

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

SUMINISTRO DE ENERGIA PARA EL TERMINAL DE ALMACENAMIENTO
DE COMBUSTIBLES DE CUENCA

POR

DANILO H. LARREA SANTANA

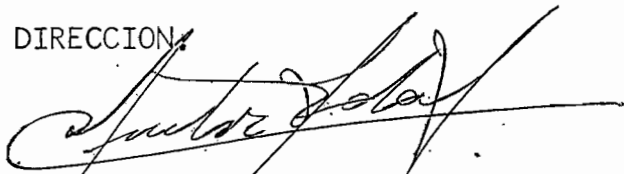
TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRICO EN LA ESPECIALIZACION DE POTENCIA, EN LA
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

QUITO

ABRIL DE 1979

CERTIFICACION:

CERTIFICO QUE EL PRESENTE TRABAJO
HA SIDO REALIZADO POR EL SEÑOR
DANILO H. LARREA SANTANA BAJO MI
DIRECCION.



ING. MENTOR POVEDA

INDICE

Pág.

INTRODUCCION

CAPITULO I CONSIDERACIONES PREVIAS

1.a	Importancia de la seguridad de las instalaciones eléctricas en locales peligrosos	1
1.a.1	Factores para que se produzca un incendio	2
1.b	Experiencia previa de CEPE en terminales en operación	3
1.c	Clasificación de áreas peligrosas	6
1.c.1	Lugar peligroso	6
1.c.2	Factores para determinar un área peligrosa	7
1.c.3	Clasificación de áreas	7
1.c.3.1	Lugares de clase 1	9
1.c.3.2	Clasificación de áreas en tanques de almacenamiento, sala de bombas e islas de carguio	11
1.d	Ubicación de sectores con riesgo de desarrollo de electricidad estática	12

	<u>Pág.</u>	
1.d.1	Conceptos sobre electricidad estática	12
1.d.2	Control de electricidad estática	14
1.c	Protección contra descargas atmosféricas	18
1.c.1	Naturaleza de la descarga	18
1.c.2	Equipos y estructuras que necesitan protección	19
1.c.3	Requerimientos para una buena protección	19
 CAPITULO II INSTALACIONES ELECTRICAS		
2.a	Determinación de las cargas y su magnitud	22
2.a.1	Cargas de fuerza	22
2.a.2	Cargas de iluminación exterior	25
2.a.3	Cálculo de cargas para oficinas	26
2.a.4	Total de cargas conectadas	27
2.b	Carga crítica referida a seguridad	28
2.c	Demanda total y diversificada	29

	<u>Pág.</u>	
2.c.1	Operación diurna	29
2.c.2	Operación nocturna	30
2.c.3	Transformador de fuerza e iluminación	31
2.c.3.1	Conductor escogido para el neutro	32
2.c.4	Transformador de oficinas	33
2.d	Sistema de conexión	34
2.d.1	Puesta a tierra del sistema	34
2.d.2	Puesta a tierra de protección	36
2.d.3	Puesta a tierra de servicio	36
2.d.4	Partes del sistema de puesta a tierra	36
2.d.4.1	Circuito de conductores de unión	36
2.d.4.2	Electrodo de puesta a tierra	37
2.d.4.3	Tierra propiamente dicha	38
2.d.5	Número y disposición de las toma a tierra	39
2.e	Factor de potencia	41
2.e.1	Corrección del factor de potencia	43
2.e.2	Cálculo del número de capacitores que pueden ser añadidos al sistema	44
2.e.3	Mejoramientos que se obtienen con un f de p superior	45

	<u>Pág.</u>	
2.e.3.1	Incremento de la capacidad del sistema	45
2.e.4	Selección y localización de capacitores	46
2.e.5	Factores para localización de capacitores	47
2.e.5.1	Factores que se consideran para la localización de los capacitores	47
2.f	Iluminación	49
2.f.1	Fuentes luminosas	49
2.f.2	Cálculo del número de luminarias para iluminar el área de tanques	51
2.g	Diseño alimentación y ramales	53
2.g.1	Cálculo del alimentador tablero principal A subestación de bombas de despacho	53
2.g.2	Cálculo del alimentador del tablero principal a subestación bombas descarga de camiones	58
2.g.3	Cálculo alimentador tablero principal A sala de bombas contra incendio	62

	<u>Pág.</u>	
2.g.4	Cálculo de acometida al servicio de oficinas	64
2.g.5	Cálculo de circuitos de iluminación exterior	65
2.h	Estudio de regulación de voltaje	72
2.h.1	Causas de la caída de voltaje	73
2.h.2	Efectos sobre el equipo de utilización	73
2.h.3	Factores que se consideran para mejorar las condiciones de voltaje	75
 CAPITULO III PROTECCIONES		
3.a.1	Fusibles	77
3.a.2	Interruptores	78
3.a.3	Cálculo de la corriente de cortocircuito	79
3.a.4	Protección de la alimentación general	85
3.a.4.1	Protección del transformador principal	85
3.a.4.2	Protección circuito de bombas contra incendio	86
3.b	Protección de alimentadores y ramales	87

	<u>Pág.</u>	
3.b.1	Protección alimentador a sala de bombas despacho	87
3.b.2	Protección alimentador a sala de bombas descarga	88
3.b.3	Protección a oficinas	88
3.b.4	Protección a circuitos de iluminación exterior	89
3.c	Protección de motores	91
3.c.1	Diagrama de principio cálculo de protección de motores	91
3.c.2	Diagrama de cálculo usado en protección de motores	94
3.c.2.1	Protección de motores sala de bombas de despacho	94
3.c.2.1.1	Cálculo del Protector P1	94
3.c.2.1.2	Cálculo de alimentadores y protección motores de sala bombas despacho	95
3.c.3	Cálculo de control	96

	<u>Pág.</u>	
3.c.3.1	Control para motor 15 HP	98
3.c.3.2	Cálculo de protecciones de motores 10-7.5-5 HP	98
3.c.4	Protecciones en sala de bombas de des- carga	98
3.c.5	Protección sala de bombas contra incen- dio	100
3.d	Coordinación de la protección	101
3.d.1	Sistema de conexión considerado	102
3.d.2	Condiciones que se consideran para las protecciones	102
3.d.3	Revisión de curvas características	103
 CAPITULO IV GENERACION DE EMERGENCIA		
4.a	Estudio de la demanda para el generador de emergencia	107
4.a.1	Operación diurna normal	107
4.a.2	Operación nocturna de emergencia (incen- dio)	108

	<u>Pág.</u>	
4.a.3	Operación nocturna una bomba por pro- ducto	108
4.a.4	Verificación por arranque para motor de 40 AP	108
4.a.5	Capacidad del grupo de emergencia	109
4.b	Ubicación del generador de emergencia	110
4.b.1	Seguridad	110
4.b.2	Con relación a la carga	111
4.b.3	Por facilidad de instalación	111
4.c.	Dimensionamiento de la casa de máquinas	113

CAPITULO V ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

5.a	Material de instalaciones eléctricas a prue ba de explosión	115
5.a.1	Conductores	115
5.a.2	Ductos	116
5.a.3	Cajas de conexiones	118
5.a.4	Tableros de distribución	119
5.a.5	Sellos	119

	<u>Pág.</u>	
5.b	Motores	121
5.b.1	Factores para seguridad en motores a instalarse en áreas peligrosas	121
5.b.2	Tipos de motores según clasificación de áreas peligrosas	122
5.c	Equipo de protección	123
5.c.1	Tablero de distribución general	123
5.c.2	Tablero de control y arranque de motores	124
5.d	Luminarias	124
5.e	Generador de emergencia	125
5.e.1	Consideraciones básicas del grupo de emergencia	125
5.e.2	Partes fundamentales del grupo electrógeno	126
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
	Conclusiones	129
	Recomendaciones	130
	Bibliografía	

INTRODUCCION

Este trabajo se ha realizado en base a efectuar el diseño eléctrico de un terminal de combustibles aplicado a una necesidad imperiosa en nuestro medio, el país está en su fase de arranque para la industria pesada y cada vez se va a incrementar en mayor cantidad el consumo de los combustibles derivados del petróleo.

En la elaboración del presente trabajo, además de efectuar el diseño eléctrico en base a las normas más confiables, para que el sistema funcione correctamente, en todas sus fases. Se ha prestado especial consideración en el uso de instalaciones y equipo eléctrico, de acuerdo a la clasificación de áreas peligrosas dentro de un terminal de almacenamientos de combustibles derivados del petróleo. Para de acuerdo a esta clasificación diseñar el equipo eléctrico a instalarse. Para que el sistema funcione dentro de las normas de seguridad tanto para el personal que las opera como del equipo mismo.

El equipo eléctrico instalado dentro del terminal de almacenamiento, puede causar la ignición de una mezcla inflamable al al

canzar la temperatura de ignición de la misma, ya sea por el calentamiento de una de sus partes, o bien por arcos o chispas que pueden producirse aún durante la operación normal. Por esta razón es de vital importancia el diseño adecuado del equipo eléctrico, en locales en donde existan o puedan existir mezclas inflamables.

También se ha tomado especial consideración en el diseño de protección tanto de equipos que funcionan a tensión normal de trabajo, como los equipos que puedan tener influencia de electricidad estática, de sobre voltajes y sobre corrientes. Así como del funcionamiento normal cuando haya cortes de energía por fallas en la empresa eléctrica.

En cuanto a seguridad industrial todo el equipo usado va en ductos normales y contra explosión cuando la clasificación de áreas lo considera necesario. En la protección contra incendios se ha puesto especial énfasis en el diseño de bombas contra incendio.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES PREVIAS

En las instalaciones que se almacenan líquidos inflamables derivados del petróleo, en grandes cantidades y sometidos a presiones y temperaturas elevadas; es frecuente que ocurran o puedan ocurrir liberaciones de los mismos a la atmósfera, que al combinarse con el aire en las proporciones adecuadas, dan lugar a mezclas inflamables o explosivas.

1.a Importancia de la seguridad de las instalaciones eléctricas en locales peligrosos

Con el objeto de evitar que tanto el equipo como las instalaciones eléctricas, constituyan posibles fuentes de ignición de las mezclas inflamables, deben tomarse las medidas de seguridad necesarias al hacer la selección de los equipos e instalaciones eléctricas que deban operar en donde existan o puedan existir mezclas inflamables. El equipo eléctrico instalado en estos lugares puede causar la ignición de una mezcla inflamable al alcanzar la temperatura de ignición de la misma, ya sea por calentamiento, por arcos

o chispas que puedan producirse aun durante la operación normal. Por esta razón las partes eléctricas que produzcan chispas y altas temperaturas no deben estar en contacto con las mezclas inflamables instalando el equipo eléctrico, en lo posible, fuera de estas áreas. En el caso de que el equipo eléctrico no pueda ser instalado fuera de estos sitios, deberá ser instalado, en cajas o carcazas que soporten sin deteriorarse una explosión en su interior, y a la vez enfrien los gases calientes resultantes de dicha explosión. Denominándose el equipo de estas características a prueba de explosión.

1.a.1 Factores que intervienen para que se produzca un incendio

Para que se produzca un incendio o una explosión debida al equipo eléctrico se deben satisfacer las tres condiciones siguientes:

1. Debe estar presente un gas o vapor inflamable;
2. Debe estar mezclado con aire u oxígeno en las proporciones adecuadas, para producir una mezcla inflamable y además esta mezcla debe estar alrededor del equipo o de la instalación eléctrica;

3. La instalación o equipo eléctrico debe trabajar a un nivel capaz de suministrar la energía suficiente para encender la mezcla.

Por lo tanto, el uso de equipo a prueba de explosión en instalaciones eléctricas en lugares peligrosos, su adecuada selección y aplicación es un punto de vital importancia, tanto para la seguridad de los equipos de proceso como para el personal que las opera.

1.b Experiencia previa de CEPE en terminales de operación

Desde que CEPE tomó a cargo la comercialización de los hidrocarburos a nivel nacional se ha preocupado que todas las instalaciones hechas para almacenar y distribuir derivados de petróleo se hagan bajo las más estrictas normas de seguridad y se ha tomado especial consideración en lo que se refiere a la instalación de equipo eléctrico, ya que los aparatos eléctricos usados en este tipo de instalaciones, pueden provocar chispas aun en su funcionamiento normal, además, por cualquier falla de funcionamiento o de mal diseño pueden producir altas temperaturas que sería la fuente de ignición para que se provoque un incendio, con los

gases inflamables que producen los combustibles. Por lo tanto, si es que se va a instalar equipo eléctrico en áreas peligrosas hay que eliminar la fuente de ignición, es por esta razón que hay que instalar todo el equipo eléctrico a prueba de explosión en áreas peligrosas.

La experiencia más amplia de CEPE ha sido en la instalación de la refinería de Esmeraldas, en la que se manejan los de rivados de petróleo en la producción, almacenamiento, y distribución a nivel nacional.

Se han instalado, en todo el país, oleoductos, terminales de almacenamiento, de combustibles y de LPG.

A medida que se incrementa el consumo de derivados de petróleo en el país, se hace necesario, seguir instalando, terminales de almacenamiento de combustibles, pero éstos--- tienen que ser diseñados de acuerdo a las máximas normas de seguridad, para evitar peligros para personas y bienes.

Esta experiencia adquirida por CEPE ha servido para que to tos los proyectos futuros se hagan bajo las más estrictas normas de seguridad.

El primer paso que se toma en consideración es la ubicación misma del terminal que esté suficientemente alejado de centros urbanos dejando un margen bastante amplio para crecimientos futuros del área urbana.

Luego el diseño se lo hace de acuerdo a las normas óptimas que deberán tener las instalaciones eléctricas y el equipo a usarse en áreas peligrosas.

Como los proyectos son grandes, se requiere de tiempo para diseño y construcción. Por lo tanto, los terminales en operación, que no cuentan con sus debidas seguridades, se les está acondicionando para que cumplan las normas de seguridad eléctricas y contra incendio. Más todavía teniendo en consideración que estos terminales se encuentran dentro de áreas urbanas.

INSTALACIONES EFECTUADAS POR CEPE

- Refinería de Esmeraldas
- Planta de producción de LPG de SUSHUFINDI
- Productos limpios
- Quito y Ambato

- Plantas de almacenamiento y embasado LPG
Quito y Guayaquil

TERMINALES A INSTALARSE

- Productos limpios
Cuenca, Manta, Guayaquil (Pascuales)

TERMINALES EN OPERACION ACONDICIONADOS

- Dpto. Sur (Guayaquil)
Puerto Bolívar

1.c Clasificación de áreas peligrosas

1.c.1 Lugar peligroso

Es un local o parte de un local en el cual substancias inflamables en condiciones normales o anormales de operación pueden encontrarse presentes en cantidades suficientes capaces de formar mezclas explosivas o inflamables.

La importancia de determinar con exactitud el grado de peligrosidad de un local, radica fundamentalmente en la seguridad que debe prestar una instalación,

con la utilización de equipos y materiales apropiados para dichos lugares, además que debe ir acompañado de la economía de la instalación, instalando equipo y materiales apropiados, solamente en los lugares donde realmente hay peligro.

1.c.2 Factores que intervienen en la determinación de una área peligrosa (Ref. Bibliograf. 14)

- Tipo de local o área (abierto, cerrado y grado de ventilación).
- Ubicación de la fuente que origina la disipación o escape de las sustancias inflamables.
- Cantidad y tipo de material inflamable que es disipado.
- Temperatura ambiental y temperatura superficial de los equipos.

Estos factores intervienen para determinar la clasificación de el área de acuerdo a su grado de peligro.

1.c.3 Clasificación de áreas

Lugares clase I.- Areas en las cuales estan o pue-

den estar presentes, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o explosivas.

Lugares clase II.- Área peligrosa debido a la presencia de polvos combustibles.

Estos lugares clasificados como clase I y II se subdividen en:

- Lugares clase I Division 1

Lugares en los cuales las concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables existen continuamente, intermitentemente o periódicamente bajo condiciones normales de trabajo.

- Lugares clase I Division 2

En los cuales líquidos volátiles o gases inflamables son manejados, procesados y usados pero los cuales normalmente se encuentran confinados dentro de reciipientes o sistemas cerrados de los cuales solo puede salir o escapar en caso de rotura accidental, ave

ría u operación anormal del equipo.

- Lugares clase II Division 1

Contienen atmósferas explosivas en condiciones normales de operación.

- Lugares clase II Division 2

Solo bajo condiciones anormales puede existir posibilidad de incendio o explosión.

1.c.3.1 Locales de clase I

Características atmosféricas

Esta clasificación se caracteriza por presencia de gases a vapores inflamables, de líquidos volátiles inflamables, que son transvasados o que están en proceso de almacenamiento.

Los líquidos inflamables, se caracterizan por su volatilidad, estos gases producidos, tienen baja densidad de vapor, alta veloci

dad de propagación de la llama, alta temperatura de ignición y baja energía mínima de ignición.

Estas características de los gases de inflamación, hacen que las atmósferas se clasifiquen por grupos.

Grupo A: Atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B: Atmósferas que contienen hidrógeno.

Grupo C: Atmósferas de eter, etílico, eter etileno o cilopropano.

Grupo D: Atmósferas que contienen vapores de gasolina, hexano, bencina, butano propano, alcohol, acetona, benzol, gas natural o vapores de disolventes de lacas.

Los equipos eléctricos además de ser aprobados para el tipo de lugar peligroso deberán ser aprobados para el tipo de atmósfera presente.

De acuerdo a la clasificación anterior podemos determinar las áreas peligrosas en el terminal.

1.c.3.2 Clasificación de áreas en los tanques de almacenamiento (Ref. Bibliograf. 14)

En tanques de almacenamiento: se considerará Área clase I división 1 en el interior de los mismos.

Clase I división 2 se considerará un rectángulo de 8 mt. hacia arriba y hacia los lados y que se extenderá 15 mt. horizontalmente de la fuente de peligro.

En sala de bombas: Se considerará 1 mt. de radio en el sitio cercano al motor clase I división 1 por lo que cualquier momento un sello de la bomba de combustibles puede dañarse y de esta forma dejar escapar gases que pueden provocar un incendio. Clase 1 división 2 se considera un rectángulo de 8 mt. hacia arriba y hacia los lados y que

se extenderá 15 mt. horizontalmente de la fuente de peligro.

Áreas de Isla de Carga: En los sitios donde se transvasan líquidos inflamables a chorro abierto, se considera clase I división 1 en un radio de 1 mt. en todas direcciones de la descarga y área división 2 hasta una distancia de 1.5 mt. en todas direcciones.

En cuanto a las características atmosféricas ubicamos a las áreas peligrosas en el Grupo D.

Ubicación de áreas peligrosas en terminal en plano N° 1.

1.d Ubicación de sectores con riesgo de desarrollo de electricidad estática

1.d.1 Conceptos generales sobre electricidad estática

La acumulación de cargas eléctricas en la superficie

de un cuerpo se llama electricidad estática.

Cuando se forman cargas estáticas en líquidos inflamables que fluyen a través de tuberías, éstas constituyen una molestia y pueden llegar a ser un peligro de explosión.

Para que una carga estática sea fuente de ignición deberá cumplir las siguientes condiciones:

1. Deberá existir un medio de generación estática;
2. Deberá haber un medio de acumulación de las cargas estáticas, capaz de producir ignición;
3. Deberá haber un medio por el cual se descarguen las cargas acumuladas.

Cuando se vierte gasolina u otros líquidos inflama-
bles a gran velocidad por una boquilla dentro de un tanque aislado de tierra, se originan cargas elec-
trostáticas en el tanque, o cuando un líquido está
sometido a movimiento o agitación una pequeña parte
de ésta se separa dando como resultado la generación
de electricidad estática.

Para la acumulación de cargas estáticas interviene directamente las condiciones climatológicas (temperatura, humedad, presión, etc.). Ambientes secos y fríos favorecen la acumulación de cargas estáticas. En ambientes húmedos y calientes las cargas estáticas acumuladas desaparecen considerablemente.

Las cargas estáticas se acumulan solamente en cuerpos bien aislados. La cantidad de cargas que se pueden acumular en cuerpos aislados depende de:

1. La rapidez a la cual la carga está siendo generada;
2. La resistencia del camino por la cual la carga puede disiparse;
3. La capacidad del cuerpo aislado, o sea la medida eléctrica de la cantidad de carga que puede ser acumulada en un cuerpo.

1.d.2 Control de electricidad estática

Para que el peligro de fuego por electricidad estática desaparezca hay que eliminar una o más de las condiciones que anteriormente se trató, generación,

acumulación, descarga de cargas estáticas o controlando las mezclas explosivas en los puntos de peligro.

Los medios que se disponen para controlar el peligro de la electricidad estática son:

1. Conexión a tierra de los armazones metálicos;
2. Control de generación de cargas;
3. Control del ambiente.

1. Conexión a tierra de los armazones metálicos

Si hay dos puntos entre los cuales puede saltar una chispa en presencia de mezclas inflamables, la solución es unir con un conductor entre ambos puntos, esto impide una diferencia de potencial a través del espacio, proveyendo un camino de retorno para las cargas, impidiendo que éstas se acumulen y pueda ocurrir una descarga.

La tierra puede ser usada como parte del sistema de puentes, de tal manera, de que todas las partes metálicas que puedan acumular las cargas queden conectadas a tierra.

Para detalles de puesta a tierra de tanques y tubería en plano N° 1.

2. Control de generación de cargas estáticas

Una carga peligrosa puede crearse si la capacidad de generación excede a la de desipación

La superficie de líquidos inflamables de petróleo, contenido en un tanque cerrado tiende a cargarse, cuando hay turbulencia por llenado rápido, o por presencia de partículas de materiales conductivos, ya sea agua o partículas de hierro. En este caso para evitar la formación de electricidad estática hay que evitar la turbulencia llenando los tanques más lentamente e introduciendo más profundo la tubería de llenado. Es también aconsejado evitar la introducción de partículas metálicas dentro del tanque usando filtros con un adecuado mantenimiento para el buen funcionamiento de las bombas.

3. Control del ambiente

Hay que evitar la formación de mezclas vapor-aire

que sería el elemento combustible que con la -
fuente de ignición, cargas electrostáticas, po-
dría dar lugar a posibles incendios. El peli -
gro es mayor en líquidos derivados del petróleo
que tienen bajo punto de inflamación, en condi-
ciones atmosféricas normales, ya que se evaporan
con facilidad.

Para eliminar este peligro usamos los métodos si
guientes:

1. Eliminando mezclas inflamables (vapor-aire)
disminuyendo la cantidad de oxígeno, o inyec-
tando dentro de los tanques gas inerte en lu
gar de aire, para eliminar el oxígeno;
2. Se puede eliminar el espacio en el cual pue-
den formarse las mezclas inflamables, utili
zando en los tanques de almacenamiento cu -
biertas flotantes. Estas cubiertas flotantes
son herméticas y se mueven de acuerdo a
la cantidad de líquido que contienen.

1.e Protección contra descargas atmosféricas

1.e.1 Naturaleza de la descarga (Ref. Bibliográf. Nº 1)

El rayo es una descarga eléctrica entre las nubes o entre las nubes y tierra, cargas de una polaridad son acumuladas en las nubes y otras de polaridad opuesta en la tierra. Esta descarga se evidencia por un flujo de corriente grande en su magnitud pero de pequeña duración.

El daño producido en los edificios y estructuras es el resultado del calentamiento producido por el paso de la corriente a través de la resistencia y el camino de la descarga. La descarga se efectúa en el punto donde la diferencia de potencial excede a la del dieléctico en intensidad de aislamiento, lo cual implica baja resistencia en relación a otros recorridos. Por esta razón los daños por descargas atmosféricas pueden minimizarse, proveyendo un recorrido de baja resistencia para tierra.

Para la instalación de pararrayos se deben tomar en consideración los siguientes puntos:

1. Frecuencia de rayos en la zona;
2. Valor y naturaleza de las estructuras a ser protegidos;
3. Personal que está en peligro.

1.e.2 Equipos y estructuras que necesitan protección

1. Todas las estructuras metálicas;
2. Edificios con techos de metal;
3. Edificios construídos de materiales no conductores (ladrillo, madera)
4. Edificios que contienen materiales de rápida combustión, materiales explosivos;
5. Tanques de almacenamiento.

Las estructuras de metal ofrecen un buen paso a tierra y requieren muy poca protección. Los edificios de estructura de hierro pero con revestimiento no metálico requieren una mejor protección. Los edificios de ladrillo requieren una protección completa.

1.e.3 Requerimientos para una buena protección

El sistema de pararrayos consiste de terminales pro

yectados al aire en la parte superior de la estructura interconectados y con conductor a tierra. El conductor presenta la mínima impedancia a tierra. Cada terminal proyectado en la estructura tiene que tener como mínimo dos caminos de conexión a tierra. Cada conductor correrá abajo de los terminales y en el tope de la estructura teniendo su conexión a tierra.

Los terminales instalados en el tope de la estructura tienen que tener como mínimo un largo de 25 cm. Estos tienen que tener un peso considerable.

Los tanques para almacenamiento de combustibles requieren una consideración especial para la instalación de pararrayos. Una instalación de esta naturaleza está sujeta a una completa destrucción por una pequeña chispa. Una hoja de metal de 5 mm de grueso puede sufrir golpes sin perforarse. Tanques metálicos con techos de acero y techos flotantes de acero son considerados auto protegidos, por las conexiones a tierra para descargar electricidad estática.

CAPITULO II

INSTALACIONES ELECTRICAS

2.a Determinación de las cargas y su magnitud

2.a.1 Cargas de fuerza

De acuerdo a datos entregados por el Departamento de Ingeniería de CEPE tenemos los siguientes cargos:

2.a.1.1 Sala de bombas de despacho

<u>Nº bombas</u>	<u>Producto</u>	<u>HP</u>	<u>KVA</u>	<u>KVA TOTAL</u>
2	Gasolina Espec.	10	11.1	22.2
2	Gasolina Comer.	7.5	8.8	17.2
1	Repuesto	10	11	11.1
3	Diesel	15	16.7	50.1
2	Kerosene	7.5	8.8	17.2
1	Diesel-Kerosene	15	16.7	16.7
2	Mezclado	5	6	<u>12</u>
				146.50

2.a.1.2 Sala bombas descarga

<u>Nº bombas</u>	<u>Producto</u>	<u>HP</u>	<u>KVA</u>	<u>KVA TOTAL</u>
2	Gas. Especial	7.5	8.8	17.2
2	Gas. Comercial	7.5	8.8	17.2
3	Diesel	7.5	8.8	26.4
2	Kerosene	5.0	6.0	12
2	Repuesto (D-K)	7.5	8.8	8.8
1	Mezclado	5	6	<u>6</u>
				87.6 KVA

2.a.1.3 Sala bombas contra incendio

<u>Nº bombas</u>	<u>Producto</u>	<u>HP</u>	<u>KVA</u>	<u>KVA TOTAL</u>
2	Agua C.I.	40	41.4	82.8
1	Agua pozo	7.5	8.8	<u>8.8</u>
				91.6 KVA

2.a.1.4 Cálculo de los KVA de acuerdo a la potencia de bombas en HP (Ref. Bibliográfico Nº 8)

Bomba 7.5 HP

Vamos a usar voltaje trifásico 460 volt.

I = 11 A De acuerdo NEC-78 Table 430-150

$$P = \sqrt{3} \ E \times I \ \text{KVA}$$

$$P = \sqrt{3} \times 460 \times 11 = 8.8 \ \text{KVA}$$

Bomba 10 HP

$$P = \sqrt{3} \times 460 \times 14 = 11.1 \ \text{KVA}$$

Bomba 15 HP

$$P = \sqrt{3} \times 460 \times 21 = 16.7 \ \text{KVA}$$

Bomba 40 HP

$$P = \sqrt{3} \times 460 \times 52 = 41.4 \ \text{KVA}$$

Bomba 5 HP

$$P = \sqrt{3} \times 460 \times 7.6 = 6 \ \text{KVA}$$

2.a.2 Cargas de iluminación exterior

Tenemos los siguientes tramos de iluminación:

2.a.2.1 Alumbrado exterior de tanques

De acuerdo a cálculo en capítulo f. necesitamos 25 luminarias.

$$\text{Potencia} = 25 \text{ luminarias} \times 0.4 \text{ KW} = 10 \text{ KW}$$

$$\text{KVA} = \frac{10}{0.75 \text{ f de p}} = 13.33$$

2.a.2.2 Alumbrado perímetro de planta

El perímetro de planta a iluminarse es de 1400 mt. cada 60 mt. una luminaria.

$$\text{Nº luminarias} = \frac{1400}{60} = 24 \text{ luminarias}$$

Isla de carguio y parqueamiento 3

Descarga de tanqueros 4

Total 31

$$\text{Pot} = \frac{31 \times 0.4}{0.75} = 17 \text{ KVA}$$

Total iluminación exterior 30 KVA

Para futuras ampliaciones $30 \times 125 = \underline{37 \text{ KVA}}$

001838

2.a.3 Cálculo de carga para oficinas

Consideramos las áreas de las siguientes oficinas:

1. Jefatura de planta y secretaría	20 m ²
2. Facturación	30 m ²
3. Seguridad industrial y operaciones	20 m ²
4. Bodega	<u>50 m²</u>
	120 m ²

$$\text{Area en pies}^2 = \frac{120 \text{ m}^2}{0.093 \text{ m}^2/\text{pie}^2} = 1290 \text{ pie}^2$$

Según NEC 220 2(b) carga para iluminación
por pie² 5W

$$\text{Carga iluminación} = 1290 \text{ pie}^2 \times 5\text{W}/\text{pie}^2 = 6.451 \text{ W}$$

$$\text{Dos circuitos para pequeños accesorios} = \underline{3.000 \text{ W}}$$

$$\text{CARGA TOTAL} \quad 9.451 \text{ W}$$

Factor de potencia para lámparas fluorescentes 0.70

$$\text{KVA} = \frac{9.451}{0.70} = 13.5 \text{ KVA}$$

2.a.4 Total de cargas conectadas

2.a.4.1 Fuerza (bombas de productos)

Sala de bombas despacho	146.5	
Sala de bombas descarga camiones	<u>87.6</u>	
TOTAL	234.10	234.10
	=====	

2.a.4.2 Fuerza sistema contra incendio

Bomba incendio	41.4	
Repuesto	41.4	
Bomba de pozo	<u>8.8</u>	
TOTAL	91.6	
	=====	
SUB TOTAL FUERZA		325.70

2.a.4.3 Alumbrado

Alumbrado interior	13.50	
Alumbrado perimetro planta	17.00	
Alumbrado tanques	<u>13.50</u>	44.00
	44.00	
	=====	
TOTAL		369.70
		=====

2.b Cargas críticas referidos a seguridad

En una planta de almacenamiento de combustibles la parte más crítica es la del sistema de protección contra incendios, por lo tanto, hay que efectuar el diseño de esta alimentación del transformador principal 13.800/480 completamente independiente del resto de ramales. Fig. 21.

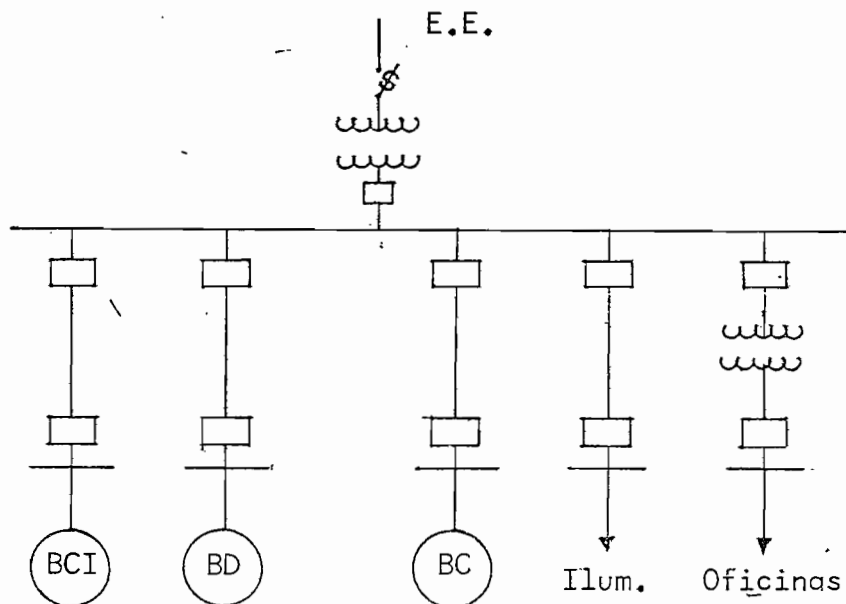


FIG. 2.1 DIAGRAMA UNIFILAR

Cuando haya algún conato de incendio se desconecta toda la alimentación con excepción de los motores que mueven a las bombas contra incendio.

2.c Demanda total y diversificada

Asumimos los siguientes factores de utilización:

- Factor utilización o servicio de bombas 85%
- Factor utilización bombas contra incendio 90%

2.c.1 Operación diurna

Despacho de camiones

2 bombas gas. especial	2 x 11.14 KVA	=	22.28 KVA
2 bombas gas. comercial	2 x 8.8	=	17.6
2 bombas Diesel	2 x 16.7	=	33.4
2 bombas Mezclado	2 x 6.05	=	12.1
2 bombas kerosene	2 x 8.8	=	<u>17.6</u>
	TOTAL		102.98 KVA

Total despacho de camiones $102.98 \times 0.85 = 87.53$

Descarga de camiones

2 bombas gas. especial	2 x 8.8	=	17.2
2 bombas gas. comercial	2 x 8.8	=	17.2
2 bombas diesel	2 x 8.8	=	17.2
2 bombas kerosene	2 x 6	=	12
1 bomba separado	1 x 5	=	<u>5</u>
			68.6 KVA

Total despacho de camiones $68.6 \times 0.85 = 58.31$

Sistema de agua contra incendio

1 bomba	40 HP	$1 \times 41.4 \times 0.9 = 37.26$	
1 bomba de agua	7.5 HP	$1 \times 8.8 \times 0.9 = 7.92$	45.18
SUB TOTAL FUERZA			191.02
Alumbrado interior	13.5 KVA al 30%		<u>4.05</u>
TOTAL OPERACION DIURNA			<u>195.07 KVA</u> =====

2.c.2 Operación nocturna

Productos = Descarga de camiones + despacho			
	$= C1_1 + C1_2 = 87.53 + 58.31 =$		145.84
Sistema pozo de agua	$8.8 \times 0.9 =$		7.92
Alumbrado interior al 50% x 14	$=$		7.00
Alumbrado exterior al 100% x 13 + 17	$=$		<u>30.00</u>
TOTAL OPERACION NOCTURNA			<u>190.76 KVA</u> =====

Se escoge C_2 operación diurna = 195.07 KVA

Capacidad adicional de reserva 25% = $195.07 \times 1.25 =$
= 244.00 KVA

TRANSFORMADOR REQUERIDO:

244.00 KVA

Potencia de transformador normalizado más próximo 250 KVA

2.c.3 Transformador de fuerza e iluminación

De acuerdo a demanda en operación diurna se es coge transformador 250 KVA

Calculamos la capacidad Amp.

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times E}$$

Para alimentación de fuerza se escoge voltaje trifásico de 480 volt. 3 ϕ 160 HZ

Transformador 250 KVA; 13.8 KV/0.48 KV

$$I \text{ lado de baja} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 0.48} = 300 \text{ Amp.}$$

$$I \text{ lado de alta} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 13.8} = 10.45 \text{ Amp.}$$

Para corriente 300 Amp. se requiere:

3 cables # 350.000 CM

Se usa cable THW que es resistente a la humedad y al calor, termoplástico, se puede usar los locales secos y húmedos.

Luego el circuito F1 4 # 350.000 CM + N^o 2 AWG

2.c.3.1 Conductor escogido para el neutro

La carga total del sistema es de 300 amperios, de los cuales solamente son para iluminación y suministro de energía de oficinas 60 amperios más 25% 75 Amp. Los motores no necesitan corriente en el neutro.

Según tabla NEC/78 310-16 para 75 Amp. con ductor tipo THW.

Conductor para neutro Nº 4 AWG.

Para el sistema de puesta a tierra se usa como mínimo conductor Nº 2 AWG.

Por lo tanto se usa para neutro conductor Nº 2 AWG.

Los circuitos F2 - F3 - F4 hasta llegar a las barras del tablero principal son del mismo calibre, la distancia no influye en la caída de tensión ya que es relativamente pequeña.

2.c.4 Cálculo transformador de servicio

Oficinas

Potencia requerida de acuerdo a3 13.5 KVA

Transformador requerido $13.5 \times 1.25 = 16.8$ KVA

Se usa un transformador de 20 KVA; 480/208/120 (potencia normalizada más próxima) sistema delta-estrella.

Cálculo del conductor en el lado de alta

P = 20 KVA

$$I = \frac{20}{\sqrt{3} \times 0.48} = 24 \text{ amp.}$$

L del circuito = 10 mt. = 32 pies

Para 24 amp. Conductor Nº 10 AWG capac. 30 A

$$\Delta V_{ac} = \frac{24 I L}{CM} = \frac{24 \times 24 \times 32}{10.380} = 1.77 \text{ voltios}$$

$$\Delta V_{ac} = 1.77 \times 0.866 = 1.5 \text{ volt.}$$

Caída permisible $220 \times 5\% = 11$ voltios

Alimentador al transformador F10

L = 32 pies

Ubicación del transformador

Este transformador va ir ubicado en la misma sala

del tablero general principalmente por seguridad ya que está ubicada en un área que no es peligrosa. Por razones de economía de conductores debería estar ubicado más cerca del centro de consumo, pero en una instalación de este tipo la seguridad tiene prioridad.

2.d Sistema conexión

El sistema de conexión a utilizarse es estrella con el centro a tierra en el secundario, en el primario delta.

2.d.1 Puesta a tierra del sistema

El tipo ordinario de fallas que los relés detectan son trifásicas, dos fases a tierra, fase-fase, fase a tierra en cortocircuitos. En sistemas puestos a tierra, fallas como fase-tierra producen corrientes de suficiente magnitud, para que los circuitos de protección puedan ser operados, determinando cual alimentador ha fallado.

En sistemas no puestos a tierra, en primera instancia las fallas fase-tierra producen valores de co -

rriente relativamente insignificantes, debido a la magnitud insignificante de las capacitancias del sistema industrial, estas corrientes no son útiles para la operación de reles de sobrecorriente. La ventaja de un sistema no puesto a tierra radica en la posibilidad de mantener el servicio en toda la planta, incluyendo la sección fallosa, hasta que la falla pueda ser localizada y despejada.

La puesta a tierra de un sistema industrial, permite lograr un alto grado de seguridad, del personal involucrado, cuando éste tenga contacto con cargas de motores, equipo y herramientas estando éstos conectados a tierra, es decir, puestos al mismo potencial, que la persona con respecto a tierra.

La puesta a tierra comprende la ligazón metálica directa de suficiente sección entre una parte de una instalación y un electrodo puesto a tierra, de tal manera que en todo momento, pueda asegurarse que el conjunto está prácticamente al mismo potencial de tierra.

2.d.2 Puesta a tierra de protección.

Se instala para prevenir accidentes personales, las partes metálicas que deben estar conectadas a tierra son las siguientes:

- Las carcazas de motores, transformadores.
- En el lado de baja tensión, de transformador hay que conectar a tierra el centro de la estrella.
- Las partes de armazones metálicas, accesorios de cables, cajas, porta interruptores.

2.d.3 Puesta a tierra de servicio

Pertenece al grupo de corriente de trabajo, tienen que conectarse a tierra el centro de estrella de transformadores, los circuitos de tierra de los para rayos, cables de tierra y dispositivos de protección.

2.d.4 Partes del sistema de puesta a tierra

2.d.4.1 Circuito de conductores de unión

Los conductores de los circuitos de puesta a tierra se calcularán de acuerdo a la ta-

bla de De NEC N° 250-94, de igual forma los circuitos que estén acoplados en paralelo al circuito principal.

El tendido de los conductores a tierra tiene que realizarse con conductor desnudo, sin aisladores, sin empalmes a través de toda su longitud. Estos conductores deben tener un contacto eléctrico perfecto, tanto en las partes metálicas que se desea poner a tierra como en el electrodo que constituye la tierra propiamente dicha.

2.d.4.2 Electrodo de puesta a tierra

Para esto se usa una barra de tierra hecha de tubo de acero en su parte interior, co-brizada por soldadura en el exterior, el diámetro de la varilla no deberá ser menor que $3/4''$, de acuerdo a la resistencia de tierra. La longitud de la barra de tierra según NEC tiene que ser 8' como mínimo.

La mayor seguridad con respecto a la cali-

dad de la puesta a tierra se alcanza mediante mediciones de las mismas.

La resistencia de tierra no tiene que ser mayor que 25 ohm en el caso de que esta sea mayor habría que emplear los siguientes métodos para disminuirla:

- Usar una barra de tierra de mayor diámetro;
- Usar una barra de tierra de mayor longitud;
- Poner 2 o 3 barras en paralelo a suficiente distancia entre ellas;
- Tratamiento químico del suelo.

2.d.4.3 Tierra propiamente dicha

Para la determinación de la resistencia eléctrica de los circuitos de tierra, hay que considerar la naturaleza del terreno, arena, grava, arcilla, etc., que incide directamente en la resistencia específica del terreno, que se expresa en ohmios por metro

y depende de factores como, constitución del terreno, humedad y temperatura.

Cuando más pequeña sea la resistencia específica del terreno mejor resulta el terreno para la instalación de tomas. Se dan algunos valores de esta resistencia:

Terreno pantanoso y húmedo	50	ohmio-metro
Tierra arcillosa	100	" "
Tierra arenosa húmeda	200	" "
Tierra arenosa seca	1.000	" "

2.d.5 Número y disposición de las toma a tierra

Se hacen circuitos de tierra constituidos por varias tomas unidas entre si formando mallas a las que se conectan la totalidad de los equipos, pero tomando en consideración lo siguiente:

1. Grupo de partes de la instalación no sometidas a tensión.

En este grupo situaremos aquellas partes de la instalación que en servicio normal no están sometidas a tensión, como tanques de almacenamien

- to, transformadores, las armaduras metálicas y todas las bases metálicas que soportan dispositivos eléctricos como cajas de interruptores, postes de luminarias, carcazas de motores;
2. Grupo de neutros del lado de baja tensión, que comprende los neutros de transformadores y los de distribución del lado de baja tensión;
 3. Neutro del transformador del lado de alta tensión;
 4. Grupo de los dispositivos de protección contra sobre tensiones del lado de baja tensión.

Cada uno de los grupos citados, debe tener su propio circuito de tierra independiente de los circuitos de tierra correspondientes a los demás grupos.

En lo referente al número de tomas de tierra, necesarias para cada circuito, si el valor de la resistencia es mayor que 25 ohmios será necesario poner un número adicional de tomas en paralelo.

En el caso de transformadores, en las salas de bombas habrá necesidad de poner como mínimo dos electrodos por cada circuito de tierra.

2.e Factor de potencia

Se mejora el factor de potencia mediante capacitores, al su plir KVAR en adelanto reduce la componente en atraso del factor de potencia con lo cual se logra reducir las caídas de voltaje con reducción de la corriente reactiva.

En plantas industriales circula una corriente con dos componentes, la corriente activa (I_r) y la corriente reactiva (I_x).

La corriente reactiva o de magnetización es la que sirve para magnetizar los núcleos de hierro que se encuentran en cargas de grupo inductivo (transformadores, motores, etc.) y la activa es la que hace el trabajo efectivo, en los ejes de los motores.

La componente de estas dos es la I total que fluye por un punto del sistema, o hacia una carga específica.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{I_r}{I_t} \quad (2.1)$$

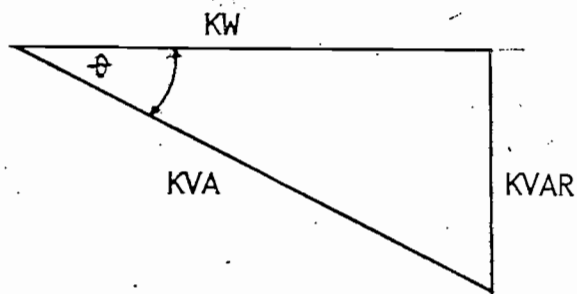
La potencia activa I_r se da en KW

La potencia reactiva I_x se da KVAR

Como las potencias son directamente proporcionales a las co

rrientes que las producen.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{KW}{KVA} = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} \quad (2.2)$$



$$\text{Cos } \theta = \frac{KW}{KVA} \quad (2.3)$$

Por lo tanto

$$fp = \text{cos } \theta$$

FIG. 2.1

Por lo tanto, en un circuito se tiene que transportar la potencia activa y reactiva que forman la potencia aparente. La potencia reactiva debe ser generada y transportada hasta llegar a la carga que requiere. Por lo tanto todos los aparatos intermedios deben estar diseñados para transportar esta potencia total.

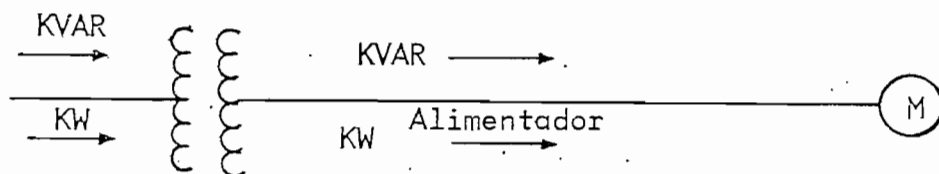


FIG. 2.2 Sistema sin capacitores

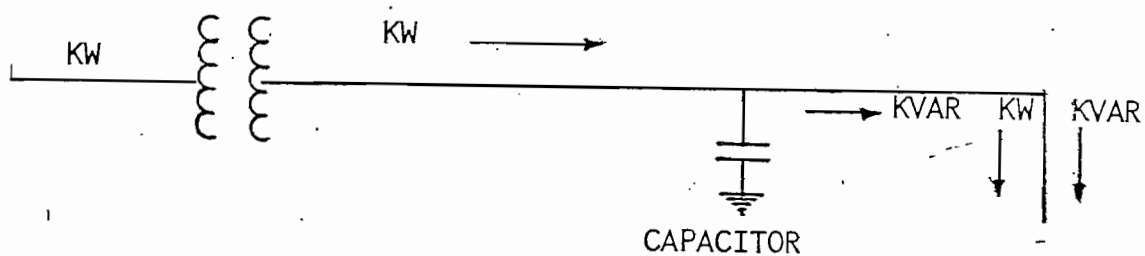


FIG. 2.3 Los capacitores añadidos al sistema suministran lo KVAR.

2.e.1 Corrección del factor de potencia

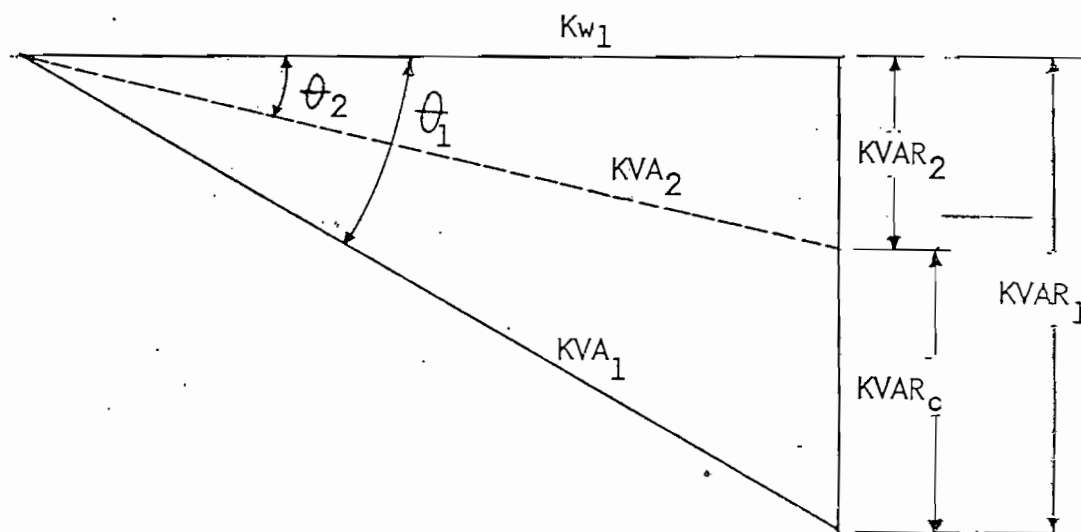


FIG. 2.4

De la figura añadiendo un capacitor se disminuye el factor de potencia de θ_1 a θ_2 , porque se ha añadido una cierta cantidad de potencia reactiva.

Por lo tanto el coseno θ será menor y se acercará más a la unidad.

Los principales beneficios que se tienen mejorando el f de p son:

1. La empresa eléctrica penaliza a las plantas industriales con factor de potencia bajo y se tiene que cobrar por la potencia reactiva suministrada a las plantas;
2. Ahorro en pérdidas del sistema;
3. Ahorro por incremento de capacidad del sistema.

2.e.2 Cálculo del número de capacitores que pueden ser añadidos al sistema

Para determinar los requerimientos de la potencia reactiva, el mejor método es el de hacer mediciones en los distintos puntos del sistema. Esto podríamos realizarlo una vez que esté en marcha el terminal.

Con los datos de carga podemos calcular de la siguiente manera: se tiene un transformador de 250 KVA operando, a un factor de potencia promedio de un 0.85%. Cuántos kilo vars en los capacitores deberán ser instalados para corregir el f de p a 0.98%
 Se tiene que $KW = f \text{ de } p \times KVA$

$$KW = 0.85 \times 250 = 213 \text{ KW}$$

La ecuación que determina la potencia reactiva (KVAR) requerida en capacitores para mejorar el f de p

$$KVAR = K \times KW \quad (2.4)$$

En tabla de tesis de grado "Guía para instalaciones Industriales" da el valor de K requerido para cambiar el f de p de 0.85 a 0.98 en base a cierto cargo de KW.

$$KVAR (0.85 \text{ a } 0.98) = 0.417 \times 213 = 88.61 \text{ KVAR}$$

2.e.3 Mejoramientos que se obtienen con un f de p superior

2.e.3.1 Incremento de la capacidad del sistema

Con el uso de capacitores aliviarnos la car-

ga de los circuitos y transformadores, desde la fuente principal al punto de aplicación de los transformadores. En otras palabras podemos añadir cargas adicionales.

En nuestro sistema:

KVA = 250 operando a 0.85% de f de p
y hemos corregido con capacitores a 0.98%.

La ecuación (2.5) determina la capacidad incrementada en KW con corrección de f de p.

$$\begin{aligned}
 \text{cap. de carga incrementada KW} &= \\
 &= (fp_1 - fp_2) \text{ KVA} \quad (2.5) \\
 &= (0.98 - 0.85) \times 250 \\
 &= 0.13 \times 250 = \underline{\underline{32.50 \text{ KW}}}
 \end{aligned}$$

2.e.4 Selección y localización de capacitores

Una vez que se ha determinado la potencia reactiva de los capacitores hay que determinar el sitio de ubicación de éstos.

En la FIG. 2.5 tenemos cuatro localizaciones en el

diagrama usado en el diseño eléctrico del terminal.

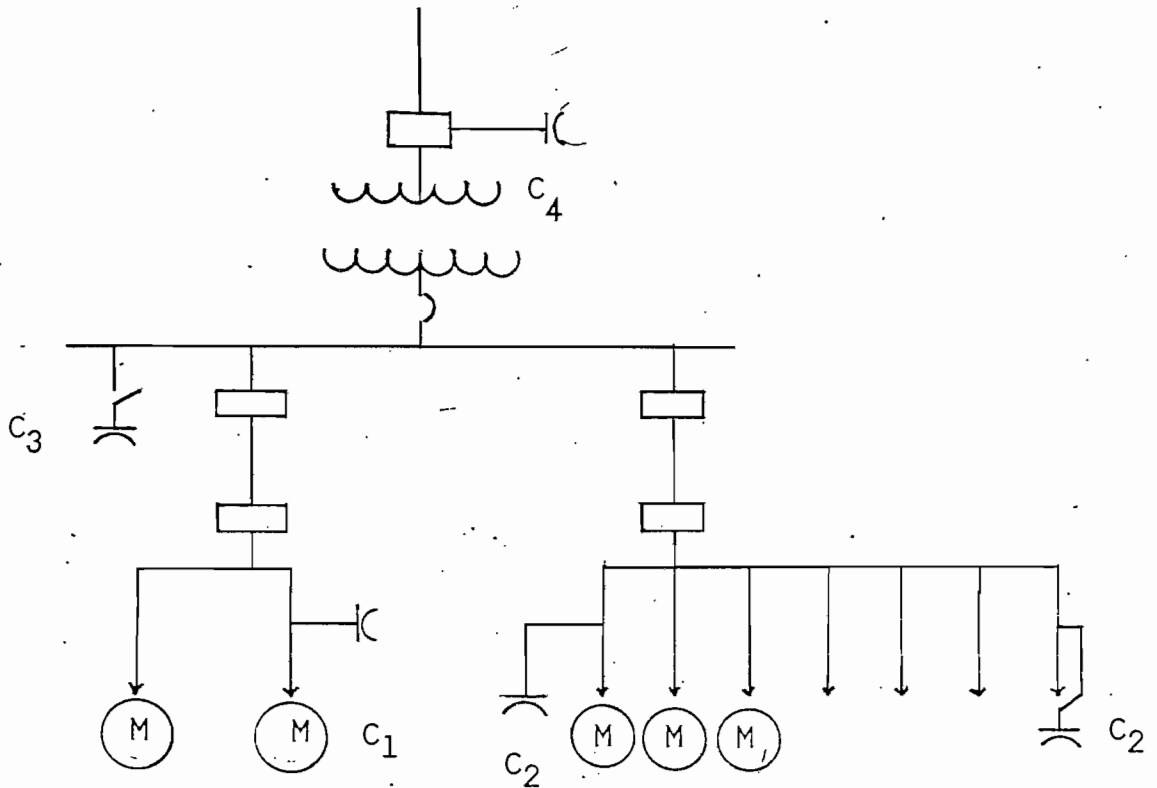


FIG. 2.5

Analizando la FIG. 2.5. La mayor parte del sistema se alivia de transportar potencia reactiva si situamos los capacitores en C_1 y C_2 y en su orden C_3 y C_4 .

2.e.5.1 Factores que se consideran para la localización de los capacitores

Factor económico

Instalar capacitores en el lado de alta re

sulta 10 veces más económico que instalarlos en el lado de baja.

Factor técnico

Si se quiere evitar el pago de penalidades a la Empresa Eléctrica, deben instalarse los capacitores detrás del equipo de medida de consumo de energía eléctrica, de forma que la corriente reactiva que fluye entre los capacitores y la carga industrial no pase a través de dicho equipo de medida.

Factor de seguridad

Para nuestro caso debemos instalar los capacitores en C_3 o C_4 para que de esta manera queden dentro de la casa de transformadores o dentro del tablero principal y pondríamos el equipo de medida del consumo de energía eléctrica en el lado de alta si escogemos la alternativa C_4 .

2.f Iluminación

2.f.1 Fuentes luminosas

Se usa las siguientes fuentes luminosas:

- Lámparas incandescentes

Para iluminación industrial general su uso tiende a desaparecer, ya que su rendimiento lumínico por watio es menor en comparación con otros tipos de luminarias. Su duración en el caso de lámparas de vapor de mercurio es la mitad, aunque su costo inicial es menor, en el transcurso de algunos años su costo se duplica por su menor duración.

- Tubos Fluorescentes

Por su gran rendimiento lumínico, se usaban anteriormente incluso para iluminación en exteriores, pero presentaban ciertos inconvenientes.

- Le afecta las temperaturas bajas y las corrientes de aire incluso impidiendo que se establezca el arco.

- Las lámparas de longitud normal emiten poco flu

jo luminoso, por lo tanto los tubos habrían que instalarse muy cercanos, siendo éste un in conveniente para alumbrado en exteriores.

Los tubos fluorescentes tienen su mejor aplicación en instalaciones industriales para alturas de montaje inferiores a 4 mt. presente las siguientes ventajas:

- Relativa larga vida
- Facilidad de instalación
- Mínimo deslumbramiento y variedad de colores

Por estas características se escoge tubos fluorescentes para la iluminación de oficinas y salas de bombas

- Lámparas de vapor de mercurio

Tienen su mayor aplicación en las instalaciones de alumbrado exterior, ocupan poco espacio, su rendimiento luminoso es bastante bueno. Sus dimensiones reducidas permiten dirigir el flujo luminoso, siempre que se utilicen pantallas apropiadas para evitar el deslumbramiento.

Por estas características se usan las luminarias de mercurio, para la iluminación del área exterior del terminal.

2.f.2 Cálculo del número de luminarias para iluminar el área de tanques

Punto 1 Determinar el nivel de iluminación. Se sigue el método del manual de iluminación WESTINGHOUSE, Ref. Bibliográfica Nº 10. De acuerdo a la tabla de niveles de iluminación se escoge. Para zonas de aproximación en estaciones de servicio que es igual a 25 lux.

Punto 2 Determinar el tipo de luminarias. Se escoge luminaria de mercurio, para iluminar grandes zonas de terreno.

Potencia 400 W

Lumenez del Haz 20.000

Voltaje = 460 V

Tipo H331 - F1

Bulbo R-57 Haz ancho

Punto 3 Determinar el coeficiente de utilización

del haz si el área está iluminada uniformemente el coeficiente de utilización del haz CBU = 1.

Punto 4 Estimar el factor de conservación.

La eficacia del alumbrado se ve sumamente afectada, por las lámparas ennegrecidas y por la suciedad. Para compensar esta depreciación gradual de la iluminación se aplica un factor de depreciación en los cálculos.

- Pérdida de la emisión luminosa debida a la suciedad depositada en la lámpara.
- Pérdida de la emisión luminosa de la lámpara con la vida.

Este factor es el siguiente:

Lámparas cerradas 0.75

Lámparas abiertas 0.65

El factor de conservación escogido es MF = 0.75

Punto 5 Determinar el número de luminarias requeridas aplicando fórmula F1.

Nº de luminarias =

$$= \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{nivel luminoso en lux}}{\text{Lumenes de luminaria} \times \text{CBU} \times \text{MF}}$$

CBU coeficiente de utilización 1

MF factor de conservación 0.75

Area de tanques que se va a iluminar 100 x 150

$$\text{Nº de luminarias} = \frac{100 \times 150 \times 25}{20.000 \times 1 \times 0.75} = 25 \text{ luminarias}$$

$$\text{Potencia requerida} = 25 \times 400 = 10 \text{ KW}$$

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{f de p}} = \frac{10}{0.75} = 13.33 \text{ KVA}$$

2.g Diseño alimentación y ramales

2.g.1 Cálculo del alimentador tablero principal A subestación de bombas de despacho

Motores a instalarse

<u>Nº</u>	<u>Potencia HP</u>	<u>Amp. máx.</u>
4	15.0	21
3	10.0	14
4	7.5	11
2	5.0	7.6

Se escoge motores trifásicos 460 Volt. 60 HZ de induc

ción jaula de ardilla, corriente de arranque normal.

2.g.1.1 Cálculo de la corriente de arranque

Para todos estos cálculos se toma como base
Ref. Bibliográfica Nº 16.

Fórmula 3-54

$$\begin{aligned} \text{Corriente de} &= \left(\begin{array}{l} \text{corriente de arran-} \\ \text{que del motor más} \\ \text{grande} \end{array} \right) + \\ \text{arranque} & \\ \left[\left(\begin{array}{l} \text{Factor de} \\ \text{demanda} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{suma de amp. de carga} \\ \text{de todos los motores} \\ \text{excepto el más grande} \end{array} \right) \right] & \end{aligned}$$

Fórmula(2.6)

Según tabla (41-11)

Corriente de arranque para motor de 15 HP
250% de 21. A

Según tabla (6-11)

Promedio de factor de demanda para motores
que tienen que mover bombas 1.00 - 0.85.

Escogemos 0.90

Aplicando fórmula (2.6)

$$\begin{aligned}
 \text{Corr. de arranque} &= 2.5 \times 21 \text{ A} + (0.9) \times \\
 &(3 \times 21 + 3 \times 14 + 4 \times 11 + 2 \times 7.6) \\
 &= 52.5 + 0.9 \times (63 + 42 + 44 + 15.2) \\
 &= 200.28 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$

La corriente de arranque nos sirve para de terminar el equipo de protección adecuado para el circuito.

2.g.1.2 Corriente de marcha

$$\begin{aligned}
 C \text{ de marcha} &= \left(1.25 \times \text{Amp. del motor} \right) + \\
 &\quad \text{más grande} \\
 &\left[\left(\text{factor de} \right) \times \left(\text{Suma de las cargas} \right) \right] \\
 &\quad \left(\text{demanda} \right) \quad \left(\text{de todos los motores excep-} \right) \\
 &\quad \quad \quad \left(\text{to el más grande} \right) \\
 &\quad \quad \quad \text{Fórmula (2.7)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.25 \times 21 + (0.9) \times (3 \times 21 + 3 \times 14 + \\
 &\quad \quad \quad 4 \times 11 + 2 \times 7.6) \\
 &= 26.25 + 0.9 \times 164.2 = 174.03 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$

La corriente de marcha nos sirve para deter minar el tamaño apropiado del conductor.

2.g.1.3 Cálculo del tamaño del alimentador

Conductor THW tabla (19-11) Para 174 Amp.

3 # 2/0 AWG

Conductor THW tabla (67-11) Para # 2/0

133.100 CM.

Se saca la caída de voltaje en corriente directa.

$$\Delta V_{d-c} = \frac{24 I L}{CM} \quad (2.8) \quad \begin{array}{l} L = \text{long. aliment. en ft} \\ CM = \text{circular mils. cond.} \end{array}$$

Longitud del alimentador principal a subestación de bombas 430 pies.

$$\Delta V_{d-e} = \frac{24 \times 174 \times 430}{133.100} = 13.49 \text{ Volt.}$$

En tabla (56-11). Si el conductor es mayor que el N° 1 86694 CM tomamos en cuenta la inductancia.

Tabla (59-11) Relación resistencia reactancia para 2/0 0.54.

Tabla (58-11) Factor de potencia para motores de inducción.

Factor Potencia 7.5 a 15 HP 0.86

5 HP 0.83

Promedio más o menos 0.86

Con los valores de factor resistencia y con el factor de potencia y usando la tabla 61-11 se saca el valor del factor de caída de tensión.

Para Resist.-Reactancia 0.54 y factor de pot. 0.86.

<u>Resist.-react.</u>	<u>fact. de pot.</u>	<u>V a-c factor</u>
0.5	0.85	1.13
0.6	0.85	1.19
0.54	0.85	1.16

1.16 Factor de caída

$$V_{ac} = 0.866 \times \text{Factor de caída} \times \Delta V_{d-c} \quad (2.9)$$

$$= 0.866 \times 1.16 \times 13.49 = 13.55 \text{ Voltios}$$

Tabla (54-11) Factor de caída V permisible 5%.

$$480 \times 0.05 = 24 \text{ voltios}$$

13.55 voltios 24 voltios

El alimentador F6 del tablero principal a subestación de bombas de despacho será:

3 # 2/0 AWG Cable trifilar THW

Longitud 430 pies

Amp. 174

Todas las tablas usadas en estos cálculos son tomadas de Hand Book American Electrician's Watt McGraw Hill Ref. Bibliográfica Nº 16.

2.g.2 Cálculo del alimentador del tablero principal a subestación bombas descarga de camiones

2.g.2.1 Motores a instalarse

<u>Nº</u>	<u>Potencia HP</u>	<u>Amp. a plena carga</u>
8	7.5	11
4	5	7.6

Se escoge motes trifásicos 460 V 60 Hz de inducción jaula de ardilla y corriente de arranque normal.

2.g.2.2 Cálculo de corriente de arranque

Corriente de arranque fórmula (2.6)

Según tabla (41-11)

Corriente de arranque para motor de 11 Amp.
de 250%.

Según tabla (6-11)

Promedio de factor de demanda 0.9

$$\begin{aligned} \text{Corr. de} \\ \text{arranque} &= 2.5 \times 11 + 0.9 \times (7 \times 11 + 4 \times 7.6) \\ &= 27.5 + 0.9 \times 107.4 = 124.16 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

2.g.2.3 Cálculo corriente de marcha

Aplicando fórmula (2.7)

$$\begin{aligned} \text{Corr. de} \\ \text{marcha} &= 1.25 \times 11 + 0.9 \times (77 + 30.4) \\ &= 13.7 + 96.66 = 110.36 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

La corriente de marcha nos sirve para determinar el tamaño apropiado del conductor para ésto tenemos que calcular la caída de voltaje admisible.

2.g.2.4 Cálculo tamaño del conductor

Conductor THW trifilar

Tabla (19,11) Para 110 Amp. 3# 1 AWG

Tabla (58,11) 3# 1 = 83.690 CM

Caida de voltaje para corriente directa

Aplicamos fórmula (2.8)

$$\Delta V_{d-c} = \frac{24 I L}{CM}$$

Longitud del cable = 800 pies

$$\Delta V_{dc} = \frac{24 \times 110 \times 800}{83.690} = 25.23 V$$

Escogemos cable # 1/0 AWG = 105.500 CM

$$\Delta V_{dc} = \frac{24 \times 110 \times 800}{105.500} = 20.02 \text{ voltios}$$

Según tabla (56-11) si el conductor es que # 1 AWG tomamos en cuenta la inductancia.

Tabla (59-11) relación resistencia reactan
cia para 1/0 0.38.

Tabla (58-11) factor de potencia para moto
res de inducción.

7.5 HP f de p 0.86

5 HP f de p 0.83

Factor promedio 0.85

Se saca el valor del factor de caída de tensión con el valor resistencia-reactancia y con el f. de p.

Tabla (61-11)

Para resistencia-reactancia 0.38 y f de p = 0.85

<u>Resist.-react.</u>	<u>f de p</u>	<u>factor de ΔV a-c</u>
0.3	0.85	1.02
0.4	0.85	1.08
0.38	0.85	1.067 por interpolación

Para sacar ΔV a-c aplicamos fórmula (2.8)

$$\begin{aligned}\Delta V \text{ a-c} &= 0.866 \times 1.067 \times 20.2 \\ &= 18.66\end{aligned}$$

2.g.2.4 Para este circuito F7 tenemos los siguientes datos

L = 800 pies

Cable trifilar THW 3H 1/0 AWG

Amp. que puede soportar el cable 125

Caída de tensión 18.66 Volt.

2.g.3 Cálculo alimentador tablero principal A sala de bombas contra incendio

2.g.3.1 Motores a instalarse

<u>Nº</u>	<u>Potencia</u>	<u>Amp. a plena carga</u>
2	40	52
1	7.5	11

Se escoge motor de inducción 460 Volt. 60 Hz jaula de ardilla.

2.g.3.2 Cálculo corriente de arranque

Tabla (4-11) Corriente de arranque 200% de Amp. a plena carga del motor de 40 HP.

Tabla (6-11) Factor de demanda para motores que mueven bombas.

Aplicando fórmula (2.6)

$$\begin{aligned} \text{Corriente arranque} &= 52 \times 2 + 0.1 \times (11+52) \\ &= 104 + 63 = 167 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

2.g.3.3 Cálculo corriente de marcha

Aplicando fórmula (2.7)

$$\begin{aligned} C \text{ de marcha} &= 1.25 \times 52 + 0.9 \times (52 + 11) \\ &= 65 + 63 = 128 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

2.g.3.4 Cálculo tamaño del conductor

Conductor THW tabla(19-11) Para 128 Amp.

3 # 1 AWG.

Conductor THW tabla (67-11) # 1 86.390 CM

Longitud de tablero principal a tablero de sala de bombas C.I.

L = 490 pies

Aplicando fórmula (2.8)

$$\Delta V_{a-c} = \frac{24 \times 128 \times 490}{86.390} = 16,97 \text{ Volt.}$$

Tabla (59-11)

Factor relación resistencia - reactancia

Nº 1 AWG = 0.32

Tabla(58-11) Factor de potencia

Motor 40 HP f de p 0.89

Motor 75 HP f de p 0.86

2.g.3.4.1 Cálculo del factor de potencia

promedio del circuito

$$2 \times 40 \times 0.89 + 7.5 \times 0.86 =$$

$$71.20 + 6.45 = 77.65$$

$$\begin{aligned}
 f \text{ de } p \text{ del circuito} &= \\
 &= \frac{\text{Suma de HP} \times f \text{ de } p}{\text{Total HP conectado}} \\
 &= \frac{77.65}{40 + 40 + 7.5} = \frac{77.65}{87.5} = 0.8874
 \end{aligned}$$

Aplicando tabla (61-11) Se saca el factor de caída de tensión.

Factor de caída 1.06

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{ac} &= 0.866 \times 16.97 \times 1.06 = \\
 &15.58 \text{ Voltios}
 \end{aligned}$$

2.g.3.5 Datos finales del alimentador motores

Sala de bombas F8

L = 490 pies

Cable multiconductor THW 3 # 1 AWG

Caída de tensión 15.58 voltios

2.g.4 Cálculo de acometida 208/120 al servicio de oficinas

Carga conectada = 13.5 KVA

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times E(208)} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times E(120)} = \frac{13.500}{\sqrt{3} \times 208} = \frac{13.500}{\sqrt{3} \times 120} = \\
 &= 37.47 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$

Longitud del circuito = 300 pies

Tabla (19-11) Para 37.47 Amp. 4 # 8 AWG = 16.510 CM

$$\Delta V_{a-c} = \frac{24 \times 37.47 \times 300}{16.510} = 16.34 \quad (\text{Fórmula 2.8})$$

$$\Delta V_{d-c} = 0.866 \times 16.34 = 14.15$$

$$\Delta V_{\text{permisible}} = 208 \times 5 = 11 \text{ voltios}$$

Se usa conductor Nº 6 26.250 CM

$$\Delta V_{ac} = \frac{866 \times 24 \times 37.47 \times 300}{26.250} = 8.19 \text{ Voltios}$$

2.g.4.1 Datos de alimentador F9

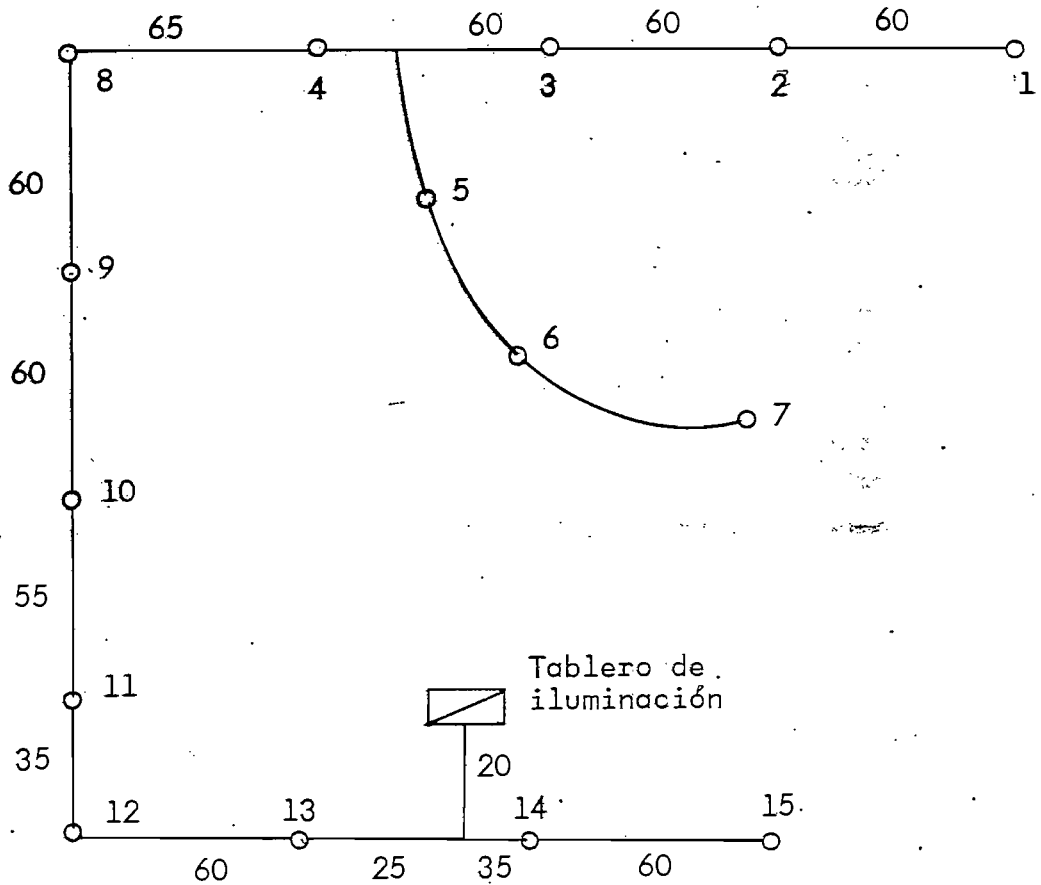
Longitud del circuito 300 pies

Conductor # 6 cable multiconductor

2.g.5 Cálculo de circuitos de iluminación exterior

Para el cálculo se utiliza el cálculo de momentos, multiplicando cada carga por la distancia de la fuente hasta el término del circuito. Se suma estos productos y se divide para el total de cargas conectadas y se tiene la longitud equivalente del circuito que será usado para el cálculo de la caída de voltaje.

2.g.5.1 Cálculo de circuito FA



CIRCUITO FA

FIG. 2.6

Total de luminarias a conectarse 15

Carga conectada $450 \text{ W} \times 15 = 6.750 \text{ KW}$

$$\text{Amp. del circuito} = \frac{6.75 \text{ KW}}{3 \times 0.48 \times 0.9} =$$

$$= \frac{6.75}{173 \times 0.48 \times 0.9} = 9.02 \text{ Amp.}$$

$$\text{Amp. por lámpara} = \frac{9}{15} = 0.6A$$

Cálculo de momentos

$$P_{15} = 0.6 \times 115$$

$$P_{14} = 0.6 \times 55$$

$$P_{13} = 0.6 \times 45$$

$$P_{12} = 0.6 \times 105$$

$$P_{11} = 0.6 \times 140$$

$$P_{10} = 0.6 \times 195$$

$$P_9 = 0.6 \times 255$$

$$P_8 = 0.6 \times 315$$

$$P_7 = 0.6 \times 380$$

$$P_6 = 0.6 \times 440$$

$$P_4 = 0.6 \times 490$$

$$P_3 = 0.6 \times 530$$

$$P_2 = 0.6 \times 440$$

$$P_1 = \frac{0.6 \times 560}{0.6 \times 4.565}$$

$$0.6 \times 4.565$$

$$\text{Longitud equivalente} = \frac{I \times L}{I \text{ total}}$$

$$L \text{ eq} = \frac{0.6 \times 4.565}{9} = 304 \text{ mt.}$$

$$L \text{ eq en mt.} = 998 \text{ mt.}$$

$$\text{Amp. de carga} = 9 \text{ A}$$

$$\text{Futuras ampliaciones } 9 \times 1.25 = 12 \text{ Amp.}$$

Se escoge conductos Nº 10 THW Amp. 30

aplicando fórmula (2.8)

$$\text{Vac} = 0.866 \frac{24 L I}{CM} = \frac{24 \times 12 \times 998}{10.380} =$$

$$= 23 \text{ voltios}$$

Caída permitida 24 voltios

2.g.5.2 Cálculo de circuito FB

Carga conectada 11 luminarias

Carga total $450 \times 11 = 4.95 \text{ KW}$

Cálculo de longitud equivalente

$$P_1 = 0.6 \times 35$$

$$P_2 = 0.6 \times 105$$

$$P_3 = 0.6 \times 150$$

$$P_4 = 0.6 \times 75$$

$$P_5 = 0.6 \times 135$$

$$P_6 = 0.6 \times 195$$

$$P_7 = 0.6 \times 255$$

$$P_8 = 0.6 \times 315$$

$$P_9 = 0.6 \times 375$$

$$P_{10} = 0.6 \times 435$$

$$P_{11} = \frac{0.6 \times 495}{0.6 \times 2.570}$$

$$L_{eq} = \frac{0.6 \times 2.570}{0.6 \times 11} = 233 \text{ mt.}$$

$$L_{eq} \text{ en pies} = 766 \text{ pies}$$

Carga en amperios $0.6 \times 11 = 6.60 \text{ A}$

Previsión futura = $6.6 \times 1.25 = 9 \text{ Amp.}$

Se escoge conductor N° 10 THW AWG 30 Amp.

$$CM = 10.380$$

$$V_{ac} = \frac{0.866 \times 24 \times I \times L}{CM} \quad (2.8)$$

$$V_{ac} = \frac{0.866 \times 24 \times 9 \times 7.66}{10.380} = 12.65 \text{ Amp.}$$

12.65 24 voltios

Luego circuito FB

$L = 766 \text{ mt.}$

Conductor 3 x 10 AWG

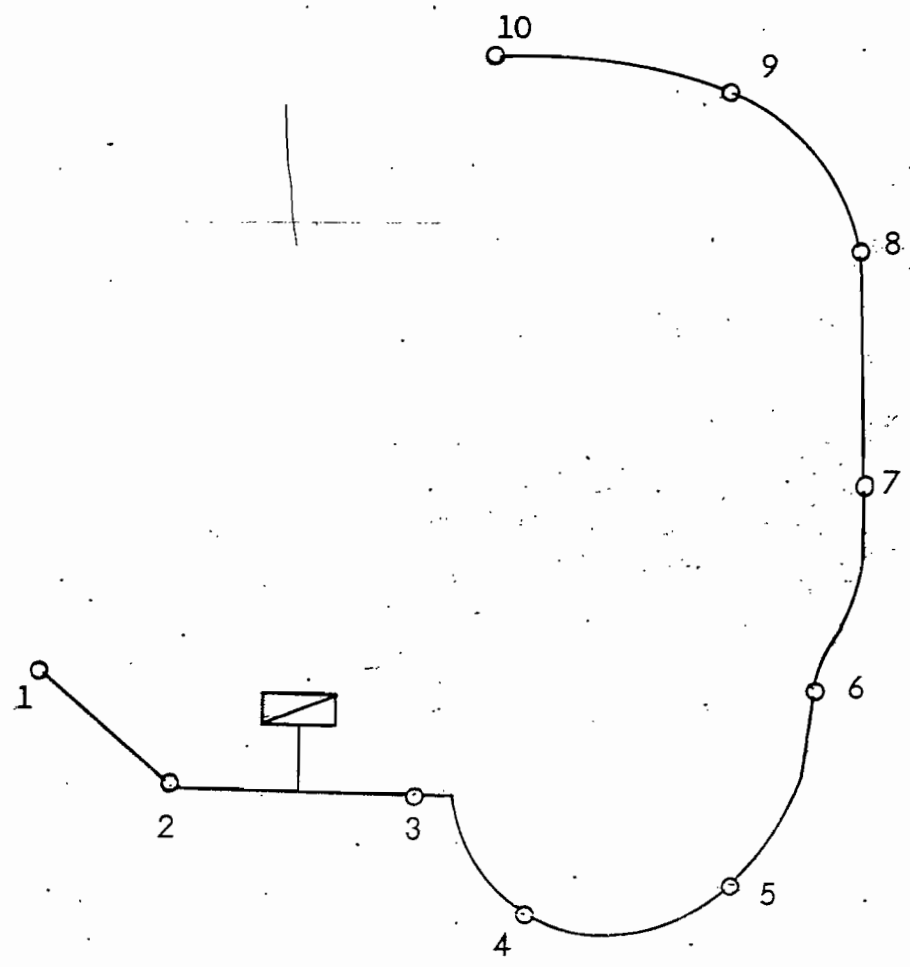


FIG. 2.7 CIRCUITO FB

2.g.5.3 Cálculo circuito Fc

Según fig. 2.9 consideramos dos sectores A y B para hacer más preciso el cálculo.

Sector A

$$\begin{aligned}
 \text{Carga total} &= 6 \times 450 = 2.700 \text{ W} \\
 &16 \times 100 = \underline{1.600} \\
 &4.300 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$I = \frac{4.300}{3 \times 0.48 \times 0.9} = 5.74 \text{ Amp.}$$

Cálculo de longitud equivalente

$$P_1 = 0.6 \times 145$$

$$P_2 = 0.6 \times 195$$

$$P_3 = 0.6 \times 245$$

$$P_4 = 0.6 \times 290$$

$$P_5 = 0.6 \times 340$$

$$P_6 = \frac{0.6 \times 395}{0.6 \times 1.610}$$

$$P_7 = 0.4 \times 365$$

$$P_8 = 0.4 \times 405$$

$$P_9 = 0.4 \times 440$$

$$P_{10} = 0.4 \times 485$$

$$P_{11} = 0.4 \times 525$$

$$P_{12} = \frac{0.4 \times 565}{0.4 \times 2.785}$$

$$L_{m eq} = \frac{0.6 \times 1.610 + 0.4 \times 2.785}{6 A} = 330 \text{ mt}$$

$$L_{pies} = 1.080 \text{ pies}$$

Cable N° 10 AWG THW 30 A capacidad

Aplicando formula (2.8)

$$V_{ac} = \frac{0.866 \times 24 \times I \times L}{CM} =$$

$$= \frac{0.866 \times 24 \times 6 \text{ Amp.} \times 1.080}{10.380} = 13 \text{ voltios}$$

13 Voltios 24 voltios

Circuito Fc Sector B

Longitud = 330 mt.

Cable 3 x 10 AWG THW

Voltaje 600 Voltios

Para mayor seguridad el alimentador del tablero al punto de unión de los 2 circuitos se usa cable Nº 8 AWG

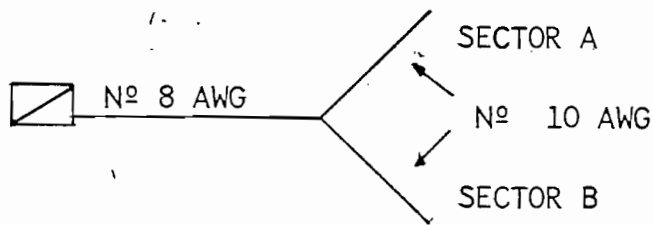


FIG. 2.8

Sector B

Carga conectado $6 \times 450 = 2.700 \text{ W}$

$I = 6 \times 0.6 = 3.6 \text{ A}$

$L_{eq} = 0.6 (105 + 190 + 240 + 170 + 235 + 290) =$
 $= 0.6 \times 1.230$

$L_{eq} = \frac{0.6 \times 1.260}{0.6 \times 6} = 210 \text{ mt } \text{ ó } 688 \text{ pies}$

Cable Nº 10

$V_{ac} = \frac{0.866 \times 24 \times 4 \times 688}{10.380} = 5.5 \text{ voltios (2.8)}$

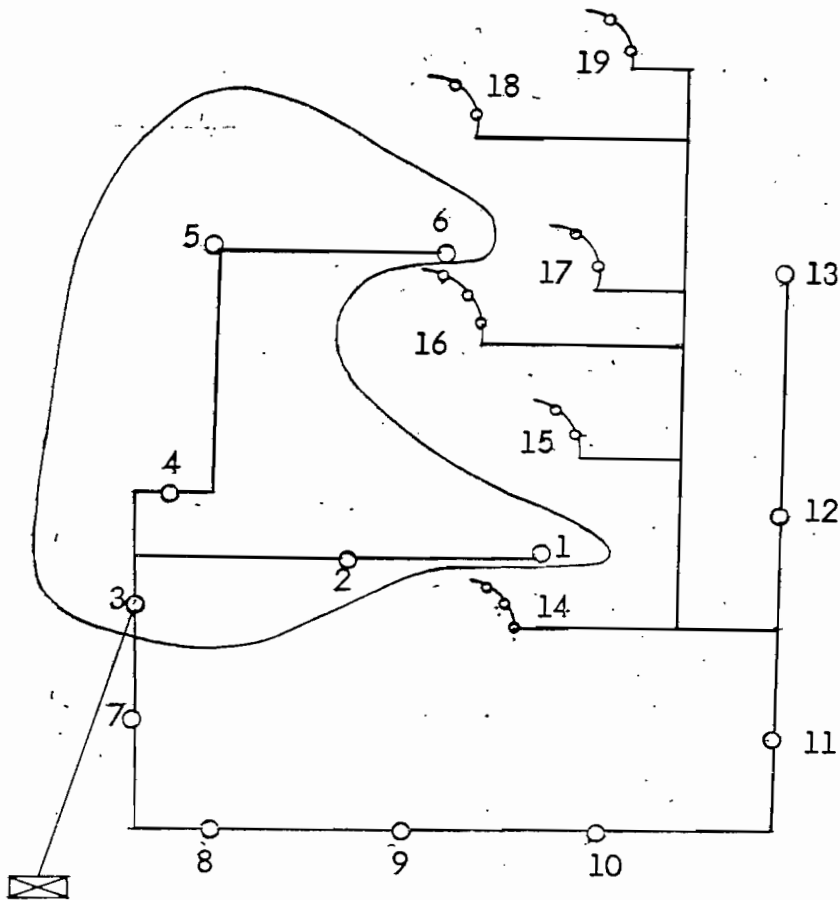


FIG. 2.9 Circuito Fc

2h. Estudio de regulación de voltaje

La importancia de la regulación de voltaje, se toma en cuenta debido a que todo aparato eléctrico está diseñado para operar a cierto valor (voltaje nominal), en el cual tiene su operación más satisfactoria.

La regulación de voltaje es la medida del cambio en voltaje entre el voltaje en vacío de la fuente y el voltaje dispo-

nible en la carga, en términos del voltaje de la carga.

Las variaciones de voltaje son de dos tipos: lentas y rápidas. Las variaciones lentas son por aumento o disminución progresiva de carga según las condiciones de operación de la misma, que son las que producen las variaciones de voltaje en los distintos sectores de la planta. Las variaciones rápidas, llamadas flicker (parpadeo) son las causadas por aparatos especiales, como soldadoras, hornos eléctricos de arco, arranque de motores grandes.

2.h.1 Causas de la caída de voltaje

La caída de voltaje es causada por el paso de la corriente a través de la impedancia, de transformadores cables, reactores barras. La regulación de un aparato está determinada por la caída de voltaje desde la fuente hasta los terminales del aparato, a través de los elementos mencionados arriba.

2.h.2. Efectos sobre el equipo de utilización

Motores de Inducción:

Reducción del torque de arranque y elevación de la

temperatura a plena carga. Son efectos de la reducción de voltaje.

- De sobre voltaje: incremento de torque que puede dañar los radamientos o el equipo de accionamiento, decrece el factor de potencia.

- Incremento de la corriente de arranque, causa una gran caída de voltaje e incrementa el flicker en la iluminación. Además que el flicker en motores a plena carga, resulta en reducción de la vida del motor, incremento de pérdidas y vibración.

- Lámparas fluorescentes. Soportan variaciones de voltaje un rango más amplio, la emisión luminosa y su vida útil no se ve muy afectada.

- Lámparas de mercurio. Una reducción del voltaje en los terminales del 10% reducirá la emisión luminosa en un 30%. Las lámparas de mercurio necesitan entre 4 y 8 minutos para brillar. Si el voltaje es muy bajo se extinguirá el arco no pudiendo prenderse hasta que se enfrie el mercurio. La vida de la lámpara está relacionada con el N° de arranques, con un voltaje bajo hay que incrementar los arranques. Un voltaje alto eleva la temperatura del arco, lo

cual puede dañar la ampolla de vidrio.

- Capacitores. Los KVAR del capacitor varían con el cuadrado del voltaje aplicado.
- Aparatos operados por solenoides. La tracción de solenoides de alterna varían aproximadamente con el cuadrado del voltaje, son diseñados para soportar 10% de sobrevoltaje y 15% de caída de voltaje.

2.h.3 Factores que se consideran para mejorar las condiciones de voltaje

1. Se ha hecho la consideración de instalar capacitores para suplir KVAR en adelanto para reducir la componente de atraso del factor de potencia, con ésto se reduce la caída de voltaje. Método tratado en capítulo II (e.3)

2. Para el cálculo de ramales principales y secundarios se ha considerado 5% la caída permisible de voltaje, considerando la carga que hay que conducir y la distancia a la misma.

3. Se usa conductores con una separación mínima entre ellos, todo el sistema está instalado en tubos

CAPITULO III

PROTECCIONES

Los cortocircuitos se usan para proteger la línea, aparatos, pequeños transformadores, etc., contra la sobrecarga y el cortocircuito.

3.a.1 Fusibles

Consiste en un alambre más delgado intercalado en el circuito, el cual se funde con el paso de corrientes superiores a las de la capacidad instalada, va instalado en un cartucho de material cerámico. Existen hoy cortocircuitos fusibles de 3 a 30 KV, con espiga de disparo, en los cuales un potente muelle con una fuerza de 12 Kg. actúa a través de una varilla intermedia para desconectar el circuito.

Todo cortocircuito posee una característica de fusión que nos dice en cuánto tiempo se fundirá para una corriente determinada. Hay cortocircuitos, lentos y rápidos. En el empleo de los lentos están los usados en arranque de los motores para que con una sobrecarga no sean accionados.

En un cortocircuito no se da la corriente límite que puede soportar sin la nominal que es más baja. Para los ensayos de cortocircuitos se distinguen corriente de prueba máxima y mínima. La corriente prueba mínima es la que puede soportar un cortocircuito durante una hora, la corriente máxima es la que funde al cortocircuito en una hora.

3.a.2 Interruptores

Son elementos llamados a interrumpir la corriente de potencia, los más comunes son los sumergidos en aceite, éstos actúan generalmente bajo las órdenes de reles.

En baja tensión, son interruptores en aire y en sustitución de reles tienen acoplado un mecanismo que opera en forma instantánea y de acuerdo a su potencia está incluido dentro del mismo aparato.

Existen dos tipos básicos:

Electromagnéticos en aire con valores ajustados de corriente de disparo, instantáneo o con retardo de tiempo.

Termomagnéticos en caja moldeada normalizados y no ajustables.

3.a.3 Cálculo de la corriente de cortocircuito

La corriente que fluye durante una falla a un punto del sistema está limitado por la impedancia de los circuitos involucrados desde la fuente de cortocircuito hasta el punto de falla.

Los cálculos para determinar el valor máximo de la corriente son para seleccionar los aparatos de adecuada capacidad de interrupción.

3.a.3.1 Con los valores de impedancias de los equipos calculados en los capítulos anteriores se dibuja el diagrama unifilar.

El nivel de cortocircuito de la fuente ha sido suministrado por la Empresa Eléctrica Cuenca.

El cortocircuito con los elementos significativos es el siguiente:

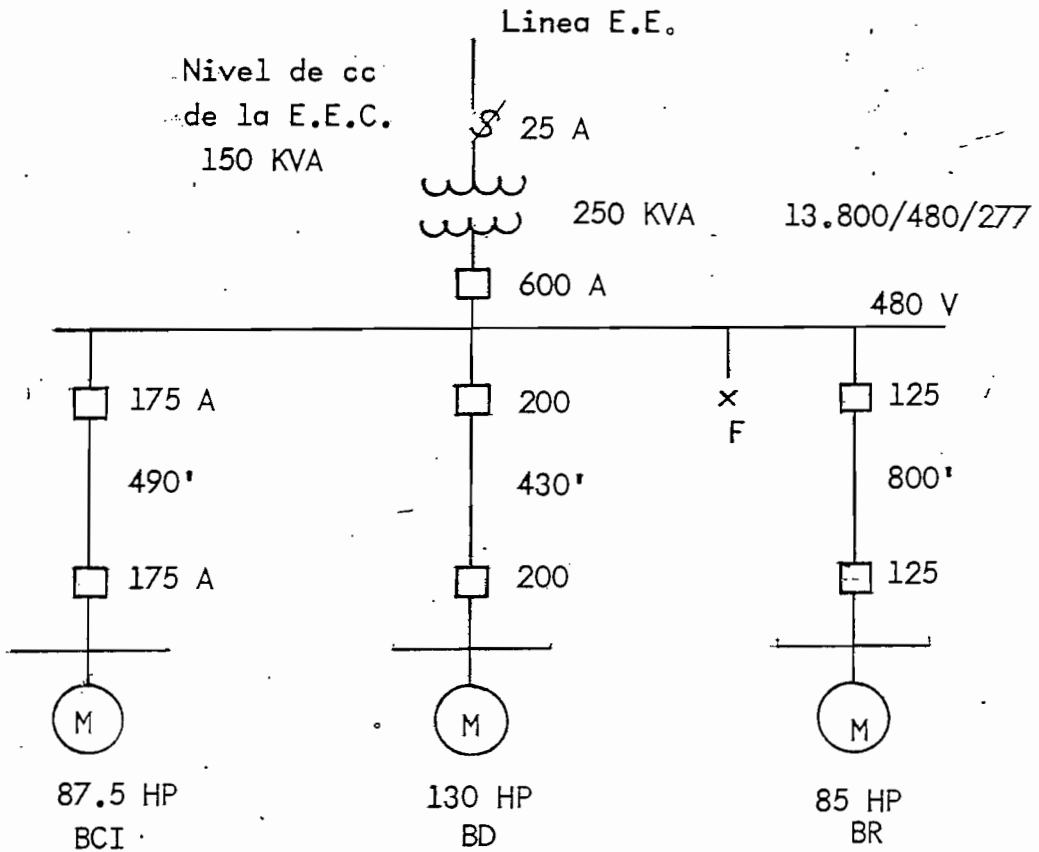


FIG. 3.1 DIAGRAMA UNIFILAR

Se escoge una Potencia base 1.000 KVA. Todos los valores de las impedancias se ponen por unidad (Pu).

Fórmula (3.1) (Referencia Bibliográfica N° 7).

Reactancia pu a 480 volt.

$$X(\text{pu}) = \frac{X(\text{ohm}) \times \text{Pot. base elegida}}{(\text{KV})^2 \times 1.000}$$

$$X_{pu} = \frac{X (\text{ohms}) \times 1.000 \text{ KVA}}{(0.48)^2 \times 1.000} = X(\text{ohms}) \times 4.34$$

- Reactancia equivalente de la fuente de suministro

$$X (\text{pu}) = \frac{1.0 \times \text{Pot. base elegida}}{\text{Pot. cc EE}} \quad \text{Fórmula (3.2)}$$

$$X_{pu} = \frac{1.0 \times 1.000}{150.000} = 0.007$$

- Transformador de 250 KVA

De tabla (6) tesis de grado Guía de Inst. eléctricas de igual forma para todas las tablas de este cálculo. Ref. Bibliog. Nº 7.

$$X(\text{pu}) = 0.050 \text{ en base a } 250 \text{ KVA}$$

Fórmula (3.3)

$$X(\text{pu}) \text{ base nueva} = X(\text{pu}) \text{ base vieja} \cdot \frac{\text{Pot. nueva}}{\text{Pot. vieja}}$$

$$= 0.05 \times \frac{1.000}{250} = 0.2$$

- Cálculo de reactancias de Interruptores

Tabla 9 Ref. Bibliograf. Nº 7

$$X (\text{Interruptores de } 125 - 175 - 200) = 0.001$$

$$X (\text{interruptor } 600 \text{ A}) = 0.0002$$

De dato de fórmula (3.1)

Reactancia a 480 Volt.

$$X(\text{pu}) \text{ interr. } 600 \text{ A} = (4.34) \times 0.0002 = 0.000468$$

$$X(\text{pu}) \text{ interr. } 125 - 175 - 200 \text{ Am} = 4.34 \times 0.001 = 0.00434$$

- Reactancia cable de 490' Conductor 3 Ø Nº 1 AWG

Tabla (7) Ref. Bibliograf. Nº 7 $X = 0.108$ /cond./1.000'

$$\text{Para } 490' \quad X = 0.0529$$

Aplicando fórmula (3.1)

$$X (\text{pu}) = 4.34 \times 0.0529 = 0.2296$$

- Cable 430' 3 Ø Nº 2 AWG

$$X = 0.100 \quad /\text{cond.}/1.000'$$

$$X \text{ para } 430 = 0.0434$$

$$X (\text{pu}) = 0.0434 \times 4.34 = 0.188$$

- Cable 800' 3 Ø Nº 1/0

$$X = 0.103 \quad /\text{cond.}/1.000$$

Para 800' $X = 0.0824$

Fórmula (3.1) $X(\text{pu}) = 0.0824 \times 4.34 = 0.3576$

- Motores de Inducción

Valor típico de reactancia $X_d'' = 0.20$

Grupo de motores 87.5 HP

Fórmula (3.2)

$$X_d'' = 0.2 \times \frac{1000}{87.5} = 2.28$$

Grupo motores 130 HP

$$X_d'' = 0.2 \times \frac{1000}{130} = 1.538$$

Grupo motores 85 HP

$$X_d'' = 0.2 \times \frac{1000}{85} = 2.35$$

3.a.3.2 Como segundo paso se dibuja el diagrama en base a las reactancias calculadas.

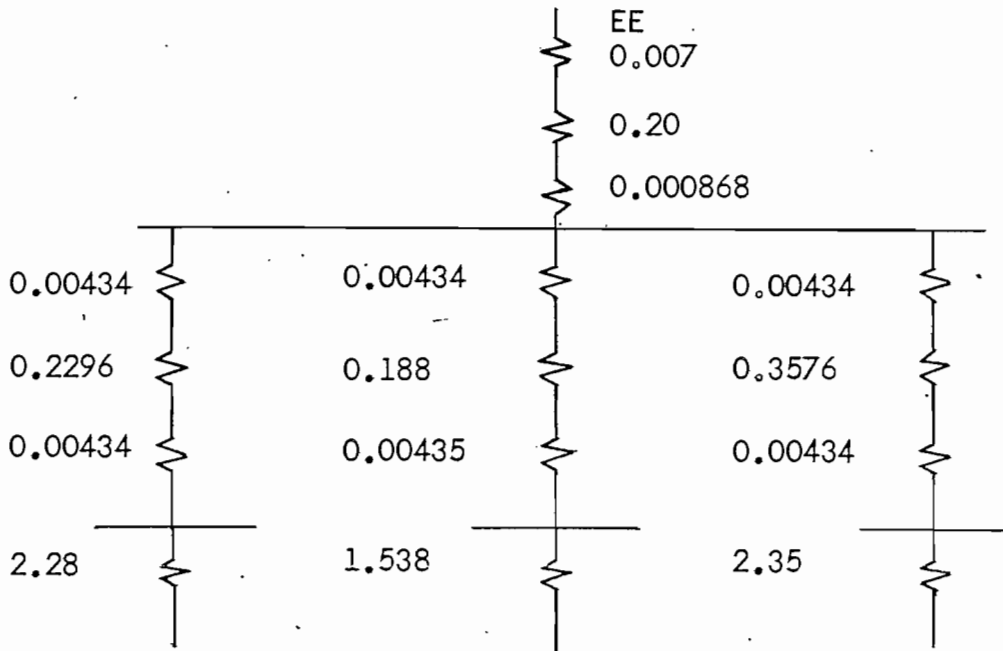


FIG. 3.2 DIAGRAMA UNIFILAR DE REACTANCIAS

Se efectúan simplificaciones de las reactancias con siderando sistemas en serie paralelo se tiene la reactancia equivalente total de 0.56

Fórmula (3.3)

$$I_{rms} \text{ cc simétrica} = \frac{\text{Pot. base elegida}}{\sqrt{3} \times KV \times X(pu)}$$

$$= \frac{1.000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.56} = 2.148 \text{ A}$$

Fórmula (3.4)

$$Pcc \text{ simétrica} = \frac{\text{Pot. base}}{X_{eq}} = \frac{1.000}{0.56} = 1786 \text{ KVA}$$

Por lo tanto la capacidad interrupción de los interruptores termomagnéticos tendrá que ser escogida en un rango superior a 2.148 A.

Si consideramos una falla en el transformador principal. Fórmula (3.3)

$$I_{rms} \text{ simétrica} = \frac{1.000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times (0.007 + 0.20 + 0.000868)} = 5.785 \text{ A}$$

Esta sería la máxima corriente de cortocircuito que debería tener como capacidad de interrupción el interruptor de 600 A. Esta capacidad de interrupción está dentro del rango de los interruptores magnéticos producidos en el país.

3.a.4 Protección de la alimentación general

3.a.4.1 Protección del transformador principal

El transformador a instalarse de 250 KVA en el lado

de alta, se usa un corta circuitos (fusible) para cada fase con mecanismo de desconexión automático.

$$I_{alta} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 13.8} = 10.45 \text{ A}$$

Para transformador de 6% a 10% de impedancia según NEC/78
450-3

Amp. nominal 200% = 21 Amp.

Según NEC 240-6. El fusible normalizado más proximo

25 A 13.8 KV - 100 A

Protección en el lado de baja

Se usa interruptor termomagnético en cada fase

$$I = \frac{250}{\sqrt{3} \times 0.48} = 300 \text{ A}$$

Capacidad de interruptor 200% de I nominal

Interruptor de 600 A por fase de cálculo de corriente de cortocircuito capacidad de interrupción 2.148 voltaje normalizado 600 volt.

3.a.4.2 Protección circuito de bombas contra incendio

La corriente de arranque según cálculo en g.3.2

I arranque para bomba C.I. = 167 Amp.

De NEC 240-6 / 78

Se instala un interruptor trifásico termomagnético de 175 Amp. para el circuito del alimentador para bombas contra incendio.

Se hace esta consideración de aislar la alimentación para las bombas C.I. ya que en el caso de un incendio se puede desconectar todo el sistema eléctrico de la planta y quede en funcionamiento solamente las bombas C.I.

3.b Protección de alimentadores y ramales

Los alimentadores principales calculados son:

- b.1 Alimentador a sala de bombas de despacho de tanqueros
- b.2 Alimentador a sala de bombas de descarga de tanqueros
- b.3 Alimentador a oficinas
- b.4 Alimentador a iluminación exterior

3.b.1 Protección alimentador a sala de bombas despacho

De acuerdo a cálculos en 2.g.1.1 la corriente de arranque 200.00 Amp.; esta es la capacidad que debe tener el interruptor trifásico de caja moldeada y termomagnético.

3.b.2 Protección alimentador a sala de bombas descarga

En cálculos efectuados en g.2.2. la corriente de arranque 124.16 Amp. según NEC 240.6/78. El interruptor de be tener una capacidad de 125 A.

3.b.3 Protección a oficinas

Para el circuito de oficinas se tiene un transformador de 20 KVA 460/208/120 Volt.

Corriente en el primario

$$I_p = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times 460} = 25.10 \text{ Amp.}$$

Corriente en el secundario

$$I_s = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times 208} = 55.51 \text{ Amp.}$$

3.b.3.1 Protección del transformador lado alta (primario)

Este transformador va a alimentar el circuito de oficinas de 120 voltios. Según NEC 450 - 3 (b).

En el lado primario necesita una protección individual que no sea mayor que el 125% de la capacidad de corrien

te primario en el transformador.

$$16.94 \times 1.25 = 31.37 \text{ Amp. Lado del secundario}$$

$$55.51 \times 1.25 = 69.3 \text{ Amp.}$$

Según NEC 430 (2)(b) no se requeriría protección en el lado primario si el fusible o interruptor del alimentador no excediera en un 250% a la capacidad de corriente en el primario del transformador. En nuestro circuito tenemos un interruptor de 600 Amp $> 17 \times 2.5$ Amp.

NEC 240 - 6

En el primario interruptor termomagnético 35 Amp.-240 volt.

60 c/s.

En el secundario interruptor termomagnético 70 - 240 volt.

60 c/s.

3.b.4 Protección a circuitos de iluminación exterior

De acuerdo a plano del tablero principal se tienen a dos circuitos de oficinas.

3.b.4.1 Circuito de iluminación 1

Carga conectada 7.5 KVA

$I = 12$ Amp.

Interruptor termomagnético de 15 Amp. por fase.

3.b.4.2 Circuito de iluminación 2

Sector A = 4.300 W-

Sector B = 2.700 W

Total Circ. 2 7.000 W

$$I = \frac{7.000}{\sqrt{3} \times 0.48 \times 0.9} = 9.35$$

Para futuros aumentos de luminarias

$$9.35 \times 1.25 = 12 \text{ Amp.}$$

Interruptor termomagnético de 15 Amp. por fase EL
CIRCUITO DE ALIMENTACION Nº 3 será alimentado de la sub-es
tación sala de bombas descarga de camiones.

3.c Protección de motores

3.c.1 Diagrama de principio usado para protección de Motores es el siguiente

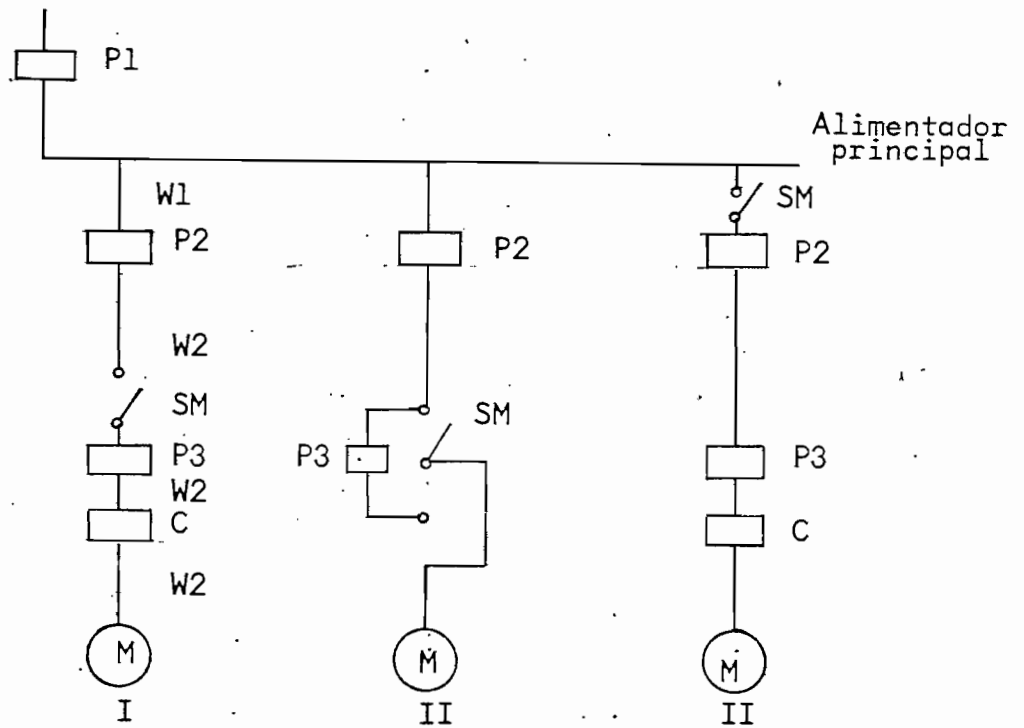


FIG. 3.3 DIAGRAMA DE PROTECCIONES

P1.- Es la protección en el alimentador principal calculado de acuerdo a la corriente de arranque de todos los motores que va a alimentar el circuito.

P2.- Protección para el circuito que alimenta el motor puede ser fusible o interruptor. Si es interruptor puede tener doble propósito switch o instrumento protector

de sobrecarga. Según NEC el tamaño de este protector del alimentador del motor, debe ser lo suficientemente grande que permita conducir la capacidad de los alambres. Para el cálculo de este protector se usa las tablas 39 a 41 sección 11. Ref. Bibliográfica 16.

P3.- Instrumento protector de sobrecarga del motor

Puede consistir de fusibles o interruptores con un valor de 115% de la carga máxima del motor. Si los valores no corresponden a los estandarizados por NEC 240-6 se escogerá un valor que no sobrepase en un 130% al valor de plena carga.

Este instrumento para protección de sobrecarga del motor puede ir incorporado en el control C.

SM. Switch del motor

Puede consistir en switch o interruptor. Tiene que tener un rango mínimo de 115 por ciento de la corriente a plena carga, si el switch es de fusible tiene que acomodarse en el protector P3. En el diagrama de la fig.3.3(II) este switch tiene dos posiciones para cortar el elemento pro -

ector de sobrecarga del motor en el momento de arranque es pecialmente si P3 es de tipo de fusible.

C. Controles del Motor

Cada motor debe tener un control capaz de arrancar y parar el motor, y además tener funciones de control que requieran la operación satisfactoria del motor, tal como con trol de velocidad etc. El control del motor puede interrum pir la corriente para cualquier condición crítica del rotor.

W1 = alambrado entre el alimentador principal y el aparato protector de sobrecarga, la capacidad de conducción tiene que ser como mínima 125% de la capacidad del motor a plena carga. Si la longitud es de 8 mt. o menos la capacidad del circuito tiene que ser mínimo 1/3 del alimentador principal si es más de 8 mt tiene que tener la misma capacidad del alimentador principal.

W2 = Circuito desde la protección de sobre corriente hasta el motor, tiene que tener como mínimo una capacidad del 125% de la carga a plena carga del motor. Para este caso tomamos un 200% ya que el servicio es variable y se debe a utilizar los motores en tiempos de más de una hora.

Tabla 12 de Div. 11 Ref. Bibliográfica Nº 16.

3.c.2 Diagrama de cálculo de protecciones

El circuito básico a usarse es el siguiente:

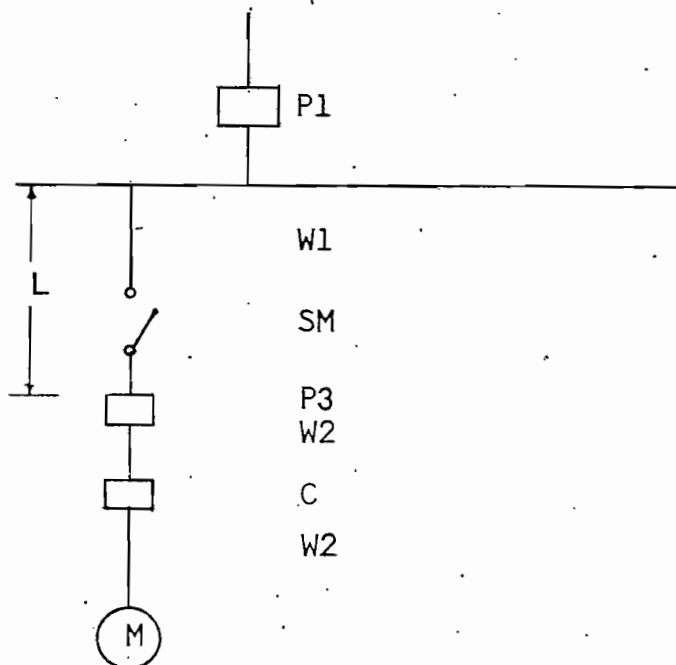


FIG. 3.4 CIRCUITO BASICO DE PROTECCIONES

Tenemos diseñada la protección en el tablero principal.

3.c.2.1 Protección de motores sala de bombas de despacho

3.c.2.1.1 Cálculo del protector P1

Interruptor termo magnético calculado de acuerdo

a capacidad de arranque de los motores.

Intensidad de arranque 200 Amp. de acuerdo a 2.g.1.1

Se usa un interruptor termomagnético de tres polos.

Capacidad normal 200 Amp.

Voltaje Max 600 Volt. de disparo.

Ajuste de disparo en Amp. para A.C. 2.134 Amp.

En la sala de bombas de despacho se tiene los siguientes motores:

<u>Nº</u>	<u>Potencia HP</u>	<u>Amp. máximo carga</u>
4	15	21
3	10	14
4	7.5	11
2	5	7.6

3.c.2.1.2 Cálculo de alimentadores y protección motores de sala bombas despacho

Motor de 15 HP

W1 capacidad 21 Amp. X 1.25 = 26.25 Amp.

Según NEC/78 Tabla 310-16

Para 30 Amp. conductor Nº 10 AWG THW

Switch SM puede ser interruptor o fusible será del 200% de la capacidad a máxima carga.

$$21 \times 200\% = 42 \text{ Amp.}$$

Se usa un cortocircuito fusible de 40 Amp. que irá incorporado en el protector P3 de la Fig. 3.4

P3 Protector de sobre carga

Tiene que ser un interruptor o cortafusible con 125% de la capacidad del motor a plena carga.

$$21 \times 1.25 = 26.25$$

Interruptor termomagnético 30 Amp. Vac máximo 600 Voltios

W2 alimentación de P3 = motor

Para nuestro caso se usa un conductor del orden de 200% a plena carga.

$$20 \times 200\% = 40 \text{ Amp.}$$

NEC/78 Tabla Nº 310-16

Conductor Nº 8 AWG THW

3.c.3 Cálculo del control

Los motores de jaula de ardilla tienen una alta

corriente de arranque que produce un alto torque de arranque, cuando son arrancados a pleno voltaje. Esto hace que haya problemas en el sistema eléctrico. Por lo tanto se usa para el arranque reductores de voltaje.

Los principales arranques reductores de voltaje son:

Autotransformadores.- Reducen el voltaje de línea, por lo tanto la corriente de línea y el torque de arranque. Las desventajas son: para pequeñas potencias un alto costo y bajo factor de potencia.

Estrella-delta.- El voltaje del motor permanece al 100%, la corriente de línea y el torque de arranque es reducido al 33.3%. Además su costo es menor que el autotransformador. Pero se requiere un motor diseñado para este tipo de arranque.

Los motores a usarse en el terminal son relativamente de baja potencia, se escoge el arranque estrella-triángulo. Para evitar el valor pico de arranque al pasar de estrella a triángulo se usa el arranque de transición cerrado que mantiene unos pocos ciclos energizados las bobinas hasta que se transfiera el cambio estrella-delta.

3.c.3.1 Control para motor 15 HP

Arranque a usarse estrella-triángulo de transición cerrada.

3.c.3.2 Cálculo de protecciones de motores 10-7.5-5 HP

Se hace las mismas consideraciones que para el motor 15 HP y se calcula el siguiente cuadro:

Motor HP	W1 AWG THW	SM Capacidad del fusible	P3 Interruptor termomagné- tico Amp.	W2 AWG THW	C Control
10	Nº 12	30 A	20	10	Arranque es- trela-trián- gulo transi- ción abierta
7.5	Nº 14	20 A	15	10	Igual que 10 HP
5	Nº 14	15 A	10	12	Igual que 10 HP

CUADRO 1

3.c.4 Protecciones en sala de bombas de descarga

3.c.4.1 Protección P1

Interruptor termomagnético de capacidad calculado

en g.2.2.

Amp. de arranque 125

Interruptor termomagnético de 125 A por fase.

3.c.4.2 Protección de motores a instalarse

En esta sala de bombas

8 motores de 7.5 HP

4 motores de 5 HP

Las protecciones y alimentadores son las mismas que las calculadas en el cuadro N° 1.

3.c.4.3 Protección para tramo N° 3 iluminación exterior

Carga conectada 6.6 Amp.

Para futuras ampliaciones $6.6 \times 1.25 = 8.25$ A

Interruptor termomagnético 10 Amp. por fase

480 Voltios

Además en cada luminaria irá un fusible de 1 Amp. para protección individual.

3.c.5 Protección sala de bomba contra incendio

3.c.5.1 Protección P1

De acuerdo a cálculo en g.3.1

Amp. de arranque 167 Amp.

Interruptor 175 Amp. 480 voltios por fase

3.c.5.2 En la sala de bombas C.I.

2 Motores de 40 HP

1 Motor de 7.5 HP

Las protecciones y alimentadores para el motor de 7.5 HP
las mismas del cuadro N° 1.

Para el motor de 40 HP

Cálculo de W1

Capacidad 52 Amp.

Para el conductor $52 \times 1.25 = 65$ Amp.

Para 65 Amp. NEC/78 cable N° 6 AWG

Switch SM

$52 \times 2 = 104$ Amp.

Cortocircuito fusible de 100 Amp incorporado a P3
600 voltios

Protector de sobrecarga P3

$52 \times 1.25 = 65 \text{ Amp.}$

Protector termomagnético 70 Amp.

Vac máximo 600 voltios

Conductor del protector de sobrecarga al motor W2

$52 \times 2.0 = 104 \text{ Amp.}$

Conductor Nº 3 AWG

Control C

Se usará arranque estrella-triángulo de transición cerrada.

3.d Coordinación de la protección

La coordinación de las protecciones es una etapa muy importante en el diseño eléctrico de una planta industrial y dependerá de esto el buen funcionamiento de la misma ante la presencia de fallas.

3.d.1 Sistema de conexión considerado

En el diseño del sistema se ha considerado un sistema radial desde la carga hasta la fuente de suministro que consiste en una sola línea de llegada con un cortocircuito fusible de alta, un transformador de reducción y varios circuitos desde las barras secundarias, protegidos por interruptores de bajo voltaje en los diferentes puntos del sistema. Este sistema de conexión considerado nos permite, hacer el diseño de protección más eficaz, con una inversión económica.

3.d.2 Condiciones que se consideran para las protecciones

3.d.2.1 Se consideran las corrientes nominales y de arranque de los motores, para ajustar las protecciones principales.

Con estos datos se diseña el valor correcto de los interruptores y fusibles, para que en el caso de falla actúe el interruptor más cercano a ella, en el caso de que por alguna razón esta protección falle, el siguiente aparato

to en línea hacia la fuente será el encargado de abrir el circuito.

3.d.3 Revisión de curvas características

De la figura 3.1 se analiza:

El ramal de bombas contra incendio B.C.I.

El motor de 40 HP tiene un protector termomagnético de 70 Amp.

El motor a usarse es de código F y necesita para el arranque a tensión plena 291.4 Amp.

Con el arranque estrella-delta se reduce a $291.4 \times 0.33 = 96.16$ A, lo que significa que se necesita 1.84 de amperaje nominal. En la curva tiempo-corriente del interruptor de fabricación nacional Tipo KA para esta corriente el tiempo de desconexión es de 100 seg.

El rango de cortocircuito es de 2100 Amp. o sea 40 veces la corriente nominal, en la curva estamos en el rango de disparo instantáneo al tiempo de 1/2 a 1 ciclo. Por lo tanto el interruptor está correctamente diseñado para el arranque y para una falla por cortocircuito.

Para una falla de sobrecarga de 200% de la corriente nominal actuará el fusible SM que tiene un corte de esta capacidad.

Si por alguna razón no actúa el interruptor para falla de cortocircuito, tiene que actuar el protector de 175 Amp. En la curva característica para 2100 Amp. también está en el rango de disparo instantáneo pero en este caso se desconectarían todos los motores que son alimentados por este ramal. Esto sucedería, si hay una falla de fase a tierra o fase-fase en las líneas que alimentan a este ramal.

Motor de 7.5 HP

Corriente de arranque a tensión plena 63.8 Amp.

Corriente de arranque estrella-triángulo $63.8 \times 0.33 = 21.05$

En la curva característica de interruptor tipo FA para 21.05 Amp. tiempo de corte 40 seg. Por lo tanto no se dispara en el arranque.

Para corriente de cortocircuito está en el rango de disparo instantáneo en el tiempo de 1/2 a 1 ciclo.

Motor de 10 HP

Corriente de arranque a tensión plena = 71.22 Amp.

Corriente de arranque a tensión reducida = 23.50 Amp.

En la curva característica de interruptor tipo QOT para 23.50 Amp. se dispara en 40 seg.

Para corriente de cortocircuito 2100 está en el rango de disparo instantáneo entre 1/2 y 1 ciclo.

Transformador de 250 KVA

Si hay una falla de cortocircuito en el lado secundario la corriente de cortocircuito 5.785 Amp.

El interruptor a usarse de 600 Amp. Tipo PA da un disparo instantáneo de 1 a 3 ciclos de 1.7 a 170 de la corriente nominal 510 a 51.000 Amp. Por lo tanto el interruptor desconectará para cortocircuito y para corrientes de sobrecarga de 510 Amp.

CAPITULO IV

GENERACION DE EMERGENCIA

La energía de emergencia está relacionada con la confiabilidad requerida por la planta para una operación normal y económica así como con la seguridad industrial.

La confiabilidad que podemos tener de la fuente de suministro de energía en este caso de E.E., es muy baja, por lo tanto, hay que instalar en la planta un equipo de emergencia.

Tenemos que escoger el generador para alimentar ciertas cargas importantes, e iluminación, ya que un producto de primera necesidad como son los combustibles no se puede suspender el abastecimiento.

Se efectúa un estudio de las cargas más importantes que se podrían alimentar para un funcionamiento normal del terminal, teniendo muy en consideración las cargas que se relacionan con seguridad industrial, para el abastecimiento de energía a sistema de bombas de agua C.I., de alarmas, etc.

4.a Estudio de la demanda para el generador de emergencia

Se considera tres alternativas con las cargas que el generador de emergencia tendrá que alimentar.

4.a.1 Operación diurna normal

Despacho de producto

Según Cl.1 87.53

Descarga de producto seg Cl.2 58.31

Sistema de agua de pozo 7.88

Alumbrado interior al 30% 4.20

157.38 KVA

4.a.2 Operación nocturna de emergencia (incendio)

Se supone en el caso de incendio no hay operaciones en la entrega y recepción de productos.

Dos bombas C.I. 80.00

Sistema de agua pozo 7.88

Alumbrado interior al 50% 7.00

Alumbrado exterior al 100% 30.00

124.88 KVA

4.a.3 Operación nocturna una bomba por producto

Despacho de productos 87.5 al 75%	65.62
Descarga de productos 58.3 al 75%	43.72
Alumbrado interior al 50%	7.00
Alumbrado exterior al 100%	<u>30.00</u>
	146.34 KVA

4.a.4 Verificación por arranque para motor de 40 AP

El motor de 40 HP va a tener las siguientes cargas previas antes de entrar a funcionar en el caso de operación nocturna.

Alumbrado interior al 50%	7.00
Alumbrado exterior:al 100%	<u>30.00</u>
	37.00 KVA

Se considera para el arranque del motor 40 HP 3 ϕ 60 Hz. 460 V letra de código F con arranque estrella-triángulo al 0.33.

$$\text{KVA de arranque } 2.32 \times 0.33 = 76.56 \text{ KVA}$$

$$\text{KVA acumulado } 76.56 + 37 = 113.56 \text{ KVA}$$

4.a.5 Capacidad del grupo de emergencia

De acuerdo al grupo 4A1 se escogé un grupo de emergencia de 158 KVA.

Corrección por altura Cuenca se encuentra a 8.525 pies de altura s.n.m.

Para grupos D y C hasta 5.000 pies 100%

Luego reducción del 4% por cada 1.000 pies

$$3 \times 4 + \frac{525}{1000} \times 4\% = 12 + 2.1 = 14.1\%$$

Factor de reducción de potencia $100 - 14.1 = 85\%$

$$\text{Luego grupo requerido } \frac{158}{0.85} = 185 \text{ KVA}$$

Grupo requerido motor diesel generador de 200 KVA a 0.8 F de P 3 Ø 480 Voltios 60 Hz. alambre 4, KW 160, PRM 1.800, arranque del motor 24 Volt. a 2 alambres. Este grupo para arranque de motores puede soportar los 631 KVA.

En verificación para arranque de motor de 40 HP necesitamos 113 KVA. Luego podríamos accionar los 2 motores contra incendio al mismo tiempo.

4.b Ubicación del generador de emergencia

Consideramos las siguientes condiciones:

- Seguridad
- Con relación a la carga
- Facilidad de instalación

4.b.1 Seguridad

El grupo de emergencia está compuesto de las siguientes partes fundamentales:

- Motor a Diesel para mover generador
- Generador de corriente alterna
- Switch de transferencia
- Sistema de arranque automático a base de baterías
- Tablero de distribución

Todo el equipo del que está compuesto el generador de emergencia, presenta riesgos para trabajar en atmósfera expuesta a gases inflamables clase I Div. 1 y Clase 1 Div. 2, por lo tanto tenemos que instalarlo fuera del área peligrosa.

4.b.2 Con relación a la carga

Para dar una mayor eficiencia de servicio sería conveniente instalarlo en el centro de las cargas más significativas. Para que el largo de los alimentadores principales sean más cortos.

Por la distribución del diseño eléctrico del terminal, todos los aparatos que presentan peligro se les instala lo más distantes posibles de las áreas peligrosas. Así se ha diseñado el transformador principal y el de iluminación en el mismo sitio y junto a éstos el tablero principal de distribución; todo esto va en una sala convenientemente cerrada y con su debida ventilación.

4.b.3 Por facilidad de instalación

Se va a diseñar esta sala de transformadores y tablero de distribución para que de cabida al grupo de emergencia con todos sus accesorios. Además dará facilidad para la instalación del switch de transferencia que dará alimentación de emergencia a toda la planta sin que sus funciones de operación y seguridad industrial se vean afectadas en lo más mínimo.

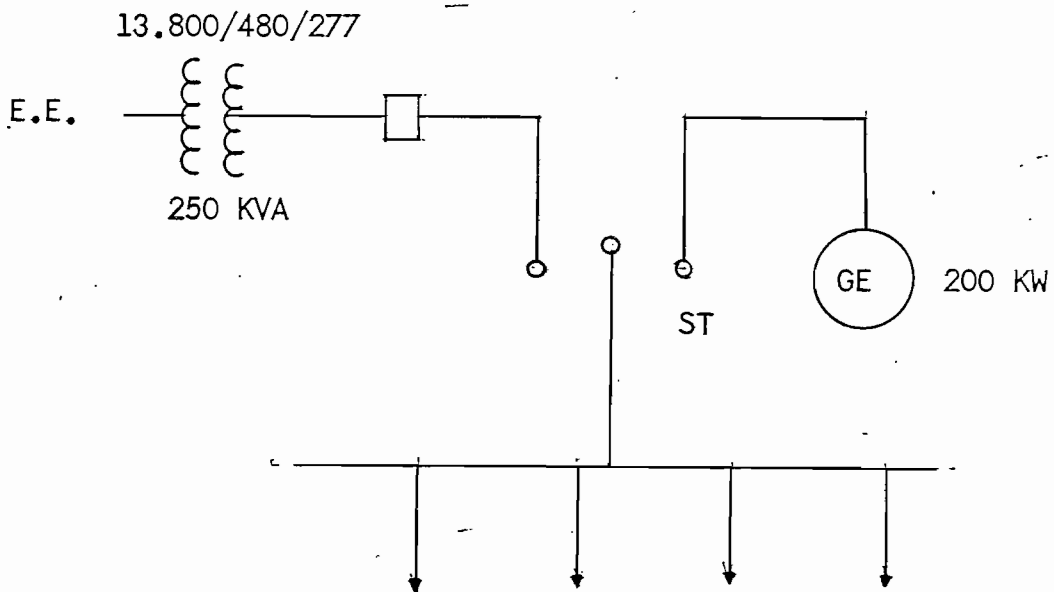


FIG. (4.1)

Por lo expuesto el G de E irá instalado en la sala de transformadores y tablero principal.

La ubicación exacta está en el plano N° 1

Además con el switch de transferencia podemos cambiar toda la conexión al generador auxiliar, sirviendo toda la instalación que opera con la energía de la E.E. para de esta manera hacer uso de todos los conductores, dispositivos de seguridad, y en general todos los equipos que se usan con la fuente normal de abastecimiento de energía eléctrica.

4.c Dimensionamiento de la casa de máquinas

Por los motivos expuestos en el punto 4.b de este mismo capítulo en la sala de máquinas se instalará el siguiente equipo:

1. Transformador de 250 KVA 13.800/460/208 voltios
2. Grupo motor generador de emergencia 200 KVA
3. Tablero de distribución general
4. Transformador 20 KVA 460/208/120 Voltios
5. Switch de transferencia del generador de emergencia

La casa de máquinas va a constar de lo siguiente:

- Sección 1 que dará cabida al transformador de 250 KVA con todos sus accesorios, y al transformador de iluminación de 20 KVA; esta sala tendrá 4.00 x 6.00 mt. y 4.00 mt de altura.
- Sección 2 que dará cabida a todos los demás equipos

El generador de emergencia a instalarse tiene según catálogos las siguientes dimensiones ancho total 1.20, largo total 3.00 mt, altura incluido tubo con silenciador para evacuar gases de escape 3.00 mt.

La sección 2 tendrá 6.00 x 7.00 mt. de sección y 4.00 de altura. Detalles en FIG. 4.2

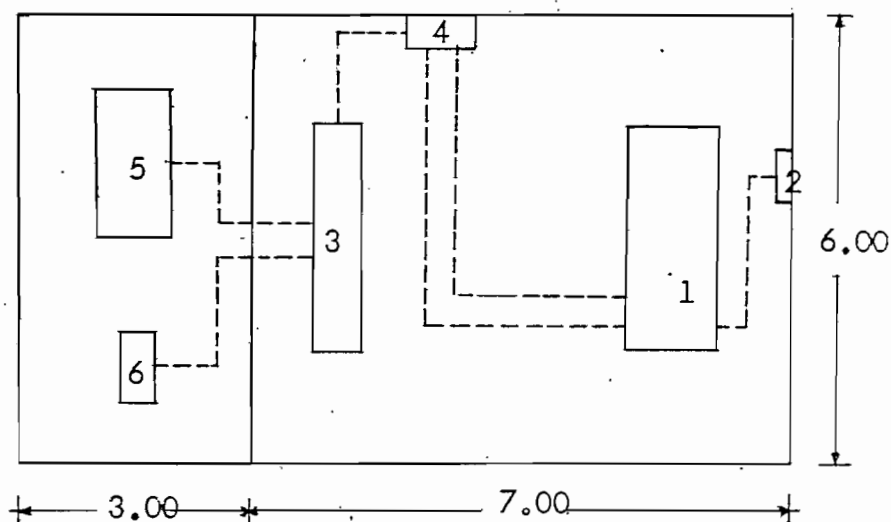


FIG. 4.2 PLANTA DE SUB-ESTACION DE LLEGADA

1. GRUPO ELECTROGENO
2. CARGADOR BATERIAS
3. TABLERO DE DISTRIBUCION
4. TABLERO DE TRANSFERENCIA
5. TRANSFORMADOR 13.800/480/2
6. TRANSFORMADOR DE ILUMINACION 20 KVA
480/220/108

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

Todos los materiales que se utilicen en instalaciones eléctricas en lugares peligrosos deberán ser aprobados para su utilización en dichos lugares.

5.a Material de instalaciones eléctricas a prueba de explosión

Las instalaciones eléctricas que se encuentren localizadas en áreas peligrosas pertenecientes a la clase I, divisiones 1 y 2 deberá cumplir lo siguiente:

5.a.1 Conductores

Los conductores serán sólidos o cableados y aislados para 600 volt.

La capacidad de conducción está limitada por la temperatura que soporta el aislamiento, al mismo tiempo el tipo de aislamiento que se escoja, habilita al conductor a soportar la humedad, el ozono, agua, la acción de hongos,

así como la intemperie y la abrasión.

Estos conductores que se usan para instalaciones en áreas peligrosas deberán ir dentro de canalizaciones metálicas rígidas.

Los conductores se seleccionan, y son de cobre, debido a su buena conductividad, facilidad de trabajo y ventaja económica.

El tipo de aislamiento usado es el tipo termo - plástico, resistente a la humedad y al calor, cuyo código es el siguiente THW.

Este conductor debe tener en serie un dispositivo de protección de sobrecarga regulado a un valor de corriente no mayor que su capacidad en amperios. Para su instalación se cuidará de que no tenga defectos en su aislamiento, pues dan lugar a que se produzcan cortocircuitos.

5.a.2 Ductos

- Rígidos. División 1 y 2. Las instalaciones de fuerza y alumbrado deberán ser hechas con tubo conduit rígido roscado, tipo 2, calidad "A". Todos los accesorios y uniones deben ser roscados para su conexión con

el tubo. Las uniones roscadas deben encajar por lo menos cinco vueltas completas de rosca.

Deben evitarse en lo posible, que los registros de ductos subterráneos queden localizados dentro de las áreas de las divisiones 1 y 2; pero cuando esto suceda, deberán emplearse cajas de registro a prueba de explosión.

Para determinar el número de conductores que deban ir dentro de una canalización, se debe tener en cuenta que el porcentaje de la sección interior total de la canalización, permita meter y sacar fácilmente los conductores.

Ductos Flexibles. Las conexiones flexibles, se utilizan en combinación con las rígidas, para proporcionar conexiones a los terminales de motores, lámparas y otros equipos eléctricos, estarán de acuerdo con lo siguiente:

- División 1. Los tubos y accesorios flexibles deben ser a prueba de explosión.

- División 2. Los tubos o accesorios flexibles deben ser metálicos o cable "para uso rudo" que posea conducto de tierra.

Estos conductores flexibles usados para trabajo pesado deberán ser examinados frecuentemente y reemplazados inmediatamente si están deteriorados.

5.a.3 Cajas de conexiones

Estas son usadas para alojar equipos y dispositivos eléctricos, uniones de tuberías, derivaciones, cajas de drenaje, etc.; éstas permiten una operación segura en áreas bajo condiciones de peligrosidad extrema.

Estas cajas serán de material fundido, con tapas, empaques y selladores. Las uniones de las cajas con los conductos metálicos realizarán con juntas roscadas que tengan por lo menos cinco hilos de rosca.

Estas cajas usadas en áreas peligrosas estarán clasificadas en:

- División 1. Las cajas deberán ser del tipo a prueba de explosión.
- División 2. Las cajas deberán ser del tipo a prueba de vapor.

Para el diseño de estos dispositivos a prueba de

explosión" se recomienda un factor de seguridad de 4, esto es que el equipo deba resistir una presión hidrostática de 4 veces la presión máxima que pudiera desarrollar una explosión de hidrocarburos dentro de la cubierta. En cajas de prueba la presión llega a 8.8 Kg. cm^2 , por lo tanto, con factor de seguridad 4 los equipos deben soportar presiones de 35 Kg/cm^2 .

En las juntas planas la superficie de contacto entre la caja y la tapa debe tener un ancho mínimo de 9.5 mm. y la tolerancia máxima de ajuste entre las dos superficies será de 0.0381 mm.

5.a.4 Tableros de distribución

Los tableros de distribución, se instalarán fuera de las áreas peligrosas.

- Todos los tableros de distribución deben tener una capacidad no inferior a la misma exigida al alimentador para la carga que ha sido calculada.

5.a.5 Sellos

Se utilizarán sellos con compuestos aislantes.

cuando la canalización entre o salga de un lugar peligroso o junto a un dispositivo eléctrico que se encuentre dentro de una cubierta metálica. Se usan principalmente para impedir el paso de gases, vapores o llamas a través de la tubería se instalarán de acuerdo a lo siguiente:

División 1 y 2 se instalarán sellos en los siguientes lugares:

1. En todos los tubos que se conectan a cajas que contengan dispositivos capaces de producir arcos, chispas a altas temperaturas. Los sellos deben instalarse lo más cerca posible de las cajas, a una distancia máxima de 50 cm. de las mismas. Entre la caja del dispositivo y el sello no debe existir ninguna otra caja o dispositivo similar.

2. En un conduit que entra a cajas que contienen empalmes o derivaciones, cuando el conduit tiene un diámetro de 5 cm. o más.

3. En todos los conduit que salga del área División 1 en el límite de ésta.

4. En los dispositivos de sello no deberán ha -

ber empalmes ni derivaciones.

5. El espesor del compuesto sellante deberá ser por lo menos igual al decímetro de la tubería pero en ningún caso menor de 16 mm.

6. No deberá ser afectado por la atmósfera o los líquidos que lo rodean y tendrá un punto de fusión de 93° C.

5.b Motores

El equipo eléctrico de una instalación en lugares peligrosos, puede ser causa de explosiones, pues sus componentes son susceptibles de generar calor o arcos eléctricos.

5.b.1 Factores para seguridad en motores a instalarse en áreas peligrosas

1. Disipando el calor generado hasta un grado aceptable, mediante el uso de superficies diseñadas para este propósito.

2. Aislando de la atmósfera peligrosa todo el alambrado que pueda producir arcos.

Los motores deben ser contruídos para funcionar

en atmósfera peligrosa tipo D.

5.b.2 Tipos de motores según clasificación de áreas peligrosas

5.b.2.1 Los motores que se usen en Clase 1 división 1 deben ser:

1. Tipo a prueba de explosión
2. Tipo totalmente cerrado con ventilación de presión positiva tomada de una fuente de aire libre de gases y con descarga a un área segura.
3. Tipo totalmente cerrado con gas inerte en el interior.

En las salas de bombas de recepción y despacho de tanqueros se instalarán motores a prueba de explosión por considerarse Clase 1 división 1. Tipo de atmósfera D. _____

5.b.2.2 Motores que se instalen en Clase 1 división 2. O sea motores de bombas C.I. y bomba de pozo.

Deberán ser motores de inducción de jaula de ardilla, pueden ser del tipo cerrado que no sea a prueba de explosión.

Para su ubicación e instalación hay que tomar en consideración lo siguiente:

- Deben tener ventilación adecuada y estar instalados de tal forma que las instalaciones de mantenimiento sean fáciles de realizarse.

- La vibración y el ruido se disminuirá, utilizando en las bases amortiguadores de muelle de acero.

5.c Equipo de protección

En esta parte consideramos todo tipo de interruptores fusibles, tableros de alumbrados, arrancadores de motores, equipos de control, medición.

En lo posible hay que instalar el equipo de protección y arranque fuera de las áreas peligrosas por motivos económicos.

5.c.1 Tablero de distribución general

Esta ubicado en la sala del generador de emergencia alejado de área peligrosa. Por lo tanto es de tipo normal.

5.c.2 Tableros de control y arranque de motores

Está muy cerca de Grupo 1 División 2 por consiguiente todo el equipo tiene que estar instalado dentro de compartimentos a prueba de explosión.

5.c.3 El equipo eléctrico como pulsadores de accionamiento de arranque de motores que están instalados dentro de áreas peligrosas, deben estar provistos de cubierta metálica, que juntamente con el aparato que lo contiene deberá ser a prueba de explosión.

5.d Luminarias

El alumbrado en lugares peligrosos se localiza en donde se necesita, sin importar la simetría de la instalación.

Las lámparas que están situadas en la zona de tanques se les considera Clase 1 División 2.

Las lámparas situadas en las salas de bombas Clase 1 división 1.

Las lámparas de la zona perimetral que no estén

cerca de áreas peligrosas serán normales.

División 1. Deberán ser del tipo a prueba de explósión, debiendo tener marcada la potencia máxima del foco que pueda emplearse. En el caso de que haya peligro de rotura deberán estar protegidas contra daños físicos por medio de rejillas apropiadas.

División 2. Deberán ser del tipo a prueba de vapor, excepto cuando puedan alcanzar bajo condiciones normales de operación temperaturas en su exterior que excedan el 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor inflamable que los rodea en cuyo caso deberán ser a prueba de explósión. De igual forma que las de división 1 deben estar protegidas contra daños físicos con rejillas apropiadas. Cada aparato de alumbrado deberá ser aprobado como un conjunto completo para los lugares de instalación.

5.e Generador de emergencia

5.e.1 Consideraciones básicas del grupo de emergencia

- Este equipo tiene que ser aprobado para uso de sistemas de emergencia.

- El equipo tiene que ser chequeado periódica - mente.
- Las baterías usadas para el arranque del mo - tor que mueve al generador de emergencia tienen que ser che - queadas continuamente y deben de tener un sistema automáti - co de carga.
- Hay que llevar un registro de mantenimiento.
- El estudio efectuado para la demanda del gene - rador de emergencia nos provee un servicio adecuado.
- La reserva de combustible para el motor de com - bustión (DIESEL) usado debe dar un servicio ininterrumpido por lo menos de 90 minutos.

El motor diesel usado para mover el generador de 200 KVA consume a plena carga 20 gal/hora. Con un tanque de combustible de 100 Gal. el generador de emergencia fun - ciona durante 5 horas a plena carga.

5.e.2 Partes fundamentales del grupo electrógeno

El grupo consta básicamente de lo siguiente:

- a. Motor de combustión interna (DIESEL)

- b. Generador eléctrico propiamente dicho
- c. Regulador de voltaje
- d. Switch de transferencia automático

a. Motor Diesel. Cuatro ciclos, 1800 RPM, enfriado por agua con radiador. El alternador DC para carga de baterías es accionado con correas de goma, 24 volt. 35 Amp., con regulador de voltaje electrónico, negativo a tierra. Para su funcionamiento inicial tendrá un motor de arranque, de 24 Volt. D.C. accionado a control remoto por el switch de transferencia.

Tanque de combustible enterrado en el suelo. Silenciador para uso industrial.

b. Alternador. Campo giratorio, 4 polos, el excitador es a 3 fases rectificador a onda completa.

c. Regulador de voltaje. Es de sistema electrónico y provee de una reducción de voltaje si la demanda de carga excede la capacidad del motor. Esto elimina el atascamiento del motor por una falla momentánea del encendido, o por una sobrecarga como la del motor de arranque. También previene el sobre calentamiento o el corte de los fusibles

en el circuito de carga debido a la saturación del componente magnético cuando el resto del voltaje permanece constante al reducir la frecuencia. El voltaje de referencia es compensado la temperatura por un diodo zener.

d. Switch de transferencia automático. Funciona en base de un relé de retardo, opera cuando el corte de energía es muy corto, estos momentaneos cortes de energía son ignorados, particularmente si son de un segundo de duración, se le puede calibrar hasta 3 segundos de espera. La ventaja de este diseño para el arranque del equipo de retardo, es que se reduce el número de falsos arranques es importante para minimizar el desgaste del piñón de arranque, batería, y equipos asociados.

El relé de retardo se usa también para retransferir el servicio normal cuando la energía de la E.E. se ha normalizado, para este acople se gradúa al relé de tiempo de tal manera que transfiera al servicio normal después de 15 minutos cuando la energía de la fuente principal se ha normalizado.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En vista que nuestro país se ha convertido en productor de petróleo y en consecuencia se ha creado un Organismo Estatal de control de éste y todos sus derivados, se ha considerado conveniente hacer este Proyecto.
2. Para la realización de este trabajo se han considerado el diseño de la parte eléctrica en todas sus partes tomando especial aplicación en el uso de equipo eléctrico a prueba de explosión en lugares peligrosos, su adecuada selección y aplicación, ya que éste es un punto de vital importancia tanto para la seguridad del equipo de proceso como para el personal que los opera.
3. En cuanto a protecciones del sistema eléctrico del terminal se ha tomado una consideración especial para el diseño de éstas, para que los alimentadores y equipos provean a la planta de un servicio continuo y confiable. De esta manera tendremos la operación de planta dentro de los

límites máximos de seguridad.

4. Las disposiciones y normas que se han considerado para la realización de este trabajo, constituyen las normas mínimas de seguridad, y por ende los más económicos y que constituyen la recopilación de muchos años de experiencia en instalaciones eléctricas en locales peligrosos.

5. Cabe destacar que para este diseño se ha tratado de situar la mayor parte del equipo posible en áreas de menor o nulo peligro, disminuyendo así la cantidad de equipo especial requerido, especialmente por razones económicas, pero primando la máxima seguridad.

Recomendaciones

1. En el terminal se almacenan líquidos derivados del petróleo en grandes cantidades y es frecuente que puedan ocurrir liberaciones de los mismos a la atmósfera. Por esta razón el diseño eléctrico se ha basado en normas dadas para las instalaciones eléctricas y de equipo en lugares peligrosos.

2. Los equipos a prueba de explosión una vez instalados y que se encuentran en operación, hay que mantenerlos en

óptimas condiciones, para lo cual hay que tener planes de mantenimiento adecuados, de los cuales se enumeran algunos puntos.

- No se hagan perforaciones ni ninguna otra alteración en el equipo a prueba de explosión. Si se repintan las cubiertas, no pintar la placa característica.

- Todos los cierres metálicos deben estar sellados herméticamente antes de conectar la alimentación de los circuitos.

- Todos los cierres de las cajas metálicas a prueba de flama deben tener un mantenimiento adecuado, evitándose lastimar las juntas con objetos metálicos.

3. El equipo electrógeno de emergencia debe tener una especial atención para que funcione correctamente en el momento preciso, para ésto necesita un adecuado mantenimiento especial de los siguientes elementos:

- Baterías, deben estar a plena carga para que operen el motor de arranque que hace que entre en funcionamiento el equipo.

- El interruptor (switch) de transferencia debe de estar calibrado para que conecte y desconecte el equipo con la sensibilidad requerida. Para evitar conexiones y desconexiones innecesarias.

4. El sistema de protección contra incendios debe requerir de igual forma una especial atención. Se ha diseñado el circuito de alimentación completamente independiente para que pueda ser aislado cuando las condiciones así lo requieran.

BIBLIOGRAFIA

1. IEEE Recommended practice for Grounding of Industrial and comercial Power Systems, IEE Std 142 - 1972.
2. Enciclopedia Ceac de electricidad. Instalaciones eléctricas generales, ediciones CEAC, S.A. Barcelona España 1973.
3. IEEE, Recommended Praticice of Electric Power Distribution for Industrial Plants IEEE Std. 141-1976.
4. Tablas para Electrotecnia Editorial Reverte S.A. Por A. Schillo.
5. National Fire Codes Occupancy Standards & Process Hazards 1973-74.
6. Normas para instalaciones eléctricas y equipos en lugares peligrosos. Teis de grado. Politécnica Quito. Ed gar Castro 1976.
7. Guia para el diseño de instalaciones industriales. Tesis de grado. Politécnica de Quito. Mauro A. Trujillo 1978.

8. NFPA Hand Book of the NEC Fourth Edition Edited by John H. Watt 1975.
9. Enciclopedia Ceac de electricidad. Luminotecnica Barcelona, España.
10. Manual de alumbrado Westinghouse. Editado por Electrónica Ibérica S.A.
11. Enciclopedia Ceac de Electricidad. Protección de sistemas eléctricos. Barcelona, España 1976.
12. Centrales y Redes Eléctricas Th. Buchhold- H Happoldt Editorial Labor S. A. 1959.
13. Transformadores para la Industria Eléctrica, por Richard L. Bean. Compañía Editorial Continental, México D.F.
14. Recommended Practice for Classification of Areas for Electrical Installations in Petroleum Refineries (American Petroleum Institute. API RP 500 A 1966).
15. Circuit Breaker. Characteristic Tripping Curves Square D. Company.
16. American Electricians' Hand Book. John H. Watt Editory. Mc Graw-Hill Book Company.