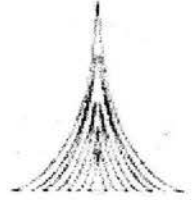




50

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"**



**ANALISIS DE RIESGOS APLICADO AL TRANSFORMADOR
DE POTENCIA DE LA SUBESTACION ELECTRICA. "LA PAZ"**

TRABAJO DE SEMINARIO DE TITULACION

**Que para obtener el titulo de:
INGENIERO QUÍMICO**

Presenta:

ANTONIO MARTÍNEZ PABLO

Asesor: Ing. Raúl Sánchez Meza

México, D; F.

Abril 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/026/04

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: MARTÍNEZ PABLO ANTONIO

P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

| | |
|--------------------|---|
| Presidente: | I.Q. Francisco Javier Mandujano Ortiz |
| Vocal: | I.Q. Raúl Sánchez Meza |
| Secretario: | M. en C. María José Marques Dos Santos |
| Suplente: | I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández |
| Suplente: | Dr. Néstor Noé López Castillo |

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 14 de Mayo de 2004

EL JEFE DE LA CARRERA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. en C. Andrés Aquino Canchola', written over a horizontal line.

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá Rosa Pablo Castro y a mi papá Genaro Martínez Canseco por la fe que tuvieron en mí para terminar mi carrera.

Así también agradezco a todos mis hermanos Martínez Pablo por su apoyo y comprensión.

Estoy agradecido de la FES “ZARAGOZA” y a todos los Profesores por sus valiosos Conocimientos que aportan, siendo todos “la máxima casa de estudios”.

Agradecido estoy al jefe de carrera. M. en C. Andrés Aquino Canchola por su apoyo moral para terminar mi carrera.

Les agradezco a mi hijo Luis Antonio Martínez Gallegos y a su mamá María del Carmen Gallegos Ojeda por su comprensión, y a la pequeña Harem Aleydi.

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| Análisis de riesgos | |
| | |
| CAPITULO I..... | 4 |
| Análisis de riesgos en la subestación eléctrica "LA PAZ" de 400/230kv. | |
| | |
| CAPITULO II..... | 37 |
| Desarrollo de la identificación de riesgos | |
| Metodología utilizada | |
| | |
| CAPITULO III..... | 48 |
| Resultados | |
| | |
| CAPITULO IV..... | 49 |
| Conclusiones | |
| | |
| Recomendaciones..... | 50 |
| Glosario de términos..... | 52 |
| Bibliografía..... | 54 |

RESUMEN

ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos es de mucha utilidad, tanto para la industria química, así como en otras industrias en donde existe riesgo; porque nos permite identificar las causas de un accidente y los mecanismos de su desarrollo, así como también, nos permite evaluar las consecuencias.

Además, el análisis justifica las decisiones que se toman para la implementación de medidas correctivas que reduzcan la probabilidad de ocurrencia de un accidente o cuando menos, se mitigan sus consecuencias. El análisis de riesgos, tiene como objetivo principal; identificar y evaluar los riesgos asociados a los factores externos e internos, fallas en sistemas de control, fallas en sistemas mecánicos, sistemas humanos y en practicas administrativas con la finalidad de controlar y minimizar las consecuencias al personal, al publico, al medio ambiente, a la producción y a las instalaciones.

Existen varias técnicas de identificación y evaluación de riesgos que han demostrado ser eficientes en la practica profesional desde hace varios años, sin embargo estas técnicas difieren en la forma de rastrear y evaluar los riesgos en una unidad de procesos y en la aportación de resultados para mejorar la eficiencia de su operatividad, como las siguientes:

- Hazan
- Lista de verificación
- Auditoria de seguridad
- ¿QUÉ PASA SI? (WHAT IF...)
- Análisis por Arbol de Eventos
- HAZOP
- Indice dow
- Árbol de fallas
- Nube toxica, etc.

Identificación de riesgos es el paso más importante del análisis, puesto que cualquier riesgo no identificado no puede ser objeto de estudio y se vuelve un riesgo incontrolable. Una vez identificado el riesgo es probable que se tomen las medidas necesarias para reducirlos, incluso si la evaluación cuantitativa es defectuosa. El creciente interés en la evaluación de riesgos no se debe a que eliminen incertidumbre o riesgos, la ventaja de la evaluación de riesgos es que proporciona un marco sistemático, basado en principios científicos para comprender y administrar diversos riesgos, en otras palabras proporcionan guías para la aplicación de los recursos nacionales para proteger a la salud pública y al medio ambiente. Las actividades industriales como parte cotidiana del quehacer humano no son la excepción; en los procesos industriales existen una real preocupación por aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir los riesgos, debido principalmente a que el clamor de la sociedad demanda a la industria en general una mayor seguridad para sus empleados y trabajadores, propiedades y medio ambiente circundante.

ETAPAS DE ANALISIS DE RIESGOS

- 1.- Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de los posibles riesgos reales y potenciales.
- 2.- Identificar los riesgos específicos existentes. Mediante el empleo de técnicas especiales.
- 3.- *Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles y si fuese necesario y se cuenta con la información, evaluar la probabilidad de ocurrencia.*

4.- Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

El trabajo que se presenta a continuación es parte de un análisis de riesgos a la subestación eléctrica "La Paz", en donde se analizan los riesgos que corren los trabajadores y así también para la protección de equipos e instrumentos de la subestación, en la cual se aplican dos métodos apropiados que son el ¿Que Pasa Si? (WHAT IF...) y Análisis por Árbol de Eventos. Tales métodos se utilizan para detectar fallas de equipos o errores humanos y secuencias que pueden dar como resultado un accidente.

Los objetivos de este trabajo son:

- Identificar y evaluar los riesgos, mediante la aplicación de las técnicas ¿Qué Pasa Si? (WHAT IF..) y Análisis por Árbol de Eventos.
- Aplicar la técnica de análisis por árbol de eventos para detectar fallas de equipos o errores humanos en el evento INCENDIO EN EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.
- Obtener una lista de recomendaciones, como resultado de análisis de riesgos.

CAPITULO I

ANALISIS DE RIESGOS EN LA SUBESTACIÓN ELECTRICA “LA PAZ” DE 400/230KV.

1.1 La electricidad, al igual que el fuego, es un sirviente capaz y útil cuando se le mantiene bajo control. Tanto el obtener la utilidad máxima como el lograr la necesaria protección de las fuentes de energía son cuestión de los ingenieros, pero hay ciertos elementos de información que son esenciales para el especialista de seguridad, con objeto de que pueda comprender el tema y ayudar a lograr que los puntos básicos de control sean establecidos y mantenidos.

La electricidad puede crear riesgos y ser responsable de lesiones y daños cuando:

- Una persona pasa a constituir parte de un circuito eléctrico. El resultado puede ser un choque eléctrico.
- En los elementos de un circuito eléctrico no protegido existe una sobrecarga eléctrica, y si se calientan, puede llegar a producirse un incendio al alcanzar la temperatura de ignición de los materiales próximos a las superficies calientes.
- Cuando se producen arcos o chispas debido en general al salto de electricidad de un conductor a otro cuando se abre o cierra un contacto eléctrico, tal como ocurre al accionar interruptores o al descargar la electricidad estática. Puede originarse un incendio cuando el arqueo o chisporroteo se produce en una atmósfera que contiene una mezcla de una sustancia inflamable.

1.2. - SUBESTACIÓN ELECTRICA

Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de maquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica como son la corriente, y tensión y de permitir el suministro de la misma al sistema y líneas de transmisión existentes.

DESCRIPCION DE LA SUBESTACION.

La subestación eléctrica sirve para elevar ó disminuir la tensión, lo que nos permite interconectar la generación a los centros de consumo y por su función se divide en: elevadoras, reductoras, de enlace y de distribución.

Para éste caso de la subestación "la paz", es una subestación receptora (reductora), ésta se alimenta directamente de las líneas de transmisión de 400kv y reduce la tensión a valores menores según el nivel de la transmisión ya que es para ser usada en subtransmisión y en distribución, debido que el nivel de tensión de salida es de 230kv. Esta subestación es construida para operar a la intemperie y que requieren del uso de maquinas y aparatos adaptados para el funcionamiento en condiciones atmosféricas adversas (lluvia, nieve, viento, contaminación ambiental).

Los principales componentes de una subestación eléctrica tipo intemperie son:

- Transformador de potencia (o bien autotransformador).
- Interruptores.
- Cuchillas desconectadoras.
- Transformadores de corriente.
- Aparta rayos.
- Trampas de onda y equipo de comunicación.
- Aisladores y herrajes.
- Sistema de barras y estructuras de soporte.

- Red de tierras.
- Trincheras, ductos y drenajes.
- Caseta de control en donde se localizan los tableros de control, protección y señalización.
- Alumbrado normal y de emergencia en la subestación.
- Sistema de alimentación con corriente continua para protección y auxiliares.
- Equipo de tratamiento de aceite (para los transformadores de potencia y de instrumento).

1.3.- PROTECCION DE LA SUBESTACION.

Al diseñar una subestación es necesario protegerla contra los tres tipos de sobretensiones que se pueden presentar.

1 Sobretensiones debidas a descargas atmosféricas. De las ondas debidas a rayos, sólo llegan a la subestación aquellas cuya magnitud es inferior al nivel de aislamiento de la línea y que, por lo tanto, no alcanzan a contornear los aisladores de la instalación. Estas ondas pueden ser de polaridad positiva o negativa, predominando estas ultimas.

2.- sobretensiones debidas a maniobras de interruptores. De las ondas debidas a la operación de interruptores, las sobretensiones mas elevadas se obtienen al efectuarse la apertura de líneas largas o cables de potencia en vacío, apertura de corrientes de excitación de transformadores o reactancias y, sobre todo, cuando se efectúan recierres en líneas que pueden haber quedado cargadas a una tensión elevada, al producirse la desconexión inicial. Los elementos utilizados para limitar las sobretensiones por maniobra, van de acuerdo con el tipo y diseño de cada interruptor.

El fenómeno de que al abrir una corriente aparece una sobretensión, se basa en el principio de la conservación de la energía, o sea, existe una energía cinética debida al flujo de una corriente, al interrumpirse el flujo de ésta, la energía cinética se transforma en energía potencial, apareciendo una tensión eléctrica entre las terminales de los contactos abiertos.

3.- Protección contra sobretensiones.

La protección contra las sobretensiones puede llevarse a cabo mediante la utilización de uno o dos de los sistemas que se proponen.

a) Pararrayos.

Para la selección de los pararrayos es importante conocer las tensiones probables entre fases y tierra durante condiciones normales y anormales, tales como fallas, pérdidas de carga, energización de las líneas en vacío, fenómenos de resonancia, etc.

La tensión nominal de los pararrayos se basa generalmente en las tensiones durante las fallas. Si existen probabilidades de sobretensiones sostenidas, estas deberán ser evaluadas o bien deberán eliminarse las causas de ellas.

La tensión nominal, indicada en las placas de los pararrayos está establecida a 50 ó 60 Hz y define la tensión máxima a la frecuencia nominal contra la cual interrumpirá la corriente remanente y se autorrestablecerá como aislador, después de haber descargado un transitorio.

La correcta protección de un equipo altamente sensible a las sobretensiones eléctricas, como el transformador o los cables de potencia depende de la distancia entre el punto en que se localizan los pararrayos y el punto en que se localiza el equipo por proteger.

Entre los factores principales que afectan la separación entre los pararrayos y el equipo por proteger, se consideran los siguientes:

- Magnitud y pendiente del frente de la onda de tensión incidente.
- Características de protección del pararrayos.
- Magnitud y forma de la onda de tensión que puede resistir el transformador.
- Impedancia característica de líneas y buses.
- Los pararrayos producen la máxima protección en el punto donde se encuentran localizados, y su nivel de protección disminuye en ambos sentidos a partir del punto máximo, disminuyendo la protección del equipo, a medida que éste se va alejando del pararrayos.

- La tensión originada por una onda que aparece en un punto, a una distancia determinada del pararrayos, está dada por la expresión

$$V_p = V_o \left(+ 2 \frac{dv}{dt} \right) \frac{D}{300} \quad \text{en donde:}$$

V_p = Tensión que aparece en punto p a una distancia D entre el punto y el pararrayos, originada por una sobretensión transitoria.

V_o = Tensión de máxima descarga del pararrayos, en KV.

$\frac{dv}{dt}$ = Pendiente del frente de onda incidente en KV/ MS

D = Distancia en metros entre el pararrayos y el punto a proteger.

300 = Velocidad de propagación de la onda en metros/MS.

Otra forma de enfocar la localización de un pararrayos, es obtener la distancia máxima entre éste y el equipo por proteger, partiendo de la tensión máxima permitida en el transformador o cable de referencia. Esto se obtiene despejando D de la expresión anterior:

$$D = \frac{300 (V_m - V_o)}{2 \left(\frac{dv}{dt} \right)} \quad \text{donde:}$$

V_m = Tensión máxima permitida en el equipo por proteger, según datos del fabricante.

Ejemplo. Determínese la separación máxima entre un transformador y el juego de pararrayos, considerando que la tensión máxima de HBI a la que puede someterse un transformados de 400 KV, es de 800KV, si los pararrayos operan con una onda de 1.2 x 50 MS y un valor de pico de 750 KV, y la onda incidente avanza con un frente de 1000 KV/MS.

Solución: $D = \frac{300(800 - 750)}{2 \times 1000} = 7.5$ metros

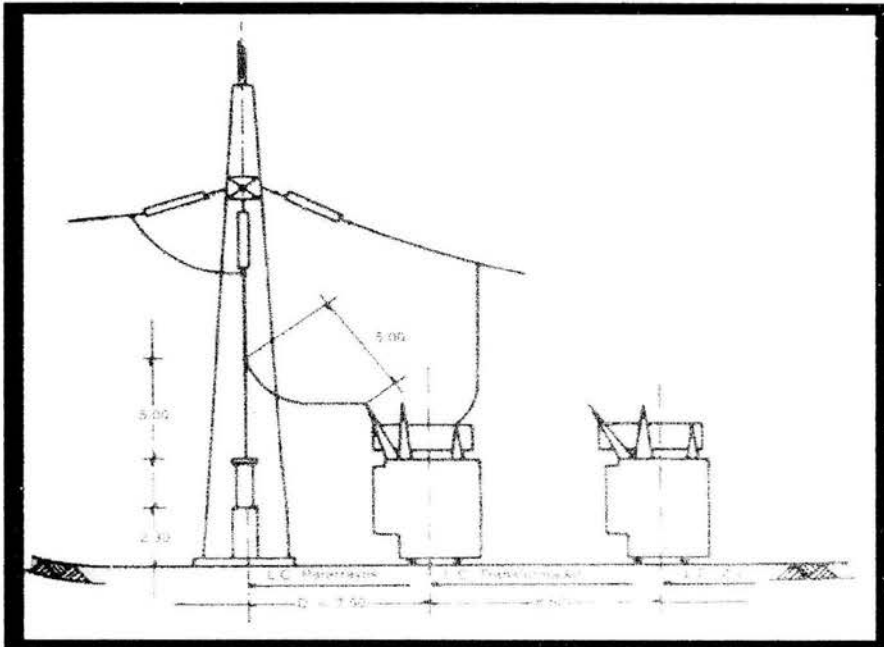


Fig. 1.3-1

b) Blindaje.

Es una malla formada por cables de guarda que se instala sobre la estructura de la subestación.

Cables de guarda. Se entiende por cables de guarda una serie de cables desnudos, generalmente de acero, que se fijan sobre la estructura de una subestación, formando una red que actúa como un blindaje, para proteger las partes vivas de la subestación de las descargas directas de los rayos. La red de cables de guarda actúa como contraparte del sistema de tierra. A veces se complementa o se sustituye por una serie de bayonetas de tubo de acero galvanizado, también conectadas a la red de tierra de la instalación, que se fijan en la parte superior de los remates de las columnas de la estructura de la subestación.

Para el cálculo del blindaje se pueden utilizar en forma más o menos aproximada

Los siguientes métodos analíticos:

- Método electrogeométrico.
- Método de Bewley.
- Método de bayonetas.

1.4.- REDES DE TIERRA

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en la subestación es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los pararrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, y los tanques de los aparatos y todas aquellas otras partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

La electricidad sigue el camino de menor resistencia. La protección contra corrientes eléctricas esporádicas puede lograrse fácilmente disponiendo un camino predeterminado y seguro para que dichas corrientes pasen a tierra. La tierra puede considerarse como capaz de absorber cualquier energía eléctrica esporádica. El uso de tal procedimiento se denomina aterrizaje ó puestra a tierra y sirve, cuando está debidamente instalada, para ofrecer un paso de baja resistencia a la tierra mediante lo cual los dispositivos protectores actuarán rápidamente, protegiendo a las personas contra los riesgos de choques peligrosos, ya que el voltaje hasta tierra de las partes del sistema de alambrado será limitado.

Los disturbios atmosféricos así como las fallas del equipo, provocan la conducción de altas corrientes a tierra, lo que obliga a tomar precauciones para evitar tensiones o gradientes eléctricas elevados, que ofrezcan un peligro a operadores o en general al personal que labore en el recinto donde ocurre la falla.

En fechas recientes se ha ido generalizando el uso de sistemas conectados sólidamente a tierra, lo que ha obligado a un diseño meticuloso de las redes de tierra para evitar accidentes, ya que fácilmente se llega a intensidades de algunos miles

de amperes, intensidades de corriente de esta magnitud producen gradientes elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra, y si se da la circunstancia de que algún ser viviente “puentee” dos puntos a la distancia de un paso normal, puede sufrir una sobretensión que sobre pase el límite de su “engarrotamiento” muscular y que provoque su caída abarcando una superficie de mayor potencial y esto provoque que aumente la corriente por su cuerpo, y de pasar ésta por un órgano vital sobreviene la muerte.

Lo que provoca el engarrotamiento muscular que no permite soltar el objeto electrizado, es la intensidad de corriente, pero ésta a su vez está relacionada con la tensión aplicada y la resistencia ohmica de las partes del cuerpo que quedan en contacto con potenciales diferentes. La resistencia es muy variable y depende de si el contacto es húmedo o seco, si es a través de zapatos o ropa de la parte del cuerpo que entre en contacto con el circuito y aún de los estados de ánimo.

La corriente límite que aún permite soltar el electrodo, se denomina “corriente de soltar”.

Magnitudes de corriente solo ligeramente superiores a la corriente de soltar de una persona son muy dolorosas, causantes de miedo o espanto y difíciles de soportar aún en tiempos de corta duración.

La exposición prolongada a estas corrientes ó corrientes en exceso de la “corriente de soltar” pueden producir extenuación, asfixia, colapso e inconsciencia, seguida por la muerte.

La corriente de soltar puede fijarse en 9 miliamperes para hombres y 6 miliamperes para mujeres.

Se pueden tolerar intensidades de corriente superiores, sin producir fibrilación, si la duración es muy corta. La ecuación que liga los parámetros de la intensidad de corriente tolerable y el tiempo que puede tolerarla un organismo es:

$$I_k t = 0.027$$

Resulta :

$$I_k = \frac{0.165}{\sqrt{t}}$$

en donde:

I = es el valor efectivo de la corriente que circula por el cuerpo, en Amperes.

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

0.027 = constante de energía, derivada empíricamente.

Es necesario para una buena comprensión tomar en cuenta los diversos casos que pueden presentarse al hacer contacto con superficies a diferente potencial. Las diferencias de potencial tolerables se determinan de acuerdo con los conceptos de tensiones de "paso", de "contacto" y de "transferencia", como se muestran en las figuras 1.4-1, 1.4-2, 1.4-3.

Como norma se ha tomado como valor máximo de tensión que puede soportar el cuerpo humano durante un tiempo de 1.2 seg. el valor de 150 Volts.

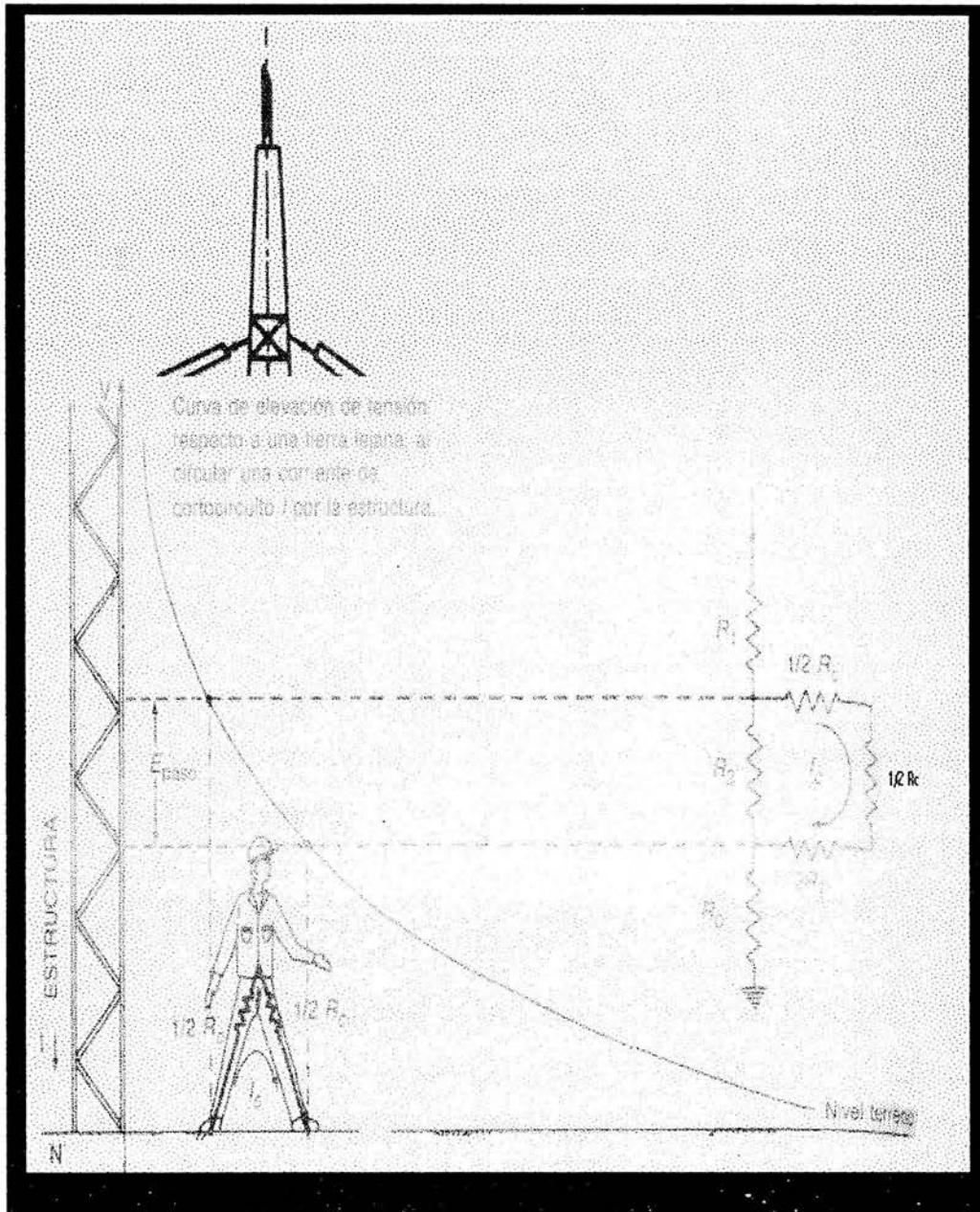


Fig. 1.4-1

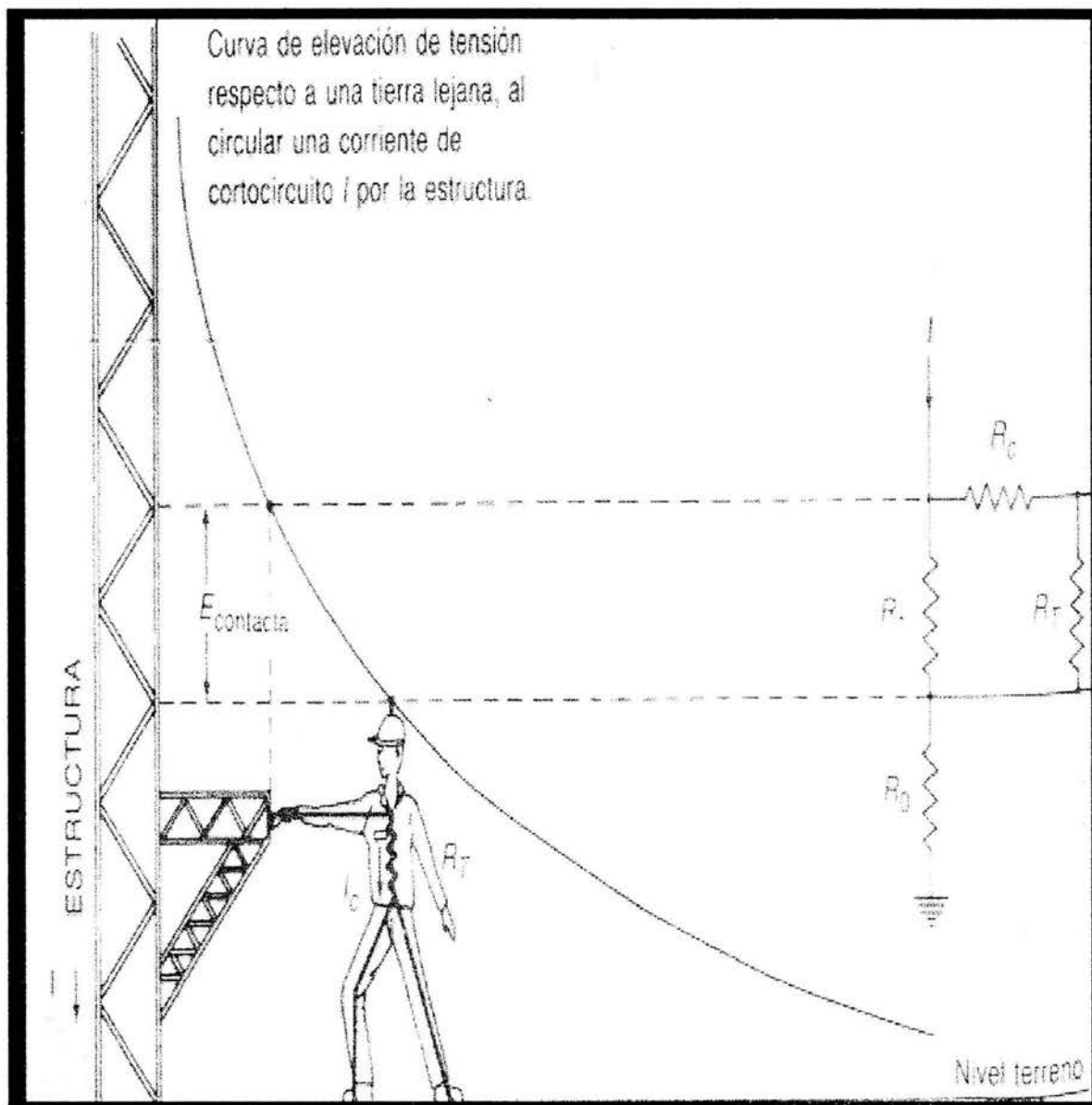


Fig. 1.4-2

1.5 ELEMENTOS DE LA RED DE TIERRA

- Conductores.

Los conductores utilizados en los sistemas de tierra son de cable de cobre de calibres arriba de 4/0 AWG dependiendo del sistema que se utilice. Se ha escogido el calibre mínimo de 4/0 AWG en cobre por razones mecánicas, ya que eléctricamente pueden usarse cables de cobre hasta No. 2 AWG. Para sistemas de anillo se ha usado cable de cobre de 1000 MCM y en cambio para el sistema de malla se esta usando en la actualidad cable de cobre de 4/0 AWG.

Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y sobre todo por ser resistente a la corrosión debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrado cerca de el.

- **Electrodos.**

Son las varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y por lo tanto con menor resistividad eléctrica. Son especialmente importantes en terrenos desprotegidos de vegetación y cuya superficie al quedar expuesta a los rayos del sol está completamente seca.

Los electrodos pueden ser fabricados de tubos o varillas de fierro galvanizado o bien de varillas de "copperweld".

En el caso de fierro galvanizado, se puede usar en terrenos en que su constitución química no ataque a dicho material.

- **BARRAS PARA PARARRAYOS.**

Con este titulo distinguimos al conjunto de electrodos que se instalan sobre la parte más elevada de las estructuras de una subestación y que sirven para complementar la red de cables de guarda que se extiende sobre los copetes de las estructuras de la subestación para protegerla de las posibles descargas directas de los rayos.

Dichos electrodos están fabricados usando tramos de tubo de fierro galvanizado de unos 40 mm de diámetro y 3m de largo atomillados a la estructura de la subestación y cortados en bisel en su parte superior para producir el efecto de punta.

Debido a que las descargas de los rayos son de alta frecuencia se recomienda que las terminales de descarga de la red de hilo de guarda así, como las terminales de descarga de los paramayos deban tener, como mínimo, el mismo calibre del cable de la red de tierras y lo ideal sería utilizar un cable de descarga del mismo calibre de las barras que proteja para evitar el reflejo de ondas que provoca un aumento en la amplitud de la onda de choque.

- **CONECTORES Y ACCESORIOS.**

Son aquellos elementos que nos sirven para unir a la red de tierras, los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, etc.

Los conectores, utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos.

- a) Atomillados.
- b) Conectores a presión
- c) Conectores soldados.

Todos los tipos de conectores deben poder soportar la corriente de la red de tierras en forma continua.

Los conectores atornillados se fabrican con bronces, de alto contenido de cobre, formando dos piezas que se unen por medio de tornillos cuyo material está formado por bronces al silicio que les da alta resistencia mecánica y a la corrosión.

La utilización del bronce, que es un material no magnético, proporciona una conducción segura para las descargas atmosféricas que son de alta frecuencia.

Los conectores a presión son más económicos que los atornillados y dan mayor garantía de buen contacto.

Los conectores soldados, solo se usan en la actualidad para conectar a tierra los rieles de los transformadores. Se usaron mucho hace algunos años pero se encontraron muchas fallas debido a la fusión de las uniones de los cables eran irregular y formaban grandes zonas huecas que producían falsos conectores.

1.6.- ALTURA DE LOS EQUIPOS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO (hs).

Esta altura se considera también como el primer nivel de barras hs. En cambio la altura del segundo nivel de barras se indica con hb de acuerdo con la figura 1.6-2.

En donde:

- 1.- Pararrayos
- 2.- Transformador de tensión y trampa de onda.
- 3.- Transformador de corriente
- 4.- Cuchillas.
- 5.- Interruptor.

La altura mínima hs de las partes vivas sobre el nivel del suelo, en ningún caso debe ser inferior a 3 metros, si no se encuentran aislados por barreras de protección.

La altura mínima de la base de los aisladores que soportan partes vivas, no debe ser menor de 2.25 metros, que es la altura de una persona de altura promedio, con el brazo levantado.

En general, para cualquier equipo, la altura mínima de sus partes vivas se calcula de acuerdo con la siguiente expresión, que se considera para un máximo de hasta 1000 m.s.n.m.

$$hs = 2.30 + 0.0105 (KV) \quad \text{donde:}$$

KV : es la tensión máxima de diseño del equipo de que se trate. A continuación se calcula la altura mínima de un equipo para tensiones nominales considerada en la tabla 1.6-1, primero para una altitud de hasta 1000 m.s.n.m. y después para la altitud de 2300 m.s.n.m.

| Tensión nominal Del sistema K V | NBI kV | Distancias mínimas a 2 300 m.s.n.m. | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Fase a tierra m | Ajuste m | Entrefases m | Ajuste m |
| 85 | 550 | 1.35 | 1.50 | 2.43 | 2.50 |
| 230 | 1 050 | 2.59 | 3.00 | 4.66 | 5.00 |
| 400 | 1 425 | 3.50 | 4.00 | 7.02 | 7.00 |

Tabla. 1.6-1

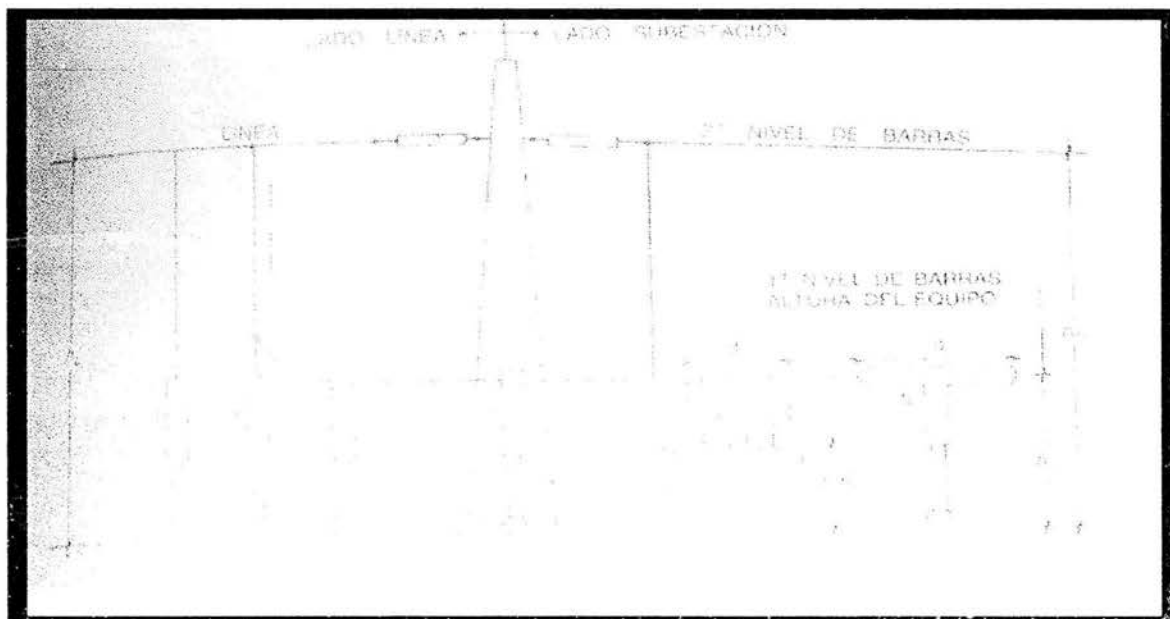


Fig. 1.6-2

Para 230 KV.

$$hs\ 1000 = 2.30 + 0.0105 (245) = 4.872 \text{ o sea } 4.90 \text{ metros.}$$

Para 400 KV.

$$hs\ 1000 = 2.30 + 0.0105 (420) = 6.71 \text{ o sea } 6.80 \text{ metros.}$$

Para la altura de 2300 m.s.n.m. se utiliza la expresión:

$$hsh = hs\ 1000 + \left[0.0125 \frac{(h-1000)hs1000}{100} \right] \quad \text{donde :}$$

h = Altitud sobre el nivel del mar en metros.

hsh = Altura mínima de la parte viva al suelo, a una altitud h sobre el nivel del mar.

$hs\ 1000$ = Altura mínima de la parte viva al suelo, a una altitud que comprende desde cero hasta 1000 metros sobre el nivel del mar.

De acuerdo con lo anterior se determinan las alturas de partes vivas para las mismas tensiones, de la tabla.1.6-1.

Para 230 KV.

$$hs\ 2300 = 4.873 + \left[0.0125 \left(\frac{2300-1000}{100} \right) 4.873 \right] = 5.66\text{m} = 5.70\text{m} .$$

Para 400KV.

$$hs\ 2300 = 6.71 + \left[0.0125 \left(\frac{2300-1000}{100} \right) 6.71 \right] = 7.80 \text{ metros.}$$

ALTURA DE LAS BARRAS COLECTORAS SOBRE EL SUELO (2ª NIVEL).

La altura de las barras sobre el nivel del suelo debe considerar la posibilidad de que al pasar el personal por debajo de las barras, esta reciba la sensación del campo eléctrico.

La expresión que proporciona la altura de las barras colectoras hb , considerando la sensación de campo eléctrico, es la siguiente:

$$hb = 5.0 + 0.0125 (KV) \text{ en donde:}$$

KV = Tensión máxima de diseño.

hb = Altura de las barras sobre el suelo.

Se determinan las alturas de los buses a una altitud de 0 a 1000 m.s.n.m., para las tensiones:

Para 230KV:

$$hb_{1000} = 5.0 + 0.0125 (245) = 8.06 \text{ m o sea } 8.10 \text{ m.}$$

Para 400KV:

$$hb_{1000} = 5.0 + 0.0125 (420) = 10.25\text{m. o sea } 10.30\text{m.}$$

Las mismas alturas pero a 2300 m.s.n.m., de altitud quedan:

Para 230KV:

$$hb_{2300} = 8.06 + \frac{(0.0125)(2300-1000)(8.06)}{100} = 9.37 \text{ o sea } 9.40\text{m.}$$

Para 400KV:

$$hb_{2300} = 10.25 + \frac{(0.0125)(2300-1000)(10.25)}{100} = 11.92 \text{ o sea } 12.00\text{m.}$$

1.7.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD

se entiende como Distancias Mínimas de Seguridad, a los espacios libres que permiten circular y efectuar maniobras al personal dentro de una subestación, sin que exista riesgo para sus vidas y con un mínimo de operaciones durante las maniobras de trabajo.

Las distancias de seguridad a través del aire están constituidas por la suma de dos términos:

- El primer termino es una distancia de base que es función del nivel de aislamiento al impulso, esta distancia debe ser suficiente para impedir todo riesgo de flameo y es igual a la distancia mínima de fase a tierra correspondiente a cada nivel de aislamiento, calculada como se explico anteriormente y cuyos valores, para una altitud de 2300 metros y para las tensiones utilizadas en nuestras instalaciones, aparecen en la columna 4 de la tabla 1.7-1.
- El segundo término, que debe sumarse a la distancia de base, depende de la talla media de los operadores y de la naturaleza y características de los trabajos que se realicen en las instalaciones, incluyendo la circulación del personal y el acceso a los lugares posibles de trabajo. En la figura 1.7-2, se indican las dimensiones medias del operador.

Las distancias mínimas de seguridad en una subestación, consideran los siguientes conceptos:

- Circulación del personal por la subestación
- Circulación de vehículos por la subestación.
- Intervención del personal en algún punto de la instalación.

| Distancias a tierra y entre fases a través del aire a 2 300 m de altitud | | | | | | |
|--|---|---|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Tensión Nominal Del sistema k V | Nivel de aislamiento al impulso a 2 300 m k V | Distancia mínima de no flameo a 2 300 m c m | Distancia mínima de fase a tierra a 2 300 m cm. | Distancia mínima entre fases a 2 300 m cm. | Distancia normal entre centros de buses rígidos cm. | Distancia normal entre centros de buses no rígidos cm. |
| 23 | 125 | 25.6 | 28.2 | 32.5 | 50 | 100 |
| 85 | 450 | 107 | 117.2 | 135.4 | 200 | 250 |
| 230 | 900 | 227.9 | 250.7 | 288.4 | 360 | 450 |
| 400 | 1 425 | 354.6 | 375.9 | 432.3 | 650 | 800 |

Fig. 1.7-1

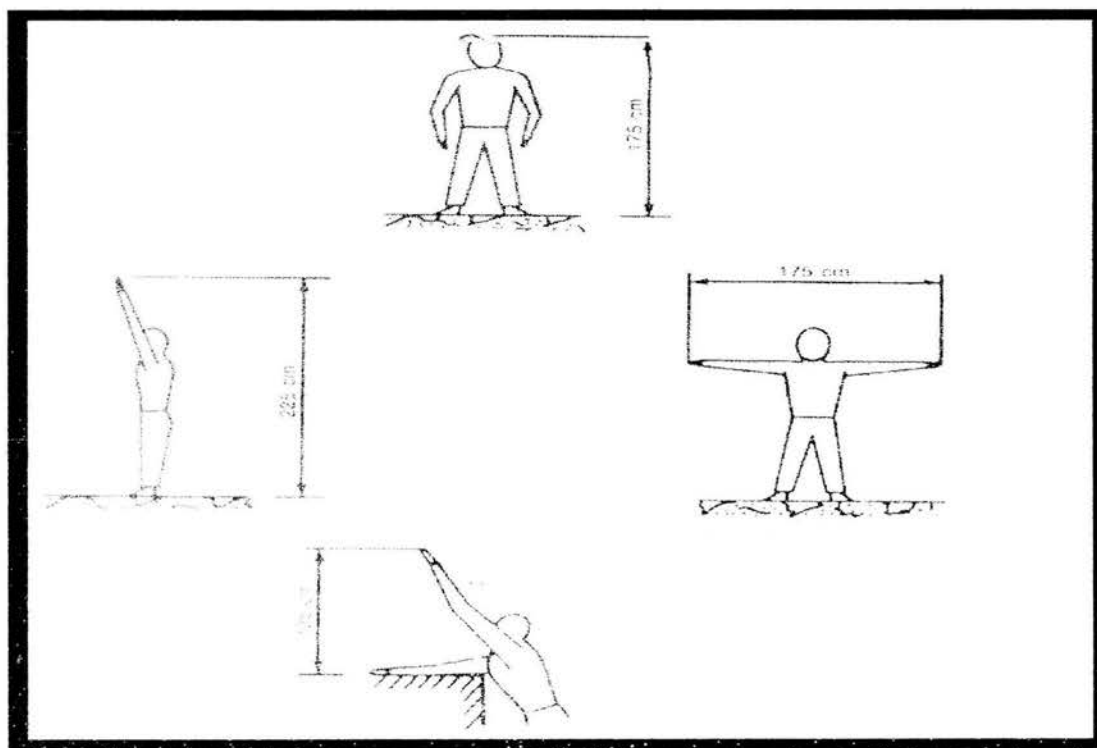


Fig. 1.7.2

a) Circulación del personal por la subestación.

Cuando no hay barreras ó cercas de protección, la altura mínima de las partes vivas sobre el piso debe ser suficiente para permitir la circulación del personal por la superficie de la subestación. Esta altura mínima deberá ser igual a la distancia de base, que es función del nivel de aislamiento al impulso aumentada en 2.25m, que es la altura que puede alcanzar un operador de talla media con un brazo extendido, como en la figura.1.7-3 A.

La altura mínima de las partes vivas sobre el piso, en zonas no protegidas por las barreras o cercas de protección, no deberá ser nunca inferior a 3 metros.

La altura mínima sobre el piso de un aislador tipo columna, en zonas protegidas por barreras ó cercas, no deberá ser inferior a 2.25 m, ya que el aislador debe considerarse como una pieza bajo tensión, cuyo valor decrece a lo largo del aislador y sólo la base metálica inferior está al potencial de tierra.

En zonas de la subestación donde las partes con potencial estén a alturas inferiores de las especificadas en los párrafos anteriores, deberán instalarse barandales ó cercas de las siguientes características:

Como se muestra en la figura 1.7-3 B, cuando se usen barandales, estos deberán ser de 1.20m de alto y deberán quedar a una distancia de las partes con potencial igual a la distancia de base, aumentada en 0.90m. como mínimo.

Cuando se usen cercas, éstas deberán tener, como se muestra en la figura 1.7-3 C, una altura de 2.25m. Y deberán estar alejados de las partes con potencial una distancia igual a la distancia de base.

b) – Circulación de vehículos por la subestación. En las zonas de la subestación destinadas a la circulación de vehículos utilizados para labores de mantenimiento, el espacio para la circulación deberá determinarse tomando en cuenta las dimensiones del vehículo, como se muestra en la figura 1.7-4. La distancia horizontal a las partes con potencial será de 0.70m. mayor que la distancia mínima vertical para tomar en cuenta la imprecisión inevitable en la conducción del vehículo.

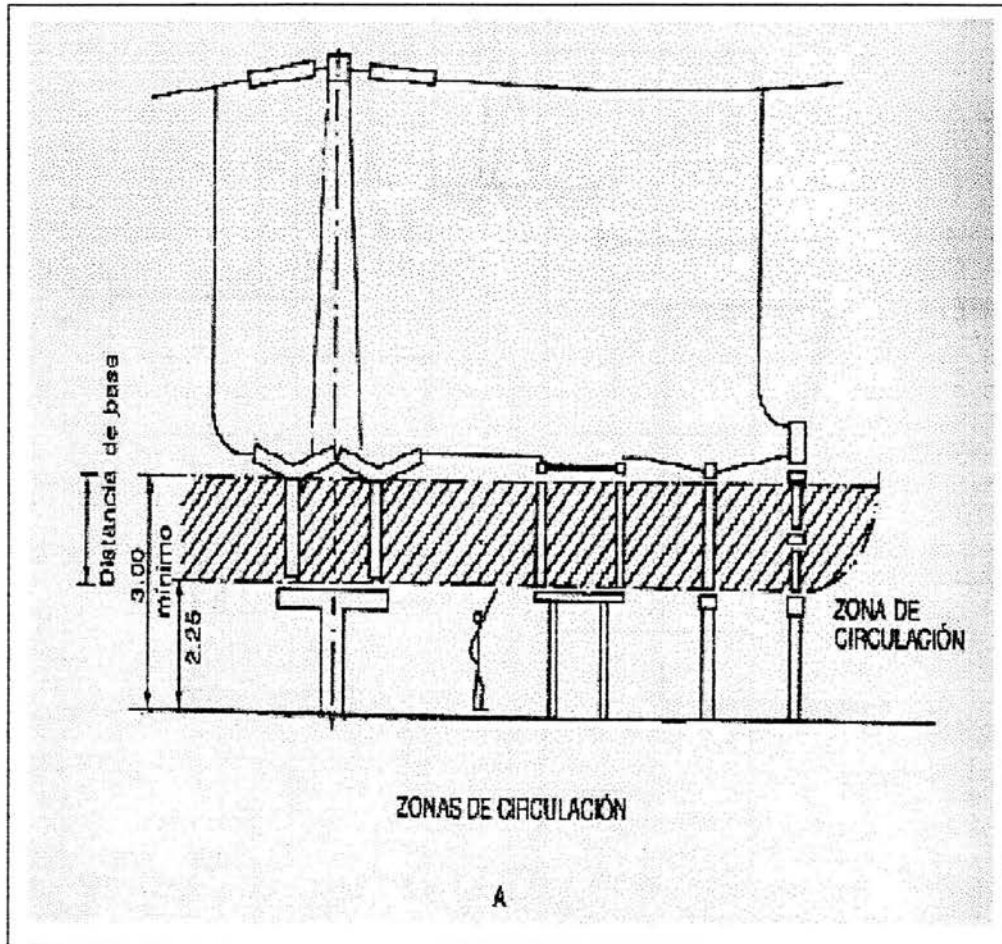


Figura. 1.7-3 A

ALTURA MÍNIMA = VALOR BÁSICO + 2.25 m

DIST. HORIZONTAL MÍNIMA = VALOR BÁSICO + 0.90 m

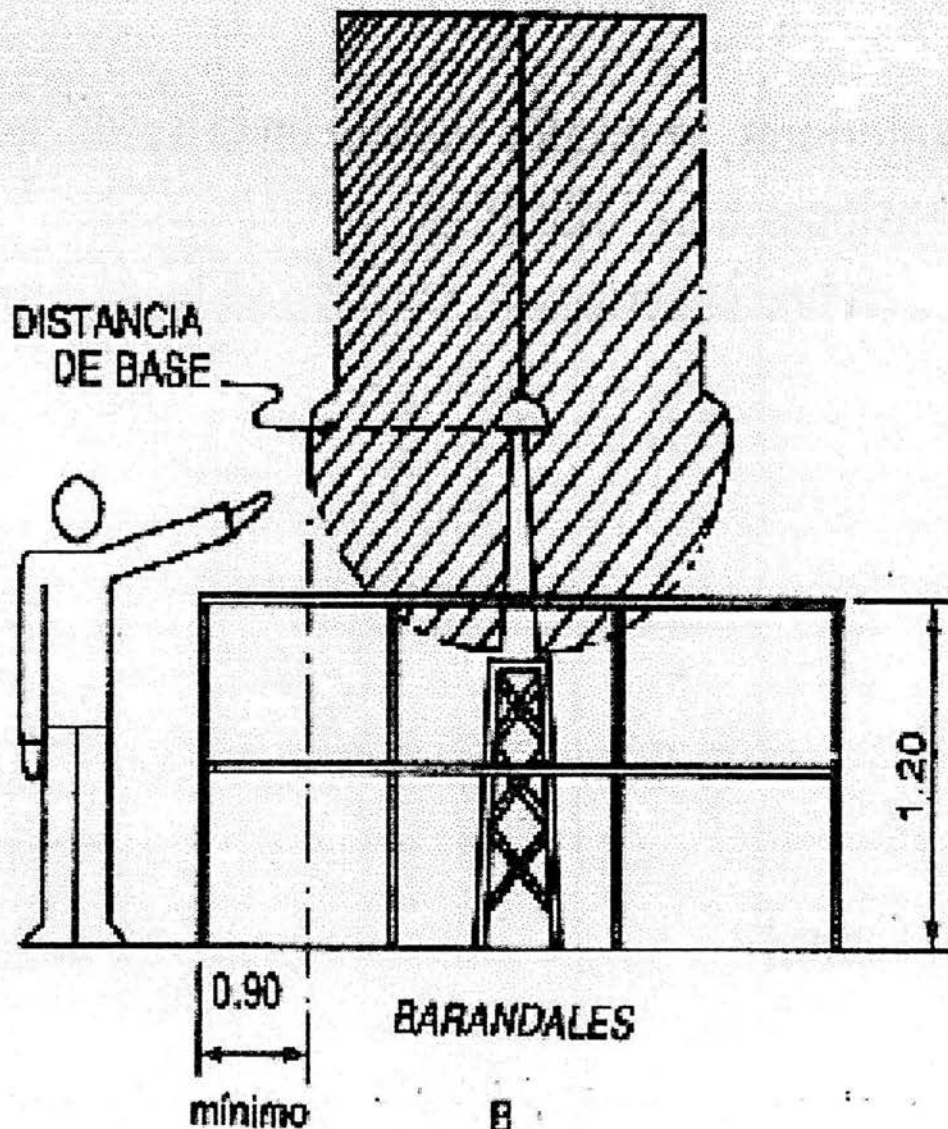


Figura. 1.7-3 B

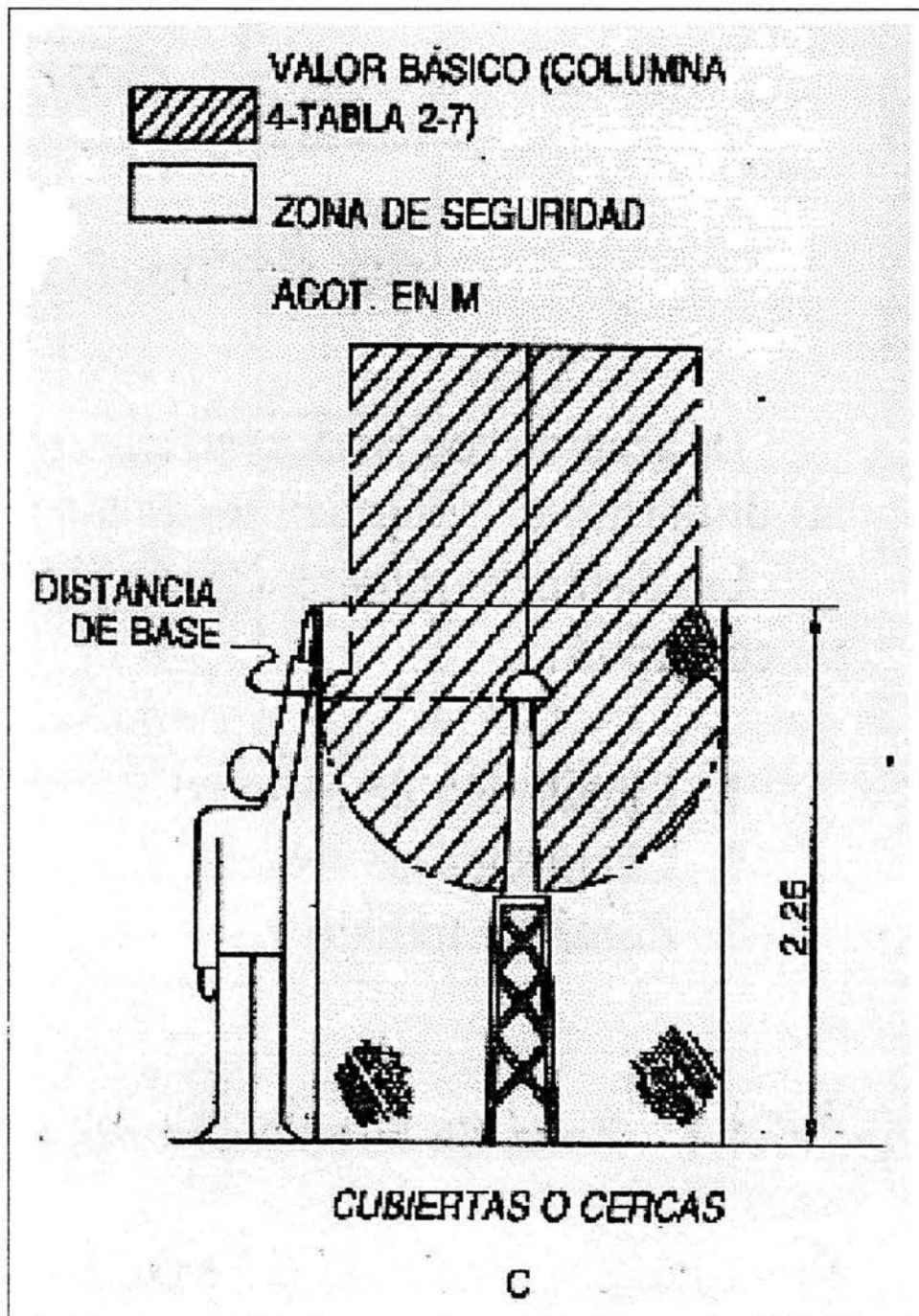


Figura. 1.7-3 C

c) – Distancias de seguridad en zonas de trabajo.

En cualquier sección de las instalaciones de alta tensión de una subestación deben poder realizar con toda seguridad trabajos de mantenimiento, una vez que, la sección ha sido desconectada mediante la apertura de los interruptores y cuchillas correspondientes, sin tener que desconectar las secciones contiguas que deben seguir funcionando para no afectar la operación del sistema.

Las distancias de seguridad en zonas de trabajo se determinan según el principio ya expuesto: la distancia de base se aumenta en una longitud adicional, como se muestra en la figura 1.7-5. La distancia total no debe ser en ningún caso inferior a 3m.

1.8.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA

El equipo de transformación está compuesto por diez autotransformadores de 330,000 Kilovoltamperes cada uno, los cuales transforman la tensión de 400 000 volts a 230 000 volts, también está el hecho de contar con un cambiador automático bajo carga que permite regular automáticamente la tensión secundaria aún en condiciones de variación de la tensión en la fuente (lado de 400000 volts). Estos transformadores, constituyen el equipo más costoso de la subestación, de tal forma se requiere mayor cuidado y protegerlo de las diferentes fallas que pueden presentarse.

Un transformador es una máquina electromagnética, cuya función principal es cambiar la magnitud de las tensiones eléctricas.

Se puede considerar formado por tres partes principales:

1.- Parte activa.

Está formada por un conjunto de elementos separados del tanque principal y que agrupa los siguientes elementos:

- Núcleo. Este constituye el circuito magnético, que está fabricado con lámina de acero al silicio, con un espesor de 0.28mm,
- Bobinas. Estas constituyen el circuito eléctrico. Se fabrican utilizando alambre ó solera de cobre o de aluminio. Los conductores se forman de material aislante, que puede tener diferentes características de acuerdo con la tensión de servicio de la bobina, la temperatura y el medio en que va a estar sumergida.

Los devanados deben tener conductos de enfriamiento radiales y axiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior. Además, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debidos a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromagnético que se producen durante los cortocircuitos. La bobina debe ser de tipo galleta para altas potencias, donde el primario y el secundario se devanan en forma de galletas rectangulares, colocando las bobinas primarias y secundarias en forma alternada. Se utilizan en este caso en transformadores de tipo acorazado, para altas potencias y altas tensiones que son de 230 y 400KV.

- Cambiador de derivaciones. Constituye el mecanismo que permite regular la tensión de la energía que fluye de un transformador, se instala en alta tensión, debido a que su costo disminuye en virtud de que la intensidad de corriente es menor.
- Bastidor. Está formado por un conjunto de elementos estructurales que rodean el núcleo y las bobinas, y cuya función es soportar los esfuerzos mecánicos y electromagnéticos que se desarrollan durante la operación del transformador.

2.- Parte Pasiva.

Consiste en el tanque donde se aloja la parte activa; se utiliza en los transformadores cuya parte activa va sumergida en líquidos.

El tanque debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y el accesorio especiales.

El tanque y los radiadores de un transformador deben tener un área suficiente para disipar las pérdidas de energía desarrolladas dentro del transformador, sin que su elevación de temperatura pase de 55°C, o más, dependiendo de la clase térmica de aislamiento especificado.

A medida que la potencia de diseño de un transformador se hace crecer, el tanque y los radiadores, por si solos, no alcanzan a disipar el calor generado, por lo que en diseños de unidades de alta potencia se hace necesario adicionar enfriadores, a través de los cuales se hace circular aceite forzado, por bombas, y se sopla aire sobre los enfriadores, por medio de ventiladores.

3.- ACCESORIOS.

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan las labores de mantenimiento, las cuales destacan los siguientes:

- Tanque conservador.
- Boquillas.
- Tableros
- Válvulas.
- Conectores de tierra.
- Placa de características, etc.

PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Los transformadores de potencia pueden estar sujetos a los siguientes tipos de fallas:

- a) Sobrecargas o corto circuito externo.
- b) Fallas en los devanados.
- c) Fallas en las terminales.
- d) Fallas incipientes.

a) CORTO CIRCUITO.

El disturbio más común es el corto circuito y en particular cuando ocurre un corto circuito próximo al transformador, el voltaje terminal se cae y consecuentemente se rompe el equilibrio de potencia en la maquina, el exceso de corriente aumenta la tensión eléctrica, produce aceleración y será inestable.

b) FALLAS EN LOS DEVANADOS

Cualquier condición de falla produce esfuerzos mecánicos y térmicos en los devanados del transformador, las sobrecargas se pueden sostener por periodos de tiempo más o menos largos, estando limitadas solo por las elevaciones de temperatura permisibles en los devanados y el aceite, desde luego por las sobrecargas excesivas deterioran el aislamiento y producen las fallas subsecuentes, por esta razón, es importante especificar indicadores de temperatura en los devanados y aceite debidamente coordinados con los medios de protección que produzcan el disparo de interruptores en condiciones de falla declarada o dentro de los limites establecidos.

c) FALLAS EN LAS TERMINALES.

Las fallas en las terminales del transformador si son en el lado de alimentación no tienen efecto severo en el transformador, pero las que ocurren en el lado de carga lo

tienen, este tipo de fallas no hacen operar a los relevadores, debido a esto se deben ajustar las zonas de protección de los relevadores diferenciales o de falla a tierra.

La mayoría de las fallas internas ó son fallas a tierra o de fase a fase, la severidad de estas fallas depende de su localización, diseño del transformador y del método de conexión a tierra del transformador.

d) FALLAS INCIPIENTES.

Las fallas incipientes son de tipo interno que no constituyen un riesgo inmediato sin embargo, si se deja sin detector pueden conducir a fallas mayores.

La mayoría de este tipo de fallas son las de bobina a núcleo debido a fallas de aislamiento, o bien fallas de aislamiento entre laminaciones del núcleo o también fallas en el aceite debido a pérdidas o también obstrucción en la circulación del aceite, en cualquier caso se presenta un sobrecalentamiento en el transformador.

Las protecciones aplicadas a los transformadores son:

- Relevadores. de presión de gas y aceite.
- Relevadores de sobrecorriente y de falla a tierra.
- Relevador de falla a tierra restringida.
- Protección diferencial.
- Fuga a tanque o herraje.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RELEVADORES.

Un relevador de protección es un dispositivo que colocado en un circuito eléctrico produce cambios en otros o en su propio circuito. Un relevador tipo estándar consta principalmente de una bobina está conectada directamente al transformador de corriente o de potencial y el contacto (abierto o cerrado) se conecta al circuito de disparo del interruptor correspondiente.

Principios en que se basan los relevadores. Solamente existen dos principios fundamentales en que se basa la operación de los relevadores y son:

1.- Por atracción electromagnética.

Consiste en un vástago dentro de una solenoide o de una pieza magnética atraída por un electroimán.

2.- Por conducción electromagnética.

Opera bajo el principio del motor de inducción de los discos de un wattmetro, éstos aprovechan la generación de dos flujos sobre un disco que se mueve actuando por la fuerza que resulta y es máxima cuando los flujos tienen un ángulo de fase entre si de 90°.

1.9.- INTERRUPTORES

El interruptor es, junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, así como, y esta es su función principal, bajo condiciones de cortocircuito.

Sirve para insertar o retirar de cualquier circuito energizado máquinas, líneas aéreas o cables.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas de varios cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kilo amperes (corto circuito).

Interruptores en hexafluoruro de azufre.

Son aparatos, cuyas cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre (SF₆) que tiene una capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos. Esto hace más compactos y más durables los interruptores desde el punto de vista de mantenimiento.

Propiedades del SF6. Es un gas químicamente estable e inerte, su peso específico es de 6.14 g/l. Alcanza unas tres veces la rigidez dieléctrica del aire, a la misma presión. A la temperatura de 2000°K conserva todavía alta conductividad térmica, que ayuda a enfriar el plasma creado por el arco eléctrico y el pasar por cero la onda de corriente, facilita la extinción del arco. Físicamente el gas tiene características electronegativas o sea la propiedad de capturar electrones libres transformando los átomos en iones negativos, lo cual provoca en el gas las altas características de ruptura del arco eléctrico y por lo tanto la gran velocidad de recuperación dieléctrica entre los contactos, después de la extinción del arco.

Este tipo de aparatos pueden librar las fallas hasta en dos ciclos y para limitar las sobretensiones altas producidas por esta velocidad, los contactos vienen con resistencias limitadoras.

Las principales averías de este tipo de interruptores son las fugas, que requieren aparatos especiales para detectar el punto de la fuga; no es conveniente operar un interruptor de SF6 cuando ha bajado su presión por una fuga y debe ser bloqueado el circuito de control de apertura para evitar un accidente.

El mecanismo de mando de estos interruptores es, generalmente, de aire comprimido.

- A presiones superiores a 3.5 bars y temperaturas menores de -40°c, el gas se licúa.
- El gas es inodoro, incoloro e insípido.
- Los productos del arco son tóxicos y combinados con la humedad producen ácido fluorhídrico, que ataca la porcelana y el cemento de sellado de las boquillas.

1.10 TABLEROS DE CONTROL

Los tableros de una subestación son una serie de dispositivos que contienen equipos eléctricos que nos sirven para “proteger”, “medir” y “controlar” componentes eléctricos de potencia en alta tensión, como son: líneas de transmisión, generadores de centrales o plantas eléctricas, transformadores de potencia, alimentadores de distribución, etc.

Los tableros pueden fabricarse con lámina de acero de 3mm de grueso, o bien de plástico reforzado, y se montan sobre bases formadas por acero estructural tipo canal de 100mm de ancho, que van ancladas en la base de concreto del salón de tableros.

Observamos que los tableros son muy importantes, ya que vienen siendo “el cerebro” que ordenará a través de la operación de los relevadores de protección, y que disparen o abran los interruptores de potencia en forma oportuna y en milisegundos al presentarse una falla en cualquier parte de un sistema de potencia. Así mismo, es a través de los elementos que contienen los tableros, podemos controlar condiciones de los interruptores o cuchillas desconectoras, como son las funciones de cierre, apertura, y bloqueos, de acuerdo a las necesidades de operación y mantenimiento de la subestación.

TIPOS DE TABLEROS.

Dependiendo de la función que desarrollan y del tamaño de la subestación, se utilizan diferentes tipos de tableros, como son:

- Tableros de un solo frente.
- Tableros de doble frente o dúplex.
- Tableros separados para mando y protección
- Tableros tipo mosaico.

CAPITULO II

2.1.- DESARROLLO DE LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

METODOLOGÍA UTILIZADAS

Las metodologías; utilizadas para realizar el analisis de riesgos a la subestación "La Paz" son:

a) ANÁLISIS ¿QUÉ PASA SI? (WHAT IF).

Es un método poco estructurado, utiliza información específica de un proceso para generar una especie de preguntas de lista de verificación. El objetivo de este metodo es buscar consecuencias de posibles eventos no deseados y es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso, así como durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, asimismo cuando se introduce cambios al proceso o a los procedimientos de operación, como en este caso de la subestación eléctrica en donde se utiliza durante la etapa de construcción para la protección de los equipos, principalmente los transformadores de potencia, ya que son equipos muy costosos, así también para la protección de los trabajadores, la cual se seguirá utilizando durante el tiempo de vida o de operación de la subestación, debido que es una instalación de alta potencia eléctrica y es de alto riesgo eléctrico. A continuación, se deberán de preparar el juego de pregunta ¿Qué PasaSi? Este juego de preguntas puede ser modificado conforme avanza la revisión.

Las preguntas planteadas para este caso son:

- 1.-No se colocan los pararrayos en la subestación.
- 2.- No se colocan los pararrayos en los transformadores de potencia a una distancia adecuada.
- 3.- No se dispone de una red de tierra adecuada en la subestación.
- 4.- Hay disturbios atmosféricos o fallan los equipos en la subestación.
- 5.- El transformador este trabajando a un régimen de carga no adecuada para su capacidad nominal, el transformador este trabajando bajo temperaturas ambientales superiores a las establecidas en las bases de su diseño, el transformador no sea

capaz por diseño de servir la potencia que se especifica en su placa de datos nominales.

6.- En el transformador falta la hermeticidad y entrada de humedad en los equipos, falsos contactos con el conmutador, terminales de salida partidas , bajo nivel de aceite, diseño deficiente.

7.- En el transformador se satura de polvos.

8.- En el transformador hay fugas de aceite y en el interruptor fugas de hexafloruro de azufre.

El reporte de un análisis, ¿Qué Pasa Si? Debe contener una serie de formatos que incluyan pregunta, las posibles consecuencias y las recomendaciones

b) ANÁLISIS POR ÁRBOL DE EVENTOS (AAE)

El árbol de eventos es una ilustración de sucesos potenciales que puedan dar como resultado fallas de equipo específicos ó errores humanos. Este método considera la respuesta del personal y los sistemas de seguridad en relación con la presentación de las fallas . El Análisis por Árbol de Eventos puede ser usado durante las fases de diseño, modificación u operación de una instalación, es una herramienta particularmente útil para demostrar la eficiencia de las técnicas de prevención y mitigación de un accidente, como en este caso que se utiliza para eventos INCENDIOS EN EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA , debido que es utilizado durante el diseño de la instalación, en donde se utiliza para identificar la secuencia de eventos que permitan llegar a una falla o error y como se origina un accidente, ya que esta subestación es de alto riesgo eléctrico.

El punto de arranque de un Árbol de Eventos es el resultado final, i. e. El incidente a partir de este punto, el grupo de trabajo debe trabajar hacia atrás, deteniéndose en cada etapa para hacerse las preguntas siguientes:

¿Cuál (o cuales) es (o han sido) la causa (o causas) que provocan este hecho?

¿Que se necesito para provocarlo?

¿Es suficiente para provocarlo?

A continuación se mencionan las figuras utilizada y los tipos de conexión..

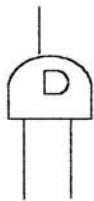
Salida



Compuerta "O"

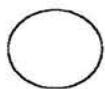
Entradas

Salida

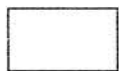


Compuerta "y"

Entradas



Evento Básico.



Evento Intermedio.



Evento No Desarrollado.



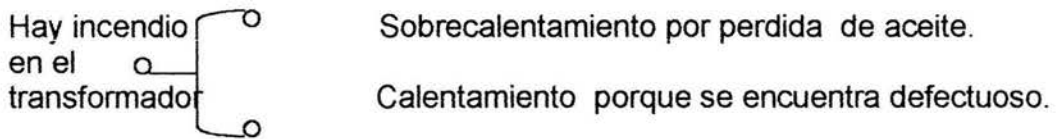
Salida



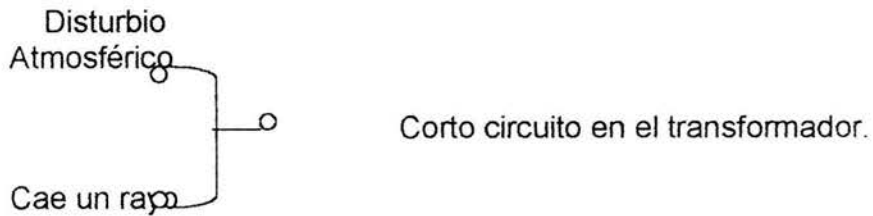
Entrada

Símbolos de Transferencias

DISYUNCIÓN: Conjunción disyuntiva. Es un hecho "O", donde dos o mas hechos tienen una sola causa.



CONJUNCIÓN COPULATIVA: Es un hecho "Y", donde un hecho tiene dos o mas causas.



Progresión sencilla: Un hecho tiene solo una causa.



HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI?

EMPRESA: Cia. De luz y fuerza Planta: SUBESTACIÓN LA PAZ FECHA: 29/11/04

| ¿QUÉ PASA SI? | CONSECUENCIAS/ RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|--|
| No se colocan los pararrayos en la subestación | Paraliza toda la subestación o parte de ella. | Motivo por lo cual es importante una buena protección contra sobretensiones transitorias. |
| No se colocan los pararrayos en los transformadores de potencia a una distancia adecuada. | Corto circuito en el transformador y por el aceite y dieléctrico que contiene, corre el riesgo de un incendio. | Entonces de acuerdo a la tensión máxima a la que debe ser sometido el transformador, será la separación máxima entre un transformador y los pararrayos |

HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI ?

EMPRESA: Cia de luz y Fuerza **PLANTA:** Subestación la paz **FECHA:** 29/01/04

| ¿QUÉ PASA SI? | CONSECUENCIAS/RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|--|--|--|
| No se dispone de una red de tierra adecuada en la subestación. | Los pararrayos no protegería para nada por no tener circulación a tierra y tampoco se tendrá donde conectar los aparatos, cables de guarda, equipo, etc. | Por lo cual hay necesidad de redes de tierra para la protección en la subestación |
| Hay disturbios atmosféricos ó fallan los equipos en la subestación | Provocan la conducción de altas corrientes y provocan peligro a operadores ó al personal que labora en el recinto. | Generalizar el uso de sistemas conectados solidamente a tierra obligar a un diseño meticuloso de las redes de tierra para evitar accidentes. |

HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI?

EMPRESA: Cia de luz y fuerza Planta: SUBESTACIÓN LA PAZ FECHA:29/1/04

| ¿QUÉ PASA SI? | CONSECUENCIAS/ RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|---|
| <p>El transformador este trabajando a un régimen de carga no adecuada para su capacidad nominal</p> <ul style="list-style-type: none">- el transformador esté trabajando bajo temperaturas ambientales superiores a las establecidas en las bases de su diseño- el transformador no sea capaz por diseño de servir la potencia que se especifica en su placa de datos nominales | <p>Hay sobrecarga en el transformador de potencia, la cual en un sobrecalentamiento puede tener riesgo de incendio.</p> | <p>-Evitar las sobrecargas -seguir las instrucciones indicadas en las bases de su diseño -reportarlo inmediatamente al diseñador.</p> |

HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI ?

EMPRESA: Cia de luz y Fuerza PLANTA: Subestación la paz FECHA: 29/01/04

| ¿QUE PASA SI? | CONSECUENCIA S/ RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|---|--|---|
| En el transformador falta de hermeticidad y entrada de humedad en los equipos, falsos contactos en el conmutador, terminales de salida partidas bajo nivel de aceite, diseño deficiente | Hay problemas internos, el transformador no funciona correctamente. Con exceso de humedad afecta el comportamiento dieléctrico del aislamiento conduciendo a un envejecimiento prematuro de los materiales aislantes. | -Revisar totalmente el transformador que todas las partes estén conectadas adecuadamente para evitar la entrada de humedad -Reportarlo inmediatamente al diseñador, para evitar que se produzca un corto circuito. |

HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI?

EMPRESA: Cia de luz y fuerza **Planta:** SUBESTACIÓN LA PAZ **FECHA:** 29/1/04

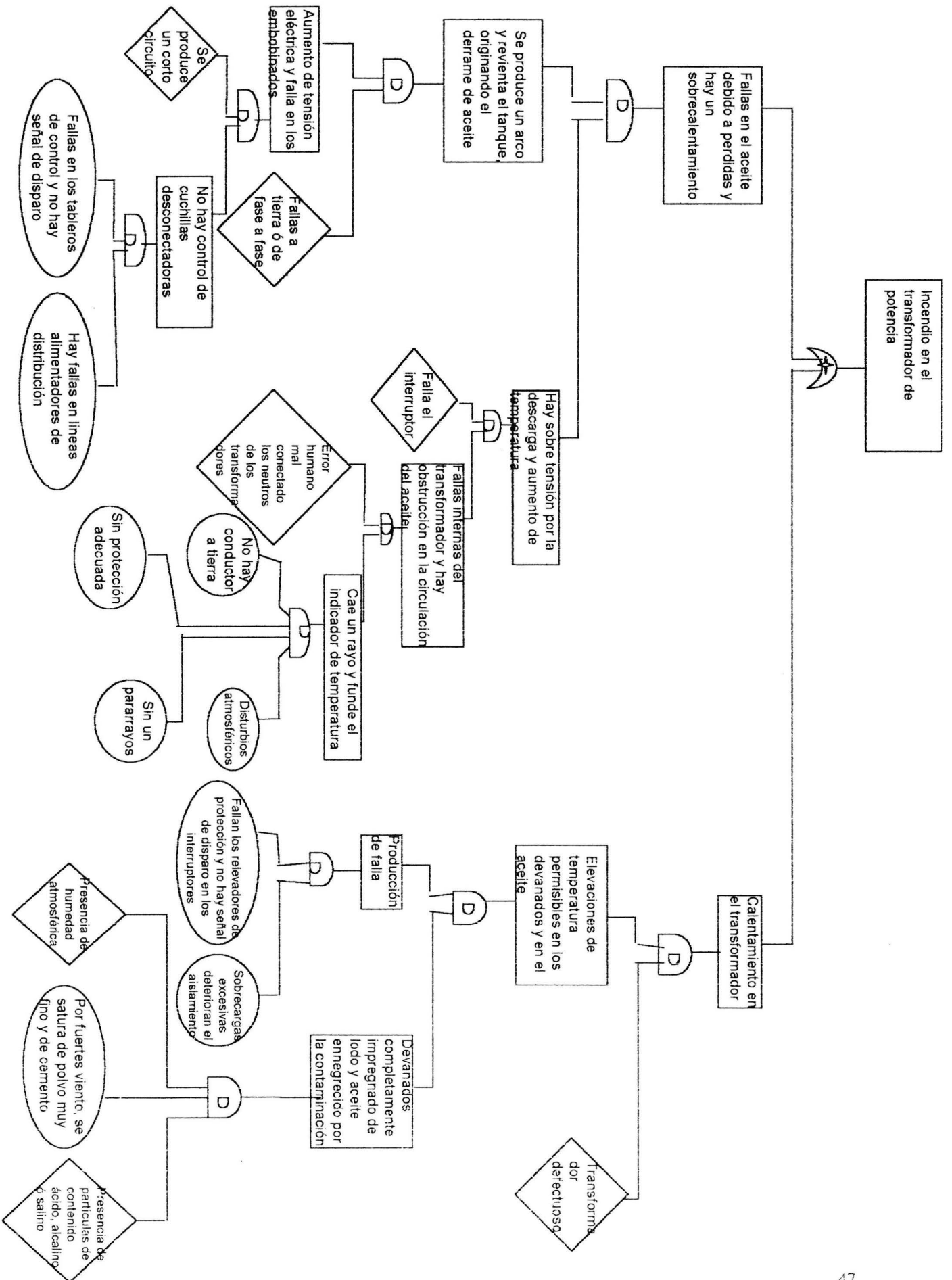
| ¿QUÉ PASA SI? | CONSECUENCIAS/ RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|
| En el transformador se satura de polvos | Debido que es zona de fuertes vientos, por lo cual levanta partículas gruesas de polvo, llegando ser arenosos y finos, éstos podrían penetrar al interior del transformador, provocando un aumento de calentamiento y por ende el corto circuito. También producen oxidación al transformador. | Se recomienda sopletear el transformador, tomando las medidas adecuadas ó anulando la energía durante la operación. |

HOJA DE TRABAJO DE:

¿QUE PASA SI ?

EMPRESA: Cia de luz y Fuerza **PLANTA:** Subestación la paz **FECHA:** 29/01/04

| ¿QUE PASA SI? | CONSECUENCIAS/RIESGOS | RECOMENDACIONES |
|--|---|--|
| <p>En el transformador hay fugas de aceite y en el interruptor fugas de hexafluoruro de azufre</p> | <p>Primero porque es un contaminante del suelo y es desperdicio de aceite, así como el SF6 que es un contaminante de la atmósfera y es cancerígeno. Segundo porque éstos pueden ocasionar un incendio si se llega a producir un corto circuito.</p> | <p>Es necesario tener mayor atención en estos componentes, chequear continuamente para evitar accidente, tener un detector de fuga de SF6.</p> |



CAPITULO III

RESULTADOS

En este trabajo se aplicó la técnica ¿qué pasa si? (WHAT IF..), debido que es utilizada durante las etapas de diseño de la subestación LA PAZ, así como durante el tiempo de vida o de operación, así mismo cuando se introduzca algún cambio ó mantenimiento de la misma, en donde se elaboró una serie de lista de áreas problema que bajo ciertas circunstancias pueden llevar a emergencias y sus medidas de mitigación. También se aplicó el ANÁLISIS POR ARBOL DE EVENTOS, esto se ilustra en la grafica de sucesos potenciales que pueden dar como resultado fallas de equipos o errores humanos, en donde se selecciono como evento culminante INCENDIO EN EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA, la cual es el componente principal de ésta subestación. El incendio en el transformador puede ser catastrófico para la misma subestación, en donde provocaría cortocircuito en varios componentes de la subestación, ocasionando serios daños costosos, daños a los trabajadores, al medio ambiente y al publico en general ya que son los que serian afectados por falta de energía eléctrica, motivo por lo cual se debe de evitar éste accidente.

CAPITULO IV

4.1.- CONCLUSIONES

Una vez construida la subestación eléctrica, deberá cuidarse que la operación se encuentre trabajando a su capacidad de 400 / 230 kv., así mismo evitar que se produzcan fallas, que la reparación se realice evitando interrupciones prolongadas, reducir pérdidas eléctricas, diferir inversiones y en la suma mejorar la calidad del servicio. Motivos por lo cual, en la subestación eléctrica "la paz" se aplicaron los métodos de análisis de riesgos, para la determinación de las fallas que se producen en ella., en donde se aplicó para protección de los trabajadores, así como, para protección de los equipos, donde se seleccionó como evento culminante " incendio en el transformador de potencia", debido que la corriente de cortocircuito, desarrolla energía que gasifica el aceite interno produciendo una onda de presión, o bien, un arco que por sí mismo puede reventar el tanque, originando un chorro de aceite en combustión. Así mismo si por desgracia hay disturbios atmosféricos, éste provoca cortocircuito, por su intensidad al hacer contacto con el aceite o parte del transformador, produce un aumento brusco de temperatura y como resultado el incendio.

4.2.- RECOMENDACIONES

Debido que esta subestación eléctrica es de alta potencia requiere de mayor cuidado, en particular, la compañía de luz y fuerza deberá capacitar al personal que puede intervenir en las maniobras de interferencia de carga, funcionamiento de la red y de mantenimiento.

En general, en la subestación se recomienda que:

- en días lluviosos, evitar circulación innecesaria de personal, debido que es zona de alta potencia, ya que el agua también es un buen conductor de electricidad y se puede producir fácilmente un choque eléctrico.
- Se deben instalar indicadores de falla, los cuales deben ser de señalización remota ó normales como mínimo.
- Se debe tener acceso fácil para equipos de prueba que generalmente se encuentran en vehículos y que son necesarios para localizar fallas o localizar fallas en toda la red.
- Para realizar trabajos de construcción, modificación, ampliaciones, operación de mantenimiento preventivo o correctivo será necesario tener disponible el acceso de personal las 24 horas del día, los 365 días del año.
- Se recomienda tener claramente la señalización por el área de acceso, indicando, tajantemente al personal que no rebase esa área, para evitar ser electrocutado.
- No permitir a nadie circular sin equipo de protección.
- Cuando se presenta una falla interna en el transformador, es necesario desconectarlo inmediatamente para evitar un daño mayor y/o preservar la estabilidad del sistema de potencia y la calidad de la energía.

- Revisar el concepto de protección, analizar el fenómeno de la saturación del transformador de corriente de la sobre excitación y la corriente de magnetización.
- Deben aplicarse las reglas específicas de ingeniería en el diseño de tierra adecuada para las descargas atmosféricas, debido que se ha tenido experiencia de casos donde los sistemas de tierra de un sistema de protección contra rayos no trabajó satisfactoriamente.
- Contar con un sistema contra incendio adecuado, debido que en ésta subestación existen varios puntos en donde se puede producir un incendio. Estos lugares pueden ser: Edificio de tableros, trincheras de cables, interruptores, transformadores de corriente y transformadores de potencia y principalmente en los transformadores de potencia.
- Debido que es una zona de fuertes vientos y es zona de terracería, por lo cual levanta partículas arenosas y finas de polvo, estos penetran en el interior del transformador, para esto se recomienda sopletear el transformador, tomando las medidas de seguridad necesarias.
- Revisar totalmente en el transformador que todas las partes estén conectadas adecuadamente para evitar la entrada de humedad, ya que con exceso de humedad afecta el comportamiento dieléctrico del aislamiento conduciendo a un envejecimiento prematuro de los materiales aislantes

4.3.- GLOSARIO DE TERMINOS

PELIGRO significa cualquier condición física, química o biológica capaz de causar daños a las personas o a la propiedad.

RIESGO. Es una función de probabilidad y consecuencia.

ANALISIS. DE RIESGOS. Es una disciplina que combina la evaluación del proceso desde el punto de vista de la ingeniería con técnicas matemáticas que permiten realizar estimaciones de probabilidades y consecuencias de accidentes. Los resultados del análisis de riesgos pueden ser utilizados para la toma de decisiones a nivel gerencial ó administración de riesgos, ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con los niveles de riesgos fijadas como objetivo en una determinada actividad.

CAUSA. Es la razón por la cual se pueden producir desviaciones, es decir es lo que hace que ocurra un accidente.

ACCIDENTE. Significa cualquier acontecimiento no planeado que implica una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema causando daño a las personas, al equipo, a los materiales y al medio ambiente y pueden ser accidentes menores o mayores.

CONSECUENCIA. Resultado de un evento no deseado, medido por sus efectos en los empleados, público en general, el medio ambiente, la producción, las instalaciones, equipo y maquinaria.

EVENTO DE RIESGO. Determinación de un evento hipotético en el cual se toma en consideración la ocurrencia de un accidente bajo condiciones determinadas, definido

mediante modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos ó materiales, las zonas potencialmente afectadas.

NORMAS. Es un conjunto de publicaciones editadas por organizaciones especializadas, que sirven de base en el diseño de instalaciones, equipos ó partes dentro de cualquier área de la ingeniería.

CHOQUE ELECTRICO. El elemento crítico en el choque eléctrico es el valor de la corriente eléctrica (amperes) que circula a través de la persona cuando ésta se sitúa en un circuito eléctrico.

ARCO ELECTRICO. Descarga eléctrica acompañada de elevadas temperaturas, y emisión de luz, que se produce entre dos electrodos separado por un medio aislante.

LEY DE OHM: $E = I R$

Uno de los principios básicos de la electricidad se conoce como la ley de ohms, que describe la siguiente relación:

La fuerza de presión (volts) para transmitir corriente a través de un conductor es igual a la velocidad de flujo de corriente (amperes) multiplicada por la resistencia (ohms) del conductor al flujo de la corriente.

DIELECTRICO. Material que impide la conductividad eléctrica.

1.4.- BIBLIOGRAFIA

- Libro. Diseño de subestaciones eléctricas.
Autor. José Raúl Martín
Editorial. McGraw-Hil

- Libro. Elementos de Centrales Eléctricas II.
Autor. Ing. Gilberto Enríquez Harper
Editorial. Limusa.

- Libro La Seguridad Industrial su Administración.
Autor. John V. Grimaldi, Ph. D. P. E., CSP
Editorial. Alfa omega

- Libro. Safety and accident prevention in chemical operations.
Autor. Howar H. Fawcett and William S. Wood

- Libro. Seguridad Industrial.
Autor. Roland P. Blake
Editorial. Diana

- Revista. Instituto de investigaciones eléctricas
Distribución de energía eléctrica
Vol. 26
Num. 5
Septiembre/Octubre de 2003

- Revista. Instituto de investigaciones eléctricas
Diseño y construcción de subestaciones y líneas de transmisión.
Vol. 26
Num.5
Septiembre/Octubre de 2003