procedemos a calcular r , por lo tanto:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} = \sqrt{\frac{121 \text{ m}^2}{\pi}} = 6.2 \text{ m}$$

$$R = \frac{5.4}{4(6.2)} + \frac{5.4}{225} = 0.241 \Omega$$

El aumento máximo de potencial de la red de tierras sobre el punto remoto de la tierra es:

$$E = R I \dots\dots\dots (4-9)$$

$$E = 0.241 \times 20,410 = 4,918 \text{ Volts.}$$

Esta elevación es alta e indica la necesidad de proteger al personal y al equipo de comunicación contra potenciales de transferencia.

Debido al valor alto de potencial de malla, procedemos a hacer una investigación de potenciales locales.

Procedemos a calcular el potencial de paso en la periferia en la malla aplicando la siguiente ecuación que es más precisa:

$$E_{\text{paso}} = K_s K_i S \frac{I}{L} \dots\dots\dots (4-10)$$

K_s es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número n al espaciamiento D y la profundidad de enterramiento h de los conductores de la malla. Para conocer su valor usamos la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right] \dots\dots (4-11)$$

El número total de términos es igual al número de conductores chicos de la malla básica.

$$K_s = 0.3183 \left[\frac{1}{2(0.6)} + \frac{1}{1.83 + 0.6} + \frac{1}{2(1.83)} + \frac{1}{3(1.83)} + \frac{1}{4(1.83)} + \frac{1}{5(1.83)} \right]$$

$$K_s = 0.318 (0.833 + 0.41 + 0.273 + 0.182 + 0.13 + 0.10) =$$

$$K_s = 0.61$$

Ahora sí podemos calcular E pasc, por lo tanto:

$$E \text{ pasc} = 0.61 \times 1.85 \times 5.4 \text{ } \Omega \text{-m} \times \frac{20,410 \text{ Amps}}{225 \text{ m}} = 552.78 \text{ Volts}$$

El número de varillas se calcula de acuerdo con la ecuación de Schwarz:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \pi n L_1} \left[\ln \frac{4 L_1}{b} - 1 + \frac{2 R_1 L_1}{\sqrt{\pi}} (\sqrt{n} - 1)^2 \dots \right] \quad (4-12)$$

Si el espaciamiento entre varillas es mayor que $\frac{1}{3}$ de la longitud de la varilla, los últimos términos pueden despreciarse de tal forma que la ecuación simplificada queda:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \pi n L_1} \left[\ln \frac{4 L_1}{b} - 1 \right] \dots \dots \dots (4-13)$$

Despejando n de la ecuación anterior:

$$n = \frac{\rho}{2 \pi R_1 L_1} \left[\ln \frac{4 L_1}{b} - 1 \right]$$

Donde:

- n = número de varillas
- b = diámetro de la varilla en metros
- R₁ = resistencia del grupo de varillas en ohms
- L₁ = longitud de la varilla
- ρ = resistividad del terreno en Ω

Sustituimos valores en la última ecuación, pero antes igualamos R₁ con la resistencia de la red:

$$n = \frac{5.4 \text{ } \Omega \text{-m}}{2 \pi (0.241)^3} \ln \frac{4(3)}{0.019} - 1 = 6.46 = 7 \text{ varillas.}$$

Se instalarán 8 varillas marca Cadwell de 3/4 (19 mm) de diámetro

con una longitud de 3 mts. con la finalidad de completar un arreglo simétrico, más otras 6 varillas para los transformadores.

Cálculo de las tensiones tolerables.

Potencial de paso tolerable:

$$E_{p.t.} = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{0.5}}$$

$$E_{paso\ total} = \frac{(116 + 0.7) (1000 \Omega - m)}{\sqrt{0.5}} = 1154 \text{ Volts.}$$

Potencial de contacto tolerable:

$$E_{c.t.} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{0.5}}$$

$$E_{contacto\ totl} = \frac{116 + 0.17 (1000 \Omega - m)}{\sqrt{0.5}} = 404.5 \text{ Volts}$$

Si se cumplen las condiciones de seguridad entonces la malla es segura.

El potencial de paso en la malla debe ser menor o igual que el potencial de paso tolerable.

$$E_p < E_{pt}$$

Sustituyendo valores obtenidos para nuestra malla se cumple la condición:

$$552.78 < 1154$$

El potencial máximo de malla debe ser menor que el potencial de contacto tolerable. Es decir $E_m < E_{c.t.}$

$$\text{Max. } E_{malla} = K_m K_i \rho \frac{I}{L} \quad E_{cont. tol.} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{E}}$$

o lo que es lo mismo, se debe cumplir que:

$$\frac{K_m K_i \rho I \sqrt{E}}{L} - 0.17 \rho_s < 116$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{0.29 \times 1.85 \times 5.4}{225} \Omega - m \times 20,410 \text{ Amp.} \times 0.707 - 0.17 \times 1000 \Omega - m < 116$$

$$16 < 116$$

Se cumplen las condiciones para los potenciales de pasc y de malla, por lo tanto, la red es segura.

4.10 SISTEMA DE PARARRAYOS.

GENERALIDADES.

El principio fundamental de la protección contra descargas atmosféricas es la de proporcionar los medios adecuados para que una descarga pueda incidir con seguridad sobre una construcción y sea conducida en forma inofensiva hasta tierra, de manera que no origine daños durante su recorrido.

4.11 DESCARGAS ATMOSFERICAS.

La forma en que se acumulan las cargas eléctricas en la nube no ha quedado definitivamente aclarada por las diferentes teorías. De acuerdo con una de ellas, las gotas de agua existentes en una nube bajo la acción de una corriente ascendente de aire frío, empiezan a congelarse. Es entonces cuando aparece una diferencia de potencial entre las gotas de agua y los cristales de hielo; las gotas de agua quedan cargadas positivamente y son arrastradas por la corriente ascendente del aire a la parte superior de la nube. Las gotas que se han congelado y acumulado formando cristales de hielo más pesados que tienen una carga negativa, descienden a la parte inferior de la nube.

Es evidente que las corrientes de aire deben hacer el trabajo de separar las cargas y mantenerlas así dentro de la nube. Cuando finalizan estas corrientes de convección, las cargas se

reunen y la nube regresa a su condición original.

Cuando en la base de la nube se forma una carga negativa, ésta induce una carga positiva en tierra. Debido a la gran extensión de la tierra, el gradiente de potencial producido por esta carga es generalmente bajo, excepto cuando existen protuberancias como edificios altos, torres de líneas de transmisión, cables aéreos, campanarios, astas de bandera, árboles, etc. Los gradientes de potencial en la nube, debido a la carga eléctrica negativa acumulada en la parte inferior, pueden ser muy altos y alcanzar un valor capaz de iniciar una descarga a través del aire, de intensidad relativamente baja y de polaridad negativa. Cuando esta descarga alcanza la tierra, se produce una corriente de gran intensidad y de polaridad positiva que circula en sentido inverso, es decir, de la tierra a la nube.

4.12 PARTES DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS.

Los elementos fundamentales de un sistema de pararrayos son 3:

a) Elemento receptor de la descarga, constituido por las puntas de protección y los cables colocados en las partes de la estructura expuestas a una descarga atmosférica.

b) Un circuito a tierra, el cual está formado por los conductores que deben transportar a tierra la corriente de descarga a través de un recorrido determinado y de baja resistencia eléctrica, pasando generalmente por las partes exteriores de los edificios.

c) Electrodo de tierra, llamado también dispersor, constituye el punto de unión entre el sistema y el terreno facilitando la dispersión de la corriente en el mismo. En los sistemas de protección de edificios es más importante proporcionar un contacto más amplio a tierra que una conexión de baja resistencia, -

aunque este último es deseable y se recomienda en la medida de lo posible.

4.13 RECOMENDACIONES BASICAS.

En la elaboración del proyecto debemos tener presente lo siguiente:

Seleccionar los puntos o partes que con mayor probabilidad estarán sujetos a descargas, con el objeto de instalar en estas las puntas para recibir las, proporcionándoles una trayectoria directa a tierra.

Las puntas pararrayos deben colocarse con la suficiente altura sobre la estructura para evitar el peligro de fuego causado por el arco.

Los conductores deben instalarse de manera que ofrezcan la menor impedancia al paso de la corriente de descarga entre las puntas y la tierra.

La trayectoria más directa es la mejor. No deben tenerse curvas ni ondas muy cerradas, pues el arco podría saltar entre ellas.

La impedancia a tierra es en la práctica, inversamente-proporcional al número de trayectorias separadas, por lo que, de cada punta deberán partir al menos dos trayectorias separadas, -- por lo que, de cada punta deberán partir al menos dos trayectorias hacia tierra.

Si se conectan los conductores de tal manera que forman una pareja o jaula que encierre al edificio o estructura se aumenta el número de trayectorias, y por consiguiente se reduce la impedancia.

El NEC (National Electrical Code), en su artículo 250-

86. nos dice que las varillas y conductores del sistema de pararrayos no se empleará para sustituir los electrodos de tierra del sistema general de tierras.

Lo anterior no nos prohíbe la interconexión de ambos sistemas, por el contrario, el NEC recomienda esa interconexión para mantener los diferentes electrodos al mismo potencial. Por lo comentado no existe ningún peligro para el equipo eléctrico que está aterrizado por el hecho de conectar al sistema de tierras al sistema de pararrayos. Por lo tanto, se recomienda que todos los dispositivos y componentes del sistema de pararrayos, sean conectados al sistema general de tierras.

C A P I T U L O V

SISTEMA DE ALUMBRADO

5.1 INTRODUCCION.

Como consecuencia del incremento en tamaño y número de las actuales instalaciones petroquímicas tenemos que cada vez se han tenido que emplear mejores y más perfeccionados sistemas de alumbrado con el fin de mantener la cantidad y la calidad propia de la luz en el área de trabajo.

Aunado a lo anterior se requieren instalaciones que man tengan un alto grado de seguridad para lo que se hace necesario que con los principios de iluminación con que debe contar un Inge niero encargado de este tipo de trabajos tenga fuentes de informa ción de los diferentes tipos de instalaciones eléctricas de alumbrado, que es posible tener en la industria petrolera.

En este capítulo se pretende dar una idea general de lo que es la iluminación. En él se definen la distribución luminosa a través del espacio que rodea a la luminaria, misma que se puede combinar con los métodos de alumbrado en espacios interiores, así como en el alumbrado público.

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

El alumbrado de plantas petroquímicas o de procesos químicos se localiza principalmente en donde es necesario, debido a la fuente de peligro que representan las luminarias sin tomar muy en cuenta la simetría de la instalación.

Una tendencia reciente es la de clasificar la mayoría de las áreas de alumbrado como Clase I, División 2.

Aún cuando el alumbrado incandescente es todavía ampliamente favorecido en las industrias de procesos químicos, muchas compañías están cambiando a alumbrado de vapor de mercurio debido a su mayor eficiencia. La aceptación general de luminarias fluorescentes y de mercurio ha sido retardada grandemente por su costo inicial mucho mayor; sin embargo, éste se compensa por el menor costo de operación y por la mayor vida de la lámpara que reduce los costos de mantenimiento.

Las luminarias fluorescentes normales se usan generalmente para el alumbrado de cuartos de control y oficinas, y para alumbrado general; particularmente en áreas exteriores se emplean reflectores estratégicamente colocados.

Muchas áreas de proceso y otras requieren alumbrado localizado; si estas áreas son Clase I, División 1, generalmente se usan luminarias a prueba de explosión. En áreas División 2 que no sean de procesos, la luminaria generalmente aceptada es la llamada de tipo a prueba de vapor.

Al diseñar cualquier luminaria de alumbrado a prueba de explosión estamos trabajando con un dispositivo que produce calor y por lo mismo las temperaturas de operación resultan importantes.

Los laboratorios Underwriters han establecido temperaturas límites para los distintos grupos de gases y vapores que se encuentran en la lista del Artículo 500 del National Electrical Code. Al diseñar luminarias para Clase I, División 1, Grupo C, la temperatura externa de la cubierta no debe exceder de 180°C para clase I, División 1, Grupo D, el límite es de 280°C . Estos límites están basados en una temperatura ambiente de 40°C al tiempo que la luminaria opera continuamente a carga, voltaje y frecuencia plenos.

Un requisito especial de diseño de los UL, para luminarias de alumbrado en todos los locales Clase I, División 1 es que la cámara de explosión para la lámpara debe estar separada e aislada del compartimiento de la lámpara. Como resultado no se re-

quiere un sello adyacente a las luminarias aprobadas por UL.

Cuando se usan luminarias que son a prueba de explosión, tales como los tipos cerradas y empacadas, en locales Clase I, - División 2, el NEC exige que la temperatura de operación de la luminaria no exceda del 80% de la temperatura de ignición del vapor o polvo inflamable de que se trate. Por ejemplo la temperatura de ignición de la gasolina es de 280° C. por lo tanto, la temperatura de operación de las luminarias en dicho ambiente no deberá - exceder del 80% de 280° C., ó sea 224° C.

Para estar seguros de que las temperaturas de operación de las luminarias no sean sobrepasadas es sumamente importante - que el personal de mantenimiento se asegure de instalar siempre - los focos especificados por el fabricante.

Las temperaturas máximas de seguridad establecidas por los laboratorios Underwriters para los grupos de polvos, Clase II son las siguientes: Grupo E y F 200° C., Grupo G 165° C., los - dispositivos que produzcan calor y que se instalen en locales cla - se II, no deberán funcionar a temperaturas mayores que las ante - riormente mencionadas.

5.2 SISTEMAS DE ILUMINACION.

Una buena iluminación puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias clasificadas con arreglo a la distribución vertical de la luz. La selección del tipo más adecuado depende de las características físicas de la habitación, - del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de manteni - miento (ver fig. 5-1).

Los sistemas de iluminación pueden ser:

- DIRECTA.
- SEMIDIRECTA.
- GENERAL DIFUSA.

- DIRECTA INDIRECTA.
- SEMI-INDIRECTA.
- INDIRECTA.

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

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

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

DIRECTA INDIRECTA.- Es una modificación de la luminaria general difusa, la modificación consiste en impedir que se emita luz hacia los lados de la luminaria.

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

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

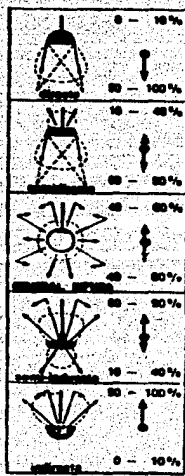


Fig. No 5-1 Distribución vertical del Flujo luminoso.

5.3 METODOS DE ALUMBRADO.

En esta clasificación se hace referencia a la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada. No hay que confundir los métodos de alumbrado con los sistemas de iluminación, anteriormente estudiados. En cualquiera de los métodos de alumbrado que veremos a continuación, puede utilizarse cualquiera de los sistemas de iluminación que se han visto en el tema 5.2.

Los métodos de alumbrado pueden ser:

- Alumbrado General.
- Alumbrado General Localizado.
- Alumbrado Suplementario.
- Alumbrado Individual.
- Alumbrado Combinado.

ALUMBRADO GENERAL.- El alumbrado general proporciona un nivel de iluminación casi uniforme en cualquier punto del local. Un buen alumbrado general hace posible el cambio de lugar de las máquinas sin necesidad de alterar el alumbrado, permitiendo un mejor aprovechamiento de la superficie del piso. Este método se emplea comúnmente en oficinas generales, aulas de escuelas, fábricas, supermercados, áreas con nave, etc. (Ver fig. 5.2).

ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO.- En muchas naves industriales, se agrupan las máquinas en sitios determinados (por ejemplo, junto a la pared); por lo tanto no es necesario mantener un nivel uniforme de iluminación en toda la nave. Se suspenden más abajo los equipos de alumbrado que en el caso anterior y, además se agrupan estos equipos de alumbrado, de forma que sobre las máquinas se alcancen elevados niveles de iluminación y al mismo tiempo, se asegure sobre los pasillos y zonas circundantes de las máquinas, una iluminación general, suficiente para eliminar los fuertes contrastes de luminancias (que producirían deslumbramientos) y mantener buenas condiciones de seguridad. Véase en la fig. 5.3 un ejemplo de este método de alumbrado.

ALUMBRADO SUPLENENTARIO.- Algunas veces, sobre todo en los locales comerciales, escaparates, etc., se pretende destacar un objeto o un artículo determinado con fines publicitarios o de venta. En este caso, debe suplementarse el alumbrado general por medio de aparatos de iluminación especiales que concentren la luz colocados en la cercanía del objeto que pretende destacar. Este método se puede comprender mejor viendo la fig. 5.4.

ALUMBRADO INDIVIDUAL.- Se utiliza cuando se precisa un alto nivel de iluminación en la zona de trabajo individual, debido a la precisión de la tarea. El ejemplo más característico lo

constituyen las lámparas de escritorio, escritorios, etc. Para mayor claridad ver la fig. 5.5.

ALUMBRADO COMBINADO.— En muchas ocasiones se obtiene el mejor resultado combinando dos o más métodos de alumbrado. Por ejemplo véase la figura 5.6 es un alumbrado combinado, en la cual se combina el alumbrado general del taller y el alumbrado individual de cada máquina.

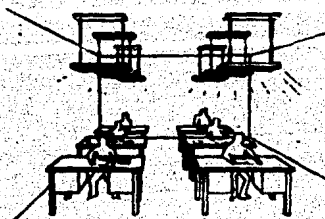


Fig. Nº 5-2 Alumbrado General

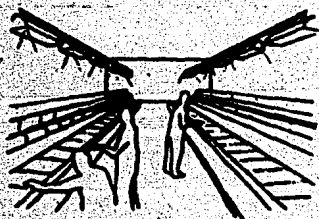


Fig. 5-3 Alumbrado gral. localizado

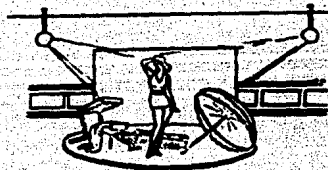


Fig. 5-4 Alumbrado Suplementario

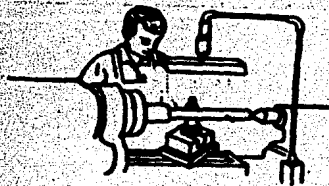


Fig. 5-5 Alumbrado Individual

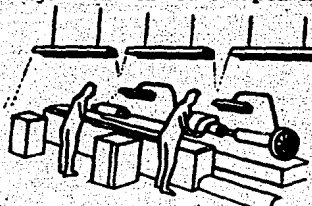


Fig. 5-6 Alumbrado Combinado

5.4 CURVAS DE DISTRIBUCION.

CURVAS FOTOMETRICAS.— Las curvas fotométricas son las curvas de distribución espacial de las intensidades luminosas producidas por una fuente. Se obtiene mediante la medición de las intensidades producidas por una fuente en distintas posiciones al rededor de la lámpara o luminaria y graficando los valores obtenidos por medio de coordenadas polares. La distancia desde cualquier punto de la curva hasta el centro indica la intensidad luminosa en ese sentido, esto se puede comprender mejor viendo la figura 5.7.

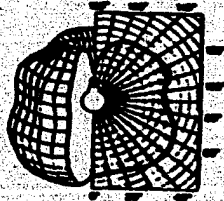


Fig. NR 5-7.

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

La iluminación que recibe una superficie, proveniente de una sola fuente, puede calcularse fácilmente a partir de la

curva de intensidades. Cuando el tamaño de la luminaria comparado con su distancia a la superficie que ilumina, permite considerarla como una fuente puntual, la iluminación en cualquier punto de la superficie puede determinarse utilizando la expresión de la ley del inverso de los cuadrados ($E = I \cos \theta / L^2$). Dividiendo el producto de la intensidad luminosa y la función trigonométrica del ángulo entre la distancia al cuadrado, conoceremos los luxes incidentes en un determinado punto de la superficie. Si el tamaño de la fuente luminosa no permite la aplicación directa de la ley del inverso de los cuadrados se requiere un proceso de cálculo más complicado.

Si la distribución es simétrica respecto a un eje central, puede representarse el haz con una sola curva. Un haz asimétrico, en cambio, requiere al menos una curva vertical y otra horizontal, fig. 5.8, y a veces más para que la descripción sea completa.

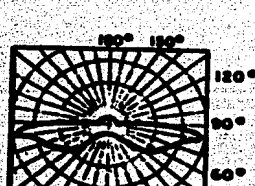


Fig. No 5-8a Distribución Horizontal

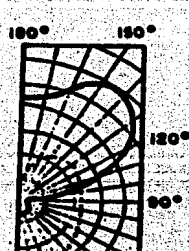


Fig. No 5.8b Distribución Vertical

Fig. No 5-8

CURVAS ISOLUX.— Está constituido por un conjunto de curvas que unen puntos de un mismo nivel luminoso en un plano de trabajo, esto se aprecia mejor observando la siguiente figura 5.9

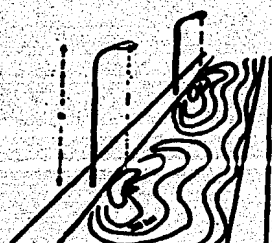


Fig. Nº 5-9

Para facilitar la aplicación de la información a diferentes alturas de montaje, las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. El diagrama isolux que se ilustra en la fig. 5.10 corresponde a una sola unidad luminosa, pero pueden construirse curvas similares para una instalación sumando las aportaciones luminosas de cada una de las luminarias que constituyen la instalación. Cada altura de montaje origina un diagrama isolux distinto. El diagrama isocandela por otro lado, es una característica fija de la luminaria, independientemente de la distancia o altura de montaje.

Los diagramas isolux se utilizan más en instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalación de alumbrado.

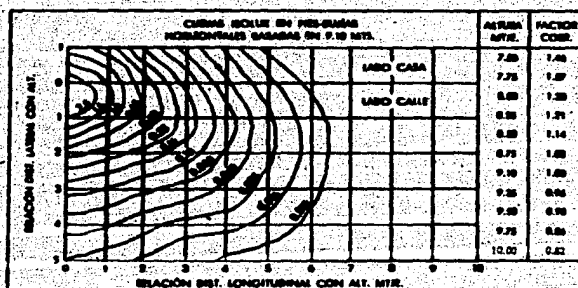


Fig. NR 5-10

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

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

1).- Localización del punto:

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

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

2).- El valor de la lectura es de 0.35 luxes con 1000 lúmenes.

3.- Nivel con 26,600 lúmenes: $26,000/1000 = 26.6$ lúmenes.
 $26.6 \times 0.325 = 8.64$ luxes.

4.- Corrección por altura de montaje:

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

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

CURVAS DE UTILIZACION.

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

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

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

Donde el C.U. lo obtenemos de las curvas de utilización que el fabricante entrega fig. 5.11. El coeficiente de utilización lado banqueta (LB) del luminario es: $LB/AM = 1.57 \pm 0.2$, y con este valor nos referimos verticalmente hasta la curva (lado banqueta) donde tomaremos la lectura del eje vertical cero, obteniendo un valor de 3. El lado calle, el coeficiente de utilización sera: $LC/AM = 10 - 1.57 = 1.2$, nos referimos verticalmente hasta cruzar la curva (lado calle), de donde tomaremos la lectura sobre el eje vertical cero, obteniendo el valor de 38 el valor definitivo del coeficiente de utilización será:

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

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

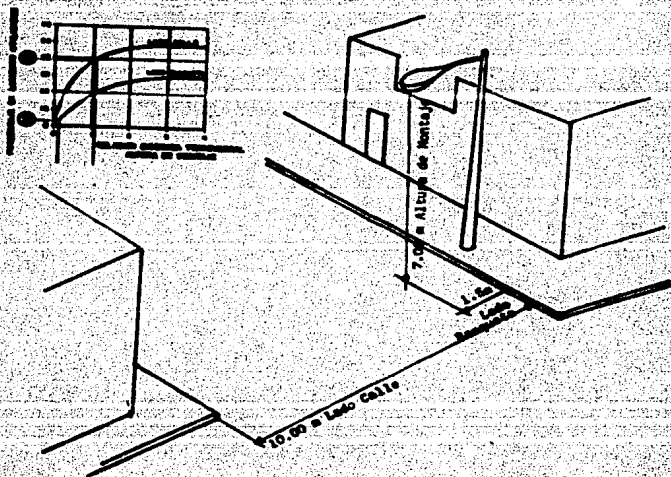


Fig. Nº 5-11.

5.5 ILUMINACION INTERIOR.

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

Una vez seleccionada la luminaria que se va a utilizar y el nivel lumínico requerido (de tablas) es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación.

Hay dos métodos para conocer el número de luminarias y un tercero para comprobar el nivel de iluminación producido por las luminarias en los puntos más críticos. Los nombres de los métodos son: Método de los lúmenes, Método de cavidad zonal y Método de punto por punto. A continuación hablaremos de cada uno de los métodos, mostrando en algunos casos su aplicación en el proyecto.

5.6 METODO DE LOS LUMENES.— Los principios básicos para un buen diseño de iluminación industrial son los mismos que para cualquier otra área (edificios, oficinas, residencias). El método seleccionado para el diseño de la iluminación en la planta, es el de los lúmenes. Este método consiste en obtener los lúmenes promedio de un local de una forma fácil y rápida, razón por la cual es ampliamente aplicado en el alumbrado interior. El pro

cedimientos es como sigue:

- 1).- Determinar el nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII), consultar tabla.
- 2).- Seleccionar el sistema de iluminación (directa, semi-directa, semi-indirecta, indirecta) y las luminarias (tomando en consideración la eficiencia luminosa, precio, funcionamiento).
- 3).- Determinar el coeficiente de utilización (C.U.). Este es un factor que tiene en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y piso. Hay dos formas de calcular el C.U. y son:

a). Obteniéndose el índice de cuarto (o local). Los locales se clasifican de acuerdo con su forma, asignándoseles diez diferentes letras, identificados por el valor de su relación de cuarto. Esta se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

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

donde:

- RC - Relación de Cuarto.
 a - Ancho.
 l - largo.
 hm - altura de montaje. (A partir del plano de trabajo).

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

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

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

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

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

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

$$\text{Número de Lámparas} = \frac{\text{Área del piso} \times \text{luxes requeridos}}{\text{Lámparas} \times \text{Lúmenes} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

por por
Luminaria Lámpara

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

EJEMPLO 1:**PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL NUMERO DE LUMINARIAS EN EL CUARTO DE ARRANCADORES.**

El cálculo se efectuará siguiendo el procedimiento descrito. Otra forma de conocer el número de luminarias consiste en utilizar formatos que faciliten el cálculo y control. La localización del cuarto de arrancadores así como la distribución de las luminarias y características de las mismas se podrán apreciar en los planos EL-925P y EL-926P.

- 1). Para este tipo de áreas, el nivel lumínico recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación, A.C. es de 300 luxes.
- 2). La luminaria seleccionada es del tipo fluorescente RLM Industrial, Slimline, con distribución luminosa semidirecta, luz blanca fría, con un flujo lumínico de 5600 lúmenes y dos tubos de 74 W cada uno (2 x 74 W).
- 3). Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.). Se necesita conocer los datos del local para poder obtener el índice de cuarto y, posteriormente mediante las tablas del fabricante obtener el C.U.

$$l = 18 \text{ m.}$$

$$a = 10 \text{ m.}$$

$$A = 180 \text{ m}^2$$

$$hm = 2.70 \text{ m.}$$

$$RC = \frac{180}{2.70 (10 + 18)} = 2.38$$

De la tabla se obtiene la letra del índice de cuarto (I.C.) que le corresponde a 2.38

INDICES DE CUARTO	
J	0.0 DE 0.0 A 0.7
I	0.0 DE 0.7 A 0.9
H	1.0 DE 0.0 A 1.2
G	1.25 DE 1.25 A 1.50
F	1.50 DE 1.50 A 1.75
E	2.00 DE 1.75 A 2.25
D	2.50 DE 2.25 A 2.75
C	3.00 DE 2.75 A 3.50
B	4.00 DE 3.50 A 4.50
A	5.00 MAS DE 4.50

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

INDICE DE CUARTO	C.O.	30%		30%		10%	
		30%	30%	30%	30%	10%	10%
J	0.0	31	27	26	25	23	22
I	0.0	30	26	25	24	22	21
H	1.0	44	39	42	40	38	37
G	1.25	48	44	46	45	43	41
F	1.5	52	47	49	48	47	44
E	2.0	57	53	52	50	50	48
D	2.5	64	59	59	57	56	51
C	3.0	63	58	58	56	54	52
B	4.0	68	62	60	58	56	54
A	5.0	69	66	65	63	57	56

Después de haber consultado la tabla del fabricante obtenemos que C.U. = 0.53.

- 4). El factor de mantenimiento es de tipo medio debido a las condiciones ambientales de trabajo, por lo tanto P.M. = 0.6.
- 5). Determinamos el número de luminarias.

$$NL = \frac{180 \times 300}{2 \times 5600 \times 0.53 \times 0.6} = 15.16 \text{ luminarias.}$$

EJEMPLO 2:**PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL NUMERO DE LUMINARIAS EN EL CUARTO DE CONTROL.**

La distribución de las luminarias y sus características las podemos ver en los planos EL-925P y EL-926P.

Procedemos en el orden del ejemplo anterior.

- 1). El nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación, A.C. es de 400 luxes.
- 2). La luminaria seleccionada es del tipo fluorescente RLM Industrial, Similins, con distribución luminosa semidirecta, luz blanca fría, flujo luminoso de 5600 lúmenes, y dos tubos de 74 W cada uno (2 x 74 W).
- 3). Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.). Como en el caso anterior se requiere conocer los datos del local para poder obtener el índice de cuarto.

$$l = 10 \text{ m}$$

$$a = 5 \text{ m}$$

$$A = 50 \text{ m}^2$$

$$h_m = 2.70 \text{ m.}$$

$$UC = \frac{10 \times 5}{2.70 \times (10 + 5)} = 1.23$$

Obtenemos el I.C. de la tabla:

INDICES DE CUANTO		
J	0.0	DE 0.0 a 0.7
I	0.8	DE 0.7 a 0.9
H	1.0	DE 0.9 a 1.2
G	1.25	DE 1.2 a 1.50
F	1.50	DE 1.50 a 1.75
E	2.00	DE 1.75 a 2.25
D	2.50	DE 2.25 a 2.75
C	3.00	DE 2.75 a 3.50
B	4.00	DE 3.50 a 4.50
A	5.00	MAS DE 4.50

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

Datos, reflectancia del techo 30%, reflectancia de paredes - 30%, reflectancia del piso 20%, I.C. = G.

INDICE DE CUANTO	30%			20%			30%		
	30%	20%	30%	30%	20%	30%	30%	20%	
J	0.0	31	27	31	27	24	27	24	
I	0.8	40	35	35	31	31	34	31	
H	1.0	45	41	41	41	38	41	38	
G	1.25	50	46	46	46	44	44	44	
F	1.50	57	53	53	52	49	52	49	
E	2.00	64	59	59	58	55	58	55	
D	2.50	69	64	64	63	60	63	60	
C	3.00	71	67	67	66	63	66	63	
B	4.00	74	71	71	70	66	69	67	
A	5.00	77	74	74	73	71	72	70	

- El factor de mantenimiento es de tipo bueno debido a las condiciones ambientales, por lo tanto, F.M. = 0.7.
- Determinaremos el número de luminarias mediante la siguiente ecuación.

$$NL = \frac{100 \times 50}{2 \times 5600 \times 0.7 \times 0.47} = 5.41 \text{ luminarias.}$$

6). Debido a la forma del local se instalarán 6 luminarias. A continuación presentaremos de nuevo el cálculo pero ahora por medio de formato. Este tiene la ventaja de facilitar y controlar mejor los cálculos.

Cálculo del número de luminarias necesarias en el cuarto de control aplicando el formato.

FORMA DE CÁLCULO		ILUMINACIÓN - MÉTODO DE LAS LUMINARIAS		MCM	
NOMBRE DEL LOCAL		DESCRIPCIÓN		MCM	
MCM		MCM		MCM	
MCM		MCM		MCM	
MCM		MCM		MCM	
A. DATOS DEL CUARTO		B. DATOS DE LAS LUMINARIAS		C. CÁLCULO Y RESULTADO DEL CÁLCULO	
ANCHO (A) (m)	11.1	WATTIAGE (W)	100	1	100
ALTO (B) (m)	5.0	WATTIAGE (W)	100	2	200
ÁREA (S) (m ²)	55.5	WATTIAGE (W)	100	3	300
ALTO (C) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	4	400
ALTO (D) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	5	500
ALTO (E) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	6	600
ALTO (F) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	7	700
ALTO (G) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	8	800
ALTO (H) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	9	900
ALTO (I) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	10	1000
ALTO (J) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	11	1100
ALTO (K) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	12	1200
ALTO (L) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	13	1300
ALTO (M) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	14	1400
ALTO (N) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	15	1500
ALTO (O) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	16	1600
ALTO (P) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	17	1700
ALTO (Q) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	18	1800
ALTO (R) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	19	1900
ALTO (S) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	20	2000
ALTO (T) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	21	2100
ALTO (U) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	22	2200
ALTO (V) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	23	2300
ALTO (W) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	24	2400
ALTO (X) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	25	2500
ALTO (Y) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	26	2600
ALTO (Z) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	27	2700
ALTO (AA) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	28	2800
ALTO (AB) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	29	2900
ALTO (AC) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	30	3000
ALTO (AD) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	31	3100
ALTO (AE) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	32	3200
ALTO (AF) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	33	3300
ALTO (AG) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	34	3400
ALTO (AH) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	35	3500
ALTO (AI) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	36	3600
ALTO (AJ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	37	3700
ALTO (AK) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	38	3800
ALTO (AL) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	39	3900
ALTO (AM) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	40	4000
ALTO (AN) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	41	4100
ALTO (AO) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	42	4200
ALTO (AP) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	43	4300
ALTO (AQ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	44	4400
ALTO (AR) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	45	4500
ALTO (AS) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	46	4600
ALTO (AT) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	47	4700
ALTO (AU) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	48	4800
ALTO (AV) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	49	4900
ALTO (AW) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	50	5000
ALTO (AX) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	51	5100
ALTO (AY) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	52	5200
ALTO (AZ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	53	5300
ALTO (BA) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	54	5400
ALTO (BB) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	55	5500
ALTO (BC) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	56	5600
ALTO (BD) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	57	5700
ALTO (BE) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	58	5800
ALTO (BF) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	59	5900
ALTO (BG) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	60	6000
ALTO (BH) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	61	6100
ALTO (BI) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	62	6200
ALTO (BJ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	63	6300
ALTO (BK) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	64	6400
ALTO (BL) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	65	6500
ALTO (BM) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	66	6600
ALTO (BN) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	67	6700
ALTO (BO) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	68	6800
ALTO (BP) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	69	6900
ALTO (BQ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	70	7000
ALTO (BR) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	71	7100
ALTO (BS) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	72	7200
ALTO (BT) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	73	7300
ALTO (BU) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	74	7400
ALTO (BV) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	75	7500
ALTO (BW) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	76	7600
ALTO (BX) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	77	7700
ALTO (BY) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	78	7800
ALTO (BZ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	79	7900
ALTO (CA) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	80	8000
ALTO (CB) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	81	8100
ALTO (CC) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	82	8200
ALTO (CD) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	83	8300
ALTO (CE) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	84	8400
ALTO (CF) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	85	8500
ALTO (CG) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	86	8600
ALTO (CH) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	87	8700
ALTO (CI) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	88	8800
ALTO (CJ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	89	8900
ALTO (CK) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	90	9000
ALTO (CL) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	91	9100
ALTO (CM) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	92	9200
ALTO (CN) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	93	9300
ALTO (CO) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	94	9400
ALTO (CP) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	95	9500
ALTO (CQ) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	96	9600
ALTO (CR) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	97	9700
ALTO (CS) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	98	9800
ALTO (CT) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	99	9900
ALTO (CU) (m)	2.7	WATTIAGE (W)	100	100	10000

5.7 METODO DE CAVIDAD ZONAL.

El método de cavidad por zonas es una modificación del método de los lúmenes presentando una mayor exactitud debido a la mejor consideración de las cavidades o espacios donde se difunde la luz. Más adelante se muestran ejemplos con formato. Este método divide el cuarto en tres cavidades: altura de la cavidad del techo (hct), altura de la cavidad del local (hcl), altura de la cavidad del piso (hcp); haciendo posible considerar la cavidad básica del local como un espacio vacío localizado entre los planos de la luminaria y de trabajo. Este concepto permite considerar en detalle la existencia de obstrucciones y reflectancias abajo del plano de trabajo y arriba del plano de las luminarias, sin que afecte la tabla básica de coeficientes de utilización. Observando la fig. 5.12 nos quedará más claro lo antes explicado.

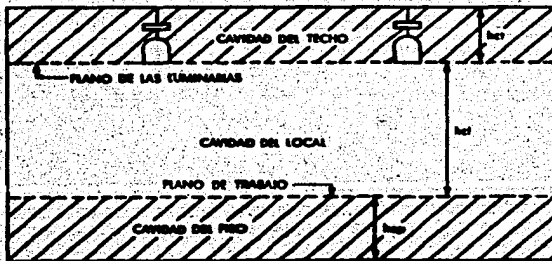


Fig. NR 5-12

En general el método comprende los pasos siguientes:

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

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

2) Calcular las relaciones de cavidad (h_{et} , h_{CL} , h_{cp}) sustituyendo los valores en las fórmulas (letra "D" del formato).

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

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

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

HOJA DE CALCULO ILUMINACION-METODO DE CAVIDAD ZONAL			
DESCRIPCION DE LA CAVIDAD Y DIMENSIONES		DESCRIPCION DE LA FUENTE DE LUZ	
60 - DATOS DEL CUERPO 60.1 - LONGITUD: 2.00 m 60.2 - ANCHO: 1.00 m 60.3 - ALTURA: 0.50 m 60.4 - AREA: 2.00 m ² 60.5 - PERIMETRO: 5.00 m 60.6 - VOLUMEN: 1.00 m ³ 60.7 - COEFICIENTE DE REFLEXION: 0.70 60.8 - COEFICIENTE DE ABSORCION: 0.30		61 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ 61.1 - TIPO DE FUENTE: LAMPARA INCANDESCENTE 61.2 - POTENCIA: 100 W 61.3 - ALTIMETRO: 2.00 m 61.4 - AREA DE EMISION: 0.01 m ² 61.5 - ANGULO DE EMISION: 90° 61.6 - COEFICIENTE DE EMISION: 0.90 61.7 - COEFICIENTE DE ABSORCION: 0.10	
62 - DATOS DE LA CAVIDAD			
63 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
64 - DATOS DE LA CAVIDAD			
65 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
66 - DATOS DE LA CAVIDAD			
67 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
68 - DATOS DE LA CAVIDAD			
69 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
70 - DATOS DE LA CAVIDAD			
71 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
72 - DATOS DE LA CAVIDAD			
73 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
74 - DATOS DE LA CAVIDAD			
75 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
76 - DATOS DE LA CAVIDAD			
77 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
78 - DATOS DE LA CAVIDAD			
79 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
80 - DATOS DE LA CAVIDAD			
81 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
82 - DATOS DE LA CAVIDAD			
83 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
84 - DATOS DE LA CAVIDAD			
85 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
86 - DATOS DE LA CAVIDAD			
87 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
88 - DATOS DE LA CAVIDAD			
89 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
90 - DATOS DE LA CAVIDAD			
91 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
92 - DATOS DE LA CAVIDAD			
93 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
94 - DATOS DE LA CAVIDAD			
95 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
96 - DATOS DE LA CAVIDAD			
97 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
98 - DATOS DE LA CAVIDAD			
99 - DATOS DE LA FUENTE DE LUZ			
100 - DATOS DE LA CAVIDAD			

5.8 METODO DE PUNTO POR PUNTO.

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

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

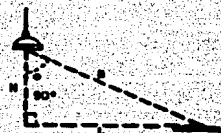
Iluminación en el plano normal (perpendicular). Cuando la dirección del haz luminoso en candelas y el plano de iluminación son perpendiculares.

$$E_n = I/D^2$$



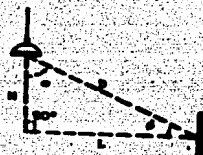
Iluminación horizontal. Para conocer la iluminación en este plano aplicamos la siguiente ecuación:

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



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

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



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

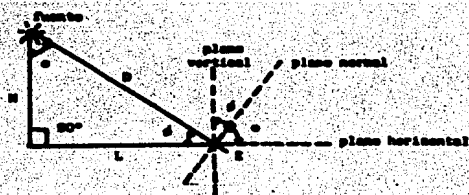
$$D = \sqrt{H^2 + L^2}$$

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

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

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

$$\text{Tang. } \theta = L/H$$



Donde:

- E_n** = Iluminación en el plano horizontal al rayo de luz.
- E_h** = Iluminación en el plano horizontal cuando el rayo de luz incide en el plano con ángulo θ .
- E_v** = Iluminación en el plano vertical cuando el rayo de luz incide en el plano con ángulo ϕ .
- I** = Intensidad de la fuente luminosa en dirección del punto E.
- D** = Distancia entre la fuente luminosa y el punto E.
- H** = Altura del montaje vertical de la fuente luminosa sobre el plano de medición.
- L** = Distancia horizontal desde la fuente luminosa al punto E.
- θ** = Ángulo entre el rayo de luz y una línea perpendicular a través de la fuente luminosa.
- ϕ** = Ángulo de incidencia de entre el rayo de luz y el lado L.

5.9 ALUMBRADO EXTERIOR.

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

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

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

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

- La visibilidad de los colores se pierde a bajos niveles de iluminación.
- A un promedio de 80 Km/h el individuo ve 14% menos que si viajara a 70 Km/h.

- Los objetos o personas deben contrastar bien, o sea, debe haber una diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo con la finalidad de que puedan ser identificados rápidamente.

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

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

La tendencia actual del alumbrado de calles y áreas públicas es el menor mantenimiento posible, el incremento en niveles de iluminación y el mejoramiento del color de la fuente luminosa; ya que es necesario planear instalaciones más eficientes de lo el aumento en las actividades nocturnas, de la densidad del tráfico y las velocidades de los vehículos.

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

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL ALUMBRADO PUBLICO.

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

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

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

CONCLUSIONES

Dada la amplitud del presente proyecto de este trabajo no ha podido abarcar todos y cada uno de los puntos del mismo, pero sí se indican los lineamientos básicos seguidos en su desarrollo, teniendo en consideración todos los factores y condiciones que puedan afectar el buen funcionamiento de la planta, así como la seguridad del personal de operación.

Se consideraron además, las posibles ampliaciones del Sistema Eléctrico y el equipo se seleccionó teniendo en cuenta su funcionalidad, eficiencia, costo inicial, costo de operación y - prefiriendo que sea de fabricación nacional.

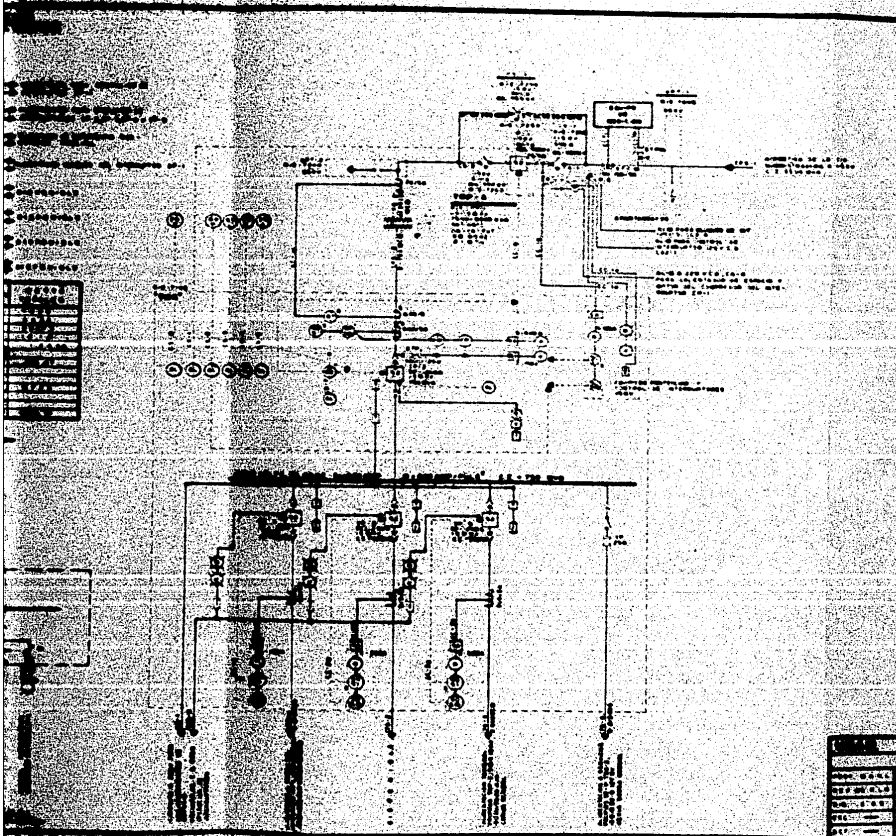
Con la realización integral del proyecto de esta planta se logrará una distribución de Gas L.P.G. en forma económica, estable y continua en la parte occidental del país y el bajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Industrial Power Systems Handbook.
D. Beeman, Mc Graw Hill.
- 2.- Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.
Ediciones Andrade, S.A. 1977.
- 3.- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, Parte I -
Utilización de Energía Eléctrica.
Dirección General de Normas 1981.
- 4.- National Electrical Code.
N.E.P.A. 70-1978.
- 5.- Proyecto para la Construcción de una Planta de Almacenamiento y Distribución de Propano en Las Truchas, Mich.
Marco Antonio De Haro J.
Tesis Profesional 1982
Facultad de Química - U.N.A.M.
- 6.- Instalaciones Eléctricas Prácticas.
Ing. Césario Becerril 1979.
- 7.- Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.
General Electric.
- 8.- Recommended Practice for Electric Power Distribution for -
Industrial Plants.
Red Book. IEEE 1976.
- 9.- Recommended Practice for Grounding Industrial and Commercial
Power Systems.
Green Book. IEEE 1972.
- 10.- Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta -
Tensión.
Ing. Enriquez Harper.
Ed. Limusa 1977

- 11.- Elementos de Diseño de Subestaciones.
Ing. Enriquez Harper
Ed. Limusa
- 12.- Guide for safety in Substation Grounding.
IEEE, Std. 80-1976.
- 13.- Standard Handbook for Electrical Engineers.
A.E. Knowlton.
- 14.- Electrical Systems Analysis and Design for Industrial Plants
Irwin Lazar.
Mc Graw-Hill Book Company.
- 15.- Lightning Protection Code
N.F.P.A. No 78
- 16.- Protección de Sistemas de Potencia e Interruptores.
B. Ravindranath, M. Chandar.
Ed. Limusa.
- 17.- Manual Eléctrico
Phelps Dodge PYCSA, S.A. 1973.
- 18.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia.
William D. Stevenson, 2a. Edición.
Mc Graw Hill
- 19.- Redes Eléctricas, Segunda Parte.
Jacinto Viqueira L.
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
- 20.- Clasificación de Areas Peligrosas y Selección de Equipo -
Eléctrico.
FENER, Norma 2.346.13
- 21.- Manual Técnico de Cables de Energía, Segunda Edición.
Mc Graw Hill.

- 22.- Manual de Alumbrado.
Westinghouse, 3a. Edición, 1980.
Ed. Dossat, S.A.
- 23.- Curso Básico de Iluminación.
Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación.
SNII, 1976.
- 24.- Luminotecnía y sus Aplicaciones.
Eulio Carranza C.
Ed. Diana.
- 25.- Informaciones Técnicas de Fabricantes.
Square D de México, S.A.
Condumex, S.A.
Energemex, S.A.
General Eléctric de México, S.A.
Burdny, S.A.
Crouse Hinds Domex, S.A.
Holephane.
Cadweld.
Conductores Monterrey, S.A.
Novalux, S.A.
IEM, S.A.
Saltou, S.A.
MIFE de México, S.A.

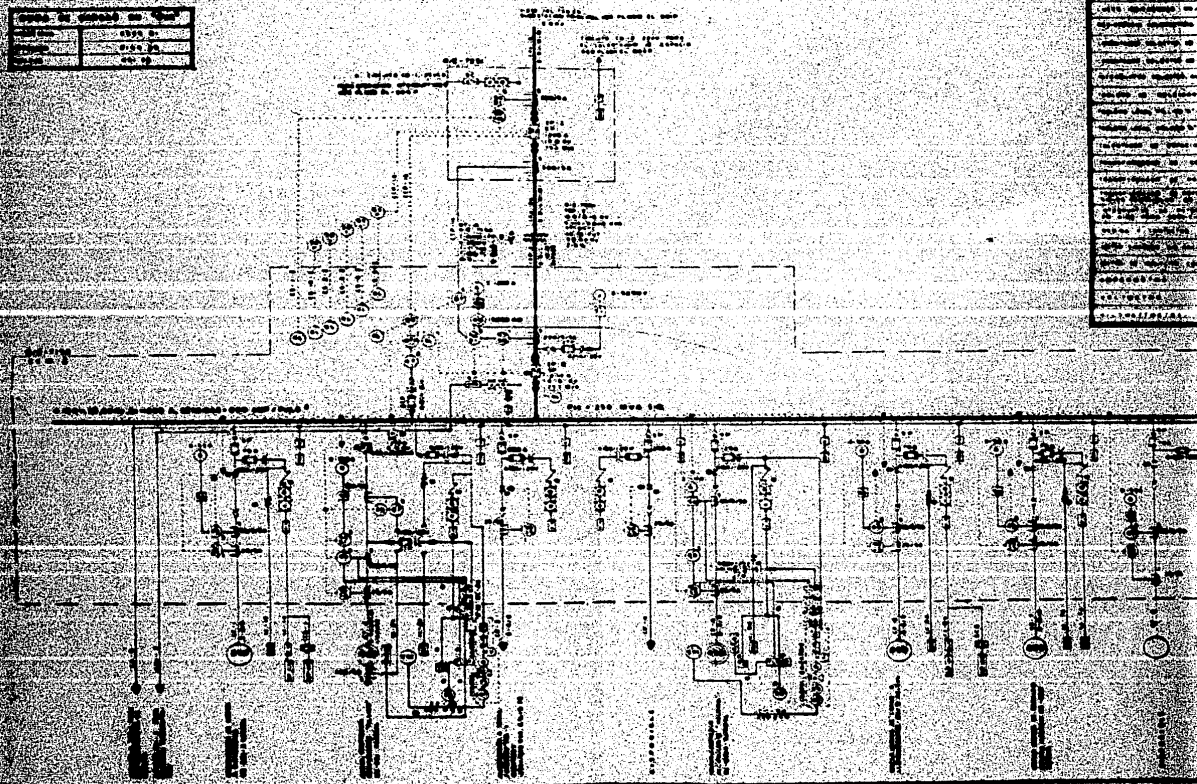


S I G N A L I N G	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

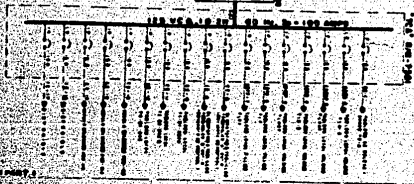
1. PAQUETAS DE MARCHA
 2. PAQUETAS DE MARCHA
 3. PAQUETAS DE MARCHA
 4. PAQUETAS DE MARCHA
 5. PAQUETAS DE MARCHA
 6. PAQUETAS DE MARCHA
 7. PAQUETAS DE MARCHA
 8. PAQUETAS DE MARCHA
 9. PAQUETAS DE MARCHA
 10. PAQUETAS DE MARCHA
 11. PAQUETAS DE MARCHA
 12. PAQUETAS DE MARCHA
 13. PAQUETAS DE MARCHA
 14. PAQUETAS DE MARCHA
 15. PAQUETAS DE MARCHA
 16. PAQUETAS DE MARCHA
 17. PAQUETAS DE MARCHA
 18. PAQUETAS DE MARCHA
 19. PAQUETAS DE MARCHA
 20. PAQUETAS DE MARCHA
 21. PAQUETAS DE MARCHA
 22. PAQUETAS DE MARCHA
 23. PAQUETAS DE MARCHA
 24. PAQUETAS DE MARCHA
 25. PAQUETAS DE MARCHA
 26. PAQUETAS DE MARCHA
 27. PAQUETAS DE MARCHA
 28. PAQUETAS DE MARCHA
 29. PAQUETAS DE MARCHA
 30. PAQUETAS DE MARCHA
 31. PAQUETAS DE MARCHA
 32. PAQUETAS DE MARCHA
 33. PAQUETAS DE MARCHA
 34. PAQUETAS DE MARCHA
 35. PAQUETAS DE MARCHA
 36. PAQUETAS DE MARCHA
 37. PAQUETAS DE MARCHA
 38. PAQUETAS DE MARCHA
 39. PAQUETAS DE MARCHA
 40. PAQUETAS DE MARCHA
 41. PAQUETAS DE MARCHA
 42. PAQUETAS DE MARCHA
 43. PAQUETAS DE MARCHA
 44. PAQUETAS DE MARCHA
 45. PAQUETAS DE MARCHA
 46. PAQUETAS DE MARCHA
 47. PAQUETAS DE MARCHA
 48. PAQUETAS DE MARCHA
 49. PAQUETAS DE MARCHA
 50. PAQUETAS DE MARCHA

CHECK BY (initials) and DATE	
DATE	1955
BY	...
...	...

This drawing is a schematic diagram of the electrical system of the aircraft. It shows the power distribution from the battery and generator through various switches and relays to the instruments and lights. The diagram is divided into sections for the engine, cabin, and landing gear. The components are labeled with their respective part numbers and functions. The drawing is a technical drawing and should be used as a guide for the installation and maintenance of the electrical system.

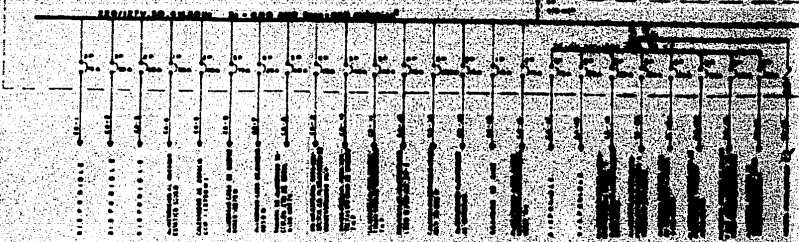
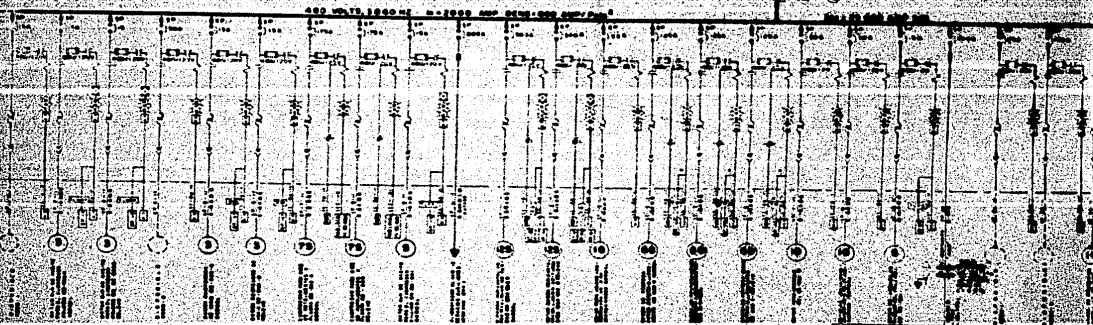


DO NOT REMOVE
REVISED



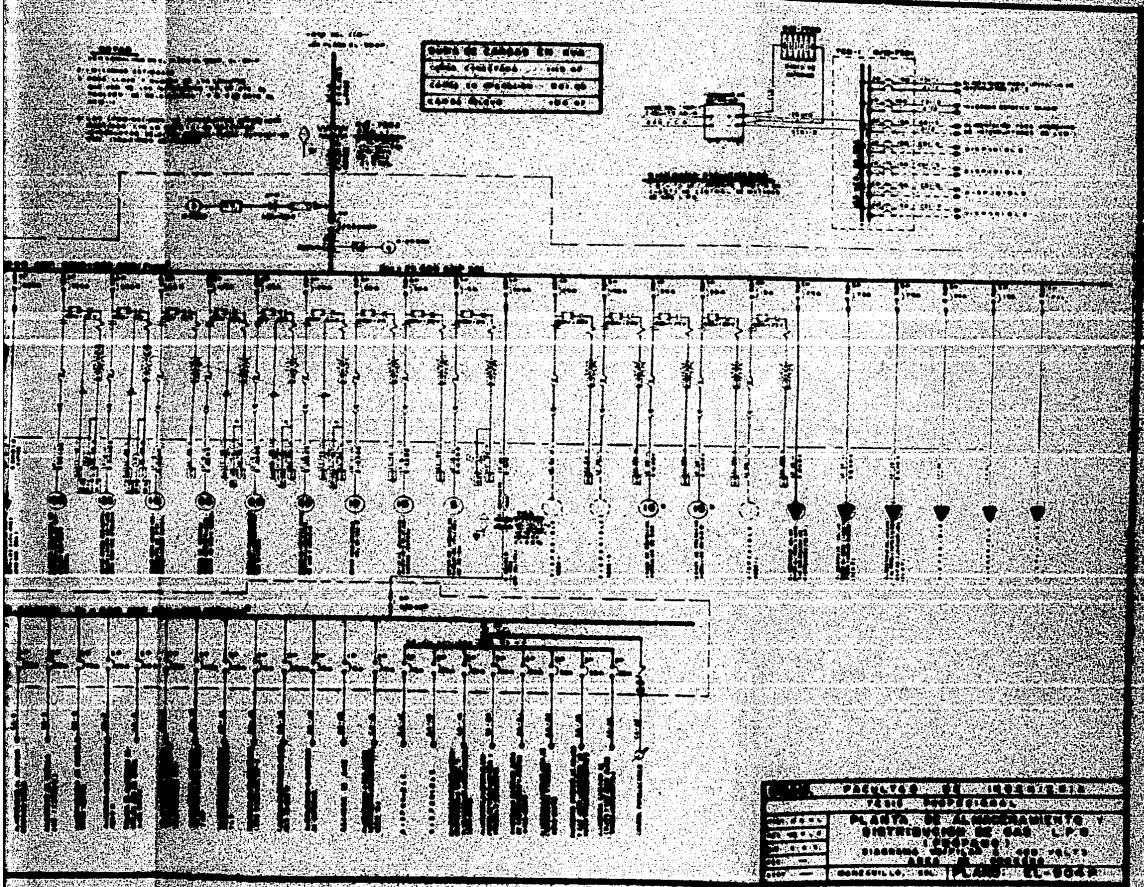
NOTES
1. This circuit is designed to operate on a 110V AC supply.
2. The relays are of the 110V type.
3. The switches are of the 110V type.
4. The lamps are of the 110V type.
5. The circuit is designed to operate on a 110V AC supply.
6. The relays are of the 110V type.
7. The switches are of the 110V type.
8. The lamps are of the 110V type.

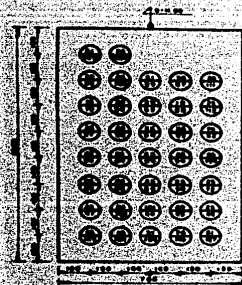
Check to ensure that
all connections are correct
before starting the motor
and that the motor is
properly grounded.



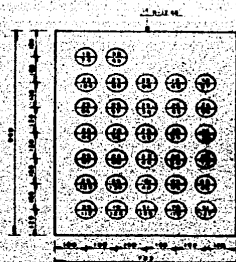
CADA UNO DE LOS CABLES EN UNO DE
 LOS CABLES DE ALIMENTACION
 CADA UNO DE LOS CABLES EN UNO DE
 LOS CABLES DE ALIMENTACION

PLAN DE ALIMENTACION Y
 DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
 DIAGRAMA DE ALIMENTACION Y
 DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
 MARZO DE 1964

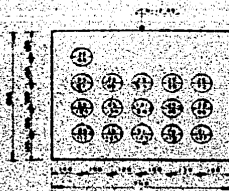




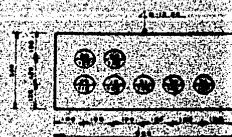
CORTE C-1



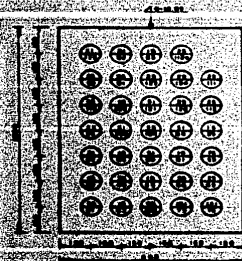
CORTE C-11



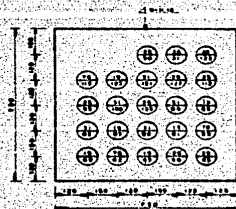
CORTE C-18



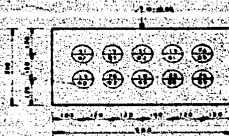
CORTE C-17



CORTE C-23



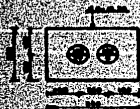
CORTE C-27



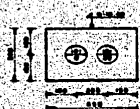
CORTE C-30



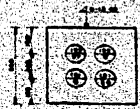
CORTE C-38



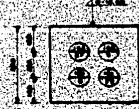
CORTE C-25



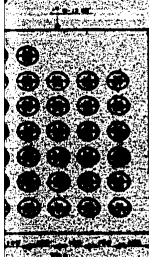
CORTE C-21



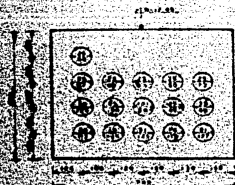
CORTE C-22



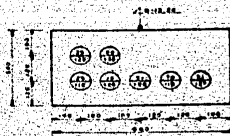
CORTE C-26



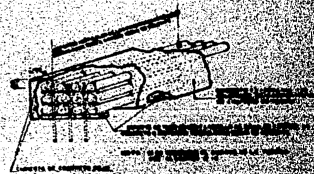
CORTE C-11



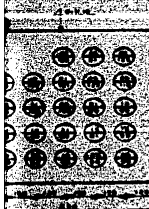
CORTE C-18



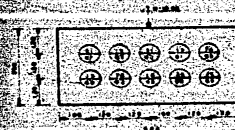
CORTE C-17



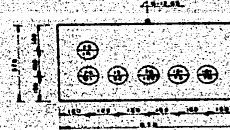
REVALLE TIER PHOTO ELECTRIC



CORTE C-29



CORTE C-30



CORTE C-38

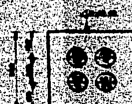
NOTAS

1. Verificar el tamaño de los componentes antes de hacer cualquier tipo de montaje.
2. Verificar el tamaño de los componentes antes de hacer cualquier tipo de montaje.
3. Verificar el tamaño de los componentes antes de hacer cualquier tipo de montaje.

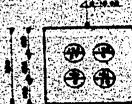
REVALLE TIER PHOTO ELECTRIC



CORTE C-39

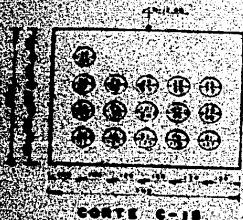


CORTE C-35

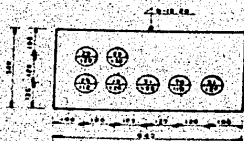


CORTE C-36

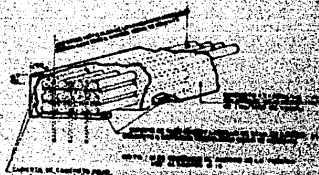
PLATE	CORTE C-17
PLATE	CORTE C-18
PLATE	CORTE C-19
PLATE	CORTE C-20
PLATE	CORTE C-21
PLATE	CORTE C-22
PLATE	CORTE C-23
PLATE	CORTE C-24
PLATE	CORTE C-25
PLATE	CORTE C-26
PLATE	CORTE C-27
PLATE	CORTE C-28
PLATE	CORTE C-29
PLATE	CORTE C-30
PLATE	CORTE C-31
PLATE	CORTE C-32
PLATE	CORTE C-33
PLATE	CORTE C-34
PLATE	CORTE C-35
PLATE	CORTE C-36
PLATE	CORTE C-37
PLATE	CORTE C-38
PLATE	CORTE C-39



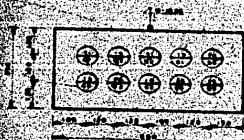
CORTE C-18



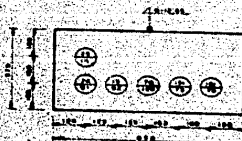
CORTE C-17



PLANO TERMINAL ELECTRICO



CORTE C-30



CORTE C-35

DATOS

RECOMENDACIONES

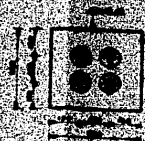
1. Este es un modelo de referencia, con el cual se debe trabajar en el momento de hacer el cableado de los terminales y de los cables.
2. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.
3. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.

RECOMENDACIONES

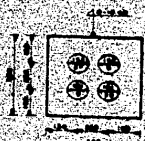
1. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.
2. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.
3. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.

RECOMENDACIONES

1. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.
2. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.
3. Se debe utilizar el cableado de los terminales y de los cables.



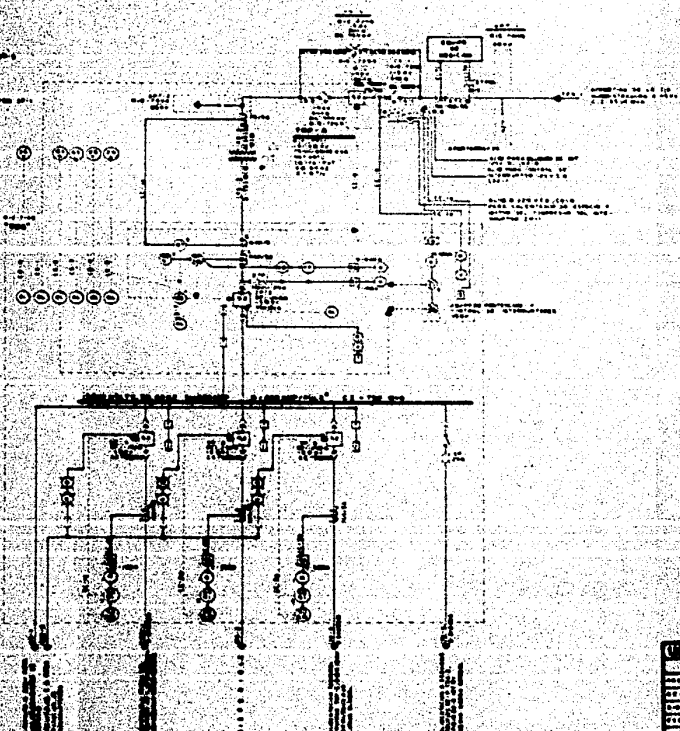
CORTE C-32



CORTE C-33

PLANO		FACTORES DE INSTRUMENTACION	
		TIPO DE PROYECTO	
NO. CABLE		PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y	
NO. CABLE		DISTRIBUCION DE GAS - L.P.G.	
NO. CABLE		(PREPARO)	
NO. CABLE		CORTE DE CABLES ELECTRICOS	
NO. CABLE		BOGOTÁ, COLOMBIA	
NO. CABLE		PLANO: EL-502P	

1. El sistema de control de la máquina está formado por un conjunto de relés que permiten el funcionamiento normal de la máquina y la protección de los mismos.

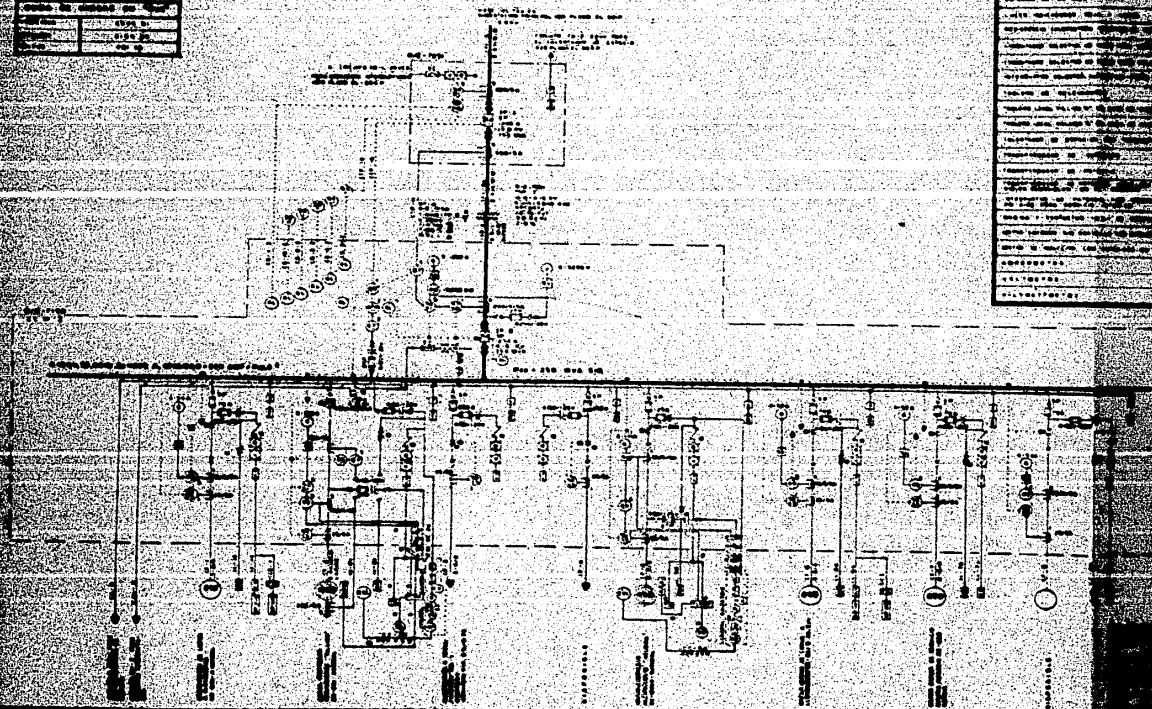


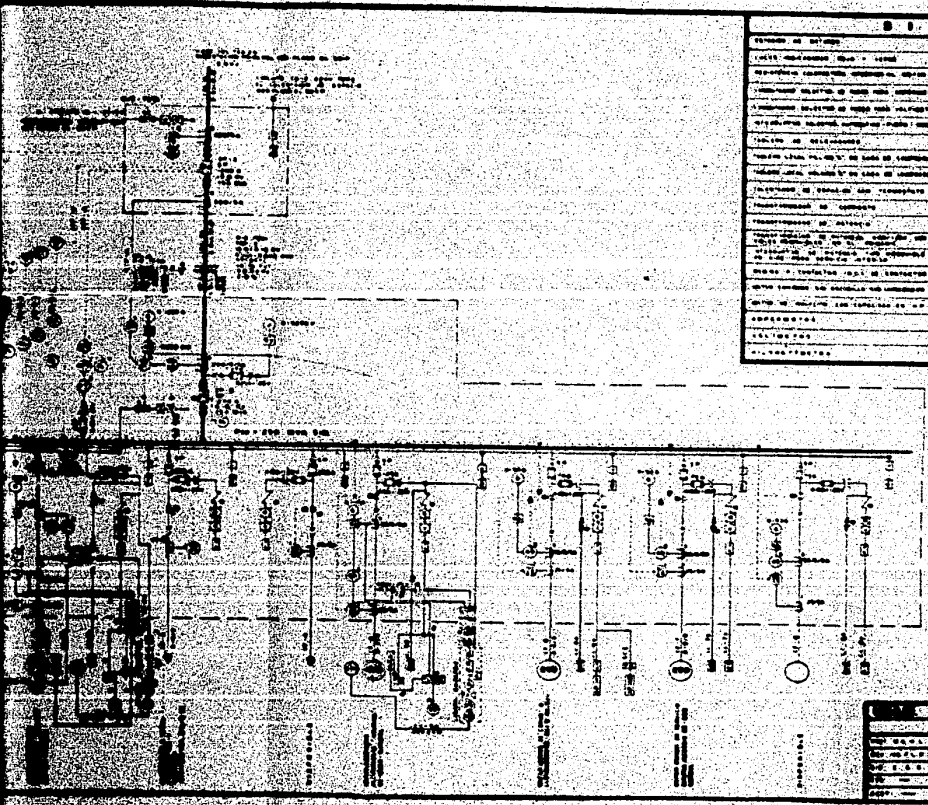
SIMBOLOGIA	
(1)	Relé de control
(2)	Relé de protección
(3)	Relé de interbloqueo
(4)	Relé de parada de emergencia
(5)	Relé de parada normal
(6)	Relé de parada por fallo de potencia
(7)	Relé de parada por fallo de velocidad
(8)	Relé de parada por fallo de posición
(9)	Relé de parada por fallo de temperatura
(10)	Relé de parada por fallo de presión
(11)	Relé de parada por fallo de humedad
(12)	Relé de parada por fallo de vibración
(13)	Relé de parada por fallo de ruido
(14)	Relé de parada por fallo de olor
(15)	Relé de parada por fallo de color
(16)	Relé de parada por fallo de peso
(17)	Relé de parada por fallo de longitud
(18)	Relé de parada por fallo de área
(19)	Relé de parada por fallo de volumen
(20)	Relé de parada por fallo de frecuencia
(21)	Relé de parada por fallo de amplitud
(22)	Relé de parada por fallo de fase
(23)	Relé de parada por fallo de potencia activa
(24)	Relé de parada por fallo de potencia reactiva
(25)	Relé de parada por fallo de potencia compleja
(26)	Relé de parada por fallo de potencia aparente
(27)	Relé de parada por fallo de potencia real
(28)	Relé de parada por fallo de potencia imaginaria
(29)	Relé de parada por fallo de potencia compleja aparente
(30)	Relé de parada por fallo de potencia compleja real
(31)	Relé de parada por fallo de potencia compleja imaginaria
(32)	Relé de parada por fallo de potencia compleja aparente real
(33)	Relé de parada por fallo de potencia compleja aparente imaginaria
(34)	Relé de parada por fallo de potencia compleja aparente real e imaginaria
(35)	Relé de parada por fallo de potencia compleja aparente real e imaginaria e potencia compleja aparente real e imaginaria

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
 TÍTULO PROFESIONAL
 MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN Y
 INGENIERÍA EN SISTEMAS DE
 CONTROL AUTOMÁTICO
 MAQUINA DE CONTROL DE VELOCIDAD
 SUBESTACION PRINCIPAL
 MAESTRILLO, COL. TOLUCA CL-501P

Form No.	1575
Issue	1
Date	10/1/54
Page	1

<p>Approved for Release</p> <p>Authority: E.O. 13526</p> <p>Declassify on: OADR</p> <p>DATE: 08/28/2014</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>26</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p> <p>30</p> <p>31</p> <p>32</p> <p>33</p> <p>34</p> <p>35</p> <p>36</p> <p>37</p> <p>38</p> <p>39</p> <p>40</p> <p>41</p> <p>42</p> <p>43</p> <p>44</p> <p>45</p> <p>46</p> <p>47</p> <p>48</p> <p>49</p> <p>50</p>
---	--





S. I. E. C. O. L. O. S. I. A	
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50

NOTAS

1. Este diagrama muestra el sistema de distribución de energía eléctrica para la planta de almacenamiento y distribución de gas LPG.

2. El sistema está diseñado para operar a una tensión nominal de 4.160 voltios.

3. El diagrama incluye un sistema de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

4. El sistema de control está diseñado para permitir el arranque y la parada segura de los motores.

5. El diagrama muestra el sistema de puesta a tierra para el equipo eléctrico.

FACULTAD DE INGENIERIA

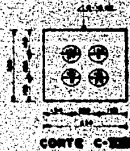
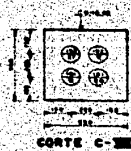
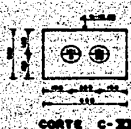
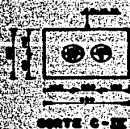
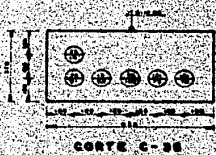
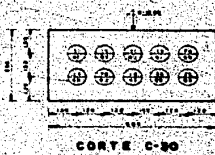
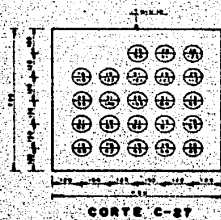
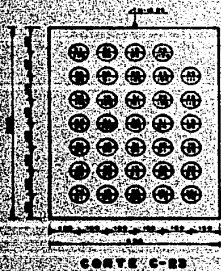
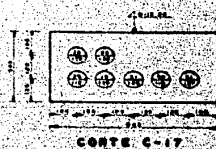
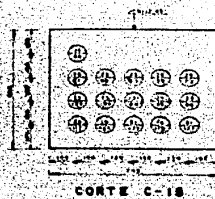
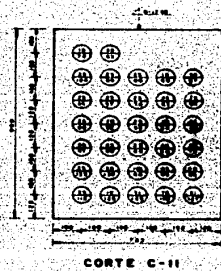
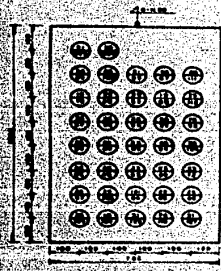
VEIS PROFESIONAL

PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS LPG

1.600 KW

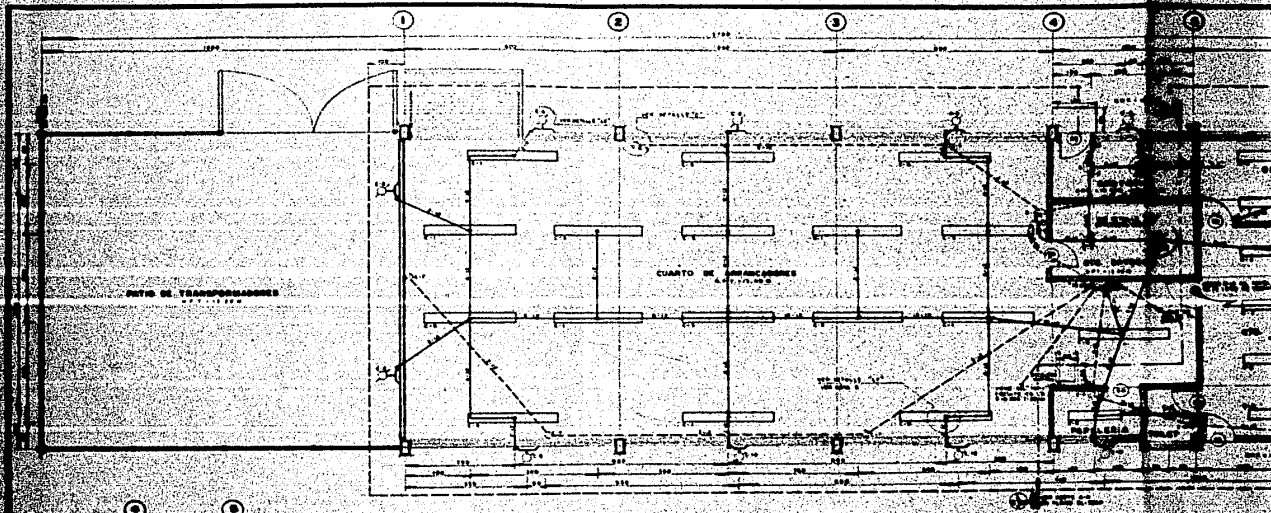
TENSION NOMINAL 4.160 VOLTS

BOGOTILLA, CO. PLAS. EL-202P

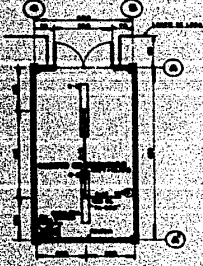


No.	Name	Address	City	State	Age	Education		Occupation		Income		Assets		Total Assets	Total Income	Total Assets	Total Income
						Grade	College	Prof.	Other	Salary	Div.	Real Estate	Other				
1	John Doe	123 Main St	Springfield	Ill.	35	High School	None	Teacher	None	10,000	None	None	None	10,000	None	10,000	None
2	Jane Smith	456 Oak St	Chicago	Ill.	28	College	None	Nurse	None	8,000	None	None	None	8,000	None	8,000	None
3	Robert Brown	789 Elm St	Peoria	Ill.	42	College	None	Engineer	None	12,000	None	None	None	12,000	None	12,000	None
4	Mary White	101 Pine St	Rockford	Ill.	31	High School	None	Homemaker	None	None	None	None	None	None	None	None	None
5	James Green	202 Cedar St	Urbana	Ill.	38	College	None	Farmer	None	15,000	None	None	None	15,000	None	15,000	None
6	Elizabeth Black	303 Birch St	Decatur	Ill.	25	College	None	Student	None	None	None	None	None	None	None	None	None
7	William Gray	404 Spruce St	Normal	Ill.	45	High School	None	Retired	None	6,000	None	None	None	6,000	None	6,000	None
8	Patricia King	505 Willow St	Macomb	Ill.	33	College	None	Accountant	None	9,000	None	None	None	9,000	None	9,000	None
9	Richard Lee	606 Poplar St	Danvers	Ill.	40	High School	None	Business	None	11,000	None	None	None	11,000	None	11,000	None
10	Susan Hall	707 Hickory St	St. Louis	Mo.	29	College	None	Librarian	None	7,000	None	None	None	7,000	None	7,000	None
11	George Young	808 Ash St	St. Charles	Mo.	36	High School	None	Construction	None	13,000	None	None	None	13,000	None	13,000	None
12	Karen Scott	909 Sycamore St	St. Joseph	Mo.	27	College	None	Marketing	None	8,500	None	None	None	8,500	None	8,500	None
13	Frank Adams	1010 Walnut St	St. Louis	Mo.	43	High School	None	Retired	None	5,000	None	None	None	5,000	None	5,000	None
14	Michelle Baker	1111 Chestnut St	St. Louis	Mo.	30	College	None	Software	None	9,500	None	None	None	9,500	None	9,500	None
15	Christopher Evans	1212 Elm St	St. Louis	Mo.	37	High School	None	Finance	None	10,500	None	None	None	10,500	None	10,500	None
16	Amanda Hill	1313 Maple St	St. Louis	Mo.	26	College	None	Education	None	7,500	None	None	None	7,500	None	7,500	None
17	Benjamin King	1414 Birch St	St. Louis	Mo.	41	High School	None	Retired	None	6,500	None	None	None	6,500	None	6,500	None
18	Stephanie Lee	1515 Spruce St	St. Louis	Mo.	32	College	None	Healthcare	None	8,000	None	None	None	8,000	None	8,000	None
19	Gregory White	1616 Willow St	St. Louis	Mo.	39	High School	None	Business	None	11,500	None	None	None	11,500	None	11,500	None
20	Christina Gray	1717 Poplar St	St. Louis	Mo.	28	College	None	Marketing	None	7,800	None	None	None	7,800	None	7,800	None
21	Jonathan Black	1818 Hickory St	St. Louis	Mo.	34	High School	None	Finance	None	10,000	None	None	None	10,000	None	10,000	None
22	Rebecca King	1919 Sycamore St	St. Louis	Mo.	29	College	None	Education	None	7,200	None	None	None	7,200	None	7,200	None
23	Matthew Lee	2020 Ash St	St. Louis	Mo.	36	High School	None	Business	None	11,000	None	None	None	11,000	None	11,000	None
24	Olivia Hall	2121 Walnut St	St. Louis	Mo.	27	College	None	Marketing	None	8,200	None	None	None	8,200	None	8,200	None
25	Isaac Adams	2222 Chestnut St	St. Louis	Mo.	42	High School	None	Retired	None	5,500	None	None	None	5,500	None	5,500	None
26	Grace Baker	2323 Elm St	St. Louis	Mo.	31	College	None	Software	None	9,000	None	None	None	9,000	None	9,000	None
27	Samuel Evans	2424 Maple St	St. Louis	Mo.	38	High School	None	Finance	None	10,500	None	None	None	10,500	None	10,500	None
28	Madeline Hill	2525 Birch St	St. Louis	Mo.	26	College	None	Education	None	7,000	None	None	None	7,000	None	7,000	None
29	Lucas King	2626 Spruce St	St. Louis	Mo.	40	High School	None	Business	None	11,500	None	None	None	11,500	None	11,500	None
30	Chloe Lee	2727 Willow St	St. Louis	Mo.	29	College	None	Marketing	None	8,500	None	None	None	8,500	None	8,500	None
31	Henry White	2828 Poplar St	St. Louis	Mo.	35	High School	None	Finance	None	10,000	None	None	None	10,000	None	10,000	None
32	Abigail Gray	2929 Ash St	St. Louis	Mo.	28	College	None	Marketing	None	7,800	None	None	None	7,800	None	7,800	None
33	Robert King	3030 Walnut St	St. Louis	Mo.	43	High School	None	Retired	None	5,000	None	None	None	5,000	None	5,000	None
34	Victoria Lee	3131 Chestnut St	St. Louis	Mo.	30	College	None	Software	None	9,500	None	None	None	9,500	None	9,500	None
35	William Hill	3232 Elm St	St. Louis	Mo.	37	High School	None	Finance	None	10,500	None	None	None	10,500	None	10,500	None
36	Isabella King	3333 Maple St	St. Louis	Mo.	27	College	None	Education	None	7,500	None	None	None	7,500	None	7,500	None
37	Joseph Lee	3434 Birch St	St. Louis	Mo.	41	High School	None	Business	None	11,000	None	None	None	11,000	None	11,000	None
38	Emily White	3535 Spruce St	St. Louis	Mo.	32	College	None	Healthcare	None	8,000	None	None	None	8,000	None	8,000	None
39	Christopher Gray	3636 Willow St	St. Louis	Mo.	39	High School	None	Business	None	11,500	None	None	None	11,500	None	11,500	None
40	Madison King	3737 Poplar St	St. Louis	Mo.	29	College	None	Marketing	None	8,500	None	None	None	8,500	None	8,500	None
41	Benjamin Lee	3838 Ash St	St. Louis	Mo.	36	High School	None	Finance	None	10,000	None	None	None	10,000	None	10,000	None
42	Charlotte Hill	3939 Walnut St	St. Louis	Mo.	28	College	None	Marketing	None	7,800	None	None	None	7,800	None	7,800	None
43	Samuel Adams	4040 Chestnut St	St. Louis	Mo.	42	High School	None	Retired	None	5,500	None	None	None	5,500	None	5,500	None
44	Grace Baker	4141 Elm St	St. Louis	Mo.	31	College	None	Software	None	9,000	None	None	None	9,000	None	9,000	None
45	Samuel Evans	4242 Maple St	St. Louis	Mo.	38	High School	None	Finance	None	10,500	None	None	None	10,500	None	10,500	None
46	Madeline Hill	4343 Birch St	St. Louis	Mo.	26	College	None	Education	None	7,000	None	None	None	7,000	None	7,000	None
47	Lucas King	4444 Spruce St	St. Louis	Mo.	40	High School	None	Business	None	11,500	None	None	None	11,500	None	11,500	None
48	Chloe Lee	4545 Willow St	St. Louis	Mo.	29	College	None	Marketing	None	8,500	None	None	None	8,500	None	8,500	None
49	Henry White	4646 Poplar St	St. Louis	Mo.	35	High School	None	Finance	None	10,000	None	None	None	10,000	None	10,000	None
50	Abigail Gray	4747 Ash St	St. Louis	Mo.	28	College	None	Marketing	None	7,800	None	None	None	7,800	None	7,800	None

1. This report is prepared for the use of the donor and is not to be distributed to any other person.
 2. The information contained herein is based on the information furnished by the donor and is not to be used for any other purpose.
 3. The donor is responsible for the accuracy and completeness of the information furnished.
 4. The donor is responsible for the payment of any taxes due on the information furnished.
 5. The donor is responsible for the payment of any fees due on the information furnished.
 6. The donor is responsible for the payment of any charges due on the information furnished.
 7. The donor is responsible for the payment of any interest due on the information furnished.
 8. The donor is responsible for the payment of any penalties due on the information furnished.
 9. The donor is responsible for the payment of any fines due on the information furnished.
 10. The donor is responsible for the payment of any costs due on the information furnished.



PLANTA



PLANTA ALTA

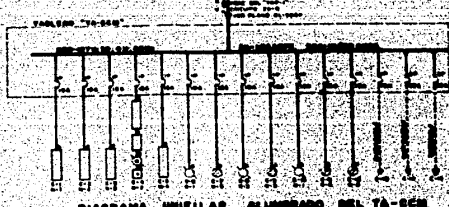
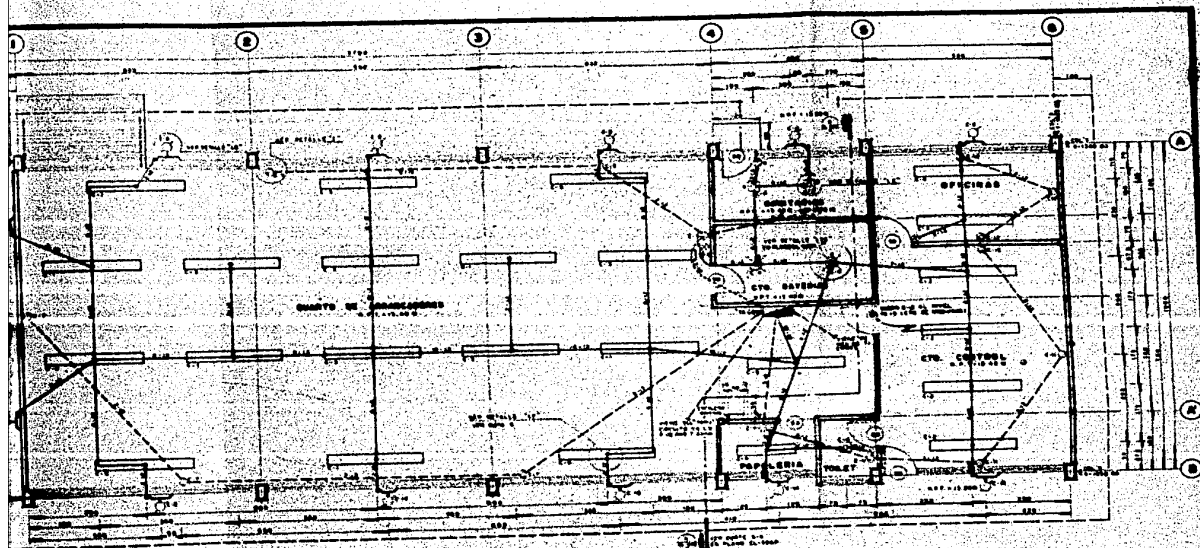


DIAGRAMA UNIFILAR

MAI-8-20-41



PLANTA



NOTAS:

1. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
2. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
3. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
4. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
5. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
6. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
7. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
8. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
9. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
10. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
11. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
12. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
13. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
14. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
15. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
16. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
17. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
18. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
19. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.
20. Sección de la planta de la Facultad de Ingeniería.

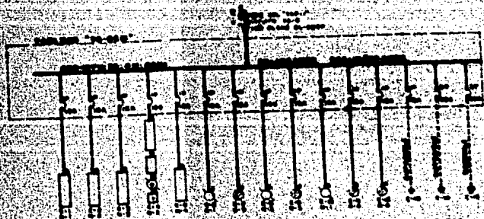
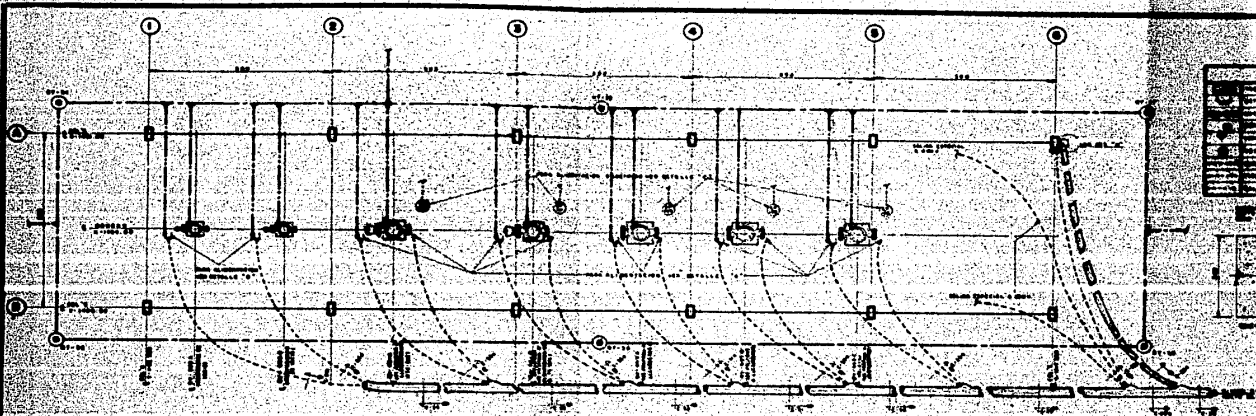
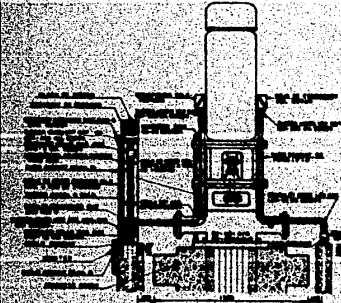


DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE GAS
 MAR-9-40-4

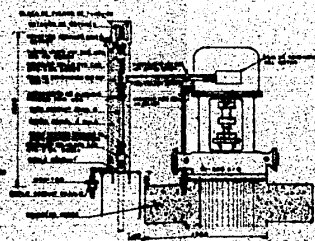
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
VENIA PERUCO	
PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.	
PROYECTO	VENIA PERUCO
ELABORADO POR	VENIA PERUCO
FECHA	1940
ESCALA	1:100
PROYECTO	VENIA PERUCO
FECHA	1940
ESCALA	1:100
PROYECTO	VENIA PERUCO
FECHA	1940
ESCALA	1:100



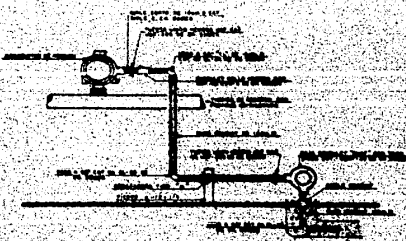
PLANTA GENERAL



DETALLE A



DETALLE B

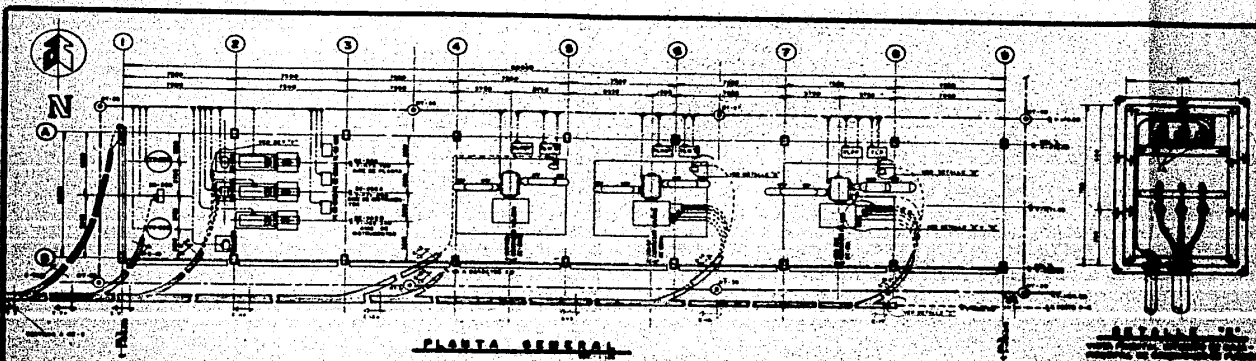


DETALLE C

NOTAS

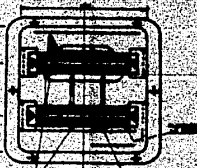
1. Verificar el tipo de material de las partes que se indican.
2. Verificar el tipo de material de las partes que se indican.
3. Verificar el tipo de material de las partes que se indican.
4. Verificar el tipo de material de las partes que se indican.
5. Verificar el tipo de material de las partes que se indican.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2
3
4
5



PLANTA GENERAL

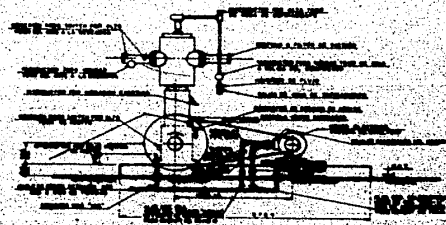
DETALLE "A"
 VISTA DE ENCIMA DE LA VALVULA



DETALLE "B"
 VISTA DE ENCIMA DE LA VALVULA

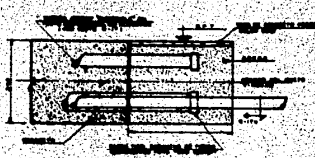


DETALLE "C"
 VISTA DE ENCIMA DE LA VALVULA

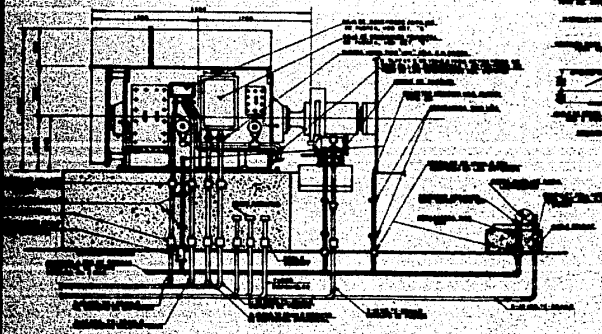


DETALLE "D"

DETALLE "E"
 VISTA DE ENCIMA DE LA VALVULA



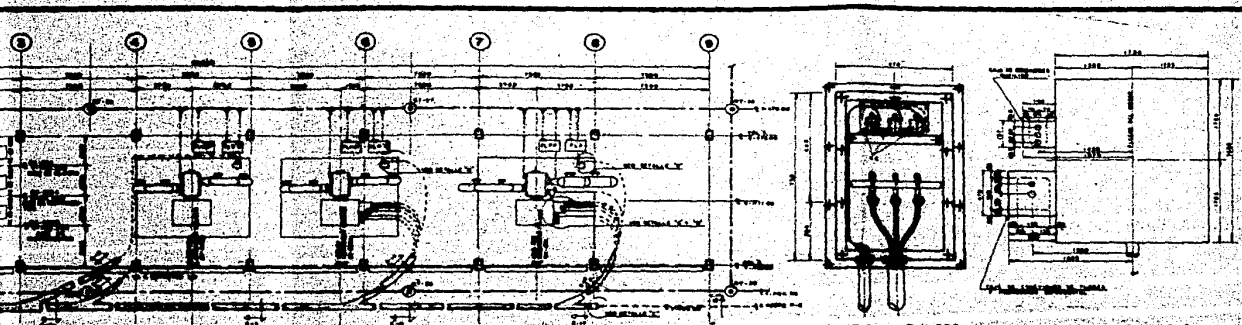
DETALLE "F"
 VISTA LATERAL



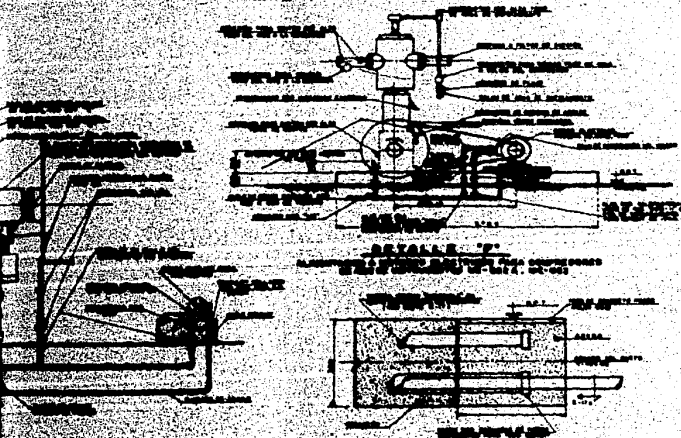
DETALLE "G"

ALIMENTACION A MOTOR ELCTRICO PARA COMPRESOR PLANO DC - 201

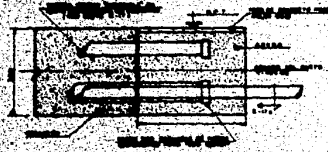
1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32



PLANTA GENERAL

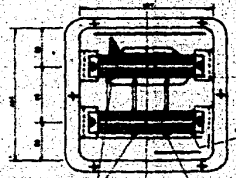


DETALLE "F"
 VISTA LATERAL DE LA COMPRESORA
 DE GAS CON MOTOR DE 10 HP. - 174. 02-021

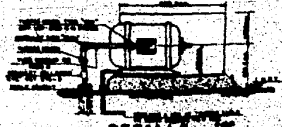


DETALLE "G"
 VISTA LATERAL

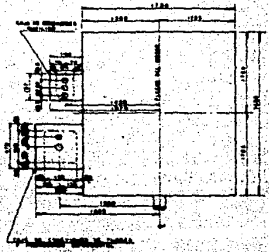
DETALLE "B"
 VISTA FRONTAL DE UNO DE LOS
 PANELS DE CONTROL DE MOTOR



DETALLE "C"
 VISTA FRONTAL DE UNO DE LOS
 PANELS DE CONTROL DE MOTOR



DETALLE "D"
 VISTA FRONTAL DE UNO DE LOS
 PANELS DE CONTROL DE MOTOR



DETALLE "A"
 PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
 MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA
 A 100 PSI. - 174. 02-001

NO.	DESCRIPCION
1	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
2	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
3	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
4	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
5	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
6	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
7	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
8	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
9	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
10	PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI- MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.

NOTAS:

1. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
2. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
3. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
4. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
5. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
6. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
7. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
8. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
9. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.
10. VER PLANTILLA DE TUBERIA CONECTADA PARA ALI-
MENTACION DE GAS A YUBA Y CUBA A 100 PSI.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
TOMO PROFESIONAL	
PROF. D. N. N. N.	PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y
PROF. D. N. N. N.	DISTRIBUCION DE GAS L.P.G.
PROF. D. N. N. N.	(185 PÁGS.)
PROF. D. N. N. N.	INSTALACIONES DE TUBERIA Y RED DE TUBERIA
PROF. D. N. N. N.	DE TUBERIA
PROF. D. N. N. N.	BARCELONA, COLOMBIA - PLANO: E-033P