



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTAMINACION EN LOS AISLADORES DE
DISTRIBUCION AEREO DE 23 (KV) EN LA
CIUDAD DE MEXICO



T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

ANGEL SALOMON TRUJILLO MENDEZ

FRANCISCO MEDINA SERNA

JOSE LUIS MONROY MARTINEZ

JOSE MANUEL ORTEGA GALINDO

DIRECTOR DE TESIS: M.I. LEOPOLDO GONZALEZ GONZALEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A nuestra Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación profesional que nos brindó y por ser parte de nuestra vida.

A los profesores que durante el camino de nuestra vida profesional nos transmitieron sus conocimientos y experiencias.

A nuestro asesor, quien nos brindó su apoyo y dedicación para la culminación de nuestra tesis.

M. en I. Leopoldo González González

Gracias.

Compañía de Luz y Fuerza del Centro, sucursal Salónica.

*Ing. Antonio Suárez Nájera
Ing. Herminio Alonso Juárez*

Por su tiempo y apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis. Gracias por sus consejos.

José Luis, Francisco, Angel Salomón y José Manuel.

A mis padres.

Leopoldo y Carmen

Con profundo amor y respeto, por el apoyo, esfuerzo y comprensión que me brindaron durante mis estudios y culminación de esta etapa de mi vida.

A mis hermanos.

Leonardo, Enrique, Esperanza, Sergio, Angélica y Alejandro.

Por su apoyo total y desinteresado que me impulso a dar un paso tan importante en mi vida. Los quiero.

A mis sobrinos.

Esperanza, Miriam, Pamela, Carmelita, David, Anita, Angel Nancy, Polito, Casandra y al que viene en camino.

Esperando puedan tomarlo como ejemplo y estímulo en su vida futura.

A mis cuñados.

Jaime, Carmen M., Carmen P., Beatriz M. y Beatriz A:

Por su afecto, gracias.

A Ruth.

Quien motivó e impulsó a concluir un propósito de mi vida.

A mi primo Antonio.

Por su ayuda y apoyo incondicional en la elaboración de esta trabajo. Muchas gracias.

A mis familiares y amigos.

Por su apoyo y ánimo desinteresado para la terminación de mi objetivo.

José Luis

A mis padres.

Josefina y José

Por sus principios y ejemplos que nos han inculcado.

A Eva, mi compañera y esposa.

Por su amor y comprensión incondicional; por que logremos crear juntos lo que toda pareja desea, un hogar de felicidad.

A mis hermanos;

*Emilia, José, Jesús, Misael, Manuel, Eduardo, Socorro, Abel, Jorge, Amparo
Hermelinda, Octavio y Lucía.*

Por ser como son; hermanos y amigos, un apoyo incondicional.

A todos mis sobrinos.

Por que encuentren siempre un estímulo en las cosas que hagan en su vida.

A mis amigos, todos

Por el apoyo de hoy y siempre.

Francisco

A mi madre.

María Guadalupe

Con todo mi amor y respeto, por todo el apoyo y confianza que siempre me ha brindado, especialmente durante mis estudios y por hacer crecer en mí con su ejemplo, el deseo de superación y que me ha permitido culminar una de las etapas más importantes de mi vida, mil gracias por todo el esfuerzo que ésto ha representado para ti mamá.

A mi esposa.

Aída Carolina

A quien amo profundamente, por todo lo que siempre ha representado en mi vida y por todos los momentos maravillosos que hemos compartido y que ahora me permiten alcanzar esta meta juntos. Gracias por todo ese amor, mi cielo.

A mis hermanos.

Eufracia, Gabriel, Irene, Emma, Martín, Rubén, Adelina y Aarón.

Por su apoyo y cariño de siempre y por alentar en mí esas ansias de superación que me impulsaron a lograr este objetivo tan importante en mi vida, y de quienes me siento muy orgulloso. Muchas gracias hermanos.

A mis suegros.

Victor Manuel y Carolina

Con mucho cariño y respeto, por todo el estímulo y comprensión que en todo momento me han demostrado. Muchas gracias por su amabilidad y afecto.

A mis cuñados.

Octavio, Víctor Manuel, Claudia, Verónica, Fernando y Ulises.

Por todo el afecto que me han demostrado siempre y por permitirme alcanzar esta meta a su lado.

A mis sobrinos y ahijados.

Con todo mi amor y cariño, y con la esperanza de que vean este logro como ejemplo de superación.

Angel Salomón

A mis padres.

José y Juanita

Con amor y respeto, por el apoyo que me brindaron durante mis estudios, depositando en mi toda su confianza.

A mi esposa.

Irma

Quien con su amor, comprensión y paciencia me dió fuerza y ánimo para la culminación de este trabajo.

A mis hijos.

Sandy Yukari, Sindy Lucero y José Emanuel

Por el amor y cariño que les tengo, siendo parte de mi vida.

A mis hermanos.

Eulalio, Israel, Socorro, Ma. de Jesús, Felicitas, Paquita, Margarita y Polo.

Que con su apoyo total y desinteresado me impulsaron a escalar para obtener éxitos en mi vida.

José Manuel

INDICE

INTRODUCCION	Página
	1

CAPITULO PRIMERO

Fenómenos Eléctricos del Aislador en el Sistema de Distribución

1.1	Arco Eléctrico.	11
1.1.1	Descarga Disruptiva.	11
1.1.2	Ionización.	11
1.2	Efecto Corona.	11
1.2.1	Descarga Luminosa.	12

CAPITULO SEGUNDO

Analisis de la Contaminación

2.1	Zonas de Estudio.	15
2.2	Definición de Contaminación.	17
2.3	Fuentes Contaminantes.	18
2.4	Características de los Principales Contaminantes del Aire.	19
2.5	Principales Ramas Industriales de Mayor Emisión de Contaminantes.	21
2.6	Normas Ecológicas de los Niveles Máximos de Emisión de Contaminantes.	21
2.7	Normas Técnicas Ecológicas (NTE) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para la Medición de Emisión de Contaminantes.	25

CAPITULO TERCERO

Definiciones y Características de los Aisladores

3.1	Definición de Aislador.	29
3.2	Clasificación de Materiales de los Aisladores.	29
3.3	Características de los Aisladores.	30
3.3.1	Distancia de Fuga.	31
3.3.2	Perfil.	31
3.3.3	Posición.	38
3.3.4	Diámetro.	38

3.4	Tipos de Aisladores Utilizados en el Sistema Eléctrico de Distribución-Aéreo de 23 [Kv].	39
3.5	Normatividad de los Aisladores.	51
3.5.1	Clasificación de Tipos de Prueba.	51
3.5.2	Criterios para la Aplicación de Pruebas y Criterios de Evaluación de los Aisladores.	54

CAPITULO CUARTO

Efectos de la Contaminación en Aisladores.

4.1	Clasificación de la Capa Contaminante.	57
4.1.1	Factores en la Formación del Depósito Contaminante.	58
4.2	Humectación de la Capa Contaminante.	60
4.3	Crecimiento de las Corrientes de Fuga.	62
4.4	Flameo de los Aisladores.	63
4.5	Otros Efectos; Degradación en los Aisladores Sintéticos.	66
4.5.1	Degradación por Radiación Solar.	67
4.5.2	Degradación por Oxidación.	68
4.5.3	Degradación por Esfuerzos Eléctricos.	69
4.5.4	Degradación por Ozonólisis.	70
4.5.5	Efecto Sinérgico.	70
4.6	Métodos de Medición de la Contaminación en Aisladores.	72
4.6.1	Densidad Equivalente de Sal en el Depósito (DESD).	72
4.6.2	Conductividad Superficial [uS].	73
4.6.3	Conteo de Pulsos.	76
4.7	Ejemplo de Cálculo de Diseño por Contaminación para Aisladores.	76

CAPITULO QUINTO

Soluciones Propuestas al Problema de Contaminación en Aisladores del Sistema de Distribución Aéreo de 23 [KV].

5.1	Soluciones Técnicas para Industrias Emisoras de Contaminantes.	85
5.1.1	Control de Partículas.	85
5.1.2	Proceso de Eliminación de Gases.	96
5.2	Acciones para Combatir y Prevenir la Contaminación Ambiental.	98
5.3	Medidas para Contrarrestar los Efectos de la Contaminación en los Aisladores.	102
5.3.1	Medidas Correctivas.	103
5.3.2	Medidas Preventivas.	104
5.3.2.1	Limpieza y Lavado de los Aisladores.	105
5.3.2.2	Sobreaislamiento.	109
5.3.2.3	Diseño de Aislamientos.	110

5.3.2.4	Recubrimientos Superficiales.	112
5.3.2.5	Aisladores Estabilizados con Esmaltes Resistivos.	115
5.3.2.6	Materiales Sintéticos Aplicados en el Aislamiento de las Líneas Aéreas.	115
5.3.2.7	Empleo de Aisladores Semiconductores.	118
5.3.2.8	Aislador Tipo Alfiler de Concreto Polimérico Antiestático.	118
5.3.2.9	Conjunto Aislador A 56-2 y Alfiler 236 Modificado.	119
5.3.2.10	Aislador Alfiler A 56-2 NGK.	121

CAPITULO SEXTO

Análisis Económico de los Efectos de la Contaminación.

6.1	Costos de Mantenimiento.	124
6.2	Pérdidas de Facturación.	125
6.3	Pérdidas por Corriente de Fuga.	125
6.4	Fuentes de Información.	126
6.5	Estudio Técnico Económico por contaminación en Aisladores.	127
6.5.1	Costo Total del Mantenimiento Correctivo "CT _{MC} ".	127
6.5.1.1	Costo Total por Labor "CT _L ".	127
6.5.1.2	Número de fallas "N _f " atendidas por jornada de trabajo	128
6.5.1.3	Costo de la Energía Dejada de Vender "EDV".	129
6.5.1.4	Costo Total del Material "CT _{mat} ".	130
6.5.2	Costo Total del Mantenimiento Preventivo con Línea Viva "CT _{MPLV} ".	131
6.5.2.1	Costo Total por Labor "CT _L ".	131
6.5.2.2	Número de Maniobras "N _m " Atendidas por Jornada de Trabajo.	132
6.5.2.3	Costo Total del Material "CT _{mat} ".	133
6.5.3	Análisis Comparativo.	134
6.6	Ejemplo de Pérdidas de Producción por Interrupción Eléctrica en la Industria (Uniroyal).	135

CONCLUSIONES	137
---------------------	-----

APENDICE # 1	141
Tipo de Aisladores Utilizados en el Sistema Eléctrico de Distribución Aéreo de 23 [KV].	

APENDICE # 2	175
Normatividad de los Aisladores.	

NOMENCLATURAS Y GLOSARIO	187
---------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA.	192
----------------------	-----

OBJETIVO

Analizar los efectos de la contaminación en los aisladores de distribución aéreo de 23 [KV]

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se encuentra localizada en una cuenca a 2,240 [m] sobre el nivel del mar; está rodeada de montañas de hasta 5,200 [m] de altura y su temperatura anual oscila entre 10 y 20°C; tiene una densidad promedio de 9 a 14 descargas (rayos) por Km² al año, la precipitación media anual es de 777 [mm] y se distribuye principalmente en los meses de mayo a octubre.

Su área abarca aproximadamente 2,110 [Km²], en la que circulan cerca de tres millones de vehículos automotores y habitan alrededor de 15 millones de personas.

La población en los últimos años se ha redistribuido, con una tendencia a moverse de las áreas centrales hacia las periféricas. Aunque la tasa de crecimiento se ha reducido, se calcula que para el año 2,010 la población excederá los 20 millones.

La ZMCM constituye, además, un polo industrial resultante de la activa expansión de ese sector ocurrida a partir de la década de 1940 y acentuada en la década de 1970, lo cual ha dado lugar a que se asienten en el área alrededor de 25 mil industrias, aunque el crecimiento tiende a disminuir.

La composición de las fábricas en la ZMCM comprende:

1) Alimentos y bebidas	32 %
2) Maquinaria en general	21 %
3) Madera	7 %
4) Química y petroquímica	7 %
5) Cemento y cerámica	3 %
6) Metales	3 %
7) Otras	27 %

En la ZMCM se consumen diariamente 43 millones de litros de combustibles. El 28 % de los combustibles se utiliza en la industria y los servicios, 7% en las termoeléctricas, 11% es para el consumo doméstico y el restante 54% lo consume el transporte.

Los vientos dominantes entran a la Ciudad de México corriendo en dirección de norte a sur. Esta disposición del viento provoca que los humos y polvos de la zona industrial al norte de la ciudad sean trasladados hacia la misma, combinándose con la contaminación generada dentro de ella. Esta contaminación es transportada para ir a chocar con las montañas del Ajusco donde pierden velocidad y son flexionales hacia el sureste por el corredor Tulyehualco-Chalco.

Las redes de distribución, en donde el sistema aéreo es aproximadamente de 10,000 [Km] y con un incremento de 1.5 % anual, deben de estar diseñados para entregar la energía en los puntos donde va a ser utilizada sin interrupciones y a un costo razonable.

Las fallas en los sistemas de distribución se pueden clasificar en dos grandes grupos que son:

- 1) Fallas transitorias o instantáneas.
- 2) Fallas permanentes.

1) Las fallas transitorias o instantáneas son consideradas las menores a 5 [min]: en últimas estadísticas se registraron alrededor de 7,500 fallas instantáneas al año y representan el 75 % del total.

Las causas más comunes de fallas transitorias son:

- a) Lluvia.
- b) Tormenta.
- c) Contacto entre conductores en forma instantánea.
- d) Flameo en aisladores.
- e) Arqueo debido a la contaminación ambiental.
- f) Falsos contactos.
- g) Sobrecorrientes instantáneas.
- h) Contacto de objetos extraños (objetos colgados, ramas, aves, etc.).

2) Las fallas de tipo permanente representan un 25 % y son aquellas que persisten sin importar con que rapidez se abre el circuito. Se registraron alrededor de 2,500 fallas al año, siendo las causas siguientes las más comunes:

- a) Contacto sólido entre conductores.
- b) Contacto sólido de conductor (es) a tierra.
- c) Degradación del aislamiento.
- d) Sobrecargas permanentes.

- e) Vandalismo (daño a equipo causado por terceros).
- f) Fallas de equipo.
- g) Fraude.
- h) Conexiones erróneas.
- i) Mano de obra deficiente.

Las fallas permanentes son menores en cantidad, pero acumulan tanto tiempo de interrupción como las transitorias.

Debido a su gran densidad demográfica e industrial, condiciones meteorológicas, perfil del suelo y fuentes contaminantes, el problema de la contaminación atmosférica de la Ciudad de México presenta características particulares.

Las áreas de mayor incidencia de fallas causadas por contaminación son las zonas industriales.

Toda salida de servicio de energía de una línea de distribución, afecta la producción de la industria y redundante también en la falta de ingresos durante ese lapso por parte de la compañía que suministra el servicio eléctrico, además de gastos causados por las reparaciones.

Como se observa, uno de los principales problemas a los cuales se encuentran sujetos los sistemas eléctricos de potencia, es la contaminación ambiental del aislamiento eléctrico (aisladores) de las líneas de distribución, tomando en cuenta que el sistema eléctrico en sí depende de las condiciones de su aislamiento, y cuando éste es dañado por efecto de contaminación disminuye la resistencia eléctrica de la superficie en el aislamiento externo.

La acumulación de polvo es un tipo de problema general en todo el sistema. En la época de estiaje, el polvo se va depositando en los aisladores, por tanto la acumulación es mayor al principio de la temporada de lluvias y esto provoca fallas en la operación de servicios en la red de distribución.

La formación de depósitos contaminantes en aisladores propician flujos de corrientes de fuga sobre su superficie, esto conduce a la aparición de diversos tipos de descargas eléctricas, las cuales dependen de las condiciones ambientales de la zona y de las características químicas y físicas de los contaminantes.

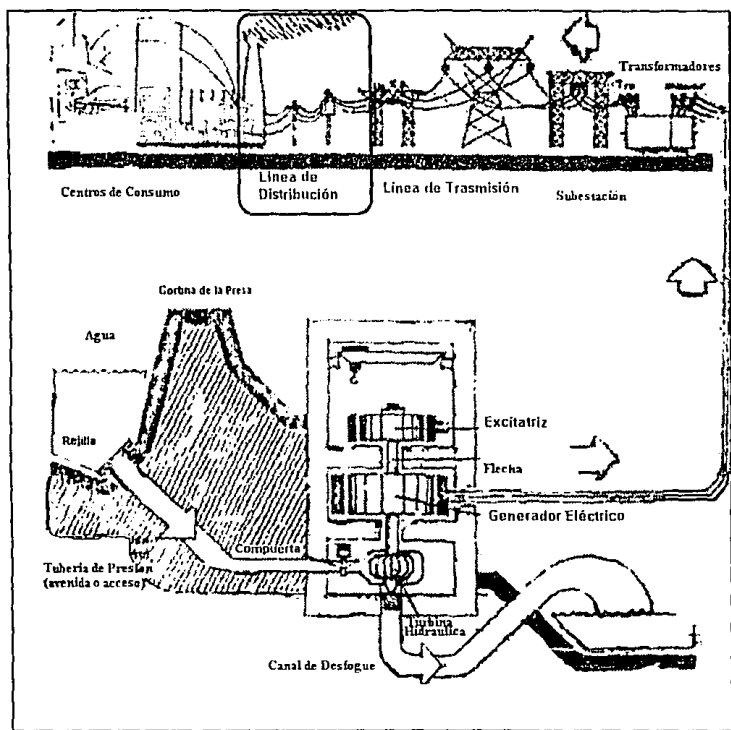
Actualmente existen programas y servicios de mantenimiento sobre aisladores, y el objeto del presente trabajo, es proponer algunas alternativas de solución para contrarrestar el problema de la contaminación en los mismos hasta donde sea posible.

Será preciso evaluar las pérdidas por mantenimiento (facturación) debidas a los efectos de la contaminación, así como las interrupciones originadas por este problema. Estos conceptos son importantes, pues a medida que se determinan soluciones nos sirven como punto de referencia para un mejor diseño que automáticamente redundará en mejor servicio y confiabilidad.

Existen dos formas de atacar el problema: primero, reduciendo hasta donde sea posible las fuentes de contaminación lográndolo a través de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) con la aplicación de normas más estrictas para el funcionamiento de las industrias y, la segunda, es mejorando los conceptos de aislamientos.

Debido a la expansión de las redes de distribución de energía eléctrica en el área metropolitana, se considera necesario prever las instalaciones de nuevas redes, tomando en cuenta las precauciones necesarias relacionadas con el problema de la contaminación.

A continuación se presentan algunos diagramas que muestran la zona en estudio de la red de distribución aérea de 23 [KV] de la Ciudad de México.



Se observa en recuadro la zona en estudio.

Diagrama esquemático: Generación de energía eléctrica y sistema de conducción hasta los centros de consumo.

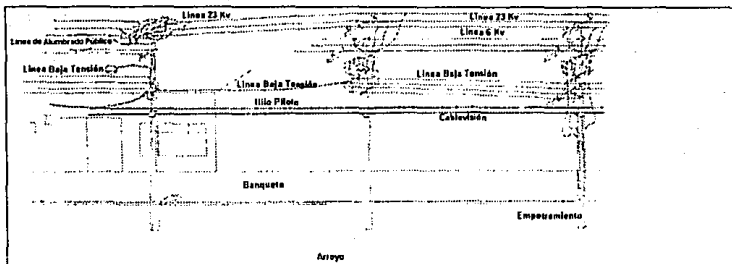


Diagrama esquemático: Ampliación de la zona en estudio, red de distribución aérea de 23 [KV].

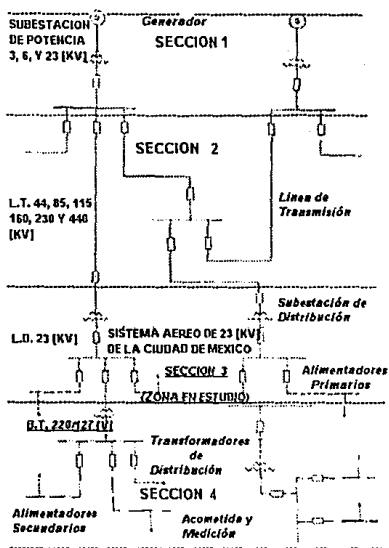


Diagrama unifilar de un sistema eléctrico

Del diagrama anterior tenemos:

Sección 1: Generador y subestación de potencia, 3,6 y 23 [KV].

Tipo de aisladores utilizados: 1) De pedestal.
2) De cadena o suspensión.

Sección 2: Línea de transmisión, 44, 85, 115, 160, 230 y 440 [KV].

Tipo de aisladores utilizados: 1) De cadena o suspensión.

Sección 3: Línea de distribución (Red primaria) y subestación receptora (reductora), 6 (en desuso) y 23 [KV].

Tipo de aisladores utilizados: 1) Alfiler.
2) De cadena o suspensión.

(Esta sección representa la zona en estudio).

Sección 4: Línea de distribución (Red secundaria), 127 y 220 [V].

Tipo de aisladores utilizados: 1) De carrete.

CAPITULO PRIMERO

Fenómenos Eléctricos del Aislador en el sistema de Distribución

CAPITULO I

FENOMENOS ELECTRICOS DEL AISLADOR EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION

La falla eléctrica de un aislador es la que se origina por una **descarga disruptiva**, como es el fenómeno del "**arco eléctrico**", la cual altera sus condiciones de operación reduciendo o suspendiendo su funcionamiento normal.

1.1 ARCO ELECTRICO

Es una descarga disruptiva violenta alrededor o a través de la superficie de un aislador.

Un arco eléctrico esta precedido siempre por una ionización, un proceso en que la atmósfera circundante actúa como conductor. Este proceso puede ocurrir debido a caminos de descarga formulados por un polvo; la humedad de los aisladores; altas temperaturas tales como las ocasionadas por un arco cercano; sobrevoltajes de operación, o por descargas atmosféricas. Aunque la corriente a través de los caminos de descarga puede no ser apreciable, el arco y las chispas eléctricas producidas pueden ionizar la atmósfera circundante y ocasionar un arco eléctrico, extendiéndose para buscar un camino a tierra.

1.1.1 DESCARGA DISRUPTIVA

El término descarga disruptiva se utiliza para designar el conjunto de fenómenos asociados a la falla de un aislador bajo el efecto de un campo eléctrico (región del espacio donde existe electricidad capaz de ejercer una fuerza), incluyendo una fuerte caída de tensión y el paso de una corriente determinada.

1.1.2 IONIZACION

Es el rompimiento de las moléculas del aire o de un gas por un campo eléctrico intenso dando como resultado la formación de iones (átomo, molécula o grupo de moléculas que poseen carga eléctrica) que se desplazan en forma de descarga.

1.2 EFECTO CORONA

Es una descarga eléctrica luminosa, ocasionada por la ionización de la atmósfera que rodea los conductores de alto voltaje. Se manifiesta por luminiscencia o penachos azulados que aparecen alrededor del conductor, así como de un sonido silbante.

Su efecto más nocivo es la producción de ozono (O_3) y óxidos de nitrógeno, los cuales ocasionan deterioro químico de los aislamientos orgánicos. El ozono, es un agente oxidante extremadamente potente que además de dañar el aislamiento, rápidamente oxida los metales, tales como el cobre y el hierro.

1.2.1 DESCARGA LUMINOSA

Es una descarga automantenida caracterizada por una emisión secundaria del cátodo (electrodo por la que la corriente deja al sistema acompañado de un flujo de electrones), la cual es mayor que la emisión termoeléctrica debido a una caída de voltaje considerable (70 volts o más) y por una densidad de corriente en el cátodo (del orden de mA/cm^2).

CAPITULO SEGUNDO
Análisis de la Contaminación

CAPITULO II

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN

En el caso de los fenómenos del transporte y la dispersión de contaminantes en la atmósfera, sin tomar en cuenta los procesos químicos, el problema todavía bastante complicado, ya que involucra múltiples aspectos térmicos y mecánicos no lineales y fuera de equilibrio. La representación matemática correcta de estos fenómenos y sus múltiples interacciones (aire-agua-tierra) requiere de un gran número de ecuaciones diferenciales parciales, no lineales, cuya solución analítica es demasiado compleja con las matemáticas disponibles actualmente, y cuya solución numérica no es posible con los métodos numéricos ordinarios, ni aun con los poderosos equipos de super-cómputo que existen hoy en día.

El análisis de las escalas de longitud involucradas en el flujo turbulento atmosférico, muestra que la mayoría de las situaciones típicas de la capa límite planetaria están asociadas con escalas de longitud que van desde milímetros hasta cientos de metros.

Debido a ello, la malla requerida para el cálculo numérico, en el caso de un problema de dispersión de contaminantes que involucra una región que se extiende horizontalmente sobre un área de 10 [Km] x 10 [Km] y verticalmente hasta alturas de 1 [Km], debería contener del orden 10^{20} nodos para resolver todas las fluctuaciones además de que la solución de este problema involucra condiciones iniciales y de frontera un tanto complejas. Por lo tanto, un enfoque honesto y limpio del problema resulta francamente imposible, al menos con las herramientas matemáticas, numéricas y computacionales disponibles en estos días.

Para superar dichas dificultades, se han desarrollado una gran cantidad de técnicas prácticas basadas en datos experimentales de campañas meteorológicas de monitoreo de la calidad del aire, y de emisiones en los sitios de interés y sus alrededores.

Esta información es para la elaboración de métodos en los que las ecuaciones, o partes de las ecuaciones que gobiernan el comportamiento del fenómeno, son sustituidas por expresiones empíricas o semi-empíricas a fin de obtener un problema más simple y fácil de resolver. Sin embargo, todos los modelos de este tipo, deben someterse a un proceso de calibración antes de ser utilizados para los estudios de la contaminación atmosférica y su impacto sobre el medio ambiente. Estos modelos, además, requieren de la especificación de un número de parámetros característicos de las fuentes emisoras, de la micrometeorología del lugar donde se ubican, y de la complejidad del terreno en sus alrededores.

Los métodos producen como salida, estimaciones de las concentraciones de contaminantes en el ambiente para ciertos tiempos de promediación y ciertos puntos específicos de los alrededores, conocidos como receptores. Los resultados pueden ser utilizados para analizar el impacto y los efectos de los contaminantes sobre los sitios receptores, los cuales pueden distribuirse geográficamente sobre áreas que van desde muy pequeñas hasta muy grandes, dependiendo de la escala espacial del problema y del alcance del modelo utilizado.

2.1 ZONAS DE ESTUDIO

En el Valle de México, zona donde la contaminación atmosférica es particularmente dañina a las instalaciones eléctricas y debido al acelerado desarrollo que ha sufrido el área metropolitana se han considerado tres zonas:

Zona Norte
Zona Sur
Zona Oriente

A pesar de que las condiciones generales de nuestra ciudad se han empeorado año con año, el tiempo de interrupción por usuario a sido disminuido en forma general en las tres zonas, pero las interrupciones tanto instantáneas como mayores no corresponden a esa tendencia, lo que implica que los programas de mantenimiento preventivo han contribuido a disminuir el tiempo de las interrupciones pero no han ayudado a disminuir su número.

En la tabla 2.1, se muestran las causas y efectos a los sistemas de distribución aérea por las condiciones del entorno o el medio ambiente.

Condiciones del entorno o medio ambiente	Repercusión al sistema de distribución aérea	
	Causas	Efectos
Heterogeneidad social, cultural y económica	Alto índice de postes chocados y golpeados.	Pérdida de solidez mecánica Cruzamiento y/o rotura de conductores aisladores, puentes, etc.
	Vandalismo.	Pérdida de aislamiento, daños a otros componentes y robo de conductor.
	Objetos arrojados a las líneas.	Corto circuito, líneas rotas.
Uso no reglamentado de la vía pública.	Papalotes entredados entre conductores, aisladores y herrajes.	Corto circuito, líneas rotas, aisladores flameados o dañados.
	Desarrollo irregular de zonas arboladas.	Corto circuito por interferencia de ramas con conductores.
	Construcción de obras en proximidad a las líneas.	Corto circuito producido por varillas alambres, etc.
Canales de aguas negras a cielo abierto	Desprendimiento de anuncios.	Corto circuito, líneas rotas, aisladores dañados, postes descabezados.
	Depósitos de basura a cielo abierto.	Corto circuito y daños al aislamiento externo (aisladores).
Industrial	Gases contaminantes.	Deterioro de aislamiento de aisladores, conductores, conectores, etc.
	Emisión de partículas.	Envejecimiento prematuro de componentes del sistema aéreo.
Alto flujo vehicular	Postes golpeados o chocados.	Pérdida de solidez mecánica, cruzamiento y/o rotura de conductores, aisladores, etc.
	Tránsito lento.	Mayores tiempos de interrupción por dificultad para el desplazamiento de vehículos para atender fallas.
	Programa Hoy no Circula.	Reducción de vehículos para atención de trabajos.
Crecimiento desordenado de la mancha urbana	Asentamientos humanos irregulares.	Fraudes, corto circuito, sobrecargas, operaciones incorrectas.
	Demanda desproporcionada del servicio de energía eléctrica.	Planeación deficiente del crecimiento y mantenimiento del sistema de distribución.
Ciclos climatológicos	Heladas, lluvias con fuertes ráfagas de viento, Vientos huracanados.	Imprecisión en la planeación de trabajos de mantenimiento preventivo.
	Descargas atmosféricas.	
Condiciones de suelo	Zonas rocosas.	Flameo y deterioro de aisladores.
	Zonas salitrosas.	Deterioro rápido de postes.
	Zonas con terrenos muy blandos.	Pérdida de solidez mecánica de las instalaciones.
Leyes de protección Ecológica	Limitación para efectuar poda de árboles.	Interferencia de ramas efectiva o potencial con las líneas afectando su continuidad por corto circuito o por efectos mecánicos al proyectarse sobre ellas.
Atura a n m	Indisponibilidad de aislamientos adecuados.	Corto circuito por daño en los aislamientos.
Condiciones Geológicas	Sismos.	

Tabla 2.1 Causas y efectos al sistema de distribución aérea por las condiciones del entorno o medio ambiente.

2.2 DEFINICION DE CONTAMINACIÓN

La contaminación es la presencia de sustancias que normalmente no componen la atmósfera, la cual está constituida aproximadamente, como lo indica el siguiente análisis, para una mezcla de gases secos, siendo los porcentajes en volumen:

Oxígeno (O ₂)	20.94 %
Nitrógeno (N)	78.09 %
Argón (Ar)	0.93 %
Bióxido de carbono (CO ₂)	0.03 %
Total	99.99 %

El aire contiene además otros gases en pequeñas cantidades principalmente gases nobles (Neón, Helio y Criptón) además de vapor de agua.

Cualquier sustancia que no forme parte de los elementos gaseosos normales del aire constituye contaminante del mismo. Los contaminantes del aire son:

- a) Partículas
- b) Gases orgánicos
- c) Gases inorgánicos
- d) Otros

En el punto 2.4 se mencionan con más detalle las características de estos contaminantes.

2.3 FUENTES CONTAMINANTES

Las fuentes de contaminación atmosférica se pueden clasificar en dos categorías:

a) Fuentes Naturales.

Siempre han existido y provienen del suelo (en forma de polvo), de las funciones de plantas y animales, como consecuencia de los procesos físicos y químicos que ocurren en la atmósfera e inclusive del espacio exterior (polvo meteórico).

Rara vez son nocivos, más aún, a menudo son benéficos. Sin polvo atmosférico, por ejemplo, nunca caería lluvia ni nieve. La naturaleza maneja sus propias formas de contaminación ambiental.

Los contaminantes más pesados se separan pronto del aire. La lluvia limpia la atmósfera de polvo y otras impurezas; varios ciclos naturales contribuyen a mantener el equilibrio químico de la atmósfera, por ejemplo, las plantas absorben bióxido de carbono del aire y liberan oxígeno.

Durante la fotosíntesis, las plantas verdes aspiran bióxido de carbono y exhalan vapor de agua y oxígeno. El vapor de agua sube a la superficie de ríos, mares y lagos. El exceso de agua se separa de la atmósfera como rocío, lluvia y nieve.

Los volcanes, incendios y tormentas de tierra proporcionan al aire vapor de agua, bióxido de carbono y polvo.

b) Fuentes Artificiales.

Son producidas por el hombre, y su origen se clasifican en dos; fuentes fijas y fuentes móviles.

Las fuentes fijas son aquellas fuentes de contaminación atmosférica que permanentemente actúan sobre un sitio o región, por ejemplo: industrias, chimeneas, incineradores, comercios, servicios, construcciones y excavaciones.

Las fuentes móviles son aquellas que constantemente se desplazan y cambian de lugar de acción, por ejemplo: automóviles, camiones y aviones.

Las fuentes artificiales descargan contaminantes en el aire a una velocidad creciente.

El problema se agrava en las ciudades, como por ejemplo en la Ciudad de México donde esta emisión de contaminantes es superior a la dispersión o difusión provocando una acumulación de los mismos, la contaminación atmosférica disminuye al cesar la causa que los origina, se diluye con el movimiento del aire y decrece con la lluvia; sin embargo la contaminación es favorecida por ciertas condiciones como las siguientes:

a) Topografía

El Valle de la Ciudad de México influye en la dirección y movimiento del aire.

b) Las inversiones térmicas

La formación de capas atmosféricas de mayor temperatura, y por lo tanto de menor densidad que la inmediata inferior, impiden la salida de contaminantes.

c) La humedad

Ocasiona que algunos contaminantes reaccionen con ésta, formando compuestos más reactivos y dañinos.

d) La luz

Aunque siempre existe, favorece reacciones que dan lugar a compuestos más irritantes y a veces cancerígenos.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE

Los contaminantes del aire se pueden clasificar en tres categorías:

- 1) Partículas:** Son líquidos o sólidos que existen como partículas pequeñas que son suficientemente livianas para permanecer cierto tiempo suspendidas. Las partículas sólidas incluyen polvo, hollín y cenizas metálicas (como plomo, níquel, cadmio, berilio, etc.).
- 2) Gases inorgánicos:** Incluyen óxidos de carbono; azufre; nitrógeno y sustancias como cloro. amoniaco, etc.
- 3) Gases orgánicos:** Incluyen hidrocarburos como el metano; benceno; acetileno y etileno, aldehidos; acetonas; ácidos orgánicos; etc.
- 4) Otros:** Radiación solar; ultravioleta; etc.

Los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México son:

a) Bióxido de nitrógeno (NO₂): Es el emitido tanto por fuentes fijas como por fuentes móviles. Se produce principalmente por la combustión de gasolinas en vehículos automotores y de otros combustibles utilizados en plantas de energía y plantas industriales. Son de color café amarillento, reaccionan con la luz solar y son precursores en la formación de oxidantes fotoquímicos como el ozono. Para controlarlo se está sustituyendo el combustible por gas natural.

b) Ozono (O₃): La atmósfera de la Ciudad de México es altamente reactiva lo cual propicia la formación de ozono al acelerar la reacción entre sus precursores, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos presentes en la atmósfera. El ozono es un contaminante secundario, es decir, no se emite directamente de ninguna fuente, es un gas incoloro y en combinación con otros contaminantes forma el "smog" fotoquímico.

El ozono es producido por la combinación de compuestos químicos en el aire y la luz solar. En las áreas urbanas, estos químicos provienen principalmente de las emisiones del escape de los automóviles, de plantas de energía y plantas industriales. Las acciones llevadas a cabo para disminuir las concentraciones de este contaminante han sido las de introducir gasolina sin plomo al mercado de la Ciudad de México y disminuir el contenido de plomo en la gasolina restante.

c) Monóxido de carbono (CO): Es uno de los contaminantes más frecuentes, sin embargo su producción dentro de la industria por combustión en fuentes estacionarias es únicamente una fracción de las emisiones totales de este contaminante, siendo sus principales emisores los vehículos de motor.

Es un gas incoloro e inodoro. Puede convertirse en un contaminante muy peligroso a altas concentraciones y exposiciones muy prolongadas. Es producido principalmente por la combustión incompleta de las gasolinas utilizadas en vehículos automotores.

El uso de gasolinas oxigenadas, introducidas en 1989, permite reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, ya que ayudan a mejorar la combustión a la altura de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

d) Bióxido de azufre (SO₂): Gas que puede percibirse fácilmente por su fuerte olor picante. Proviene principalmente de las chimeneas de plantas industriales y plantas generadoras de energía donde se utilizan combustibles pesados y carbón.

e) **Partículas Suspendidas Totales (PST):** Pequeñas partículas de polvo y humo que se encuentran suspendidas en el ambiente. Son los contaminantes físicos que cumplen con las características de poder ser recolectados al pasar una corriente de gas a través de un filtro. Proviene de muchas fuentes como: vehículos a diesel, plantas industriales, erosión eólica, tolvaneras, etc.

2.5 PRINCIPALES RAMAS INDUSTRIALES DE MAYOR EMISIÓN DE CONTAMINANTES

Considerando a los elementos contaminantes que más afectan el buen funcionamiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica en la Ciudad de México. A continuación se mencionan las ramas industriales que más afectan dichos sistemas. Están ordenadas de acuerdo a su orden de importancia y de acuerdo a cada contaminante.

ORDEN	NOx	SOx	MP
1º	Termoeléctrica	Cemento	Asfalto
2º	Cemento	Termoeléctrica	Termoeléctrica
3º	Vidriera	papelera	Productos metálicos
4º	Botellas de vidrio	Petroquímicas	Cemento
5º	Petroquímicas	Bebidas alcohólicas	Papelera
6º	Refinación de petróleo	Productos químicos	Vidriera
7º	Papelera	Refinación de petróleo	Botellas de vidrio
8º	Productos químicos	Vidriera	Bebidas alcohólicas

NOx = Óxidos de nitrógeno SOx = Óxidos de azufre MP = Materia particulada

2.6 NORMAS ECOLÓGICAS DE LOS NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES

La Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA), prevé que las emisiones a la atmósfera deberán sujetarse a las normas técnicas ecológicas en las que se determinan los niveles máximos permisibles de emisión, por contaminante o por fuente de contaminación a fin de asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y para conservar el equilibrio ecológico. Para efecto de cuantificación de las emisiones de elementos contaminantes, deberán utilizarse los procedimientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) correspondientes, o en su caso en las que expida la autoridad competente.

Las Normas Técnicas Ecológicas (NTE) son de cumplimiento obligatorio para los responsables de la emisión de contaminantes.

En sistemas de distribución eléctrica, se pueden considerar las siguientes normas técnicas ecológicas que contrarrestan el depósito de contaminantes en dichos sistemas.

1) NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA NTE-005/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógenos, provenientes de procesos de combustión en fuentes fijas, que utilicen únicamente diesel como combustible, cuando los gases de combustión no estén en contacto directo con los materiales de proceso.

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera son los siguientes:

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN

CONTAMINANTES	ZONAS CRÍTICAS	RESTO DEL PAÍS
	Kg/m ³ [a]	Kg/m ³ [a]
Partículas (P)	0.260	0.300
Monóxido de carbono (CO)	0.600	0.665
Bióxido de azufre (SO ₂)	17.000	34.000
Oxido de nitrógeno[b] (NOx)	2.700	3.000

[a] Kilogramo de contaminantes por cada metro cúbico de diesel consumido a 298 [°K] (25 [°C]).

[b] Los óxidos de nitrógeno expresados como bióxido de nitrógeno.

2) NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA NTE-CCAT-007/88

Esta norma establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas de monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión en fuentes fijas, que utilizan únicamente combustóleo como combustible.

Cuando los gases de combustión no están en contacto directo con los materiales de proceso, los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera son los siguientes:

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN

CONTAMINANTES	ZONAS CRÍTICAS	RESTO DEL PAÍS
	Kg/m ³ [a]	
Partículas (P)	4.240	6.740
Monóxido de carbono (CO)	0.600	0.660
Bióxido de azufre (SO ₂)	57.000	95.000
Oxidos de nitrógeno [b] (NOx)	6.600 [c]	6.600 [c]
	8.000 [d]	8.000 [d]

[a] Kilogramos de contaminante por cada metro cúbico de combustóleo consumido a 298 [°K] (25[°C]).

[b] Los óxidos de nitrógenos expresados como bióxido de nitrógeno.

Los niveles máximos permisibles se especifican de acuerdo al tamaño del equipo, en dos grupos:

[c] Para equipos de combustión de capacidad hasta de 106×10^9 [Joules/hora].

[d] Para equipos de combustión de capacidad mayor de 106×10^9 [Joules/hora].

3) NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA NTE-CCAT-008/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión en fuentes fijas que utilizan únicamente gas natural como combustible, cuando los gases de combustión no estén en contacto directo con los materiales de proceso.

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera son los siguientes:

CONTAMINANTES	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISION EN Kg/10 [m ³] [a]
Partículas (P)	100
Monóxido de carbono (CO)	500 [c] 640 [d]
Bióxido de azufre (SO ₂)	10
Oxidos de Nitrógeno (NOx)	2250 [c] 9000 [d]

[a] kilogramo de contaminante por cada millón de metros cúbicos de gas natural consumido a las siguientes condiciones: un kilogramo por centímetro cuadrado (98060 [Pa]) y 293 [°k] (20 [°C]).

[b] los óxidos de nitrógenos expresados como bióxido de nitrógeno.

Los niveles máximos permisibles se especifican de acuerdo al tamaño del equipo, en dos grupos:

[c] Para equipos de combustión de capacidad hasta 106×10^9 [Joules/hora].

[d] Para equipos de combustión de capacidad mayor de 106×10^9 [Joules/hora].

4) NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA NTE-CCAT-009/88

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas, con excepción de las originadas en los hornos de calcinación de la industria del cemento, así como en los procesos de combustión.

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de acuerdo con el flujo de gases son los siguientes:

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS

FLUJO DE GASES EN LA FUENTE m ³ /min.	ZONAS CRÍTICAS mg/m ³ .	RESTO DEL PAÍS mg/m ³ .
10	1,148	1,722
50	584	876
100	437	655
500	222	333
1000	166	249
5000	84	127
10,000	63	95
20,000	47	71
30,000	40	60
50,000	32	48

La interpolación y extrapolación de los datos no contenidos en esta tabla para zonas críticas, está dada por la ecuación:

$$E = 3020 * C * 10^{0.42}$$

y para el resto del país:

$$E = 4529.7 * C * 10^{0.42}$$

donde:

E= nivel máximo permisible de emisión en miligramos por metro cúbico normal.

C= flujo de gases en la fuente en metros cúbicos normales por minuto.

La emisión está referida a condiciones normales de temperatura 298 [°K] (25 [°C]) y presión de 101,32 [Pa] (760 [mmHg]) base seca.

2.7 NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS (NTE) Y NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) PARA LA MEDICION DE EMISION DE CONTAMINANTES.

Es importante evaluar las emisiones en las fuentes fijas para asegurar que los estándares se cumplan y tener datos suficientes que retroalimenten nuevas especificaciones y limitaciones. Además, con el conocimiento en tiempo real de los parámetros meteorológicos, así como los valores de emisión de contaminantes, es posible mediante la aplicación de modelos de difusión adecuados, estimar la concentración de contaminantes en cualquier punto del entorno de la fuente fija.

Las emisiones contaminantes son producto principalmente de la combustión de combustibles fósiles y se generan por las actividades industriales y humanas. La descripción de los métodos de monitoreo de emisiones contaminantes en las fuentes fijas se basan en los procedimientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), así como los métodos de monitoreo continuo recomendados por normas internacionales.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente (LGEEPA), establece la obligación por parte de las empresas o personas físicas que son contribuyentes reales o potenciales al deterioro del ambiente, a utilizar los siguientes métodos:

- 1) Normas Técnicas Ecológicas (NTE), para el control de la contaminación atmosférica.
- 2) Normas Oficiales Mexicanas (NOM), para los fines de medición no se establecen los requisitos, limitaciones, alcances, ni procedimientos o forma en que deberán aplicarse las mismas.

Para evaluar el impacto en la calidad del aire, es necesario conocer la concentración de los contaminantes, ya sea monitoreando o modelando la dispersión, o por una combinación de ambos.

Métodos estandarizados de medición.

Una vez que se tiene el número de puntos a muestrear, se procede a realizar la medición de acuerdo con los procedimientos de las normas mexicanas; para ello se emplean las normas DGN-AA-35-76 para la medición de oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) por medio del equipo ORSAT.

Este procedimiento se ha visto desplazado por equipos portátiles de monitoreo continuo que cumplen ampliamente con las normas internacionales. Su operación es sencilla, ya que se emplaza la sonda en el punto de medición y en la pantalla del monitor se lee el valor de la concentración del gas en forma continua, teniendo salida analógica para almacenar los datos en un adquisitor de gran capacidad, datos que se procesan en una computadora para construir gráficas de perfiles de concentración obteniendo promedios ponderados.

Los óxidos de nitrógeno (NOx), cuya medición no prevé ninguna norma mexicana, se miden con el mismo equipo de la misma manera. Las mediciones se realizan en cada punto de los encontrados como mínimos, hasta completar el mapeo de la sección transversal, para posteriormente calcular el promedio ponderado que será el valor de concentración medido.

Las normas NOM-AA-9-73 y NOM-AA-54-78, se emplean para la determinación del flujo de gases mediante el tubo de pitot y la determinación del contenido de humedad en los gases, respectivamente, parámetros que intervendrán en la medición de las partículas suspendidas totales y en concentración de bióxido de azufre (SO₂).

La norma NOM-AA-56-80, se emplea para la determinación del bióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, y pueden emplearse simultáneamente con la norma DGN-AA-10-74 para la medición de partículas suspendidas totales al mismo tiempo.

Métodos de monitoreo continuo.

La mayoría de los monitores basan su principio de medición en las propiedades individuales del gas a medir, así por ejemplo, una de las propiedades más comúnmente usadas es el espectro electromagnético, que da por resultado equipos basados en la absorción ultravioleta visible, midiendo con este principio la mayoría de los gases contaminantes, tales como SO₂, NO y NO₂.

En los países industrializados los reglamentos ambientales han adoptado el uso de monitoreos continuos de emisiones para el control y efectividad de los equipos industriales y el mejor cumplimiento de las normas que regulan la calidad del aire.

En la práctica, los estudios de modelación del aire deben desarrollarse con base en una metodología mínima, que incluye una caracterización del problema, un análisis para la selección del modelo adecuado, la calibración del modelo y la evaluación de los efectos de las incertidumbres sobre sus resultados, y la interpretación de estos resultados en términos de los fines deseados.

La caracterización del problema requiere una identificación de las necesidades, la especificación de los tipos de contaminantes involucrados, la definición de las escalas temporal y espacial del problema, la determinación del tipo de dominio, la complejidad del terreno, los números de fuentes, sus tipos y sus características principales, la disponibilidad de información meteorológica y micrometeorológica, y la disponibilidad de recursos de cómputo. Una vez caracterizado el problema, el proceso de selección del modelo adecuado se realiza con la información obtenida y con base en un conocimiento amplio de las características de los diferentes modelos disponibles, de su dinámica, de la información que requieren y de los resultados que proporcionan.

El modelo seleccionado debe ser calibrado y evaluado con datos locales de la calidad del aire a fin de fijar sus límites de aplicabilidad y minimizar los errores en los resultados.

El uso de los modelos para estimar los niveles de concentración de contaminantes en la atmósfera es de gran importancia, toda vez que permite conocer, dentro de ciertos márgenes de incertidumbre, la aportación de las fuentes contaminantes al deterioro del medio ambiente.

CAPITULO TERCERO

Definiciones y Características de los Aisladores

CAPITULO III

DEFINICIONES Y CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES

El funcionamiento de una línea de distribución depende en gran escala de su aislamiento. De ahí la importancia de que los aisladores cumplan con su función, como su nombre lo indica, de ser un material que impida el flujo de energía entre la línea de transporte (fase) y el soporte de fijación torre o poste (tierra), para evitar fallas y pérdidas de energía en el sistema.

Además los aisladores deben tener resistencia mecánica suficiente para soportar con amplio margen las cargas debidas al viento y depósitos contaminantes, por lo que deben de ser construidos de manera que puedan resistir condiciones mecánicas muy severas, descargas atmosféricas y arcos alimentados por la corriente de servicio, sin dejar caer al conductor.

3.1 DEFINICION DE AISLADOR

Es una substancia o material que no permite, o lo permite de una manera casi nula, el paso de una corriente a través de él. En líneas de distribución un aislador es un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

3.2 CLASIFICACION DE MATERIALES DE LOS AISLADORES

Los aisladores se construyen con vidrio, pastas, porcelana y materiales sintéticos. Para líneas de transmisión, los aisladores de vidrio sólo son recomendables si estan fabricados con vidrio especial resistente al calor, tal como el Pirex. Los productos orgánicos incluyendo los compuestos o pastas, no resisten la acción prolongada de altas tensiones, especialmente si estan expuestos a la intemperie, por lo cual su uso queda limitado a instalaciones de baja tensión.

La "clasificación" de los materiales aislantes empleados en la fabricación de aisladores sintéticos se dividen por clases o tipos según ciertas características. La clasificación es la siguiente:

1. MATERIALES ELASTOMERICOS (FLEXIBLES)

- a). Hules a base de estileno-propileno.
- b). Hules de silicón.
- c). Mezclas de hules de etileno-propileno y hule de silicón.
- d). Fluoro plástico.

2. MATERIALES TERMOFIJOS (RIGIDOS)

TERMOFIJOS REFORZADOS	-POLIESTERES REFORZADOS:	CON CARGA INORGANICA CON FIBRA DE VIDRIO
	-EPOXICOS:	RESINAS REFORZADAS INORGANICAS CICLOLIFATICAS CON CARGA
	-ACRILICOS:	RESINAS DE METILMETACRILATO REFORZADAS

Los resultados demuestran que en gran número de aisladores sintéticos cubre satisfactoriamente las pruebas de aceptación aplicables a aisladores de porcelana y vidrio, estando nuevos. Sin embargo, se dan casos de fallas de aisladores sintéticos después de algunos años que no fueron anticipados durante su aceptación, y que tienden a desprestigiar a otros aisladores sintéticos que después de muchos años no han presentado problemas.

3.3 CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES.

Las características principales de los aisladores que influyen en su comportamiento son cuatro: La distancia de fuga, su perfil, su posición y su diámetro.

3.3.1 DISTANCIA DE FUGA.

1) **Distancia de fuga.** Es la distancia sobre la superficie aislante tomada en su contorno y en la dirección del eje del aislador.

a) **Distancia de fuga específica.** Es la relación de la distancia de fuga (en cm.) del aislador dividido entre la tensión máxima de diseño del equipo de fase a tierra (en KV). En algunas normas se considera de fase a fase.

b) **Distancia mínima de fuga específica.** Es la mínima distancia de fuga específica recomendable (en cm/KV).

Los parámetros anteriores se ilustran en la figura 3.1.1.

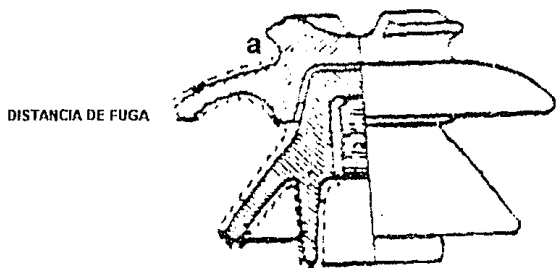


Figura 3.1.1 Distancia de fuga

3.3.2 PERFIL.

Los parámetros que caracterizan al perfil en aisladores instalados en posición vertical son:

1) **Distancia mínima entre faldones.** Es la distancia "C" mínima entre faldones del mismo diámetro, medida dibujando un arco del punto extremo más bajo del faldón superior al faldón inferior del mismo diámetro, como se ilustra en la figura 3.3.2.1.

Esta distancia influye en las condiciones de lluvia ya que los valores inferiores a cierto límite pueden causar arqueo. Se recomiendan valores de 3 [cm] como mínimo, aunque en condiciones especiales de faldones y distancias totales del aislador se aceptan otros valores.

Este concepto no es aplicable para aisladores alfiler, poste y pedestal.

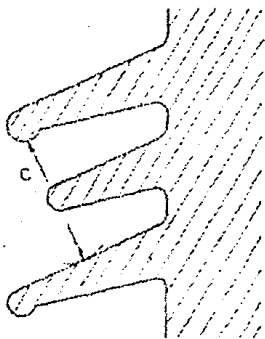


Figura 3.1.2 Distancia mínima entre faldones.

2) Relación entre el espaciamiento y la saliente del faldón. Se presenta como S/P ; y en donde:

S es la distancia vertical entre dos puntos similares de faldones sucesivos, es decir, el espaciamiento.

P es la máxima saliente del faldón, como se muestra en la figura 3.3.2.2, P1 y P2 en las figuras 3.3.2.3 y 3.3.2.4.

Esta relación influye en las características de autolimpieza del aislador, ya que las distancias de fuga pueden ser grandes sobredimensionando o incrementando los faldones. Se recomienda 0.8 como valor mínimo de S/P , y en caso de faldones planos sin ondulaciones, puede reducirse hasta 0.65.

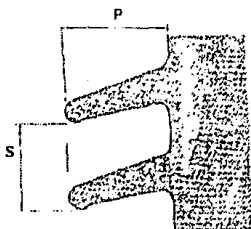


Figura 3.3.2.2 Aislador con faldones normales.

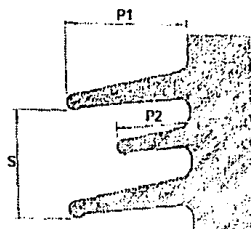
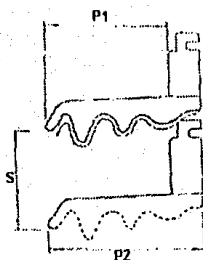


Figura 3.3.2.3 Aislador con faldones alternados



**Figura 3.3.2.4 Aislador faldón con ondulaciones inferiores
(Tipo suspensión calavera bola)**

3) Relación entre la distancia de fuga de dos puntos y el claro. Se representa como Ld/d , en donde:

Ld es la trayectoria de fuga medida entre dos puntos situados sobre la parte aislante o entre cualquier punto localizado sobre la parte aislante y el otro sobre una parte metálica.

d es la distancia recta en aire entre los dos puntos, Ld . Este parámetro describe el uso de la fuga para evitar cortos circuitos locales, recomendándose que sea menor a 5.

En la figuras 3.3.2.5, 3.3.2.6 y 3.3.2.7 se muestran Ld y d.

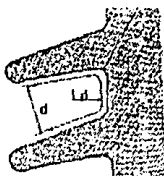


Figura 3.3.2.5 Aislador con faldones normales.

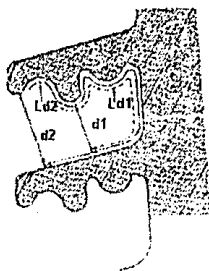


Figura 3.3.2.6 Aislador de faldones con ondulaciones inferiores

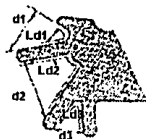
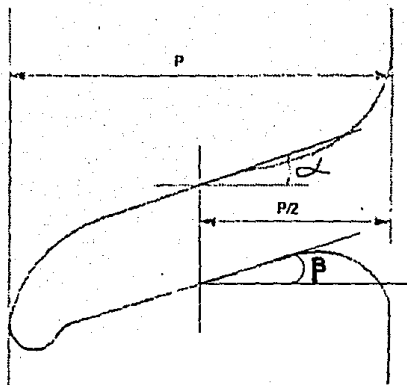


Figura 3.3.2.7 Aislador de faldones con inclinación inferior escarpada o excesiva (tipo alfiler)

4) Diferencia entre faldones alternados. Se representa como $P_1 - P_2$ y se define como la diferencia entre dos salientes de faldones consecutivos, siendo importante que en condiciones de lluvia para evitar el arqueo entre dos faldones sucesivos, sea la diferencia menor o igual a 15 [mm].

5) Inclinación de los faldones. Se presenta como α y se define como la inclinación del faldón con respecto al eje horizontal. Es importante para las propiedades de autolimpieza.

Se recomienda en la parte superior en el inicio del faldón una inclinación mínima de 5° ($\alpha \geq 5^\circ$). Para la parte inferior cuando sea sin ondulaciones es aconsejable una inclinación mínima de 2° ($\beta \geq 2^\circ$). Como se ilustra en la figura 3.3.2.8.



donde:

P - Es la máxima saliente del faldón.

Figura 3.3.2.8 Inclinación de los faldones.

6) Factor de perfil. Se representa como **P.F.**, y se define como la relación entre la distancia de fuga simplificada y la distancia de fuga real del aislador medida entre los dos puntos, los cuales definen el espaciamiento **S**. Esta relación no es aplicable a aisladores tipo calavera bola y tipo pedestal.

La distancia de fuga simplificada se define por las siguientes expresiones:

Para los aisladores como los mostrados en las figuras 3.3.2.2 y 3.3.2.6 se emplea la expresión $2P + S$, resultando:

$$P.F = (2P + S) / L$$

Para aisladores como los mostrados en la figura 3.3.2.3 se emplea la expresión $2P_1 + 2P_2 + S$, resultando:

$$P.F = (2P_1 + 2P_2 + S) / L$$

En donde **L** es la distancia de fuga de la trayectoria de fuga del aislador medida entre los dos puntos definidos por **S**.

Valores recomendados de Factor de Perfil:

Para niveles de severidad ligera y media o moderada $P.F > 0.8$

Para niveles de severidad alta y extra alta $P.F > 0.7$.

3.3.3 POSICION

Si se utilizan los aisladores en posición horizontal o inclinada normalmente mejora su comportamiento; se recomienda verificarlo en el campo.

3.3.4 DIAMETRO.

En pruebas de laboratorio realizadas en los aisladores se ha encontrado que:

- 1) La "tensión resistente" disminuye con el incremento del diámetro del aislador, donde la tensión resistente en ambientes contaminados, es el valor de la tensión para la cual un aislador resiste la falla.
- 2) A medida que aumenta el diámetro del aislador la cantidad de depósitos es mayor.
- 3) A medida que aumenta el diámetro y junto con el depósito de contaminantes, la resistencia superficial disminuye formandose un medio de conducción mayor al flujo de las corrientes de fuga.

3.4 TIPOS DE AISLADORES UTILIZADOS EN EL SISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION AEREO DE 23 [KV]

Los aisladores utilizados en el sistema de distribución aéreo de 23 [KV] de la Ciudad de México se clasifican en la tabla 3.4.1 siguiente:

AISLADOR TIPO	CLAVE EN L y F. C.	UTILIZACION	MATERIAL
1 - ALFILER (a)	A56-2	SOPORTAR Y AISLAR.	PORCELANA
	A56-3	SOPORTAR Y AISLAR EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION.	PORCELANA VIDRIADA
2 - SUSPENSION (a)	23-T2	REFUERZO O REMATE DE LINEA	ETILENO-PROPILENO
	S52-2	PARA CADENAS DE AISLADORES, EN REMATES Y SUSPENSION.	PORCELANA O VIDRIO
	S52-3	PARA CADENAS DE AISLADORES, EN REMATES Y SUSPENSION.	PORCELANA O VIDRIO
3 - OTROS (b)	---	A) CUCHILLAS	PORCELANA
3.1 - SOPORTE	---	B) INTERRUPTOR EN AIRE	PORCELANA
3.2 - BOQUILLA	---	A) RESTAURADORES	PORCELANA
	---	B) SECCIONADOR AUTOMATICO	PORCELANA
	---	C) CAPACITORES	PORCELANA
	---	D) TRANSFORMADORES	PORCELANA
	---	E) CORTA CIRCUITOS FUSIBLE	PORCELANA

(a) Ver diagramas esquemáticos de montaje en apéndice.

(b) Los aisladores indicados como otros son del tipo Alfiler o Suspensión, pero únicamente varía su utilización, como se muestra en la tabla. Para características generales ver apéndice.

A continuación mencionaremos algunos conceptos de la tabla anterior, con su figura correspondiente:

1) Aislador Tipo Alfiler:

Es un aislador completo, consistente en un miembro aislante o un conjunto de tales miembros, excluyendo tirantes de alambres, abrazaderas, asas u otros accesorios semejantes, ver figura 3.4.2.

Todas aquellas partes que sean utilizadas cuando se monte un aislador de Alfiler, deberán proporcionar condiciones de aislamiento y de resistencia mecánica para el conductor que se instale con esos conjuntos.

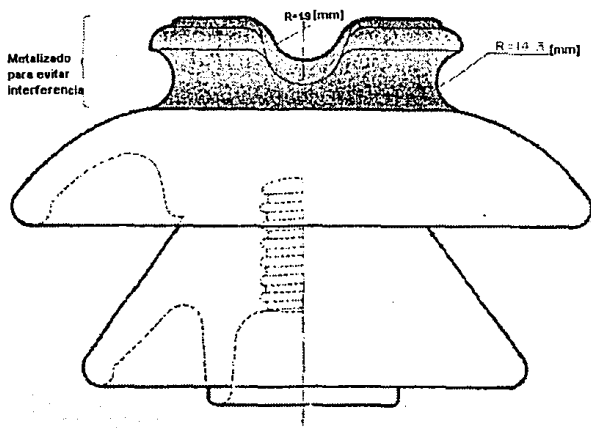


Figura 3.4.2 Aislador Tipo Alfiler A56-2.

2) Aislador suspensión:

Remata y permite efectuar refuerzos en líneas de 23 [KV], mediante grapa T 2/0 A ó T 556 A, ver figura 3.4.3.

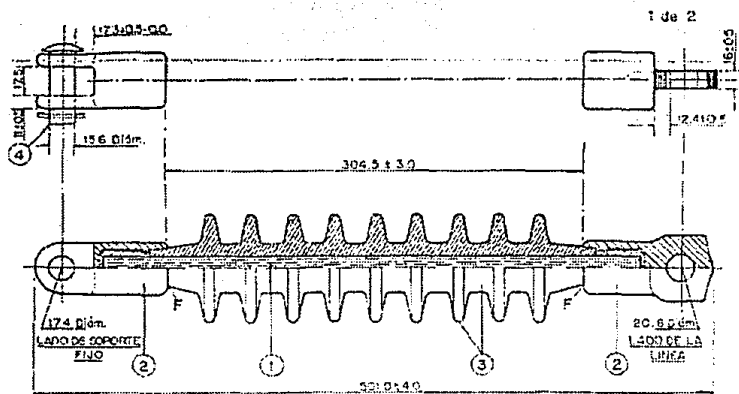


Figura 3.4.3 Aislador suspensión 23 - T2.

3) Aislador Tipo Suspensión:

Utilizado para formar cadenas de aisladores, remata y aísla líneas de 23 [KV], ver figura 3.4.4.

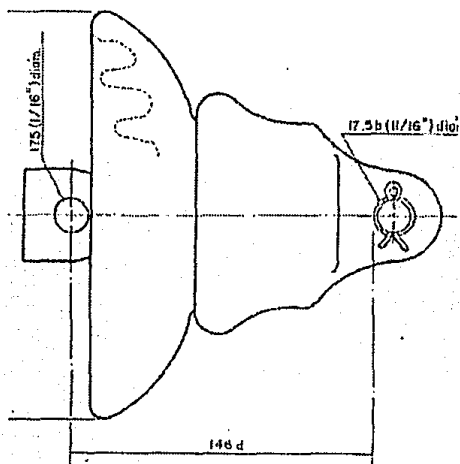


Figura 3.4.4 Aislador Tipo Suspensión S52-2.

4) Boquilla:

Dispositivo aislante que permite tener acceso de conexión al interior de un restaurador, seccionador o transformador, terminado en un conector en el exterior para su fácil y segura conexión a la línea de alimentación, ver figura 3.4.5

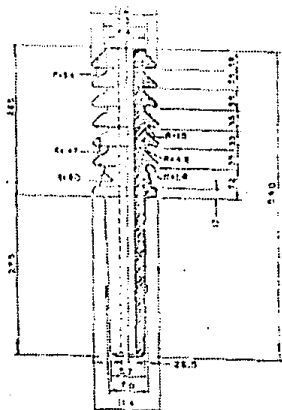


Figura 3.4.5. Aislador Tipo Boquilla 23-4 para equipo.

5) Cuchilla:

Elemento utilizado para seccionar o abrir circuitos, ver figura 3.4.6.

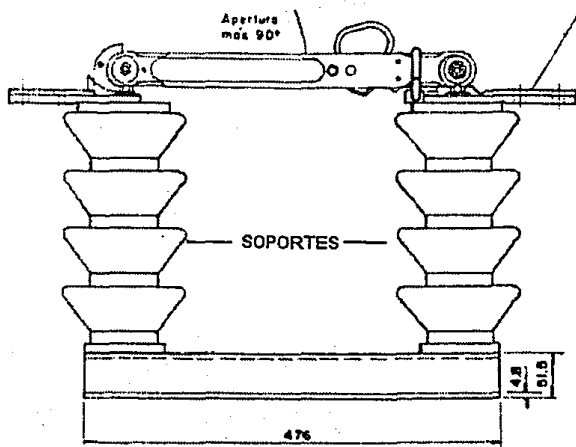


Figura 3.4.6 Cuchilla 23601.

6) Interruptor en aire (de aislamiento):

Dispositivo de corte de la corriente en el que se extiende el arco por medio de un campo magnético, ver figura 3.4.7.

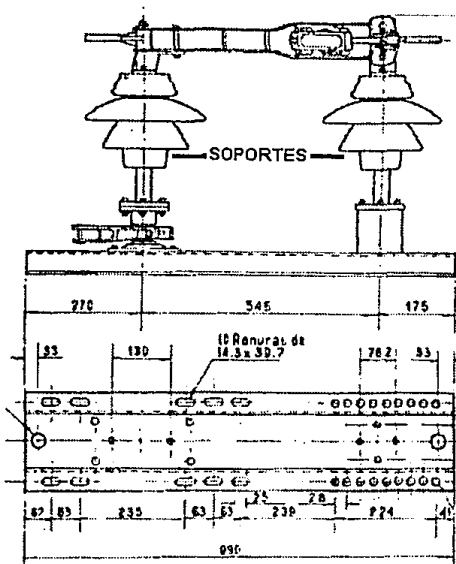


Figura 3.4.7 Interruptor en aire 23601

7) Restaurador :

Aisla fallas por sobrecorrientes, efectuando recierres si la falla es transitoria y deja fuera de servicio al alimentador si la falla es permanente, ver figura 3.4.8.

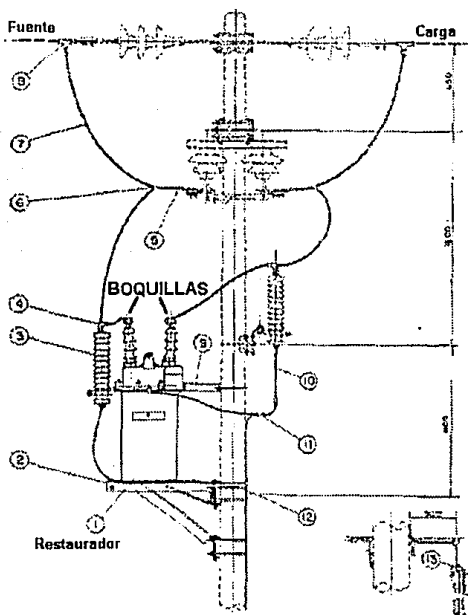


Figura 3.4.8 Restaurador II - LA - 23.560

8) Seccionador Automatico:

Aisla fallas dejando fuera de servicio el ramal que protege cuando la falla es permanente, ver figura 3.4.9.

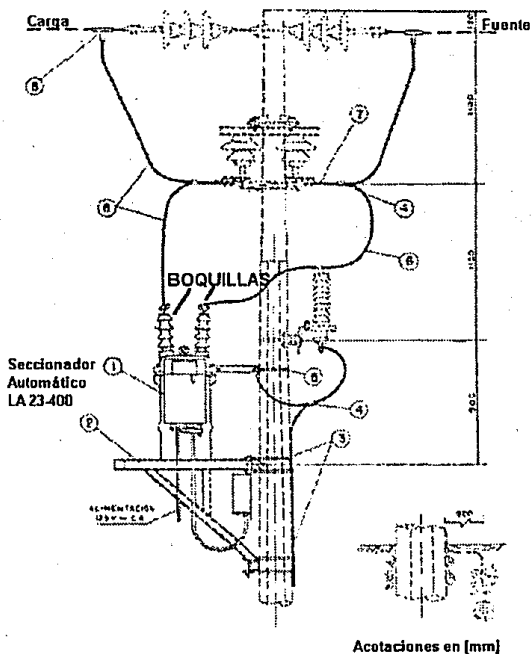


Figura 3.4.9. Seccionador automatico LA - 23.400 FT PTR.

9) Capacitor 23602:

Es un dispositivo cuya función primordial es introducir capacitancia (propiedad de un circuito eléctrico que determina que éste puede retener una carga eléctrica) en un circuito eléctrico, ver figura 3.4.9.

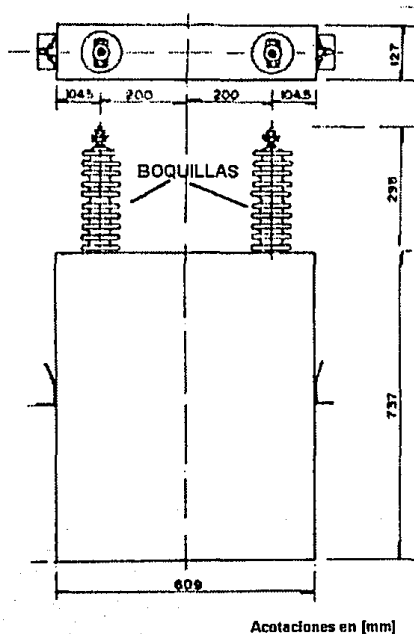


Figura 3.4.9. Capacitor 23601

10) Transformador:

Es un dispositivo eléctrico sin partes en movimiento, el cual transforma energía eléctrica de uno o más circuitos a uno o más circuitos, a la misma frecuencia y cambiando usualmente los valores de tensión y corriente, ver figura 3.4.11.

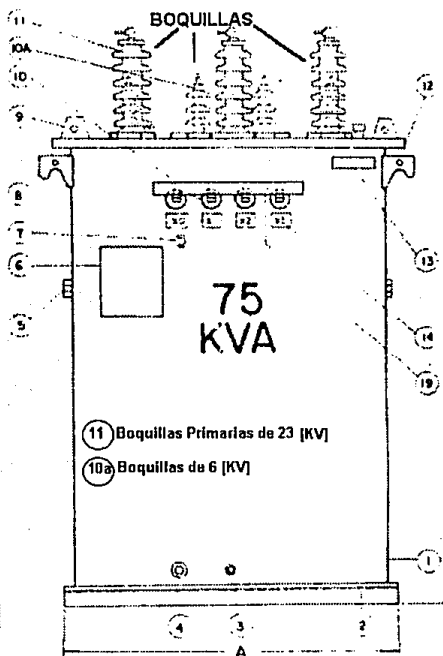


Figura 3.4.11 Transformador trifásico tipo poste 23, 45, a 300. [KVA]

11) Corta-circuitos fusible:

Es un dispositivo que se instala uno en cada fase de 23 [KV] para proteger Transformadores o Servicios de 23 [KV] contra sobrecorrientes de acuerdo a la capacidad del fusible empleado y contra corto circuito de 20000 [A] asimétricos, ver figura 3.4.12

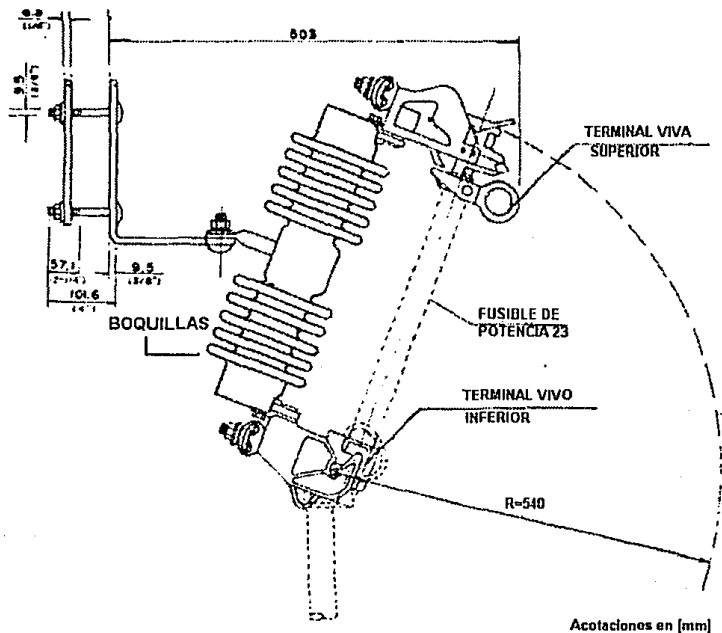


Figura 3.4.12. Corta-circuitos fusible D - 23220.

Nota: Para mayor información de características generales consultar apéndice.

3.5 NORMATIVIDAD DE LOS AISLADORES.

La tabla 3.5.1 presenta las Normas¹ que rigen los requisitos mínimos de aceptación a los aisladores sintéticos, la cual se deriva de las aplicables a aisladores de porcelana equivalentes:

TIPO	DESCRIPCION	NORMAS DE APLICACION
I. SUSPENSION	AISLADOR SUSPENSION AISLADOR COMPUESTO	IEEE P 1024/08
II. ALFILER	AISLADOR TIPO ALFILER	ANSI C.29.5. ANSI C.29.6. NOM J-246 NOM J-247
III. COLUMNA	AISLADOR POSTE TERMINAL AISLADOR TIPO POSTE	NEMA HV-1 ANSI C.29.9. AEC 273-1979
IV. POSTE	AISLADOR POSTE-LINEA AISLADOR DE LINEA (ALFILER, POSTE)	NOM J-248
V. PEDESTAL	GORRO Y AISLADOR ALFILER SWITCH Y AISLADOR TERMINAL	NEMA HV-1

Tabla 3.5.1 Tipos de aisladores y normas de aplicación para su evaluación.

En el caso del Aislador de Suspensión, no se trata precisamente de una norma; sino de una Especificación recomendada del IEEE, la cual es la base para una Norma en un futuro próximo.

3.5.1 CLASIFICACION DE TIPOS DE PRUEBA

Las pruebas aplicables a cualquier tipo de aislador pueden clasificarse en tres grandes grupos: **Eléctricas, Mecánicas y Generales.**

1) Pruebas Eléctricas. La tabla 3.5.2. clasifica las pruebas eléctricas principales que se recomiendan aplicar a cualquier tipo de aislador de la Tabla 3.5.1, así como las Normas por institución que se refieren al método de prueba.

¹ Consultar normas de aplicación en apéndice

TIPO DE PRUEBAS	ANSI	IEEE	IEC	DGN	JIS	SAA	BSI
FLAMEO EN SECO 60 Hz	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
FLAMEO EN HUMEDO A 60 Hz	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
IMPULSO DE TENSION	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
POTENCIAL APLICADO	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
ARCO DE POTENCIA		IEEE P1024/08					
PERFORACION EN ACEITE	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
PERFORACION DESPUES DE 50 HORAS DE EBULLICION EN AGUA	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
RADIO INTERFERENCIA.	ANSI-C.29.1	ANSI/IEEE/C29.1	IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202	JIS-C3801-80 JIS-C3804-82	SAA AS 1372-74	BSI-BS-137 BSI-BS-3297
IMPULSO RAPIDO		IEEE P1024/08					
FLAMEO CRITICO AL IMPULSO (+)	ANSI-C29.1		IEC-168-79 IEC-233-74 IEC-273-79 IEC-383-83	NOM-J-202			

Tabla 3.5.2 Clasificación de pruebas eléctricas de aisladores sintéticos y normas ² de aplicación.

² Normas de aplicación DGN, consultar apéndice.

2) Pruebas Mecánicas. La Tabla 3.5.3 se refiere a las pruebas principales según tipo de aislador de la Tabla 3.5.1, así como la Norma sugerida para el método de prueba.

TIPO DE PRUEBAS	TIPOS DE AISLADORES	NORMA DE METODO DE PRUEBAS
TENSION MECANICA	I, III, IV y V	ANSI-C29.1
RESISTENCIA MECANICA SOSTENIDA -TIEMPO	III, IV y V	ANSI-C29.1
TORSION	I, III y IV	ANSI-C29.1
CANTILEVER	II, III, IV y V	ANSI-C29.1
COMPRESION	III, IV y V	ANSI-C29.1

Tabla 3.5.3 Clasificación de pruebas mecánicas de aisladores sintéticos y normas de aplicación.

3) Pruebas Generales. En esta clasificación se tienen las pruebas descritas en la Tabla 3.5.4 así como los tipos de aisladores considerados y la Norma de aplicación.

TIPO DE PRUEBA	TIPO DE AISLADORES	NORMA DE METODO DE PRUEBA
CHOQUE TERMICO	TODOS	IEC-383, IEC SEC 55
CONTAMINACION SALINA	TODOS	IEC SEC 55

Tabla 3.5.4 Clasificación de pruebas generales de aisladores sintéticos y normas de aplicación.

3.5.2 CRITERIOS PARA LA APLICACION DE PRUEBAS Y CRITERIOS DE EVALUACION DE LOS AISLADORES.

Los criterios que se sugiere deben seguirse son:

1) El valor de 150 [KA-Ciclo] sugerido por la Especificación IEEE P1024/08 para la prueba de Arco de Potencia, resulta ser excesivo ya que las redes eléctricas nacionales manejan como máximo aproximadamente 6.04 [KA-Ciclo]. Esto significa un Arco sostenido de 806 [A] durante 45 ciclos de Onda corriente.

2) Después de la prueba de Arco de Potencia, un aislador de cualquier tipo de la Tabla 3.5.1 deberá mantener como mínimo el 90% de sus propiedades eléctricas previamente evaluadas bajo el consenso de pruebas ya indicadas.

3) Para la prueba de Impulso Rápido, el flameo deberá ser externo, y no debe haber perforación en la interfase de un aislador. Esta prueba sólo es aplicable al Aislador de Suspensión.

4) Para la prueba de Choque Térmico, se deberá establecer un rango de temperatura de -10 a $+60$ [C]. Después de esta prueba se deberán aplicar las pruebas de flameo en seco, impulso (+), Tensión Mecánica y Cantiliver o Compresión según el tipo de aislador de que se trate. Las propiedades de los aisladores deberán mantenerse al 95% como mínimo después de la prueba de Choque Térmico.

5) Envejecimiento Natural. Además de los programas de pruebas de Laboratorio, se recomienda ampliamente colocar bancos de envejecimiento natural en donde se observe el comportamiento de los Aisladores Sintéticos. Asimismo, es necesario analizar aquellos aisladores que hayan permanecido instalados en distintos lugares de México para obtener información de los Materiales Sintéticos en condiciones reales de envejecimiento natural, con lo cual se podrá establecer una mejor correlación con los experimentos de Laboratorio.

CAPITULO CUARTO

Efectos de la Contaminación en Aisladores

CAPITULO IV

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION EN AISLADORES.

El grado en que afecta la contaminación a los aisladores depende de los fenómenos meteorológicos, la cercanía a las fuentes emisoras y de las características de los aisladores.

Uno de los efectos de la contaminación sobre los equipos eléctricos instalados al aire libre, es el depósito de partículas sobre dichos equipos, las cuales son adheridas por la humedad, el rocío, la precipitación pluvial, la condensación, los humos, los gases y vapores en el aire.

Este fenómeno es responsable de un gran número de problemas en el desempeño normal de los equipos eléctricos, como corrosión en partes metálicas, deterioro de cuchillas e interruptores y disminución del nivel de aislamiento, los aisladores del sistema eléctrico son afectados particularmente. Las partículas depositadas son en ocasiones conductoras o se vuelven conductoras al contacto con la humedad, lo que provoca en el aislador, corriente de fuga, arcos y finalmente con la consecuente salida de operación de las líneas.

Los aisladores contaminados en presencia de la humedad frecuentemente causan descargas superficiales. Estas descargas a menudo se inician en la zonas más estrechas del aislador y en circunstancias excepcionales pueden propagarse como todo un arco a lo largo de la superficie del aislador, ocasionando flameos y consecuentemente interrupciones.

El fenómeno de flameo, es una de las principales causas de falla en líneas de distribución. La ocurrencia de este fenómeno esta determinado por los siguientes factores:

- 1) Formación de depósitos de contaminantes sobre la superficie de los aisladores.
- 2) La humectación de dichos depósitos ocasiona el flujo de corriente de fuga sobre la superficie contaminada.
- 3) Formación de bandas secas debidas a la energía térmica disipada por efecto Joule ocasionada por el crecimiento de flujo de corriente de fuga, ruptura eléctrica de las bandas secas y propagación de un arco a lo largo de la superficie del aislador.

4.1 CLASIFICACION DE LA CAPA CONTAMINANTE.

La capa de contaminantes que se forma en la superficie de los aisladores está compuesta por diversas impurezas que se encuentran suspendidas en el aire. Estas impurezas se clasifican en dos grupos:

1) Materia en suspensión permanente: Comprende todos los materiales inorgánicos insolubles, no condensables y de tamaño ultra-microscópico. Estos se mantienen en suspensión mediante las fuerzas cinéticas debidas al movimiento molecular de los gases de la atmósfera y se precipitan por medio de fuerzas eléctricas.

2) Materia en suspensión temporal: Comprende partículas orgánicas pesadas, las cuales se depositan en la superficie de los aisladores fundamentalmente por gravedad, materias orgánicas en descomposición y además partículas de vapor de agua las cuales se condensan o dispersan de acuerdo a las condiciones del viento y la temperatura ambiente.

El tamaño de las partículas suspendidas en el aire varía considerablemente de acuerdo a su origen; en la tabla 4.1.1 se presenta el tamaño de algunos tipos de partícula.

Existen también diferentes concentraciones de partículas suspendidas en el aire. Estas varían desde 200 [partículas/cm³] en un buen clima, hasta 53,000 [partículas/cm³] en un ambiente de niebla muy densa.

NATURALEZA DE LA PARTICULA		DIAMETRO PROMEDIO EN MICRAS
INORGANICA	Humos	0.00 - 0.30
	Gases	0.01 - 1.00
	Polvos	1.00 - 100.0
ORGANICA	Bacterias	1.0 - 10.0
	Esporas	10.0 - 20.0
	Polen	15.0 - 50.0
AGUA	Niebla	1.0 - 50.0
	Nebulina	50.0 - 100.0
	Rocio	100.0 - 400.0
	Lluvia	400.0 - 4000.0

Tabla 4.1.1 Tamaño de algunas partículas suspendidas en el aire.

4.1.1 FACTORES EN LA FORMACION DEL DEPOSITO CONTAMINANTE.

El comportamiento del depósito contaminante en aisladores es sumamente complejo debido a la diversidad de los factores involucrados, los de mayor influencia son:

1) FUERZAS SOBRE LAS PARTICULAS.

Las partículas suspendidas en las proximidades del aislador sufren los efectos de una serie de fuerzas que determinan sus movimientos. Las fuerzas ejercidas sobre las partículas y que afectan el grado de contaminación son:

- a) **Fuerzas Cinéticas:** Se deben al movimiento Browniano y son el resultado de colisiones moleculares con partículas muy pequeñas.
- b) **Fuerza de Gravedad:** Determina la tasa de asentamiento de las grandes partículas y la formación de depósitos sobre la superficie de los aisladores.
- c) **Fuerza debida a la acción del viento:** Determina el impacto con el que llegan las partículas contaminantes a la superficie del aislador.
- d) **Fuerza Eléctrica en partículas neutras:** Las partículas neutras cuya constante dieléctrica es diferente a la del aire experimentan una fuerza cuando se encuentran en un campo eléctrico no uniforme. Esta fuerza translada a las partículas hacia las regiones donde el campo eléctrico es más intenso.
- e) **Fuerza Eléctrica de partículas cargadas:** Está en función de la densidad de carga de la partícula, de la intensidad del campo eléctrico y de la carga del electrón.

2) FORMA DEL AISLADOR.

De acuerdo a estudios previos realizados de contaminación en aisladores, se analizó el flujo de aire alrededor de aisladores en donde se encontró que existen tres regiones en función del gradiente de la velocidad del viento. Estas tres regiones son:

- a) En donde las partículas tienden a ser arrojadas directamente a la superficie del aislador formando depósitos cuya densidad depende del tamaño de las partículas.
- b) En donde las partículas se mueven relativamente rápido y por lo tanto es poco probable que se adhieran; además se observa cierto efecto abrasivo del aislador que tiende a mantenerlo limpio.
- c) En donde las corrientes de aire forman remolinos, observándose que las partículas permanecen un cierto tiempo y tienden a ser arrojadas por la fuerza centrífuga sobre la superficie del aislador, formando un depósito uniforme. En figura 4.1.1.1 siguiente se observan estas tres regiones.

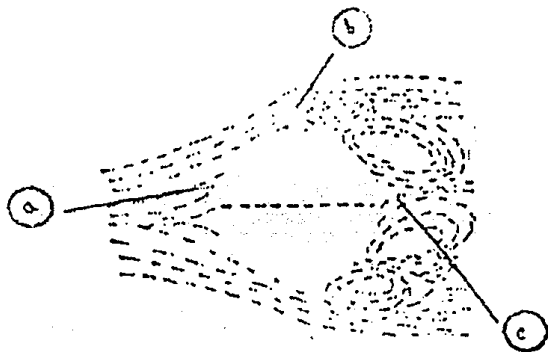


Figura 4.1.1.1 Flujo de aire alrededor del aislador

3) TIPO DE SUPERFICIE DEL AISLADOR.

Existe una cierta influencia de la rugosidad de la superficie del aislador en el grado de depósito de contaminantes y, se encontró, que la cantidad de contaminantes depositados varía linealmente con la rugosidad de la superficie; como se muestra en al figura 4.1.1.2.

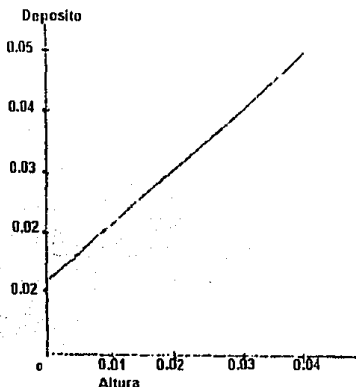


Figura 4.1.1.2 Grado de depósito de contaminantes.

4.2 HUMECTACION DE LA CAPA CONTAMINANTE.

Uno de los efectos que más influye en la degradación del nivel de aislamiento es el proceso de humectación de la capa contaminante que se forma sobre la superficie de los aisladores.

Este proceso se debe a la humedad; ésta es la cantidad de agua en estado gaseoso contenida en el aire. Cuando por razones termodinámicas la cantidad de agua contenida en el aire no puede mantenerse en estado gaseoso, parte de ella se condensa.

Dependiendo de la forma como se presenta dicha condensación puede denominarse: lluvia, llovizna, niebla, rocío, nieve, hielo, etc..

Existen básicamente tres mecanismos mediante los cuales se puede humedecer la capa de contaminantes:

1) Condensación superficial: Es el fenómeno que se produce al formarse gotas de agua sobre una superficie cuya temperatura es menor a la del punto de rocío.

2) Golpeteo: Es el proceso mediante el cual se humedecen las superficies expuestas al impacto de partículas de lluvia, llovizna, granizo, etc..

3) Absorción hidrofílica: Es el fenómeno mediante el cual ciertas sustancias, como sal común (NaCl), absorben agua del aire que las rodea.

A continuación se mencionan los factores que afectan de manera más directa al proceso de humectación en aisladores:

a) La lluvia: Puede propiciar dos efectos, los cuales son:

1) Es un cierto lavado el que depende de la intensidad de ésta. Con esto la densidad de la capa contaminante disminuye y por lo tanto la resistividad superficial aumenta.

2) Cuando la lluvia no es muy intensa, la humectación de la capa contaminante se hace más conductora pues disminuye su resistividad superficial. Esto causa que las corrientes de fuga que fluyen a través de ella aumenten.

b) La llovizna: El único efecto producido es el de humedecer la capa contaminante ya que, a diferencia de la lluvia, nunca tiende a limpiar completamente al aislador. Esto se debe básicamente al tamaño de las partículas que forman la llovizna.

c) La formación de rocío: Está constituido por partículas de agua (tamaño aproximado entre 100 y 400 micras) que se forman por condensación sobre superficies expuestas a la intemperie. Este fenómeno se debe a la diferencia de temperaturas entre la superficie y el medio ambiente.

d) La formación de niebla: Está constituida por partículas de agua o cristales de hielo suspendidas en el aire que reducen apreciablemente la visibilidad; el tamaño de estas partículas o cristales varía entre 50 y 100 micras y puede llegar a formar nubes hasta de 1000 metros de altura.

4.3 CRECIMIENTO DE LAS CORRIENTES DE FUGA.

Cuando en un aislador se ha formado una capa de contaminantes y ésta se ha humedecido, su resistividad superficial comienza a disminuir provocando el flujo de una pequeña corriente eléctrica superficial denominada "corriente de fuga".

Los factores más importantes que determinan el crecimiento de las corrientes de fuga son:

1) **Distribución no uniforme de voltaje:** La distribución de voltaje a lo largo de una cadena de aisladores es no uniforme al formarse depósitos de contaminantes.

Los aisladores sometidos a menor voltaje se humedecen rápidamente y su resistividad superficial disminuye considerablemente, mientras que los aisladores sometidos a mayor voltaje se mantienen secos y su resistividad superficial se conserva en valor alto.

Debido a que la magnitud de la corriente de fuga está en función de la resistividad superficial y ésta ha disminuido en algunos aisladores de la cadena, causada por la no uniformidad de la distribución de voltaje, la corriente de fuga crece.

2) **Forma del aislador:** Debido a la geometría del aislador, las zonas cercanas a los extremos de la conexión y al eje central de éste conducen mayor cantidad de corriente por unidad de área. Por tal razón, la densidad de corriente no es la misma en todo el aislador.

Las variaciones de magnitud de la corriente de fuga están en función de las variaciones de la resistividad superficial del aislador. La resistividad superficial a su vez depende de la cantidad de compuestos conductores que forman el depósito de contaminantes.

Otro factor que influye es la "distancia de fuga", ésta se ve afectada en forma directa por el número y forma de las faldas con las que cuenta el aislador, por lo que en consecuencia aumenta el área del aislador.

3) **Capa contaminante no uniforme:** La distribución de la capa contaminante es no uniforme a lo largo de una cadena de aisladores, durante el fenómeno de las corrientes de fuga.

Una cadena de aisladores de suspensión se puede considerar como un grupo de resistencias, formando un arreglo en serie como se muestra en la figura 4.3.1.

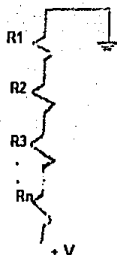


Figura 4.3.1 Circuito equivalente de una cadena de aisladores

4) Formación de bandas secas: Estas se forman cuando la corriente eléctrica o "corriente de fuga" que circula sobre el aislador produce un calentamiento, secando (evaporando la humedad) diversos puntos de la superficie.

Las bandas secas se ponen en serie con las partes que permanecen húmedas, por lo que la tensión de Fase a Tierra provoca descargas a través de este circuito. Inicialmente éstas tienen un color azul y forman lo que se llama "efecto corona", concentrándose en las uniones del aislador con las partes metálicas (el valor de la corriente de fuga en esta etapa es del orden de 1 [mA]).

Cuando las condiciones anteriores continúan arriba de 1 minuto y la contaminación en el aislador tiene baja resistencia dieléctrica, los arcos aumentan continuamente, llegando el momento en que se forman descargas de un color amarillento que se denomina "Prescintilación" (con corriente de fuga de 1 a 10 [mA]).

Finalmente se inician las descargas de "Scintilación" del orden de 1 a 100 [mA]. Cuando estos pulsos son mayores de 300 [mA], el aislador falla por flámeo.

4.4 FLAMEO DE LOS AISLADORES.

En los puntos anteriores de éste capítulo se describieron los factores más importantes que intervienen en el fenómeno de flámeo de aisladores bajo condiciones de contaminación.

Si persiste la humedad el flujo de corriente eléctrica crece en las zonas más estrechas del aislador lo que provoca una rápida evaporación en estas zonas, debido a la energía térmica disipada por efecto Joule y la consecuente formación de bandas secas.

Esto propicia una distorsión en la distribución del esfuerzo eléctrico en los aisladores, creando una condición inestable y, en algunos casos se rompe la rigidez dieléctrica del aire provocando la ruptura eléctrica de las bandas secas y propagándose así la descarga hasta culminar con el flámeo.

A continuación se presenta el desarrollo del fenómeno del flámeo por contaminación en 6 etapas:

1) El aislador se cubre con una capa contaminante que contiene sales solubles o ácidos diluidos o alcalinos. Si la contaminación es depositada como una capa electrolítica líquida, como brisa salina, los pasos del 3 al 6 proceden. Si la contaminación no es conductora cuando está seca, entonces es necesario humedecerla; paso 2.

2) La superficie del aislador contaminado es humedecida parcial o totalmente por niebla, bruma, llovizna, nieve o hielo; y de esta manera la capa contaminante se hace conductora. La lluvia pesada puede lavar en parte o totalmente la capa contaminada sin iniciar otros pasos en el proceso de rompimiento o bien se pueden puentear los faldones y provocar el flámeo.

3) Una vez que un aislador es cubierto con una capa contaminante conductora, la corriente de fuga superficial fluye y su efecto de calor empieza a secar partes de la capa contaminante.

4) El secado de la capa contaminante no es uniforme y en lugares donde la capa conductora se rompe por bandas secas, el flujo de la corriente de fuga se interrumpe.

5) El voltaje aplicado de fase a tierra a través de las bandas secas causan el rompimiento del aire y las bandas secas son puenteadas por arcos que eléctricamente están en serie con la resistencia de las porciones sin secar de la capa contaminante. Esto causa un transitorio de la corriente de fuga cada vez que las bandas secas sobre el aislador arquean.

6) Si la resistencia de la parte sin secar de la capa contaminante es suficientemente baja, los arcos que puentean las bandas secas son capaces de estar quemándose continuamente y de extenderse a lo largo del aislador, puenteadando más y más su superficie. A su vez decrece la resistencia en serie de los arcos, incrementándose la corriente y permitiendo el puenteo aún mayor de la superficie del aislador; finalmente hay un puenteo completo y una falla de fase a tierra que se ha establecido. A continuación se resume en la figura 4.4.1 el proceso para llegar al fenómeno de flameo en aisladores mediante la modificación del patrón de corriente

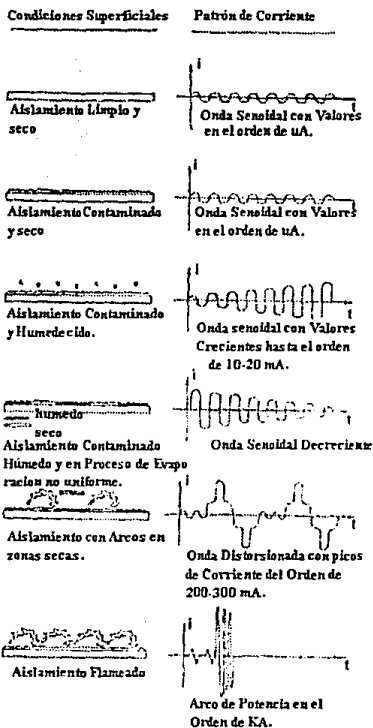


Figura 4.4.1 Modificación del patrón de corriente de fuga en el proceso de flameo.

4.5 OTROS EFECTOS. DEGRADACION EN LOS AISLADORES SINTETICOS

Los aisladores sintéticos (hechos básicamente a partir de polímeros) en algunos casos se mezclan con otros materiales, como la alúmina o la arena sílica, para mejorar su resistencia al intemperismo y al arco eléctrico. Durante el procesamiento de los polímeros es usual añadir sustancias tales como las cetonas, aldehídos y peróxidos, compuestos que, por absorción de energía, pueden ser los responsables del inicio de la degradación que sufre el aislador cuando se encuentra instalado en el campo.

Cualquier fenómeno de degradación que se presente en los aisladores sintéticos, requiere de una entrada de energía (energía de activación). La manifestación de la degradación depende del tipo de energía que haya actuado. Por ejemplo, cuando la energía proviene de la luz solar, la fotólisis es el deterioro más significativo que se presenta.

Observando la figura 4.5.1, vemos que la energía requerida para romper algunos enlaces covalentes simples se encuentra entre 165 y 420 [KJ/mol], correspondiéndole longitudes de onda entre 710 y 290 [nm]. Aun cuando gran cantidad de la radiación emitida por el sol es rechazada por la atmósfera, en especial por la capa de ozono, una parte se filtra (específicamente aquella que tiene longitudes de onda entre 300 y 400 [nm]), generando energía suficiente para romper algunos enlaces químicos, lo que provoca el inicio de la degradación del aislador.

Esta degradación comúnmente se manifiesta de las siguientes formas: agrietamiento, originado por el cruce de cadenas poliédricas; resquebrajamiento de la superficie, debido al corte de cadenas poliédricas y la pérdida de hidrofobicidad, propiciada por la volatilización superficial del material.

Los agentes que producen tales manifestaciones pueden actuar simultáneamente provocando, por efecto sinérgico (Ver definición punto 4.5.5), una aceleración del envejecimiento de los aisladores.

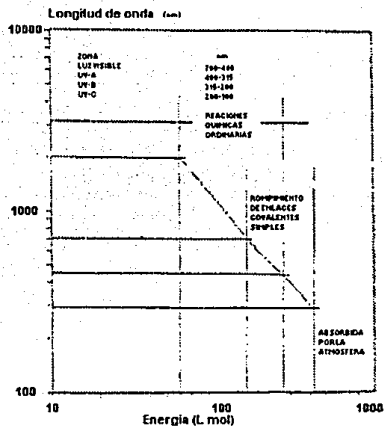


Figura 4.5.1 Longitud de onda asociada a la energía de activación de los polímeros.

A continuación se presentan los fenómenos de degradación que se registran con mayor frecuencia en los aisladores instalados en el campo.

4.5.1. DEGRADACION POR RADIACION SOLAR.

La degradación por radiación solar se adopta en dos formas:

1) **La fotólisis, causada por la radiación ultravioleta:** Es un proceso de baja energía que aparece cuando la radiación ultravioleta excita electrónicamente algunos grupos funcionales específicos como por ejemplo, los carbónidos.

Durante la etapa de excitación se forman radicales de polímero que posteriormente originan un corte de cadenas poliédricas, manifestándose como un **resquebrajamiento superficial del material**. La **pérdida de hidrofobicidad** y el **agrietamiento** también son manifestaciones de la degradación por fotólisis.

Aunque algunos polímeros puros no deberían de absorber radiación con longitudes de onda más allá de 300 [nm], en ocasiones, la presencia de impurezas tales como las cetonas, aldehídos y peróxidos, son los responsables de la degradación.

2) La radiólisis, originada principalmente por los rayos X y los rayos gamma: Es causada por radiación con longitud de onda extremadamente corta y por lo tanto con una gran energía. Se puede presentar en dos formas:

De manera directa, cuando la radiación incide sobre el material o indirectamente, cuando se forman iones o moléculas excitadas en el gas que rodea al aislador. Esta última forma, aparece comúnmente durante el efecto corona cuando los iones del gas que se forman, se aceleran sobre el aislamiento debido a la presencia de un campo eléctrico intenso.

Los resultados de la radiólisis, se manifiestan a menudo como la volatilización de grandes cantidades de hidrocarburos.

5.2 DEGRADACION POR OXIDACION

Al igual que en la degradación por radiación, el primer paso en la degradación por oxidación es la formación de radicales de polímero.

Los principales factores que inducen la oxidación son la radiación ultravioleta y el calor. En la figura 4.5.2.1, se muestra cómo se presenta una variación considerable en el grado de oxidación de un polímero en función de la cantidad de radiación ultravioleta y de la energía calorífica que recibe durante un año.

Si el proceso de oxidación se induce por medio de la radiación ultravioleta, el fenómeno se le llama fotooxidación, en tanto que si es inducido por calor el fenómeno se le llama termoxidación.

En ambos casos, la decoloración por ayesamiento y el resquebrajamiento por el corte de cadenas poliédricas son la manifestaciones de la oxidación.

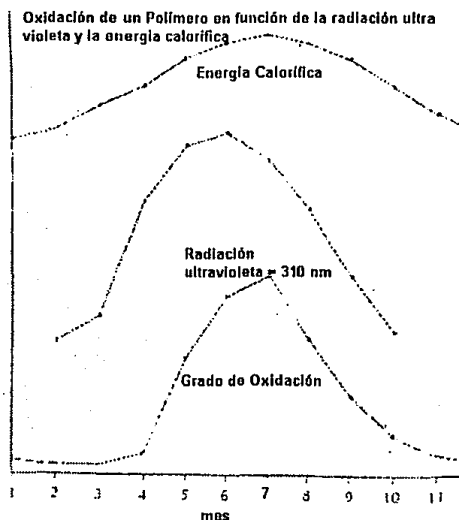


Figura 4.5.2.1 Oxidación de un polímero en función de la radiación ultra-violeta y la energía calorífica.

4.5.3 DEGRADACION POR ESFUERZOS ELECTRICOS

La degradación que se presenta en un aislador sintético por arqueo eléctrico superficial puede ser tracking o erosión.

El tracking es un camino conductor carbonizado, que se forma cuando se aplica suficiente tensión eléctrica a un aislador contaminado en un medio húmedo. Esto se debe a la evaporación irregular de la película húmeda del aislador, que produce áreas secas y con ello el arqueo superficial.

La erosión ocurre cuando la energía del arqueo eléctrico es tan grande que provoca la volatilización del material.

4.5.4 DEGRADACION POR OZONOLISIS

Los aisladores sintéticos son susceptibles de sufrir una degradación por la contaminación ambiental, especialmente en zonas donde hay altas concentraciones de ozono.

Es bien sabido que el dióxido de nitrógeno (NO_x) y el dióxido de azufre (SO₂) son compuestos que generalmente contienen los gases emanados de fábricas y automóviles. Estos gases, en combinación con el aire y estando presente la radiación ultravioleta, son los causantes del incremento del ozono, el cual reacciona rápidamente a temperatura ambiental con los polímeros insaturados y con algunos saturados, aunque con menor intensidad. Este fenómeno es conocido como ozonólisis.

La manifestación más común de la ozonólisis es el resquebrajamiento del material. El agrietamiento sólo se presenta cuando previamente se han formado radicales de polímero a partir de un fenómeno de oxidación.

Existen otros tipos de contaminación sólida (desértica, rural y marina) que son nocivos cuando el material depositado se humedece y se presentan los fenómenos de tracking y erosión.

4.5.5 EFECTO SINERGICO

En la ingeniería eléctrica la acción simultánea de agentes que propician la degradación dieléctrica se conoce como *efecto sinérgico*.

Todos los sistemas de aislamiento eléctrico están expuestos en el campo a más de un agente degradador.

De acuerdo al análisis de los fenómenos de degradación que se presentan en los aisladores sintéticos se ha desarrollado el esquema de la figura 4.5.5.1, en el que se muestra la interrelación que existe entre los agentes involucrados en el efecto sinérgico. Todos ellos provocan un cambio en el material, y se observa que comúnmente la manifestación es la misma, aún cuando el fenómeno que la originó sea diferente.

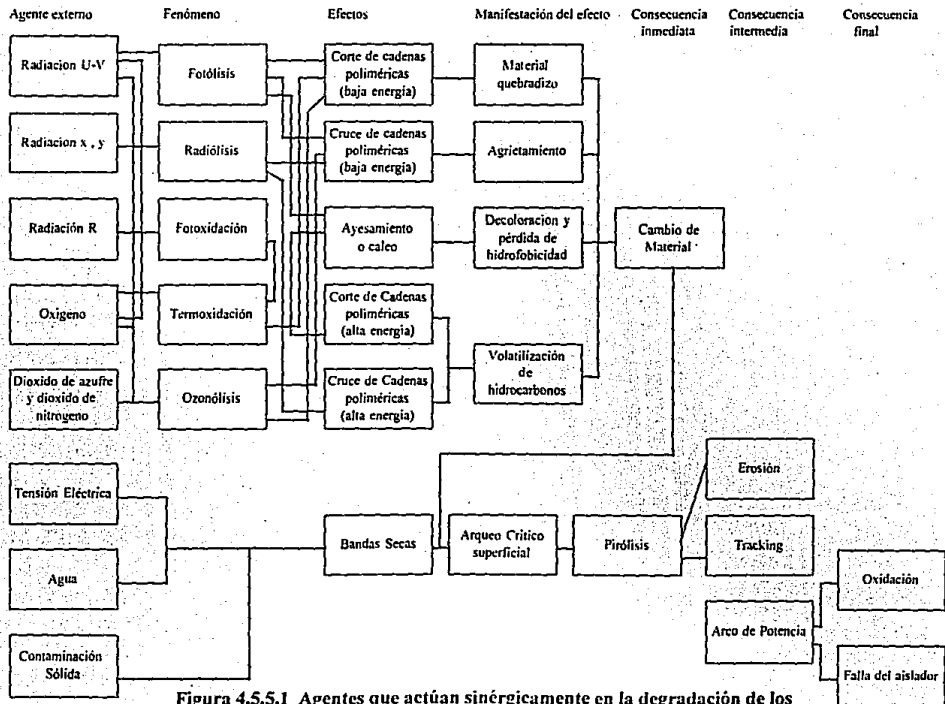


Figura 4.5.5.1 Agentes que actúan sinérgicamente en la degradación de los aisladores sintéticos

4.6 METODOS DE MEDICION DE LA CONTAMINACION EN AISLADORES.

La evaluación de la contaminación "severidad", implica obtener toda la información necesaria para conocer la probabilidad de falla, para los diferentes tipos de aisladores instalados en un sitio y operando a un voltaje determinado.

El método de medición de la severidad de un sitio, define la unidad de la contaminación y se consideran cinco métodos, los cuales son:

- 1) Densidad Equivalente de Sal en el Depósito (DESD).
- 2) Conductividad Superficial (uS).
- 3) Conteo de pulsos.
- 4) Método de corriente de fuga Alta (Ih).
- 5) Esfuezos de falla.

De los cuales sólo describiremos los 3 primeros:

4.6.1 DENSIDAD EQUIVALENTE DE SAL EN EL DEPOSITO (DESD).

DESD, es la cantidad de sal (NaCl) sobre la superficie de un aislador en miligramos por centímetro cuadrado [mg/cm^2] que se requiere para producir una misma conductividad que la contaminación realmente depositada y disuelta en una misma cantidad de agua

Para obtener la severidad de la contaminación en cierta área por este método, se colocan muestras de diferentes aisladores en puntos representativos.

Se colectan los contaminantes depositados de las superficies de los aisladores, mediante el lavado de las mismas y siguiendo un programa en cuanto a lapsos de tiempo y número de muestras. Se miden los valores de **DESD** con un conductímetro o equipo similar.

Los valores obtenidos se someten a análisis estadísticos y se correlacionan con los fenómenos meteorológicos que también deben registrarse, así también deben considerarse las distancias con las fuentes emisoras.

Los valores de **DESD** obtenidos del campo son influidos también por el tipo de material de los aisladores, su forma y posición, por lo que para propósitos de comparación entre diferentes

sitios deben considerarse las muestras tomadas en cadenas verticales de aisladores estandar (254 [mm] X 146 [mm]).

Para deducir el comportamiento de los aisladores a partir de los valores del DESD es necesario obtener las "tensiones resistentes" en función de los diferentes valores de severidad, lo que es posible con puebas de laboratorio.

El método de laboratorio usado, se llama "niebla limpia", que consiste en la adaptación de una cámara en donde se genera artificialmente niebla con agua limpia debidamente controlada. Los aisladores de muestra se contaminan artificialmente reproduciendo valores, lo más cercano posible a los registrados en el campo. Estas muestras se prueban en la cámara con la niebla y bajo tensión con procedimientos determinados.

4.6.2 CONDUCTIVIDAD SUPERFICIAL [uS].

La conductancia superficial es la relación entre la corriente a la frecuencia del sistema que fluye sobre una muestra de aislador, y la tensión de prueba que se le aplica. La tensión que se utiliza es del orden de 20 a 30 [KV] por metro de longitud del aislador, pero menor que el valor de la tensión de servicio, a una frecuencia entre 48 y 62 [Hz].

La conductancia del aislador, es un parámetro que indica la cantidad de contaminación y su grado de humedad, por lo que es considerado como un método adecuado para medir la severidad de un sitio determinado.

Realizando pruebas de contaminación artificial por medio de métodos de laboratorio se pueden reproducir en la superficie de la muestra los valores de la conductancia registrados en el campo. Obteniéndose así la severidad del sitio en unidades de conductividad [uS].

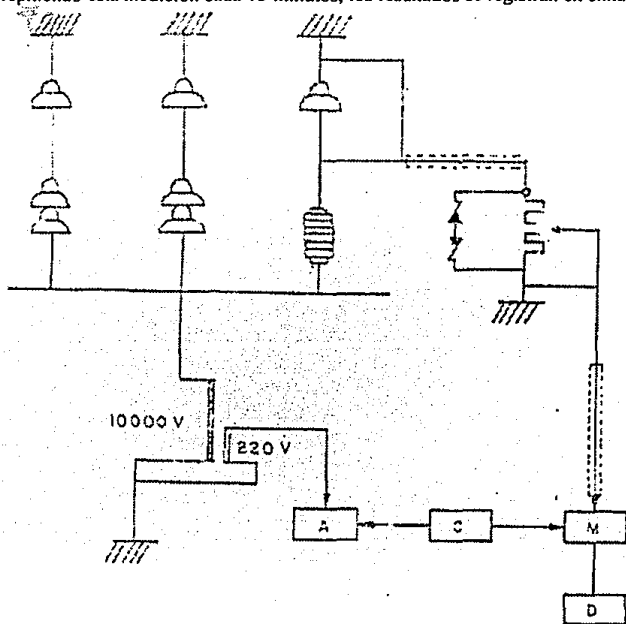
Los mismos tipos de aisladores que se instalan en el sitio se prueban en el laboratorio. Para obtener en éste la *conductancia de la superficie "G"*, se aplica en tiempos cortos predefinidos, tensiones "V" a 60 [Hz], se miden las corrientes de fuga "I" y se obtiene:

$$G = I / V.$$

La conductividad "K" de los aisladores se puede obtener multiplicando "G" por el factor de forma "F", o sea :

Conductividad = $K = G * f$ en microsiemens [μS] que es la unidad

que se utiliza. La figura 4.6.1, muestra un ejemplo del circuito de medición de la conductancia en el campo. Se aplica una tensión de 10 [KV] a la frecuencia del sistema durante 2 ciclos, repitiendo esta medición cada 15 minutos, los resultados se registran en cinta magnética



- A.- Interruptor.
- C.- Control de secuencia.
- D.- Captura de datos.
- M.- Memoria analógica.

Figura 4.6.1 Diagrama de bloques del circuito usado para la medición de la conductancia superficial sobre aisladores muestra.

La validez de este método se obtiene utilizando aisladores de diferentes perfiles. El método de prueba artificial se considera válido si los aisladores dan valores de severidad similares aún cuando la conductancia o conductividad superficial sean diferentes, ver figura 4.6.2.

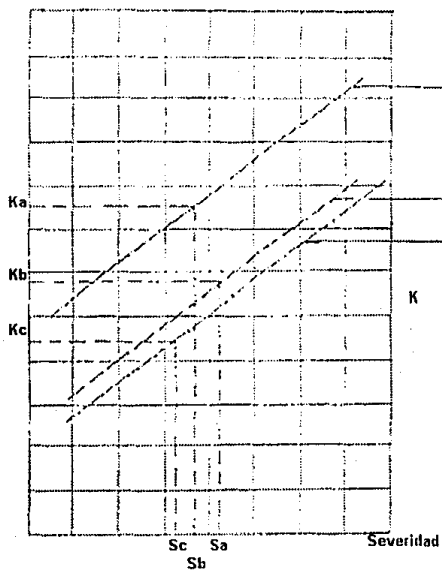


Figura 4.6.2 Curva conductancia superficial vs severidad.

4.6.3 CONTEO DE PULSOS.

Consiste en registrar para un período dado, el número de pulsos de corriente de fuga arriba de cierta amplitud, en un aislador energizado a su voltaje de trabajo. Lo anterior implica el registro de las fases de la contaminación, su humedificación, hasta antes de la falla.

El equipo que se usa se ajusta para operar arriba de corrientes de pico de 20, 50, 100, y 250 miliamperes. Se acepta actualmente que las corrientes arriba de 100 a 250 miliamperes son las más relevantes.

El número de pulsos precedentes a la falla de diferentes aisladores puede variar ampliamente, por lo que este método no da una medida absoluta del comportamiento del aislador. El uso del conteo de pulsos para evaluar la severidad del sitio y como guía para la longitud del aislador, depende de la comparación del conteo de pulsos en el sitio, con los datos del conteo acumulado de pulsos sobre aisladores similares.

El método tiene mejor uso en determinar la longitud del aislador para el sobreaislamiento de un sistema existente y para monitoriar la necesidad de lavado en vivo o el siliconado de los aisladores.

4.7 EJEMPLO DE CALCULO DE DISEÑO POR CONTAMINACION PARA AISLADORES.

Para el cálculo de aisladores por contaminación es diferente para cada tipo; por sus características y por la clase de contaminación a la que está sujeta. Como ejemplo representativo se considerará el diseño por contaminación para aisladores tipo alfiler.

EJEMPLO. Para un aislador alfiler de 23 [KV], tipo estándar es retirado del Alimentador de Subestación Tacuba No. 28 (TAC-28) de la red de distribución aérea de Luz y Fuerza del Centro (L. y F.C.) con la finalidad de obtener la Densidad Equivalente de Salinidad en el Depósito (DESD) de la zona (Aguiles Serdan, D.F.) y así poder predecir el funcionamiento correcto de los aisladores instalados.

En la obtención del DESD en aisladores se emplea el siguiente procedimiento:

a) Se lava la superficie del aislador con ayuda de un cepillo o brocha con una cierta cantidad "A" en [cm³] de agua destilada o de agua potable, en este último caso se hace la medición de la conductividad previamente.

b) Posteriormente del lavado del aislador se toman las mediciones de: Temperatura, Volumen y de Conductividad de la solución con un conductímetro. En caso de usar agua potable, se resta el valor inicial de conductividad del posterior obtenido.

e) El valor de conductividad resultante se corrige para una temperatura de 18 [°C], utilizando un factor de corrección "K", ésta corrección se realiza empleando la siguiente expresión:

$$Ct_{18\text{ }^\circ\text{C}} = Ct_x (1/K) \dots\dots\dots (1)$$

en donde:

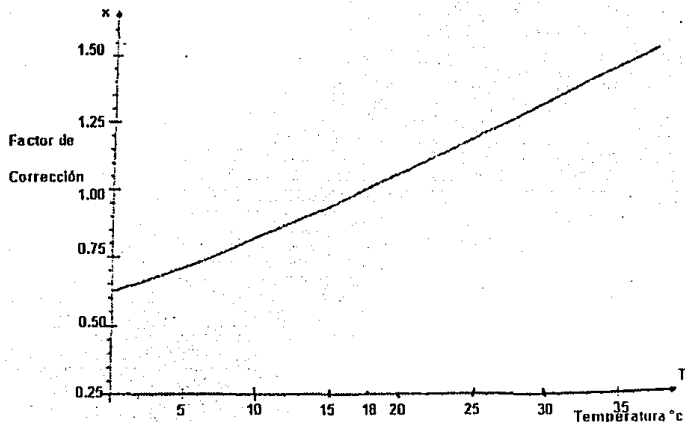
t_x = temperatura de la solución en [°C].

$Ct_{18\text{ }^\circ\text{C}}$ = conductividad a una temperatura de 18 [°C].

Ct_x = conductividad a cualquier temperatura.

K = factor de corrección.

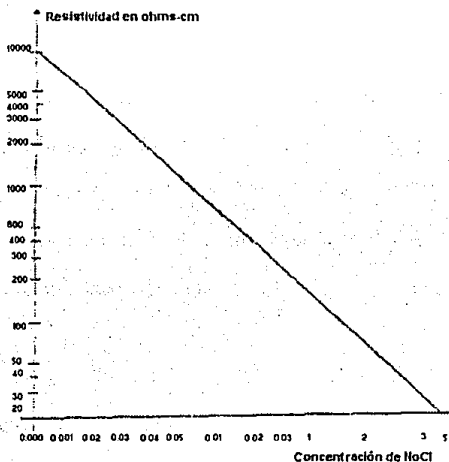
El factor de corrección "K" se obtiene de la gráfica 4.7.1



Gráfica 4.7.1 Temperatura contra factor de corrección.

d) Una vez obtenida la conductividad de 18 [°C] se procede a determinar la concentración en % de salinidad equivalente "B" de la solución, determinándola por medio de la gráfica 4.7.2, que es una curva de concentración de sal en %, contra la resistividad en [ohm-cm], para esto se requiere transformar el valor de conductividad a resistividad "ρ".

$$\rho = 1/Ct_{18 [^{\circ}C]} \dots\dots\dots (2)$$



Gráfica 4.7.2 Concentración contra Resistividad.

e) La cantidad de salinidad equivalente en [mg] de la solución "X", se obtiene de la forma siguiente:

$$X [mg] = A [cm^3] * 1000 [mg/cm^3] H_2O * B [\%] / 100 \dots\dots\dots (3)$$

resultando finalmente:

$$X \text{ [mg]} = A * B * 10 \dots\dots\dots(4)$$

f) Finalmente se calcula el DESD, dividiendo la cantidad de salinidad equivalente "X", Ecuación (4), entre la superficie "S" en [cm²] del aislador, como se indica en la siguiente expresión:

$$\text{DESD [mg/cm}^2 \text{]} = X/S \text{ [mg/cm}^2 \text{]} \dots\dots\dots(5)$$

Regresando al cálculo del aislador del EJEMPLO:

Siguiendo paso por paso el procedimiento anterior para el cálculo del DESD, tenemos:

- a) Se lavo el aislador con una brocha en un recipiente.
- b) Se utilizó un volumen de 5000 [cm³] de agua destilada, "A".

La temperatura medida fué de 22 [°C], "tx".

La conductividad medida fué de 130 * 10⁻⁶ [ohm/cm], "Ctx".

- c) Utilizando la gráfica No. 4.7.1, obtenemos un factor de corrección "K" de 1.11.

Calculando la conductividad a 18 [°C]

De (1):

$$Ct_{18 \text{ } ^\circ\text{C}} = 130 * 10^{-6} \text{ [ohm/cm]} * 1/1.11$$

$$Ct_{18^\circ\text{C}} = 117 * 10^{-6} \text{ [ohm/cm]} \dots\dots\dots(6)$$

- d) Para obtener la concentración de salinidad equivalente "B" en %, emplearemos la gráfica 4.7.2 y para esto se requiere transformar el valor de conductividad a resistividad "ρ":

De (2), sustituimos el valor de la conductividad a 18 [°C] y obtenemos:

$$\rho = 1 / 117 * 10^{-6} \text{ [ohm/cm]}$$

$$\rho = 8547 \text{ [ohm-cm]} \dots\dots\dots(7)$$

Con el valor obtenido de resistividad pasamos a la gráfica 4.7.2, de la que obtenemos:

$$B = 0.005 \%$$

e) A continuación se calcula la salinidad equivalente "X" como sigue:

De (4), y sustituyendo valores tenemos:

$$X \text{ [mg]} = 5,000 * 0.005 * 10, \quad X \text{ [mg]} = 250 \text{ [mg]} \dots\dots\dots (8)$$

f) Para el cálculo del DESD se necesita conocer la superficie "S" del aislador, para lo cual el tipo de aislador resultó, según especificaciones de catálogo de fabricación.

$$S = 2,554.67 \text{ [cm}^2\text{]}\dots\dots\dots(9)$$

Sustituyendo (8) y (9) en (5):

$$\text{DESD [mg/cm}^2 \text{]} = 250 \text{ [mg]} / 2,554.67 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\text{DESD [mg/cm}^2 \text{]} = 0.0978 \text{ [mg/cm}^2 \text{]}$$

Con el valor de DESD obtenido pasamos a la tabla 4.7.3

CLASIFICACION USADA POR IEEE.			CLASIFICACION USADA EN L. y F.C.			ESPECIFICACION CFE-L0000-06.	
NIVELES DE CONTAMINACION NATURAL	K-OHMS	RANGOS DESD mg/cm ²	NIVELES DE CONTAMINA- CION NATURAL	RANGO DE SALINIDAD [mg/cm ²]	DISTANCIA DE FUGA [cm / kv] FASE-TIERRA	NIVELES DE CONTA- MINACION NATURAL	DISTANCIA DE FUGA [cm/Kv] FASE-TIERRA
LIGERA (LEVE)	500	0.03 A 0.06	B LIGERA	0.04	2.64	LIGERA	20 A 25
LIGERA (MUY LEVE)	500	0.0 A 0.03	A LIGERA	0.03	—	LIGERA	20 A 25
MEDIANA	200	0.06	C MEDIA	0.06	3.33	MEDIA	30 A 35
MEDIANA	200	0.10	C MEDIA	0.06	3.33	MEDIA	30 A 35
ALTA	100	> DE 0.10	D ALTA	0.12	4.42	ALTA	40 A 45
FUERTE	50	> DE 0.10	E SEVERA	0.3	5.36	EXTRA ALTA	MAYORES DE 6
SEVERA	25	> DE 0.10	E SEVERA	0.3	5.36	EXTRA ALTA	MAYORES DE 6

Tabla 4.7.3 Escala nacional de niveles de contaminación natural con los correspondientes valores de severidad para diferentes pruebas de contaminación artificial.

y vemos en la columna de la clasificación usada por L. y F.C. y por IEEE que corresponde a una contaminación mediana. Las características de esa clase de contaminación se muestran en

la tabla 4.7.4. En la tabla 4.7.3 podemos ver que para el valor del **DESD** calculado se recomienda una distancia mínima de fuga específica "**df**" de fase a tierra de:

$$df = 3.33 \text{ | cm/KV |} \dots\dots\dots (10)$$

NIVEL O CLASE DE CONTAMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES
LIGERA	ZONAS RURALES SIN QUEMA DE FOLLAJES, ÁREAS SITUADAS LEJOS DEL MAR Y A GRAN ALTITUD Y NO EXPUESTAS A BRISAS MARINAS, ZONAS CON BAJAS DENSIDAD INDUSTRIAL PERO SUJETAS A VIENTOS FRECUENTES Y/O LLUVIAS, ZONAS AGRICOLAS CON BAJO USO DE FERTILIZANTES Y FLAGISIDAS CON LLUVIAS FRECUENTES
MEDIA	ZONAS CON INDUSTRIAS QUE PRODUCEN HUMOS CONTAMINANTES COMO: HORNOS, METALURGIA, POLVO DE MINAS, CENIZAS EN SUSPENSIÓN, O ZONAS CON INDUSTRIAS QUE ESTÁN EXPUESTAS A VIENTOS MARINOS PERO NO DEMASIADO CERCA DE LAS COSTAS, POR LO MENOS A 1 KM DE DISTANCIA, ZONAS CON NIEBLA LIGERA, ZONAS RURALES CON USO DE FERTILIZANTES Y PLAGICIDAS
ALTA	ZONAS CON ALTA DENSIDAD INDUSTRIAL, ÁREAS CERCANAS AL MAR CON UNA DISTANCIA MENOR A 1 KM DE DISTANCIA DE LA COSTA O EXPUESTAS A BRISA MARINA, ZONAS EXPUESTAS A LA ACCIÓN DE POLVOS DE CEMENTO Y CARBÓN CON LLUVIAS LIGERAS: CONVINCIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORES CON LA NIEBLA, ZONAS URBANAS DE LATO ÍNDICE DE POBLACION CON HUMOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO: POLVOS Y LLUVIA LIGERA
SEVERA	ZONAS DE EXTENSIONES MEDIANAS SUJETAS A HUMOS PRODUCIDOS POR PROCESOS INDUSTRIALES DE TIPO CONTAMINANTE, ZONAS CERCANAS A LAS COSTAS EXPUESTAS A BRISAS MARINAS MUY FUERTES, ZONAS DE BAJA DENSIDAD INDUSTRIAL PERO EXPUESTAS A BRISAS MARINAS.

Tabla 4.7.4 Niveles de contaminación

a distancia de fuga (**Df**) requerida para este caso se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$Df = Vmft * df \dots\dots\dots (11)$$

en donde:

Vmft = tensión máxima (nominal) del equipo de fase a tierra.

df = distancia mínima de fuga específica.

Del ejemplo inicial, tenemos que.

$$V_{mft} = 23 \text{ [KV]} \dots\dots\dots (12)$$

Sustituyendo (10) Y (12) en (11), tenemos que:

$$Df = 23 \text{ [KV]} / (3)^{1/2} * 3.33 \text{ [cm/KV]}$$

$$Df = 44.23 \text{ [cm]} \dots\dots\dots (13)$$

De acuerdo al fabricante, la distancia de fuga para el aislador utilizado es de:

53.4 [cm].

De la comparación de las distancias de fuga podemos concluir, que el aislador es el adecuado para la clase de contaminación en la que fué probado.

Nota:

Para efectos de cálculo, se debe considerar V_m , igual a 25 [KV] que resulta de dar un margen del 10% a la tensión nominal, para mayor exactitud.

En conclusión:

Si:

$$Df_{diseño} < Df_{fabricante} = \text{ AISLADOR ADECUADO.}$$

$$Df_{diseño} > Df_{fabricante} = \text{ AISLADOR INADECUADO.}$$

En la figura 4.7.5 se muestra el aislador que se utilizó en el cálculo:

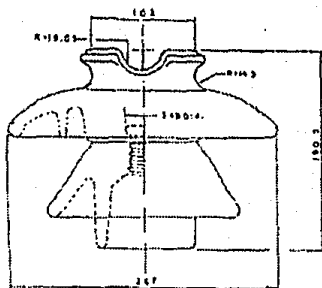


Figura 4.7.5 Aislador de 23 [KV] Tipo alfiler (Clase 56-3).

CAPITULO QUINTO

Soluciones Propuestas al Problema de Contaminación en Aisladores del Sistema de Distribución Aéreo de 23 [kV].

CAPITULO V

SOLUCIONES PROPUESTAS AL PROBLEMA DE CONTAMINACION EN AISLADORES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREO DE 23 [KV]

Existe una cierta interacción entre los equipos eléctricos y el medio en el que se encuentran. Esta interacción es desfavorable cuando el medio en que se encuentran esta contaminado.

Los efectos producidos por la contaminación a los equipos eléctricos son muy diversos. Entre los más comunes se pueden citar: deterioro del aislamiento (aisladores), falsos contactos en los elementos interruptivos, corrosión en partes metálicas y elementos de concreto, etc.

En este capítulo se presentan las medidas preventivas que se deben considerar para contrarrestar los efectos adversos producidos por la contaminación en los aisladores.

5.1 SOLUCIONES TECNICAS PARA LAS INDUSTRIAS EMISORAS DE CONTAMINANTES

Dado los efectos negativos en el medio ambiente, la investigación tecnológica está comprometida a generar tecnologías cada vez más cuidadosas del medio ambiente. Este conocimiento debe difundirse al medio industrial donde no sólo se impone la selección o implementación de la mejor tecnología, sino también su uso adecuado, para minimizar los efectos negativos de los procesos, principalmente reduciendo los volúmenes de las sustancias nocivas que contienen y transformándolas a la forma más estable para asegurar su confinamiento.

A continuación se mencionan las soluciones técnicas para las industrias emisoras de contaminantes.

5.1.1 CONTROL DE PARTICULAS.

La recolección de partículas de un medio gaseoso puede efectuarse, dependiendo de su tamaño y velocidad, mediante alguno de los siguientes mecanismos: sedimentación gravitacional, fuerza centrífuga, impacto inercial, intercepción directa, difusión, efectos electrostáticos o filtración directa. De acuerdo al principio de operación los colectores de partículas pueden ser de alguno de los siguientes tipos:

1) **Cámara de asentamiento.** Utilizan la fuerza gravitacional para coleccionar partículas como arenas y polvos gruesos del orden de 50 micras o más. Abajo de este rango, el equipo disminuye su eficiencia marcadamente. Este equipo se coloca usualmente flujo arriba, de otros

dispositivos de colección de manera que las partículas más grandes se eliminen antes de usar dispositivos de colección más sofisticados, ver figura 5.1.1.1.

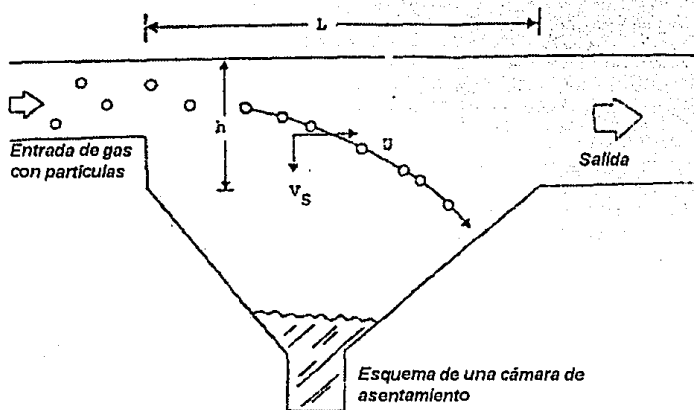


Figura 5.1.1.1 Esquema de una cámara de asentamiento.

2) Separadores centrífugos. Se alimentan de gas cargado con partículas por la parte superior de un tubo cilíndrico, eliminándolas por fuerza centrífuga. La eficiencia de colección varía de acuerdo al tamaño de las partículas pudiendo colectarse partículas desde 5 hasta 45 micras dependiendo de las características de éstas, ver figuras 5.1.1.2 y 5.1.1.3.

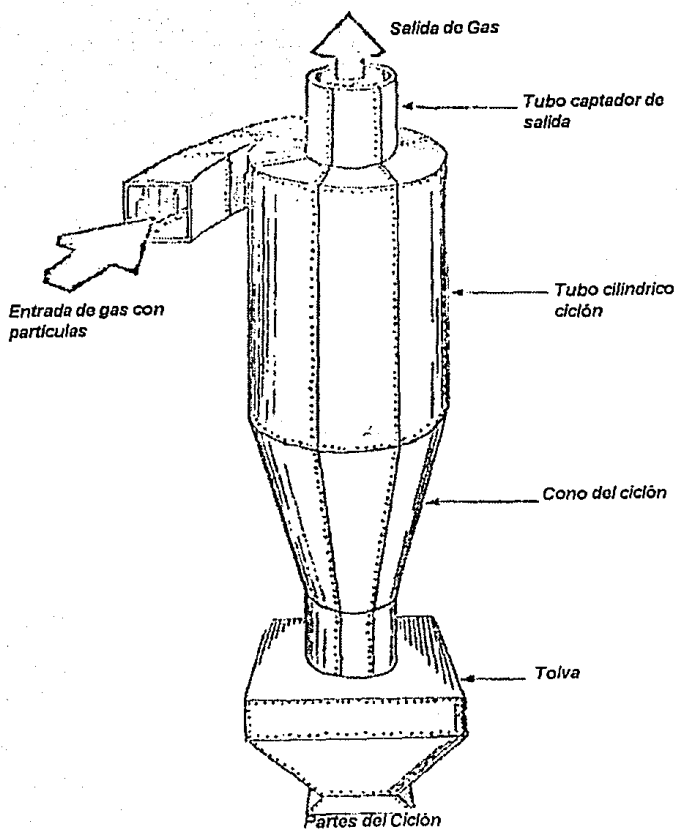


Figura 5.1.1.2 Partes del ciclón.

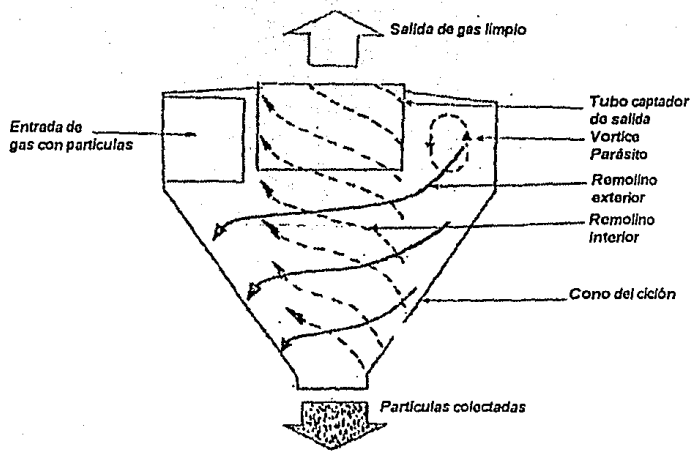


Figura 5.1.1.3 Interior del ciclón.

3) Colectores húmedos. Son dispositivos que emplean algún líquido, generalmente agua, para capturar por contacto y luego eliminar, las partículas de un flujo gaseoso. Algunos tipos de colectores húmedos pueden emplearse para eliminar simultáneamente gases contaminantes. Los colectores húmedos, dependiendo del tipo, pueden remover partículas en el rango de 0.1 a 100 micras. Por otra parte, no es apropiado el empleo de colectores húmedos en zonas urbanas.

El uso de colectores húmedos puede ocasionar problemas con el manejo de los desechos contaminantes líquidos. Las variedades de colectores húmedos más comunes son:

a) **Cámaras de rocío.** Consisten de una cámara de sedimentación por gravedad con dispositivos de aspersión de líquido limpiador y las partículas entran en contacto, depositándose en la tolva por gravedad, ver figura 5.1.1.4.

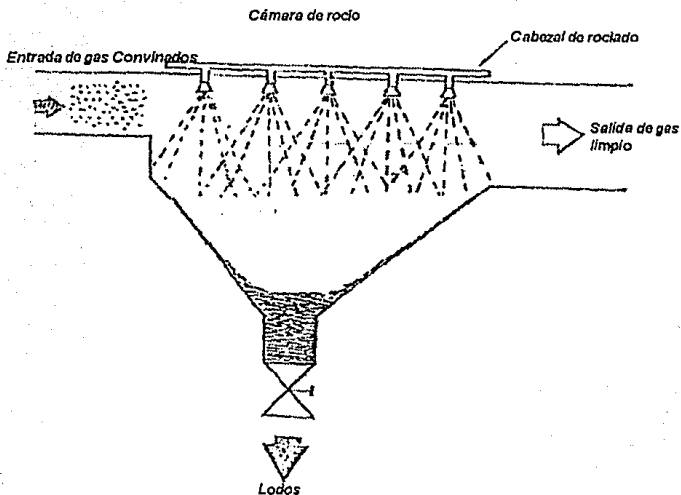
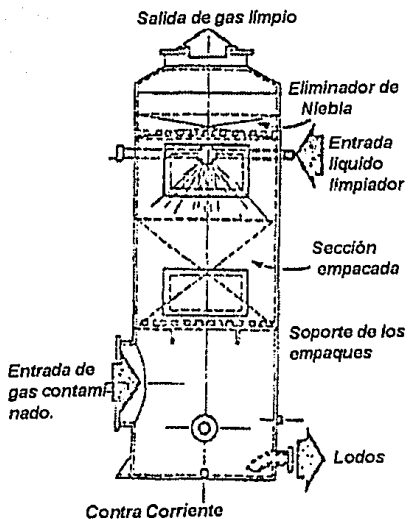
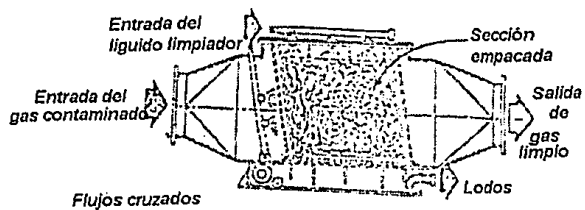


Figura 5.1.1.4 Cámara de rocío.

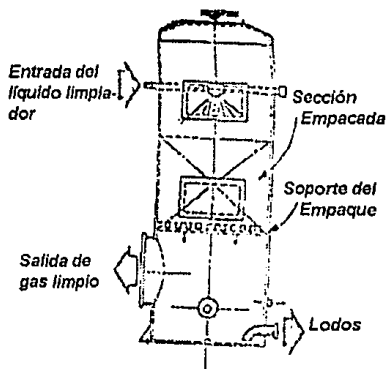
b) **Torres de aspersión empacadas.** Consisten de un recinto cerrado con empaques transversales por los que se hace pasar el gas contaminado y el líquido limpiador. Existen muchos tipos de empaques, variando en su forma y material utilizado. Estos empaques convierten el flujo líquido en una película de gran superficie. Al atravesar el gas por los empaques, las partículas y gases contaminantes son retenidos en la película líquida, ver figura 5.1.1.5



1) Contra corriente



2) Flujo cruzado



Mismo sentido de las corrientes

3) Mismo sentido de las corrientes

Figura 5.1.1.5 Tipos de torres de aspersión empacadas.

c) **Tipo ciclón.** Contiene aspersores de líquido en su interior dirigiéndose el rociado al flujo de gas rotante. La colección se logra al existir el contacto líquido-gas e impactar las gotas del líquido contaminado contra las paredes del colector, ver figura 5.1.1.6

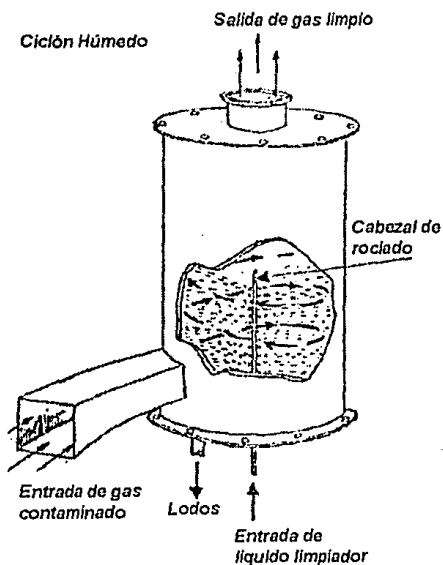


Figura 5.1.1.6 Ciclón húmedo.

d) **Tipo venturi.** Es un dispositivo en el cual un flujo de gas contaminado es pasado a través de un venturi donde adquiere gran velocidad. El líquido limpiador es inyectado en la garganta del venturi, atomizándose instantáneamente debido al alta velocidad del flujo de gas. La velocidad relativa entre el gas y las gotas de agua es muy grande y promueve la colección de las partículas, lográndose así, una alta eficiencia de colección de partículas submicronas, ver figura 5.1.1.7.

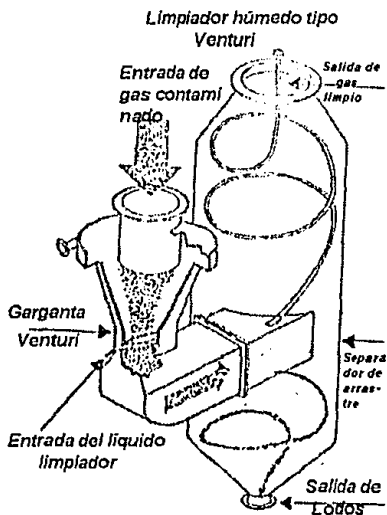


Figura 5.1.1.7 Limpiador húmedo tipo Venturi.

4) **Filtros.** Uno de los métodos más empleados para la separación de partículas de un flujo de gas es el uso de filtros de material tejido. El principio de operación de este colector consiste en hacer pasar el gas contaminado a cierta velocidad a través de una tela natural o sintética, que constituye el medio filtrante. Los medios filtrantes se usan en el control de partículas en el rango de 200 a décimas de micra, ver figura 5.1.1.8.

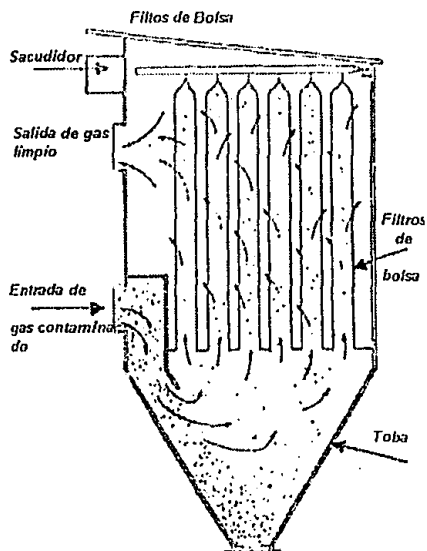


Figura 5.1.1.8 Filtro de bolsas.

5) **Precipitadores electrostáticos.** Es probablemente el método más versátil en la colección de partículas. Las fuerzas (eléctricas) de separación se aplican directamente a las partículas, mientras que en los métodos mecánicos se aplican a todo el flujo gaseoso. Se puede utilizar para coleccionar partículas submicronas lográndose eficiencias muy altas (99.9 %).

El principio de operación de un precipitador electrostático consiste en hacer pasar un flujo de gas contaminado a través de un campo eléctrico intenso, creado entre dos electrodos de polaridad opuestas, imprimiendo a las partículas una carga eléctrica, ver figura 5.1.1.9.

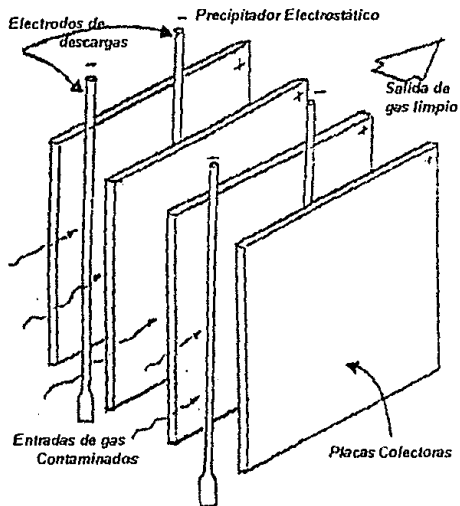


Figura 5.1.1.9 Precipitador electrostático.

Para los cinco casos anteriores, la selección del equipo colector de partículas depende de los siguientes factores:

- Las características de las partículas.
- La concentración de partículas en un medio gaseoso.

c) El volumen de partículas que deba ser manejado.

d) Las características del medio gaseoso.

e) La eficiencia de colección requerida.

En la tabla 5.1.1.10 se muestran los diferentes equipos anticontaminantes, su eficiencia de colección, y el tamaño de las partículas que pueden colectar:

EQUIPO	EFICIENCIA EN PESO	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS COLECTADAS EN MICRAS
DISPOSITIVOS SECOS:		
Filtros	99	0.1 - 100
Cámaras de asentamiento	35 - 93	50 - 10 000
Ciclones	65 - 95	5 - 45
Precipitador electrostático	75 - 99.9	0.2 - 10
DISPOSITIVOS HUMEDOS:		
Cámara de rocío	50 - 95	10 - 10 000
Limpiador tipo ciclón	65 - 95	0.01 - 100
Venturi	75 - 99	0.001 - 10

Tabla 5.1.1.10 Equipos anticontaminantes.

5.1.2 PROCESOS DE ELIMINACION DE GASES

Los principios básicos para la eliminación de gases son los mismos que para las partículas. El gas debe de tener un contacto estrecho con un medio apropiado de tal manera que el gas indeseable sea eliminado pudiendo ser el medio sólido, líquido y aún gaseoso. Los procesos para controlar emisiones gaseosas dependen de la adsorción, absorción y el control del proceso de combustión.

Las técnicas para minimizar los compuestos sulfurados de los gases en la chimenea son:

1) El cambio a combustibles bajos en azufre como el gas.

2) A la desulfuración del carbón o el petróleo. Para desulfurizar el carbón, éste se rompe y parte de las piritas (que contienen el azufre) se eliminan por técnicas gravitacionales. Una técnica para desulfurizar el petróleo consiste en refinarlo para producir diferentes combustibles bajos en azufre.

3) Proceso de inyección de piedra caliza. Existen dos procesos de inyección de piedra caliza para eliminar los óxidos de azufre:

a) Seco. Inyectándose calizas pulverizadas a la zona de combustión de alta temperatura donde se produce sulfato de calcio.

b) Húmedo. Se coloca un colector húmedo después del horno donde el flujo de gas de la combustión se limpia con cal en forma de pasta, teniéndose como desechos cenizas y sulfato de calcio.

4) Proceso de oxidación catalítica. Se convierten los óxidos de azufre en ácido sulfúrico haciendo pasar el flujo de gas a través de un catalizador como el pentóxido de vanadio, el cual promueve la oxidación del SO_2 a SO_3 . El SO_3 reacciona con vapor de agua para producir una concentración diluida de H_2SO_4 .

Existen muchas formas de abatir la contaminación atmosférica, tan perjudicial a los equipos eléctricos, al medio ambiente y al hombre mismo. Sin embargo, la forma más sencilla y eficaz para combatirla es en su origen. Para esto, se cuenta con una gran variedad de equipos que cubren todas las necesidades, que combinándolas con las medidas adoptadas por el sector eléctrico para disminuir sus efectos, redundarían en una mejor operación de los sistemas eléctricos.

Es necesario implantar medidas coercitivas para la instalación del equipo anticontaminante apropiado, siendo importante que los industriales comprendan todos los beneficios que representa el controlar las emisiones contaminantes a la atmósfera, lo cual se reflejaría en una mayor productividad y un mejor servicio por parte del sector eléctrico.

5.2 ACCIONES PARA COMBATIR Y PREVENIR LA CONTAMINACION AMBIENTAL

La preocupación por la calidad del aire en las zonas urbanas data de la década de 1960. Las actividades de control se intensificaron al iniciar la década de 1980, con el apoyo de la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA) promulgada en 1982 y, posteriormente con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), [Diario Oficial de la Federación (DOF) del 28 de enero de 1988].

La publicación de dos reglamentos relacionados con la prevención y control de la contaminación atmosférica, en general, y la provocada por vehículos automotores que circulan en el Distrito Federal (DF), (DOF del 25 de noviembre de 1988), fortaleció la gestión ambiental en esta materia.

En lo que se refiere a los programas para combatir la contaminación atmosférica en las zonas urbanas, éstos incluyen, en particular el decreto presidencial de "21 Medidas Concretas para el Control de la Contaminación del Aire" (1986), el "Programa de Cien Acciones Necesarias" (1987-1988) y el "Programa Integral Contra la Contaminación del Aire en la Zona Metropolitana" (1990).

En 1989, el gobierno de México suscribió un acuerdo con la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA) para realizar un estudio mediante el cual sería formulado el Plan para el Control de la Contaminación causada por las Fuentes Estacionarias en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

El estudio, iniciado en 1990, fué publicado en septiembre de 1991 y toma en cuenta consideraciones técnicas y económicas. En la realización del estudio se consideró la composición de las fuentes fijas asentadas en la ZMCM y las acciones comprendidas en los programas para prevenir y controlar la contaminación, entre otros factores.

A continuación se resumen las acciones realizadas por el estudio de 1991-1992 para combatir y prevenir la contaminación ambiental por sector:

ACCION PRIORITARIA: INDUSTRIA PETROLERA

- 1) Elaboración de gasolina de calidad ecológica internacional
- 2) Elaboración del diesel con bajo contenido de azufre.
- 3) Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre.
- 4) Suministro de gasolina sin plomo para los vehículos 1991 y posteriores, equipados con convertidor catalítico.
- 5) Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles.
- 6) Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolineras.

ACCION PRIORITARIA: TRANSPORTE

- 7) Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991.
- 8) Ampliación del metro.
- 9) Renovación de R-100 con 3500 unidades de baja emisión de contaminantes.
- 10) Reordenación y ampliación del sistema de transporte eléctrico.
- 11) Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte.
- 12) Autorización de rutas de autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional, de escolares y empleados.
- 13) Continuación del Programa Hoy No Circula.
- 14) Ampliación del Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas LP.
- 15) Conversión de flotillas de gasolina a gas LP, incorporando convertidores catalíticos.

16) Introducción de convertidores catalíticos en taxis, combis y microbuses.

ACCION PRIORITARIA: INDUSTRIA PRIVADA Y ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS

17) Cambio de combustible por gas natural en industrias.

18) Convenios con la industria para el control de emisiones.

19) Prohibición de nuevas empresas contaminantes.

20) Control de emisiones y reubicación de fundidoras.

21) Realización de monitoreo continuo en las industrias más contaminantes.

22) Mejoramiento de los procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicio.

ACCION PRIORITARIA: TERMoeLECTRICAS

23) Utilización de gas natural en termoeléctricas.

24) Suspensión invernal en la operación de unidades de generación.

25) Instalación de monitores continuos de emisiones en termoeléctricas.

ACCION PRIORITARIA: REFORESTACION Y RESTAURACION ECOLOGICA

26) Programa de reforestación urbana.

27) Reforestación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

ACCION PRIORITARIA: INVESTIGACION, SALUD AMBIENTAL, EDUCACION ECOLOGICA Y COMUNICACION SOCIAL

28) Instalación de laboratorios de control de calidad de combustible.

29) Desarrollo del Estudio Global de la Calidad del Aire.

30) Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epididemiológica de la Zona metropolitana de la Ciudad de México.

31) Relación permanente con universidades y centros de investigación.

32) Capacitación de maestros y formación de los niños en materia ambiental.

33) Programas de información profesional y capacitación.

La mala calidad del aire durante el invierno, en particular en 1992, ha hecho urgente establecer algunas medidas consideradas en el **Programa de Contingencias Ambientales** (cuadro 5.2.1). Entre ellas está la reducción o suspensión temporal de actividades en las principales industrias y establecimientos de servicios emisores de contaminantes y la ampliación del programa "un día sin auto" a dos días, en caso de llegar a la Fase II (nivel 2 del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire "**IMECA**").

NIVEL	CONDICIONES	MEDIDAS
1	250 - 350 IMECA	a) Reducción de 30 a 40% de la actividad industrial, sobre todo en la de mayor potencial contaminante. b) Suspensión de actividades al aire libre en escuelas primarias, para evitar exposición innecesaria de los niños. c) Suspensión de la circulación de 50% de vehículos de oficinas públicas. d) Suspensión desde la madrugada y hasta las 12 horas del servicio de tintorerías, planchadurías, baños públicos, y la actividad en establecimientos donde apliquen solventes y pinturas. e) Suspensión de actividades en las plantas de asfalto.
2	351 - 450 IMECA	a) Reducción de 50 a 75% de la actividad en cerca de 1500 industrias b) Suspensión de actividades en escuelas, oficinas públicas, cines, teatros, centros nocturnos, centros comerciales de bienes no consumibles y lugares de afluencia masiva. c) Ampliación del programa "Hoy No Circula" a dos días.
3	451 y más IMECA	a) "Suspensión de todas las actividades potencialmente contaminantes".

Cuadro 5.2.1 Programa de Contingencias Ambientales.

5.3 MEDIDAS PARA CONTRARESTAR LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACION EN LOS AISLADORES

Los aisladores del sistema eléctrico son diseñados para servir como soporte mecánico y barreras eléctricas. Esta última función se ve obstaculizada por la formación de depósitos de contaminantes sobre la superficie de éstos y además por la presencia de humedad. El problema se ha presentado desde que las instalaciones han sido erigidas a la intemperie.

En esta sección se presentan las medidas correctivas y preventivas existentes que se deben considerar para contrarrestar los efectos adversos producidos por la contaminación en los aisladores.

5.3.1 MEDIDAS CORRECTIVAS

Los problemas del medio ambiente son cada vez más adversos para la continuidad del Servicio de Energía Eléctrica. Para darnos una idea de la magnitud del problema de interrupciones de energía eléctrica, tomaremos como ejemplo tres zonas del Distrito Federal: Norte, Sur y Pantitlán. A continuación se presenta la tabla 5.3.1.1 que contempla el Material, el Tipo y la Causa de Falla que se reportan al atender los Disturbios en las Líneas Aéreas durante el Mantenimiento correctivo.

MATERIAL FALLADO	TIPO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	TOTAL 1990	TIEMPO FUERA (MINUTOS)	TOTAL 1991	TIEMPO FUERA (MINUTOS)
CABLE	ROTO QUEMADO FLAMEADO	OBJETO EXTRAÑO	79	5,035	71	4,571
		RAMAS / LINEA	59	3,095	73	3,989
		CHOQUE / POSTE	58	3,205	47	2,763
		FALSO CONTACTO	132	6,791	98	5,198
		CORTO CIRCUITO	34	1,570	55	2,673
		CRUZA / LINEAS	70	2,977	25	1,085
		OTRAS	102	10,703	22	4,034
TOTAL			534	33,376	391	24,313
POSTE	DEBILITADO	CHOQUE	71	4,706	73	4,480
AISLADOR	FLAMEADO DESPRENDIDO/ROTO	AISLAMIENTO	38	2,216	37	2,224
		CHOQUE O GOLPE	9	472	4	212
TOTAL			47	2,688	41	2,436
CUCIILLAS	FLAMEADAS DESTRUIDAS	FALSO CONTACTO	12	415	24	847
		CORTO CIRCUITO	1	64	12	808
		OTRAS	13	754	5	293
		TOTAL	26	1,233	41	1,948
PUENTES	DESPRENDIDO QUEMADO	FALSO CONTACTO	175	2,465	36	1,127
		CORTO CIRCUITO	22	607	18	507
		OTRAS	15	518	7	244
		TOTAL	212	3,590	61	1,878
APARTARRAYOS	QUEMADO DESTRUIDO	F / AISLAMIENTO	11	526	15	763
		RAYOS	6	287	9	439
		TOTAL	17	813	24	1,202
CORTA CIRCUITO TUSIBLE	QUEMADO DESTRUIDOS	OBJETOS EXTRAÑOS	3	76	4	104
		FALSO CONTACTO	4	29	3	78
		CORTO CIRCUITO	26	1,214	12	659
		OTRAS	16	528	8	281
		TOTAL	49	1,917	27	1,122
RESTAURADOR SECCIONAL	OPERADO	CORTO CIRCUITO FALTA AISLAMIENTO	9	69	9	75
TOTAL			9	69	9	75

Tabla 5.3.1.1 Material, falla y causa registrados por mantenimiento correctivo.

De la tabla anterior se puede observar que las fallas por contaminación en aisladores representan un valor bastante considerable de tiempo de interrupción de energía eléctrica.

5.3.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

A consecuencia de las fallas reportadas se tomaron acciones de Mantenimiento preventivo, así como las horas hombre laboradas en las tres zonas mencionadas. Las tablas 5.3.2.1 y 5.3.2.2 respectivamente ilustran lo anterior:

CONCEPTO	1989	1990	1991
AISLADORES LAVADOS	4,000	4,240	5,880
AISLADORES REEMPLAZADOS	17,281	18,720	30,000
APARTARRAYOS INSTALADOS	773	999	500
APARTARRAYOS REEMPLAZADOS	840	760	1,480
ARBOLES DESRAMADOS	4,350	4,360	5,000
CONECTORES REEMPLAZADOS	4,240	5,920	8,960
CORTACIRCUITOS REEMPLAZADOS	880	800	2,280
CRUCETAS NIVELADAS	2,160	2,640	3,920
CUCHILLAS REV. Y AJUSTADAS	320	520	520
CUCHILLAS REEMPLAZADAS	200	320	500
INTERRUPTORES REV. Y AJUSTADOS	120	360	384
TRAMOS DE LINEAS REEMPLAZADOS	160	280	1,240
TRAMOS DE LINEAS TENSADOS	3,480	3,160	5,760
OBJETOS EXTRAÑOS RETIRADOS	20,440	22,760	32,640
POSTES NIVELADOS	560	540	480
POSTES REEMPLAZADOS	200	400	400
PUENTES REEMPLAZADOS	2,900	3,400	5,720
RETENIDAS INSTALADAS	360	440	120
SECCIONALIZADORES REV. Y REEMP.	40	42	24
TIERRAS VERIFICADAS Y CORRECTAS	400	280	768

Tabla 5.3.2.1 Acciones y materiales empleados en mantenimiento preventivo.

ÁREA DE SERVICIO	AÑO 1989	AÑO 1990	AÑO 1991
LAN	124,800	124,800	142,534
LAS	134,160	134,160	145,280
LAP	148,200	148,200	167,827
TOTAL	407,160	407,160	455,641

Tabla 5.3.2.2 Horas-hombre laboradas en mantenimiento preventivo.

Gracias a las estadísticas mencionadas, se han adoptado sistemas preventivos de Mantenimiento que ayudan en gran medida a la disminución de interrupciones en líneas de distribución, proporcionando un servicio con mayor continuidad.

Las medidas preventivas para contrarrestar los efectos de la contaminación en los aisladores que comúnmente se han venido empleando son:

- 1) Limpieza y lavado de los aisladores.
- 2) Sobreaislamiento.
- 3) Diseño de aislamientos.
- 4) Recubrimientos superficiales.

5.3.2.1 LIMPIEZA Y LAVADO DE LOS AISLADORES

Existen cuatro formas para realizar la limpieza de los aisladores:

1) Limpieza por lavado a mano: Este tipo de limpieza se puede realizar de dos maneras:

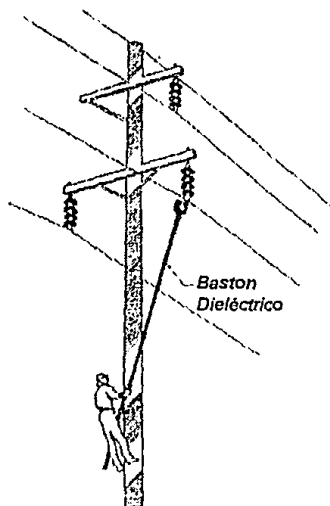
a) Reemplazo de los aisladores por unidades limpias, para luego en tierra proceder a la limpieza de las unidades contaminadas.

Esta situación ocurre cuando el contaminante se deposita sobre la superficie del aislador y se endurece en presencia de humedad y forma incrustaciones superficiales altamente adherentes y difíciles de remover por procesos mecánicos o de lavado a presión. Tal es el caso del cemento combinado con humedad.

b) Lavado manual de los aisladores sobre la línea.- Después de la limpieza de los aisladores se deben someter a un baño abundante con agua pura, con el fin de eliminar cualquier residuo ácido o alcalino que produciría efectos más perjudiciales, incluso que la adherencia original. Además es recomendable limpiar los aisladores con una tela impregnada de aceite, antes de ponerlos nuevamente en servicio, con ello se forma una película repelente y que puede ser efectiva durante varias semanas.

En ambos casos la línea debe estar desenergizada. Por lo que, este método es impráctico principalmente cuando se requiere un suministro continuo de energía eléctrica. Además es muy tardado por lo que resulta costoso.

2) **Lavado con brocha con línea viva:** Se utiliza en líneas de distribución. La brocha es sujeta a una barra aislante, con la cual el movimiento es hacia atrás, mientras que al mismo tiempo el agua sale hacia afuera, proporcionada por un pequeño tanque sujeto a lo largo de la brocha. Este aparato se ajusta a las diferentes formas de aisladores. Ver figura 5.3.2.1.1.



Limpieza con línea viva con Brocha

Figura 5.3.2.1.1 Lavado con brocha con línea viva.

3) **Limpieza por abrasión:** Para eliminar o remover el depósito de grasa o incrustaciones, se utiliza el soplado a presión con cáscara de coco triturada (o como también, cascara de nuez, mazorca de maíz, piedra pómez o barro de alfarería.), el cual permite la remoción de depósitos compactos de cemento sin destruir la superficie tersa del esmalte del aislador.

El uso de soluciones de soda cáustica o de ácido muriático también es frecuente en el caso de depósitos de cemento, pero en estas circunstancias se debe efectuar una protección muy

especial a los herrajes y al cemento utilizado para el ensamble del aislador, evitando la acción directa del ácido sobre ellos.

4) Limpieza por lavado con agua a presión: Este método de limpieza es el más práctico y económico, puede realizarse indistintamente cuando la línea esta energizada o desenergizada, aunque la preferencia es con la línea energizada para evitar interrupciones continuas. Por otro lado este método es recomendable cuando es difícil tener acceso a los aisladores para ser limpiados a mano.

Para poder realizar este método de limpieza, se requiere de un chorro de agua a presión y los parámetros más importantes que se deben considerar para realizar el lavado son:

a) La distancia de la boquilla al aislador.

b) Resistividad del agua

c) Que la presión de salida del agua sea tal que la corriente que fluye a través del chorro sea menor de 1 [mA].

Se tiene dos técnicas para realizar este tipo de lavado:

Primera técnica: Se hace por un operario (personal de mantenimiento) y se requiere de un aparato tan pequeño como sea posible. Existen dos tipos de aparatos: Uno es en el cual el operador lleva el tanque de agua en su espalda para poder subir a la torre o poste, como se observa en la figura 5.3.2.1.2 y el otro es en el cual el tanque se coloca en el piso y el operador sube con la manguera por medio de equipo hidráulico (jirafa) con canastillas para poder acercarse a los aisladores, como se muestra en la figura 5.3.2.1.3.

Segunda técnica: Es el lavado automático, se prefiere en lugares en donde se requiere realizar frecuentemente esta labor, como por ejemplo en subestaciones y plantas generadoras. Este método consiste en el lavado por rocío con línea viva por medio de boquillas fijas en la subestación para crear la pantalla de agua, ver figura 5.3.2.1.4. La frecuencia de lavado depende del grado de contaminación y condiciones climatológicas



Figura 5.3.2.1.2 Máquina portátil para lavado con línea viva.



Figura 5.3.2.1.3 Máquina de piso para lavado con línea viva.

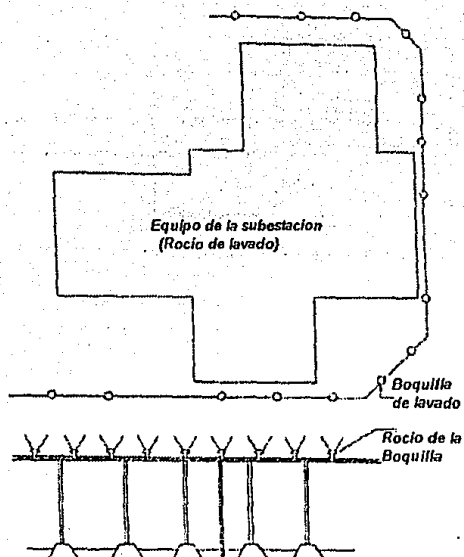


Figura 5.3.2.1.4 Método de lavado automático por rocío con línea viva.

5.3.2.2 SOBREAISLAMIENTO.

Una forma efectiva de prevenir problemas de flameo en zonas contaminadas, consiste en aumentar la distancia de fuga sobre la superficie del aislador.

La tabla 5.3.2.2.1 utilizada por RWE (Rheinsch Westfalischen Elektrizitatswerk Aktiengse Sells Chaft) recomienda los valores de distancia de fuga por cada [KV] de voltaje nominal del sistema para los diferentes grados de contaminación.

CLASE DE AISLAMIENTO	CATEGORIA	ZONA	DISTANCIA DE FUGA mm/Kv SISTEMA
A	1	AGRICOLA, FORESTAL Y NO INDUSTRIAL	17 - 20
B	2	LEGERA A MEDIANA CONTAMINACION PERO NEBLA FRECUENTE	22 - 25
C	3	AREAS INDUSTRIALES EXTREMA CONTAMINACION	26 - 36
D	4	ZONAS COSTERAS CONTAMINACION CON DEPOSITOS CONDUCTORES	39 - 45

Tabla 5.3.2.2.1 Valores de distancia de fuga recomendados por tipo de zona.

Una forma de aumentar la distancia de fuga consiste en utilizar aisladores sobredimensionados, por ejemplo: aisladores de 34.5 [KV] en circuitos de 13.2 [KV] (cuando se trata de aisladores tipo alfiler, "poste línea", etc.) o aumentar el número de unidad cuando se trata de una cadena de aisladores de suspensión.

5.3.2.3 DISEÑO DE AISLAMIENTOS

El diseño de líneas por contaminación requiere el considerar los llamados factores de corrección³, los cuales consideran los diversos aspectos tales como:

- a) tipo de sal
- b) densidad de sal
- c) relación entre superficies
- d) perfil del aislador
- e) posición de la cadena
- f) relación de contaminación entre superficies
- g) posición del aislador
- h) número de cadenas en paralelo.

³ Dr. Gaudencio Ramos Niembro, "Guía y procedimiento de diseño para aislamientos externos de líneas y subestaciones eléctricas expuestas en ambientes contaminados", CFE-862008, IIE-2013, Agosto de 1990.

El diseño de aislamientos externos expuestos en ambientes contaminados, puede ser dividido en tres pasos:

1) Voltaje de diseño contra contaminación.- Durante esta etapa, es necesario definir el nivel de contaminación, las características del contaminante y el comportamiento del aislador a utilizar para una zona específica. El resultado final será el voltaje de flameo del aislamiento, una vez aplicados los factores de corrección.

2) Tensión de diseño.- La obtención del voltaje máximo de diseño contra contaminación se obtiene, encontrando la tensión de fase a tierra del sistema y multiplicando el resultado por un factor de seguridad por sobretensiones a frecuencia nominal, el cual puede variar de 1.1 a 1.2, dependiendo del voltaje del sistema; es práctica común el considerar el factor 1.2 el cual equivale a un factor de seguridad del 20%.

3) Obtención del número de unidades.- El número de unidades mínimas contra contaminación se obtiene dividiendo la tensión de diseño entre el voltaje de diseño contra contaminación, el cual está dado en [KV] por unidad (aislador). Es práctica común usar como número de unidades el valor superior al obtenido en forma decimal, es decir si se obtienen 23.1 o 23.9 unidades, se deben usar 24 unidades. Después, sólo será necesario multiplicar el número de unidades por el paso del aislador, para así obtener la distancia en aire requerida contra contaminación.

Existen otros factores muy importantes que se deben considerar en el diseño de aisladores que van a operar bajo condiciones de contaminación como son:

- a) Características del material para soportar los efectos eléctricos y mecánicos.
- b) Limitaciones de manufactura con respecto al tamaño, forma y características del material.
- c) Posibilidad de incrementar la distancia de fuga.
- d) Diseño de las faldas del aislador para prevenir la mayor distancia de fuga.
- e) El espaciamiento, forma, relación de diámetro, etc. de las faldas del aislador.
- f) Diseño aerodinámico del aislador para permitir el limpiado por viento y lluvia.

5.3.2.4 RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

En condiciones de contaminación severa ha mejorado la operación de aisladores, al recubrir la superficie de estos en algún tipo de grasa. Las razones que se tienen son:

- a) Las partículas sólidas son encapsuladas, evitando de esta manera la formación de depósitos contaminantes solubles y uniformes.
- b) Impide la formación de una película continua de agua, debido a que ésta permanece en gotas discretas y aisladas que ruedan fácilmente por la superficie.

Como recubrimientos superficiales se han utilizado 2 tipos de material: siliconas y grasas a base de hidrocarburos.

1) SILICONAS

Las grasas de silicón convencional están constituidos por silicio, oxígeno y algo de carbón. Su consistencia, viscosidad y energía de superficie permanecen constantes en un amplio intervalo de temperatura, de -50 [°C] a $+200$ [°C], lo que permite que puedan ser utilizadas prácticamente en todos los climas.

2) GRASAS A BASE DE HIDROCARBUROS

Son mezclas de aceite y ceras derivadas del petróleo (hidrocarburos). En estos materiales disminuye la viscosidad a medida que aumenta la temperatura y finalmente alcanzan su punto de fusión; pero antes de alcanzar este punto, se vuelven inutilizables, debido a la pérdida de cohesión y adhesión que genera su deslizamiento sobre la superficie del aislador.

La temperatura a la cual ocurre dicho fenómeno, "la temperatura de deslizamiento", es una de las características primordiales de este material.

La tabla 5.3.2.4.1 muestra las características primordiales de recubrimiento a base de hidrocarburos.

Cuando los recubrimientos han perdido su eficiencia debido a la gran cantidad de material acumulado (depósito contaminante), se debe de proceder a removerlo. Sin embargo, sólo la capa superior cargada de contaminante debe de removerse si se va a reengrasar nuevamente el aislador.

Normalmente se aplican espesores de 0.5 a 1.0 [mm]. en el caso de silicón, y espesores de 2.0 a 3.0 [mm]. en los recubrimientos a base de hidrocarburos.

La vida efectiva de la capa protectora, depende del nivel de contaminación, pero en términos generales se mencionan periodos entre 6 meses y 3 años.

RECUBRIMIENTO DESCRIPCION	A GRASA ORIGINAL	B MAT. PARA APLICACION POR ROCIADO.	C MAT. PARA APLICACION MANUAL O POR ROCIADO
1.-COMPOSICION: Aceites minerales y ceras de hidrocarburos.	100 %	84 %	90 %
Aditivos.	0	16 %	10 %
2.-TEMPERATURA DE DESILIZAMIENTO			
Aplicado a mano	56 °C	67 %	115 %
Aplicado por rociado (Spray)	62 °C	72 %	115 %
3.-VISCOSIDAD (CS)	28 °C	150	11
A temperatura (T)	100 °C	100 °C	140 %
4- PENETRACION NO TRABAJADO			
Segun Din 51804 a 25 °C	75	65	160

Tabla 5.3.2.4.1 Características de recubrimientos a base de hidrocarburos.

En la tabla 5.3.2.4.2 se muestra la comparación de las propiedades de cada uno de los recubrimientos mencionados.

Las grasas de silicón se pueden aplicar con brocha ó con aerosol mediante aspersores, para lograr capas sumamente delgadas. Las grasas derivadas del petróleo son derretidos para su aplicación, ya sea manual o por aspersión, ya que tiene un costo relativamente bajo. Es recomendable sumergir los aisladores en grasa y luego dejarlos escurrir la grasa excedente.

	GRASA DE SILICON	JALEA DE PETROLEO
CONSTITUYENTES BASICOS	DIMETIL O FENIL METIL FIBRAS SILICEAS, SOLVENTES, AGENTES FRICCIONANTES Y FLUIDOS POLYSILOXANE	ACEITE DE HIDROCARBUROS PETROLEO Y CERAS SINTETICAS
RANGO USUAL DE TEMPERATURA	-50 A 200 °C	0 A 60 °C
TEMPERATURA DE FUSION	NO ACURRE DENTRO DEL RANGO USUAL	60 A 90 °C
TEMPERATURA RECOMENDABLE DE ROCIO	TEMPERATURA AMBIENTE	90 A 115 °C
RAZON DE ENCAPSULAMIENTO	RAPIDA	LENTA
APLICACION	SENCILLA	DIFICIL, ESPECIALMENTE EN CLIMAS FRIOS
COSTO DE MANTENIMIENTO	ALTO	BAJO
COSTO DE APLICACION	MODERADO	ALTO
COSTO DE LIMPIEZA	MODERADO	ALTO

Tabla 5.3.2.4.2 Comparación de propiedades de los recubrimientos.

Las medidas preventivas mencionadas son las tradicionales y tienen buenos resultados para reducir el problema de la contaminación en aisladores, pero sin embargo se requieren de nuevos métodos que mejoren los ya existentes. Entre los cuales están los siguientes:

- 1) Aisladores estabilizados con esmaltes resistentes.
- 2) Materiales sintéticos aplicados en aislamiento de las líneas aéreas.
- 3) Empleo de aisladores semiconductores.
- 4) Aislador tipo alfiler de concreto polimérico antiestático.
- 5) Conjunto aislador A 56-2 y alfiler 236 modificado.
- 6) Aislador alfiler A 56-2 NGK.

5.3.2.5 AISLADORES ESTABILIZADOS CON ESMALTES RESISTIVOS

Una solución más definitiva a los problemas de contaminación se ha desarrollado en los últimos años, consistente en la aplicación de un esmalte cerámico durante el proceso de manufactura del aislador, obteniendo después de la cocción una capa vítrea de conductividad controlada. El esmalte resistivo permite el paso controlado de la corriente sobre la superficie del aislador, generando calor, lo suficiente para mantener la temperatura del aislador 4 [°C] a 5 [°C] por encima de la temperatura ambiente.

La disipación de la energía aumenta a medida que se humedece la superficie del aislador, generando calor y permitiendo el secado de la superficie. El secado continúa hasta eliminar completamente la humedad, o hasta lograr el balance térmico entre el depósito de agua y la velocidad de evaporación superficial.

Los aisladores RG (Gran Resistencia) instalados en áreas de contaminación severa, generan los siguientes beneficios:

- 1) Eliminación de radiointerferencia, debido a que el voltaje se distribuye sobre la superficie del aislador.
- 2) Estructuras metálicas de menor tamaño que las necesarias en caso de sobreaislamiento.
- 3) Se elimina el engrase de los aisladores. La presencia de grasa interferiría con la capa del esmalte resistivo, de prevenir descargas superficiales.
- 4) Gran disminución en la frecuencia de lavado de los aisladores. En zonas en las cuales se ha requerido del lavado de aisladores dos veces por semana, se ha pasado al lavado una vez al año.

5.3.2 6 MATERIALES SINTETICOS APLICADOS EN EL AISLAMIENTO DE LAS LINEAS AEREAS

El desarrollo de aisladores para líneas aéreas permaneció estático durante muchos años. Una evidencia de ello es que aún se utilizan diseños que datan de las primeras décadas de este siglo. Esto contrasta con la evolución de otros productos utilizados en los sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica, donde se ha llegado a su automatización. No fué sino hasta la década de los sesentas cuando se inició la etapa de innovación de aisladores, a raíz de la utilización de los materiales sintéticos

Las ventajas que ofrecen los aisladores sintéticos influenciaron en los fabricantes de aisladores de porcelana, los cuales iniciaron también una etapa de mejoras en sus productos. Esto da lugar a que se modifiquen los diseños convencionales, procurando que sean más eficientes en sus perfiles y que se mejore la calidad de los materiales como el cemento para las uniones y los herrajes. Igualmente se modifican las formulaciones clásicas de la porcelana para obtener materiales con menor porosidad, mayor resistencia mecánica y rigidez dieléctrica.

La utilización de nuevos materiales orgánicos para la construcción de aisladores nos dan ventajas de tipo mecánico y económico sobre los aisladores convencionales construidos con porcelana vidriada o con vidrio. Se han desarrollado polímeros sintéticos tales como resinas epóxicas (bifenoles o cicláticos), teflón (politetra, fluoretileno), polisil, etc.ó elastómeros de silicón.

Sus propiedades mecánicas y eléctricas de un aislador varía dependiendo del vehículo que se utilice como relleno. Generalmente se utilizan compuestos inertes como harina sílica, hidróxido de aluminio asulfatado de bario, en algunos casos los aisladores son construidos con un sólo tipo de material sintético y de una sola pieza. Otras veces se utilizan distintos materiales para su fabricación como por ejemplo: núcleo de fibra de fibra de vidrio y faldas de material sintético.

La evaluación en laboratorio, tanto de los materiales como de los aisladores sintéticos, es mucho más severa que en el caso de los aisladores convencionales. Se efectúan, aparte de las pruebas normalizadas para porcelana y vidrio (ANSI C29), pruebas adicionales, cada una con una finalidad específica, como se enlista a continuación:

1) Efecto de las descargas superficiales.

Existe una gran cantidad de pruebas diseñadas para calificar la resistencia de los materiales para formar caminos carbonizados (tracking) o erosión, por la acción de las descargas eléctricas superficiales.

Dentro de éstas, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) seleccionó las de arco en seco (ASTM D495) y plano inclinado (ASTM D2303) para evaluar materiales y las de rueda de tracking (IEEE P1024) y cámara de niebla 1000 horas (IEC36 CO 71) para evaluar los productos.

2) Efecto de la radiación solar.

Para evaluar la resistencia la degradación por efecto de los rayos ultravioleta, se utiliza un intemperímetro con el cual se expone a los materiales a ciclos de envejecimiento acelerado con

humedad y radiación, de acuerdo a las normas ASTM D2565 y G26. En el IIE, se utilizan lámparas de arco de xenón.

3) Absorción de la humedad.

Para verificar que la absorción de la humedad de los materiales se encuentra dentro de los límites aceptables, se efectúan pruebas de absorción de humedad, acelerando el fenómeno con temperatura. Para evaluar materiales se utilizan los procedimientos de la norma ASTM D370 y para evaluar aisladores, se emplea la prueba de hervido 50 horas de IEC.

4) Carga mecánica.

Desde el punto de vista mecánico, los aisladores sintéticos son evaluados de una manera más amplia que los convencionales, tomando en cuenta los aspectos de fatiga (creep) y probando sus características ante cargas normales y extraordinarias.

5) Interfases.

En el caso de los aisladores sintéticos, la calidad de las interfases es cuidadosamente evaluada. Se llevan a cabo diversas pruebas para verificar la calidad de las uniones entre materiales que tienen diferentes propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas, lo cual no sucede con los aisladores convencionales donde una de sus debilidades está precisamente en las interfases de los diferentes materiales que utilizan (cerámica, cemento, metal, etc.).

Las principales razones por las cuales se utiliza el aislamiento sintético se presentan en el cuadro 5.3.2.6.1.

RAZONES PARA SU UTILIZACION	PORCENTAJE
ZONAS DE ALTO VANDALISMO	31.4
LIGEREZA Y FACILIDAD DE INSTALACION	20.0
MENOR MANTENIMIENTO	11.4
RESISTENCIA AL IMPACTO	11.2
COSTO	9.3
REDUCCION DE RADIO INTERFERENCIA	8.3
OPERACION EN ZONAS CONTAMINADAS	7.8
OTRAS	0.6

Cuadro 5.3.2.6.1 Utilización de los aisladores sintéticos en líneas de transmisión.

5.3.2.7 EMPLEO DE AISLADORES SEMICONDUCTORES

Las superficies de los aisladores se vuelven ligeramente conductoras al añadir recubrimientos con óxidos metálicos, ferritas y magnetitas.

La corriente que fluye a través de su superficie hace que la distribución de voltaje a lo largo de una cadena sea más uniforme, manteniendo la temperatura del aislador unos grados arriba de la temperatura ambiente, previniendo así la condensación del agua y el consecuente humedecimiento de contaminantes. Por lo tanto la probabilidad de que el aislador falle es baja.

5.3.2.8 AISLADOR TIPO ALFILER DE CONCRETO POLIMÉRICO ANTIESTÁTICO

Es un aislador de una composición polimérica dieléctrica mejorada, que permite un moldeo adecuado y resiste altos voltajes y esfuerzos mecánicos, algunas de las ventajas sobre la porcelana son:

- 1).- El concreto polimérico y la porcelana tienen la misma densidad, sin embargo, la composición del primero permite aumentar la rapidez y facilidad de moldeo.
- 2).- Las características eléctricas y de envejecimiento del concreto polimérico son superiores. Sus cualidades mecánicas son similares.
- 3).- El concreto polimérico resiste tres veces más el impacto y no tiene problemas de fragilidad.
- 4).- Su costo es competitivo en los mercados nacionales e internacional.
- 5).- Su proceso de manufactura de moldeo por inyección permite asegurar una calidad controlada y homogénea.
- 6).- Puede utilizarse tanto en interiores como en exteriores.
- 7).- Su presentación permite un almacenamiento, sin que se deterioren sus propiedades mecánicas y eléctricas y sin el peligro de la fragilidad que tiene el vidrio y la porcelana.
- 8).- Por sus características de diseño, mejora el comportamiento del aislamiento comparado con su instalación normal en alfileres metálicos, incrementando notablemente su resistencia a la perforación y evitando los problemas de corrosión.

9).- Adicionalmente, el aislador queda libre de radio-interferencia sin la necesidad de colocar pinturas graduadoras de campo eléctrico.

10).- Básicamente, el material está compuesto por un alta concentración de carga inorgánica (arena sílica), aglutinada por medio de una resina de poliéster. A esta formulación se le aplicaron pruebas físicas, químicas, eléctricas y de envejecimiento acelerado (radiación ultravioleta, descargas superficiales producidas por la contaminación y alto voltaje, etc.). Los resultados obtenidos demostraron que es un material aislante superior al vidrio y a la porcelana.

5.3.2.9 CONJUNTO AISLADOR A 56-2 Y ALFILER 236 MODIFICADO.

Los depósitos de contaminantes sobre la superficie del aislador con presencia de humedad, son uno de los elementos primordiales para que existan "Corrientes de Fuga" por la superficie del aislador y por consecuencia el flameo. Otro elemento que influye en la corriente de fuga es el montaje del aislador.

De los equipos más utilizados por su cantidad y función, se tiene el aislador A56-2, del cual también se tiene un gran número de reportes de falla por flameo.

Al realizar pruebas del aislador A56-2 con el montaje de un alfiler de 178 mm, simulando condiciones de operación normal, se tiene que la descarga no seguía la trayectoria de fuga sobre el aislador, sino que arqueaba hasta la cruceta que se indica en la figura 5.3.2.9.1..

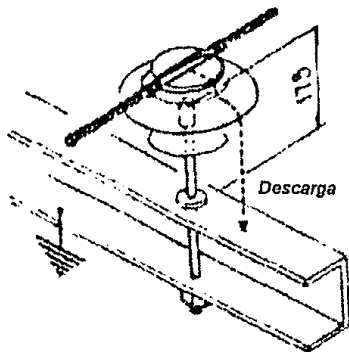


Figura 5.3.2.9.1. Aislador A56-2 con alfiler de 178 mm

Al realizar otras pruebas, aumentando la longitud del alfiler hasta llegar al valor óptimo, se obtuvo un valor de 150 [Kv] de NBAI (Nivel básico de Aislamiento al Impulso), y con una longitud de 207 mm para el alfiler 236. Con lo anterior se observó que la trayectoria de la descarga fue por la distancia de fuga del aislador, como se indica en la figura 5.3.2.9.2..

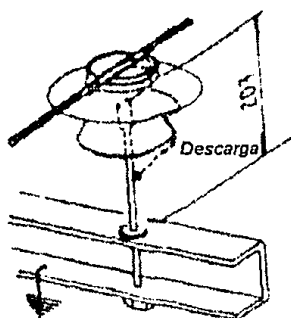


Figura 5.3.2.9.2. Aislador A56-2 con Alfiler de 207 mm

Al recopilar varios aisladores A56-2 fallados, se detectó que una de las fallas más frecuentes era a través de la cuerda del alfiler, esta cuerda es de plomo, por lo que se optó en la alternativa de manejar un alfiler de 207 mm con material aislante en la cuerda como la resina y al realizar pruebas se obtuvieron mejores resultados al aumentar TCF (Tensión Crítica de Flameo), de 167 [Kv] equivalente a 160 [Kv] de NBAI (Aumento de 150 NBAI a 160 [Kv] de NBAI).

5.3.2.10 AISLADOR ALFILER A 56-2 NGK.

El país que ha dado más aportaciones con resultados de investigaciones sobre la contaminación es Japón, y dentro del país la "NGK" es una de las empresas más destacadas.

El fabricante de aisladores NGK preocupador por solucionar los problemas generados por la contaminación, desarrollo el aislador A56-2 con 432 mm de distancia de fuga y un perfil de tres faldones, evitando salientes y cavidades como se observa en la figura 5.3.2.10.1

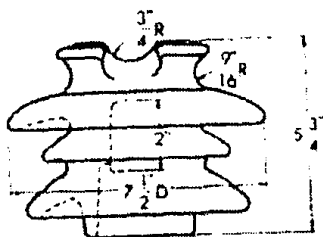


FIGURA 5.3.2.10.1 Aislador NGK Tipo Alfiler Clase 56-2

En los aisladores, los depósitos contaminantes se concentran principalmente en los puntos de mayor intensidad del campo eléctrico y tienden a concentrarse en los lugares en los cuales se produce una modificación de la velocidad del viento, es decir, en los lugares más internos y protegidos del aislador

En estudios realizados en el aislador NGK A56-2 sujeto a una contaminación extrema, se observó, que debido a su perfil, los depósitos contaminantes no se alojaban en toda la superficie, dejando zonas limpias, las cuales cortaban las corrientes de fuga interrumpiendo con ello el proceso del fenómeno de flameo y en consecuencia la falla del aislador.

Corroborando lo anterior, personal de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, afirmó que los aisladores NGK A56-2, debido a sus características de diseño, tenían un periodo de 20 años montados y no presentaban problemas de operación a pesar de la contaminación, y que por razones comerciales, ya no se cuenta con este aislador

CAPITULO SEXTO

Análisis Económico de los Efectos de la Contaminación.

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

Realizando un análisis, se podrá establecer una base de datos para obtener los costos de los problemas causados por la contaminación, así como sus soluciones.

Los costos involucrados son:

6.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Las condiciones meteorológicas y la contaminación producen efectos nocivos en los sistemas eléctricos que incrementan los costos de mantenimiento en:

- 1) Reemplazo y reparación del equipo.
- 2) La mano de obra.
- 3) El transporte .
- 4) Indirectos.

Para el cálculo de los costos de mantenimiento se deben considerar las siguientes actividades:

- 1) Selección de alimentadores correspondientes a las zonas en estudio.
- 2) Identificación de las labores de mantenimiento correspondiente a los alimentadores.
- 3) Eliminación de labores que no hayan sido causadas por la contaminación .
- 4) Clasificación a que tipo pertenece cada labor.
- 5) Determinar el sueldo de cada cuadrilla.
- 6) Determinar el tiempo consumido por labor.
- 7) Determinar los materiales empleados y equipos reemplazados en cada labor.

6.2 PERDIDAS DE FACTURACION

Estas pérdidas son causadas por la interrupción en el suministro de energía eléctrica que no se suministra a los consumidores, lo cual, representa pérdidas para la compañía suministradora. En estas pérdidas se consideran los siguientes puntos:

- 1) Identificación de las interrupciones correspondientes a los alimentadores de las zonas en estudio.
- 2) Eliminar aquellas interrupciones que no puedan ser atribuibles a la contaminación.
- 3) Determinar la fecha y hora de inicio, duración, tipo, porcentaje de carga durante la interrupción. Cuando los incidentes dan lugar a seccionamiento del alimentador, cada etapa de seccionamiento es considerado como una interrupción independiente.
- 4) Determinar el voltaje, la corriente y el factor de potencia registrados antes de la interrupción. Cuando existen seccionamientos los valores se determinan utilizando los datos del mismo día y hora de la semana anterior.

6.3 PERDIDAS POR CORRIENTE DE FUGA

La diferencia entre la energía suministrada al alimentador y la registrada por los instrumentos de medición llega a alcanzar valores de hasta un 12%. Las causas de esta diferencia son las pérdidas por corriente de fuga en aisladores, pérdidas en los transformadores y líneas, alteraciones en los medidores y robos de energía.

Para poder evaluar las pérdidas por corriente de fuga se realiza de la siguiente forma:

- 1) Se toma una muestra aleatoria de aisladores contaminados de cada una de las zonas. De estos aisladores recolectados durante un año se estudian indirectamente los efectos de lavado en aisladores por lluvia.
- 2) Es analizado cada aislador de la muestra en una cámara de niebla en condiciones de humedad relativa y temperatura controladas a fin de simular las condiciones climatológicas a las cuales se ven expuestos los aisladores.
- 3) Se mide la potencia que se disipa por corriente de fuga de los aisladores de muestra, para diferentes rangos de humedad relativa y temperatura. Posteriormente se mide el nivel de contaminación (DESD) para cada aislador de la muestra.

Para la determinación de los costos mencionados, es necesario consultar diversas fuentes de información.

6.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información requeridas para los costos de mantenimiento, de facturación y por corriente de fuga causados por la contaminación; son:

1) Mapas de sistema de distribución.

La información es necesaria para identificar los alimentadores y subestaciones de cada zona.

2) Relatorio diario de distribución .

Con esta información se pueden conocer las fallas que se presentan en cada uno de los alimentadores así como sus causas, duración, fecha y hora de ocurrencia.

3) Relatorio diario de licencia.

Es necesario para identificar los trabajos de mantenimiento que fueron realizados en las líneas de distribución , la fecha en que estos se realizaron, su duración y si fueron realizados con línea viva o muerta.

4) Reporte de labores de mantenimiento.

Esta información es como complemento de los dos relatorios anteriores . Su análisis permite identificar el tipo y calidad de personal involucrado en los diferentes trabajos de mantenimiento, así como el material y equipo utilizado o reemplazado.

5) Costo de material y equipo.

Esta información nos permite evaluar los costos por concepto de material y equipo.

6) Registros meteorológicos.

La información es necesaria para conocer las condiciones de temperatura, lluvia y humedad relativa en las zonas de estudio.

7) Entrevistas con personal del sector eléctrico.

Esto para conocer en base a su experiencia las labores de mantenimiento y fallas de alimentadores provocados por la contaminación . (personal encargado del mantenimiento de redes de distribución).

A continuación se presenta un ejemplo práctico (estudio técnico económico) que nos permite cuantificar los costos de mantenimiento por contaminación ambiental en aisladores:

6.5 ESTUDIO TECNICO ECONOMICO POR CONTAMINACION EN AISLADORES

En el estudio del análisis económico, se dividirá para dos tipos de mantenimiento que se les proporciona a las redes aéreas de distribución, siendo estos, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

6.5.1 COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO "CT_{MC}"

Para realizar el análisis económico del mantenimiento correctivo, tomaremos en consideración el número de quejas recibidas y atendidas causadas en gran parte por contaminación ambiental en el periodo de 1993.

Particularmente se hará el estudio para un aislador Alfiler A56-2 de 23 [KV] con falla, el que originó la caída de un tramo de un hilo de conductor ACSR-2 y que dejara sin servicio un ramal con transformador de 75 [KVA] del alimentador TAC-28 . El número de quejas en el año fueron 16.

Para la ejecución del mantenimiento correctivo, se emplean cuadrillas de operación y de quejas clase "A" conformadas en ambos casos de tres personas, debido a la similitud de salarios en las categorías respectivas, en el ejemplo utilizaremos los de cuadrilla de quejas.

6.5.1.1 COSTO TOTAL POR LABOR "CT_L"

Para la obtención del "CT_L" se requiere el cálculo de costo por cuadrilla:

COSTO POR CUADRILLA

CANTIDAD	NOMBRE DEL PUESTO	SALARIO DIARIO NS
1	LINIERO B CLASE A	56.71
1	LINIERO D CLASE A	53.50
1	LINIERO E CLASE A	46.55
	TOTAL	156.76

Siendo el salario diario por cuadrilla de NS 156.76

A lo anterior se le agrega el 1.7835 por beneficios sociales otorgados al trabajador (seguro social, vacaciones, aguinaldo, utilidades, prima vacacional, septimo día, etc.):

$1.7835 * NS 156.76 = NS 279.58$; quedando:

$$\text{NS } (156.76 + 279.58) = \underline{\text{NS } 436.34}$$

Al resultado anterior se le agrega el 10 % por gastos administrativos:

10% * (NS 436.34) = NS 43.63; quedando el costo total por labor "CT_L" de:

$$\text{CT}_L = \text{NS } (436.34 + 43.63) = \underline{\text{NS } 479.97}$$

$\text{CT}_L = \text{NS } 479.97$

6.5.1.2 NUMERO DE FALLAS "N_F" ATENDIDAS POR JORNADA DE TRABAJO

Para obtener "N_F" se requiere calcular el tiempo total de normalización "T_t":

La experiencia ha demostrado que intervienen tres tiempos para atender una queja, los cuales se señalan a continuación.

Tr = Tiempo de revisión, siendo de aproximadamente 30 minutos.

T_{tra} = Tiempo de transporte, siendo de aproximadamente de 30 minutos

Te = Tiempo de ejecución, siendo de aproximadamente de 30 minutos.

Considerando que la queja consiste en el reemplazo de un tramo de línea de alta tensión caída a causa de un aislador de 23 [Kv] fallado, siendo para éstos el tiempo de normalización igual a:

T_t = Tiempo total de normalización

donde:

$$\text{Tt} = 2\text{Ttra} + \text{Tr} + \text{Te}$$

El tiempo de transporte "T_{tra}" es igual a 2K, esca, el tiempo de salida como el de regreso (2T_{tra}). Si sustituimos valores, tendremos lo siguiente:

$$\text{Tt} = 2 * (30) [\text{min}] + 30 [\text{min}] = 120 [\text{min}] = 2 [\text{Hr}]$$

El número de fallas "N_F" que debe de atender una cuadrilla en una jornada de trabajo es:

$$N_F = \frac{\text{Duración de la jornada en horas}}{T_t} ; \quad N_F = \frac{7 \text{ Horas}}{2 \text{ Horas}} = 3.5$$

$$N_F = 3.5$$

Se hace la aclaración que existen fallas en las que se utiliza toda la jornada de trabajo.

6.5.1.3 COSTO DE LA ENERGÍA DEJADA DE VENDER "EDV"

En el cálculo del costo de la energía que no se factura o que se deja de vender "EDV", se consideran los siguientes conceptos.

Capacidad promedio del transformador	[KVA]
Costo promedio del KW-Hr en baja tensión	[0.2436 N\$/KW-Hr]
Factor de potencia de la carga interrumpida	[1]
Tiempo fuera del transformador	[Hr]

Los transformadores normalizados que se utilizan en las líneas de distribución aéreas son de las siguientes capacidades: 45, 75, 112.5, 225 y 300 [KVA]; de 23 [KV] / 0.220-0.127 [KV]; en el caso de que se desconozca la capacidad del transformador que se encuentra fuera de servicio, se tomará como base 113 [KVA].

El costo promedio del [KW-Hr.] en baja y alta tensión dependerá de la zona donde se encuentre la interrupción.

En el caso que el disturbio saque de servicio al alimentador completo, se deberá utilizar la siguiente formula:

$$EDV = \text{Energía Dejada de Vender} = 3,195 * H$$

Donde:

H = es el tiempo total en minutos que el alimentador quedo fuera al 100%.

EJEMPLO

Para este ejemplo, quedo fuera un transformador de 75 [KVA] durante 90 minutos (1.5 [Hr]).

Para realizar el cálculo utilizaremos la siguiente formula:

Energía dejada de vender "EDV" en [NS] = [KVA] del transformador * (costo promedio del [KW-Hr] en Baja Tensión * factor de potencia * tiempo de interrupción en [Hr]).

Por lo tanto, sustituyendo valores, tenemos:

$$EDV = 75[KVA = KW] * 0.2436 [NS/KW-Hr] * 1 * 1.5 [Hr]$$

$$EDV = NS 27.41$$

6.5.1.4 COSTO TOTAL DEL MATERIAL "CTmat"

El daño que causó la falla fué el siguiente: un tramo de un hilo de conductor de 40 [m] caído, el reemplazo de un aislador Alfiler A56-2 de 23 [KV], tres fusibles quemados del tipo SMD-20 de 3 amperes.

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO POR UNIDAD EN NS	COSTO EN NS
40m	CABLE ACSR-2	15.25	610.00
1 PIEZA	AISLADOR	34.00	34.00
3 PIEZAS	Fusible 23-3-smd 20	650.00	1,950.00
2 PIEZAS	Conector tubular	50.49	100.98
1 PIEZA	Alfiler soporte 236	13.38	13.38
		TOTAL	2,708.36

$$\text{Costo total del material "CTmat"} = NS 2,708.36$$

El costo total del mantenimiento correctivo "CT_{MC}", se calcula como sigue:

$$"CT_{MC}" = CT_L / N_F + EDV + CT_{mat}$$

Donde:

$$CT_L / N_F = \text{NS } 479.97 / 3.5 = \underline{\text{NS } 137.13}$$

$$EDV = \underline{\text{NS } 27.41}$$

$$CT_{mat} = \underline{\text{NS } 2,708.36}$$

Sustituyendo valores, tenemos:

$$CT_{MC} = \text{NS } (137.13 + 27.41 + 2,708.36)$$

$$CT_{MC} = \text{NS } 2,872.90$$

6.5.2 COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON LINEA VIVA "CT_{MPLV}"

Para la ejecución del *mantenimiento preventivo* se emplean cuadrillas llamadas de "Mantenimiento o de línea viva" formadas por 4 personas como se indica a continuación. Para nuestro ejemplo se analizará el reemplazo de un aislador flameado, detectado previamente por revisión visual y como consecuencia de una serie de fallas instantáneas en el alimentador.

6.5.2.1 COSTO TOTAL POR LABOR "CT_L"

Para la obtención del "CT_L" se requiere el cálculo del costo por cuadrilla:

COSTO POR CUADRILLA		
CANTIDAD	PUESTO	SALARIO EN NS
1	Liniero A	64.20
2	Liniero C	111.28 (entre dos)
1	Ayudante	34.24
	Total	209.72

Siendo el salario diario por cuadrilla de NS 209.72

A lo anterior se le agrega el 1.7835 por beneficios sociales otorgados al trabajador:

$$1.7835 * \text{NS } 209.72 = \underline{\text{NS } 374.03}, \text{ quedando:}$$

$$\text{N}\$(209.72 + 374.03) = \underline{\text{N}\$ 583.75}$$

Al resultado anterior se le agrega el 10 % por gastos administrativos:

10 % * (N\$ 583.75) = N\$ 58.37; quedando el costo total por labor "CT_L" de:

$$\text{CT}_L = \text{N}\$ (583.75 + 58.37)$$

$$\boxed{\text{CT}_L = \text{N}\$ 642.12}$$

6.5.2.2 NUMERO DE MANIOBRAS "Nm" ATENDIDAS POR JORNADA DE TRABAJO

Para la obtención de "Nm" se requiere calcular el tiempo total empleado "Tt":

El tiempo total "Tt" empleado en la ejecución de este tipo de maniobra lo calculamos como sigue:

$Tt = 2 Ttra + Te$; sustituyendo valores tenemos:

$$Tt = (2 * 30) + 30 = 90 \text{ [min] .}$$

$$Tt = 1.5 \text{ [Hr]}$$

El número de maniobras "Nm" ejecutadas en un turno será:

$$Nm = \frac{7 \text{ Horas}}{1.5 \text{ Horas}} = 4.66$$

Lo que indica que se podrán reemplazar 4 aisladores holgadamente con la línea viva sin interrumpir ningún servicio.

Podemos concluir que, en el mantenimiento preventivo para el reemplazo de aisladores con línea viva, no hay costos por energía dejada de facturar o de vender.

6.5.2.3 COSTO TOTAL DEL MATERIAL "CTmat"

El costo del material para el reemplazo de un aislador se indica a continuación:

Cantidad	Descripcion	Costo por unidad en N\$	Retiro N\$
1	Aislador 23 KV	34.00	34.00
1	Alfiler 236	13.38	13.38
	Total		47.38

El costo total del material "CTmat" será: N\$ 47.38

El costo total del mantenimiento preventivo por reemplazo de aisladores con línea viva "CTMPL.V", es igual a:

$$CT_{MPL.V} = CT_L / Nm + EDV + CT_{mat}$$

Donde:

$$CT_L / Nm = N\$ 642.12 / 4.66 = \underline{N\$ 137.79}$$

$$EDV = 0.0 \quad (\text{Por que no se esta dejando de vender energía})$$

$$CT_{mat} = \underline{N\$ 47.38}$$

Sustituyendo valores, tenemos:

$$CT_{MPL.V} = N\$ (137.79 + 0.0 + 47.38)$$

$$\boxed{CT_{MPL.V} = N\$ 185.17}$$

6.5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO

Considerando que *en 1993 hubo 16 fallas* causadas por contaminación, en el alimentador TAC-28 lo que originó el estudio antes citado, tenemos:

El Costo Total Del Mantenimiento Correctivo Anual "CT_{MCA}" es igual a :

$$CT_{MCA} = \text{Número de quejas al año} * CT_{MC}$$

$$CT_{MCA} = 16 * \underline{NS\ 2,872.90}$$

$$CT_{MCA} = NS\ 45,966.40$$

El Costo total del Mantenimiento Preventivo Anual "CT_{MPLV.A}" es igual a:
(Reemplazo de aisladores con línea viva)

$$CT_{MPLV.A} = \text{Número de quejas al año} * CT_{MPLV}$$

$$CT_{MPLV.A} = 16 * \underline{NS\ 185.17}$$

$$CT_{MPLV.A} = NS\ 2,962.72$$

Del análisis económico anterior, podemos concluir que tenemos un costo total anual por mantenimiento correctivo "CT_{MCA}" por NS 45,966.40 contra NS 2,962.72 por costo de mantenimiento anual preventivo con línea viva "CT_{MPLV.A}".

De lo que observamos, que si se prevé con mantenimiento preventivo (por observación y revisión directa) el estado y buen funcionamiento de los aisladores, se puede evitar el mantenimiento correctivo (reemplazo de aisladores y otros accesorios) y por consiguiente, se evita altos costos por reparación y reemplazo de equipos mayores.

En éste caso, sólo se analizó una parte de la línea de distribución TAC-28, pero teniendo en cuenta que el sector atiende a 65 alimentadores de 23 [KV], y que existen dos sectores más con una cantidad similar para atender a la Ciudad de México: con esto, nos damos cuenta de la cantidad de dinero que se pierde a causa de la contaminación ambiental.

6.6 EJEMPLO DE PERDIDAS DE PRODUCCION POR INTERRUPCION ELECTRICA EN LA INDUSTRIA (UNIROYAL)

A continuación, se presenta un ejemplo real de interrupciones en energía eléctrica, debido a la contaminación, lo que ocasiona pérdidas económicas en una empresa nacional:

Fecha	Hora	Duración(minutos)	Observaciones
Enero 10	14:45		ausencia de tensión instantánea
Enero 10	15:45		ausencia de tensión instantánea
Enero 18	16:35		ausencia de tensión instantánea
Enero 23	20:20		ausencia de tensión instantánea
Enero 23	20:30		ausencia de tensión instantánea
Enero 24	00:30		ausencia de tensión instantánea
Enero 24	03:10		ausencia de tensión instantánea
Enero 24	03:17		ausencia de tensión instantánea
Enero 24	03:40		ausencia de tensión instantánea
febrero 6	18:45	62	
febrero 21	19:07	10	
febrero 23	07:45	2	
febrero 25	02:33	5	
Marzo 4	19:00	100	
marzo 24	00:20	185	
Abril 9	02:20		
Abril 9	03:00		
Mayo 10	10:50		
Junio 4	10:25	3	
Junio 4	16:00		ausencia de tensión instantánea
Junio 17	14:00	505	
Junio 18	19:05	30	
Junio 23	06:09	399	
julio 5	14:05	25	
julio 5	15:30	5	
julio 17	18:00		ausencia de tensión instantánea
julio 29	23:10	15	
Agosto 2	08:10	10	
Sep 19	07:20	15	
Sep 30	10:15	135	
Octubre 10	15:00	150	
Nov. 1	22:00	60	
Nov 5	07:10		
Nov 5	10:17	85	
Nov 20	22:30	133	
Nov 20	22:20		ausencia de tensión instantánea
Nov 20	22:45		ausencia de tensión instantánea
Nov.26	21:00	150	
Nov 29	02:28	402	
	Total	2,567 min	

El total, que son 2,567 minutos/60 = 43.18 horas

Para calcular las cifras en pesos no percibidas por fallas de corriente eléctrica, se calculó primeramente el total de llantas no producidas y se valorará con la contribución marginal más el costo de conversión: (mano de obra y gastos indirectos), como sigue:

Producto de:	Precio Venta Promedio NS	Costo Materia Prima NS	Total de Pérdidas por Unidad NS
Auto	200.00	89.26	110.74
Camioneta	350.00	178.85	171.15
Camion	1,200.00	554.88	645.12
Camaras	60.00	25.56	34.44
Corbatas	18.00	12.48	5.52

Unidades producidas por falta de corriente eléctrica:

Producto de:	Número de Llantas	Pérdidas por Unidad NS	Total de Pérdidas NS
Auto	1,223	110.74	135,435.02
Camioneta	3,953	171.15	676,555.95
Camion	1,962	645.12	1,265,725.44
Camaras	1,604	34.44	55,241.76
Corbatas	1,400	5.52	7,728.00
		Total	2,140,686.17

Pérdida Total de NS 2,140,686.17

Resumiendo:

Este es un claro ejemplo de como debido a la contaminación, fallan los equipos eléctricos, existiendo interrupciones del flujo eléctrico para la industria, produciendoles grandes pérdidas económicas, tanto a la industria como a la Cia.de Luz y Fuerza S.A. y C.F.E.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El problema de la contaminación en los aislamientos externos en las redes de distribución aérea de la ciudad de México, se suma al conjunto de problemas que aquejan a dichas redes como son los siguientes factores:

- 1) La altura sobre el nivel del mar.
- 2) La alta densidad cerámica (densidad promedio de descargas de "rayos", por Km² al año).
- 3) La longitud de los alimentadores.
- 4) La alta densidad de las lluvias.

El efecto sinérgico de estos "factores" hace difícil encontrar una solución adecuada como las utilizadas tradicionalmente hoy en día. Dicha solución no puede ser particular desde nuestro punto de vista, sino selectiva en su estudio y en forma general en su aplicación, es decir, se requiere determinar el aislamiento que enfrente el efecto sinérgico de los "factores" antes mencionados. El estudio debe contemplar los siguientes puntos:

a) Medición de la severidad de la contaminación en las zonas de:

- 1) Mayor índice de fallas eléctricas en las líneas aéreas de distribución.
- 2) Mayor concentración de fuentes contaminantes, a través de equipos de monitoreo continuo.

b) Analisar los componentes químicos de los diferentes tipos de contaminantes, esto mediante pruebas artificiales de laboratorio obteniendo una clasificación por nivel y tipo de contaminante.

c) Aplicar pruebas de flameo en los aisladores, de una muestra representativa de la zona contaminada en estudio.

d) Clasificar las zonas de estudio, esto en base a los niveles y tipos de contaminación mediante un mapa de localización.

e) Calcular el nivel de aislamiento, aplicando los factores de corrección recomendados en la guía de diseño de aisladores. (Gaudensio Ramos. IIE, Cuernavaca Morelos, 1985)

f) Proceder a la aplicación del mantenimiento correctivo o preventivo de acuerdo a las características de cada zona muestreada.

g) Con un nuevo diseño y/o perfil, utilizar los aisladores sintéticos.

En cuanto a la solución, pensamos que se debe llegar al diseño de un nuevo aislador para instalarse en todo el Valle de México, "no sólo en la Ciudad de México", que conjugue la distancia de fuga y perfil.

Una experiencia en Compañía de Luz y Fuerza del Centro con el aislador NGK Clase A56-2, (Japones), con distancia de fuga de 432 [mm] y un perfil de tres faldones (ver figura 7.1), que después de 20 años de estar operando se ha observado que responde en forma adecuada a estos factores.

Debido a que en lugares con contaminación extrema deja una zona "limpia" sin contaminar que corta las corrientes de fuga interrumpiendo el proceso del fenómeno de flameo y por consiguiente la falla del aislador.

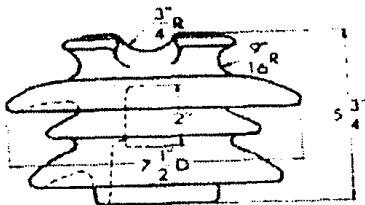


Figura 7.1 Aislador NGK. Clase A56-2

El diámetro y su distancia entre faldones es el adecuado, pensamos que el estudio y la solución por contaminación debe partir de un perfil similar al del aislador "NGK clase a 56-2 " con las siguientes pruebas:

1.- Realizar pruebas de laboratorio reproduciendo artificialmente los efectos de contaminación depositados en los aisladores.

2.- Probar con los factores, diseño y corrección en su conjunto.

Las pruebas deben estar enfocadas en determinar en que medida se abaten las "Tensiones de Flameo" cuando convergen los factores de contaminación, densidad cerámica y altura sobre el nivel del mar.

Pensamos que la normatividad actual de los aisladores utilizados en la Ciudad de México, debe reanalizarse y ajustarse si es necesario en sus diferentes pruebas como son: las eléctricas y mecánicas, tomando en cuenta que sus características y factores son muy particulares con respecto a otros países, sobre todo, a lo que se refiere a niveles de contaminación.

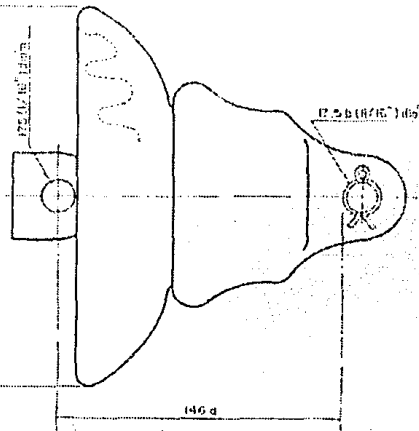
APENDICE # 1

TIPO DE AISLADORES UTILIZADOS EN EL SISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION AEREO DE [23 KV]

TIPO DE AISLADOR

- * **ALFILER** (A56-2 y A56-3)
- * **SUSPENSION** (23-T2, S52-2 y S52-3)
- * **SOPORTE**
- * **BOQUILLA**

AISLADOR S 52-2

CARACTERÍSTICAS	
CLASE	52-2
MATERIAL	 <p>Campana-Porcelana vidriada color gris preferentemente o vidrio templado. Partes metálicas-De Hierro maleable o acero; galvanizado en caliente de 0.06 gr/cm², excepto la chaveta la cual debe ser de un material resistente a la corrosión y a los efectos de la intemperie.</p>

Dimensiones	Distancia mínima de fuga	Porcelana 210 mm	Vidrio templado 210 mm
Mecánicas	Resistencia mínima combinada electromecánica.	6804 Kg	6804 Kg
	Resistencia mínima al impacto.	58 Kg-cm	460 Kg-cm
	Resistencia mínima a la tensión	2722 Kg	3402 Kg
	Resistencia mínima de carta sostenida-tiempo.	4536 Kg	4536 Kg
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia	65 Kv	65 Kv
	Flameo en humedad a baja frecuencia	35 Kv	35 Kv
	Flameo al impulso positivo	115 Kv	105 Kv
	Flameo al impulso negativo	115 Kv	115 Kv
	Tensión de perforación	90 Kv	90 Kv

Radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (r.m.s.) a tierra. Tensión máxima de radio (interferencia) a 1000 Khz.	7.5 Kv 50 uV	7.5 Kv 50 uV
Masa aproximada	3.47 Kg		
Folio	2261-4004		

Marcado e identificación:

Cada aislador debe llevar la marca o identificación del fabricante y la clave del nombre según la presente Norma.

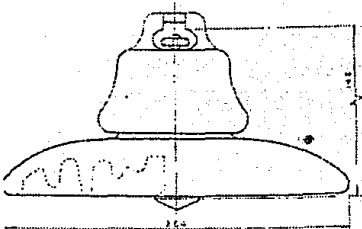
Empaque:

En múltiplos de 5; en cajas de resistencia adecuada para su transporte y almacenamiento, cada caja debe estar marcada con el nombre del material conforme a esta norma, nombre o identificación del fabricante y fecha de fabricación (mes y año).

Referencias:

Norma NOM B-381 Pasadores y chavetas-series métricas última revisión.
Norma NOM J-245 Aisladores de porcelana tipo suspensión última revisión.
Norma NOM J-334 Aisladores de vidrio templado tipo suspensión última revisión.

AISLADOR S 52-3

CARACTERÍSTICAS	52-3
CLASE	52-3
MATERIAL	 <p style="text-align: center;">Campana-Porcelana vidriada color gris preferentemente o vidrio templado. Partes metálicas-De Hierro maleable o acero; galvanizado en caliente de 0.06 gr/cm², excepto la chaveta la cual debe ser de un material resistente a la corrosión y a los efectos de la interperie.</p>

Dimensiones	Distancia mínima de fuga	Porcelana 292 mm	Vidrio Templado do 292 mm
Mecánicas	Resistencia mínima combinada electromecánica.	6804 Kg	9072 Kg
	Resistencia mínima al impacto.	64 Kg-cm	60 Kg-cm
	Resistencia mínima a la tensión	3402 Kg	4536 Kg
	Resistencia mínima de carga sostenida-tiempo.	4536 Kg	5897 Kg
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia	80 Kv	80 Kv
	Flameo en humedad a baja frecuencia	50 Kv	50 Kv
	Flameo al impulso positivo	125 Kv	125 Kv
	Flameo al impulso negativo	130 Kv	130 Kv
	Tensión de perforación	110 Kv	130 Kv
Radio Interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (r.m.s.) a tierra.	10 Kv	10 Kv
	Tensión máxima de radio interferencia a 1000 Khz.	50 uV	50 uV
Masa aproximada	5.35 Kg		
Folio	2261-4008		

Marcado e Identificación:

Cada aislador debe llevar la marca o identificación del fabricante y la clave del nombre según la presente Norma.

Empaque:

En múltiplos de 3; en cajas de resistencia adecuada para su transporte y almacenamiento, cada caja debe estar marcada con el nombre del material conforme a esta norma, nombre o identificación del fabricante y fecha de fabricación (mes y año).

Referencias:

Norma NOM B-381 Pasadores y chavetas-series métricas última revisión.
Norma NOM J-245 Aisladores de porcelana tipo suspensión última revisión.
Norma NOM J-334 Aisladores de vidrio templado tipo suspensión última revisión.
Norma NOM J-151 Productos de hierro y acero galvanizado por inmersión en caliente.

USO:

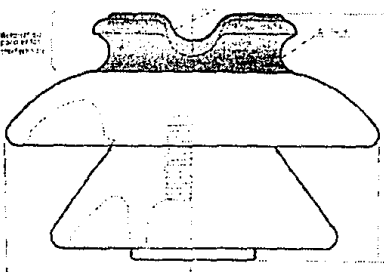
Utilizado para formar cadenas de aisladores en líneas de transmisión, redes de distribución y subestaciones, en tensiones de 23 Kv.

CLAVE DEL NOMBRE:

S = Tipo de suspensión

52-3 = Clase del aislador.

AISLADOR A 56-2

CARACTERÍSTICAS	56-2
CLASE	
MATERIAL	 <p style="text-align: center;">Campana-Porcelana vidriada color gris preferentemente, con acabado metalizado en la parte superior del aislador y sin casquillo roscado metálico.</p>

Dimensiones	Distancia mínima de fuga	432 mm
	Distancia mínima de flameo en seco	210 mm
	Altura mínima del afiler	207 mm
Mecánicas	Resistencia al cantiliver	1361 kg
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia	110 Kv
	Flameo en humedad a baja frecuencia	70 Kv
	Flameo al impulso positivo	175 Kv
	Flameo al impulso negativo	225 Kv
	Tensión de perforación a baja frecuencia	145 Kv
Radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (r.m.s.) a tierra.	22 Kv
	Tensión máxima de radio interferencia a 1000 Khz.	100 uV
Masa aproximada	4,5 Kg	
Folio	2261-4012	

Marcado e Identificación:

Cada aislador debe llevar la marca o identificación del fabricante y la clave del nombre según la presente Norma.

Empaque:

En múltiplos de 3; en cajas de resistencia adecuada para su transporte y almacenamiento, cada caja debe estar marcada con el nombre del material conforme a esta norma, nombre o identificación del fabricante y fecha de fabricación (mes y año).

Referencias:

Norma NOM J-202 Determinación de las características de Aisladores de porcelana para energía, última revisión

Norma NOM J-246 Aisladores de porcelana tipo Alfiler para alta tensión, última revisión.

USO:

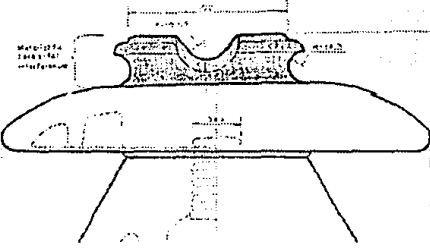
Fijador en Alfiler 234,236,238, o 238 R ; soporta y aísla líneas de 23 Kv.

CLAVE DEL NOMBRE:

A = Tipo de Alfiler

56-2 = Clase del aislador.

AISLADOR A 56-3

CARACTERÍSTICAS CLASE	56-3
MATERIAL	
	<p>Campana-Porcelana vidriada color gris preferentemente, con acabado metalizado en la parte superior del aislador y sin casquillo roscado metálico.</p>

Dimensiones	Distancia mínima de fuga	534 mm	
	Distancia mínima de flameo en seco	242 mm	
	Altura mínima del alfiler	207 mm	
Mecánicas	Resistencia al cantiliver	1361 kg	
Eléctricas	Flameo en seco a baja frecuencia	125 Kv	
	Flameo en humedad a baja frecuencia	80 Kv	
	Flameo al impulso positivo	200 Kv	
	Flameo al impulso negativo	265 Kv	
	Tensión de perforación a baja frecuencia	165 Kv	
Radio interferencia	Tensión de prueba a baja frecuencia (r.m.s.) a tierra	30 Kv	
	Tensión máxima de radio interferencia a 1000 Khz.	200 uV	
Masa aproximada	5.90 Kg		
Folio	22-61-40-17		

Marcado e identificación:

Cada aislador debe llevar la marca o identificación del fabricante y la clave del nombre según la presente Norma.

Empaque:

En múltiplos de 3; en cajas de resistencia adecuada para su transporte y almacenamiento, cada caja debe estar marcada con el nombre del material conforme a esta norma, nombre o identificación del fabricante y fecha de fabricación (mes y año).

Referencias:

Norma NOM J-202 Determinación de las características de Aisladores de porcelana para energía. última revisión

Norma NOM J-246 Aisladores de porcelana tipo Alfiler para alta tensión. última revisión.

USO:

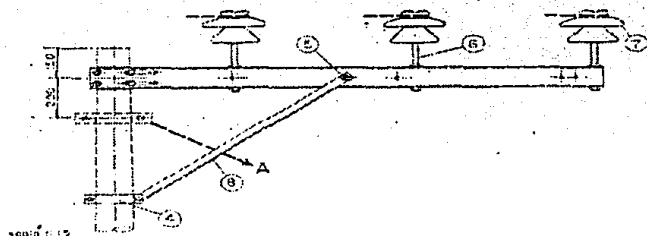
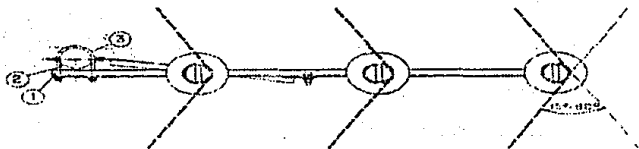
Fijador en Alfiler 234,235,238, o 238 R ; soporta y aísla líneas de 23 Kv en zonas de alta contaminación atmosférica.

CLAVE DEL NOMBRE:

A = Tipo de Alfiler

56-3 = Clase del aislador.

DEFLEXION V 23 D



REFERENCIA	NOMBRE	NORMA L Y F	UNIDAD	CANTIDAD
1	Cruceta 43 V	2.0630	Pza.	1
2	Dado 46	2.0133	Pza.	1
3	Abrazadera 6 V	2.0058	Pza.	2
4	Abrazadera 6 BB	2.0064	Pza.	1
5	Tomillo maq. 1/2 x 1 1/2	2.0187	Pza.	1
6	Alfiler 234	2.0341	Pza.	3
7	Aislador a 56-2	2.0070	Pza.	3
8	Tomapunta 960	2.0510	Pza.	1

APLICACION:

Instalada en poste CR-12 con línea de 23 Kv y utilizado en montajes retenida poste CR-6 en la dirección A; permite efectuar deflexiones de 15° a 60° para cables ACSR calibre 2 a 1/0.

CLAVE D

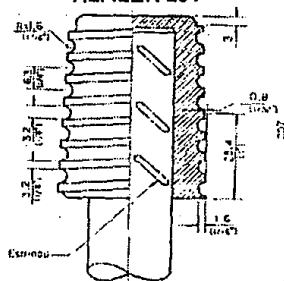
EL NOMBRE:

V = Volada

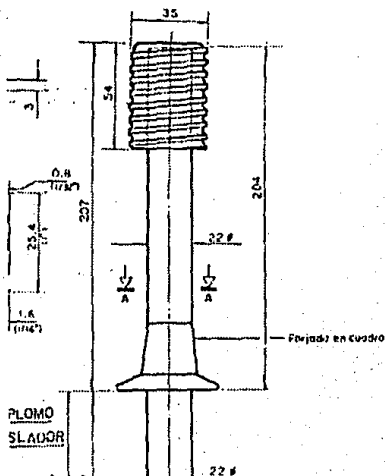
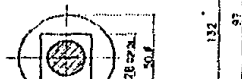
23 = 23000 Volts

D = Conductor de calibre delgado, 2 a 1/0 AWG.

ALFILER 234



DETALLE DE LA CUERDA DE PLOMO Y DEL ESTRIADO PARA EL AISLADOR



CARACTERISTICAS:**Material:**

Del cuerpo -Acero grado SAE-1018 trabajado en frío con $F_y = 3800 \text{ Kg/cm}^2$

De la Cuerda superior.-Plomo

Acabado.- Galvanizado por inmersión en caliente después de maquinado; tipo normal de 0.08 gr/cm², n° de folio: 22-62-80-01.

Resistencia mecánica limite: 285 Kg.

Peso aproximado: 1.380 Kg.

MARCA E IDENTIFICACION:

Cada ALFILER debe llevar la marca o identificación del fabricante y la clave del nombre según la presente Norma.

REFERENCIAS:

LyF 1.0078 P Herrajes y accesorios, última revisión.

NOM B-371 Acero para la fabricación de sujetadores roscados.

NOM J-151 Productos de hierro y acero galvanizado por inmersión en caliente.

USO:

Soporta aisladores tipo alfiler en cruceta o soportes de 102 mm de peralte nominal (4")

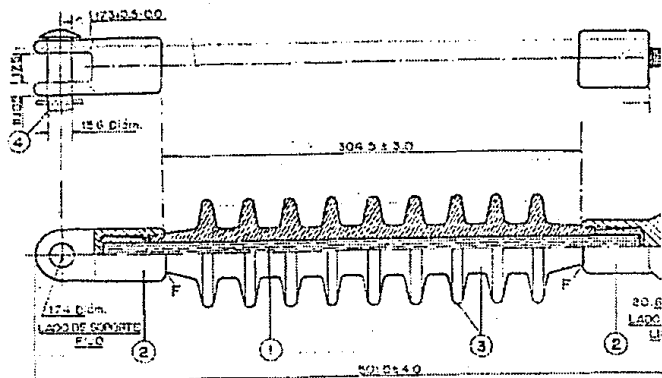
CLAVE DEL NOMBRE:

23 = 23 Kv tensión nominal del aislador que soporta.

4 = 4 pulgadas; peralte nominal de la cruceta donde se soporta.

AISLADOR SUSPENSION 23-T2

1 c



CARACTERÍSTICAS:

REF.	NOMBRE	MATERIAL
1	Barra interior	De resina poliéster o epoxy y reforzada con filamentos continuos longitudinales de fibra de vidrio, libre de fracturas y sin capilaridad.
2	Extremo de soporte	Aluminio fundido.
3	Cuerpo y campana	Polimero resistente al arco eléctrico e interperie, color gris claro (etileno propileno).
4	Perno con chaveta	Perno de fierro galvanizado o cadmizado. Chaveta de fierro galvanizado, bronce o laton

Peso aproximado de 1.4 Kg

MARCADO E IDENTIFICACION:

Cada aislador debe estar marcado en forma legible y permanente con la marca o identificación del fabricante y el nombre del material según la presente norma.

EMPAQUE

12 Aisladores o múltiplos de 3 en cada caja de resistencia mecánica suficiente para su transporte y almacenamiento; marcada en su exterior en forma legible con la marca del fabricante, nombre del material según la presente norma, cantidad que contiene, número de pedido y la fecha (mes y año) de fabricación.

PRUEBAS DE ACEPTACION:

Conforme a esta norma con respecto al material, acabado y dimensiones y a la norma LyF 1.0052 "Aislador-Suspensión 23-T2" , última revisión.
Las pruebas de aceptación se efectuarán en presencia y conformidad con el laboratorio LyF.

REFERENCIA:

Norma LyF 1.0052 "Aislador Suspensión 23-T2, última revisión.

USO:

Fijado a cruceta o soporte fijo con tornillo ojo, remata y permite efectuar refuerzos en línea de 23 Kv. mediante Grana T 2/0 a ó T 556 A.

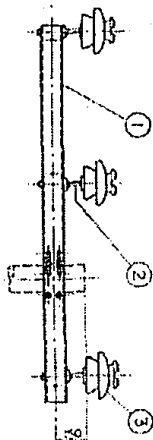
CLAVE DEL NOMBRE.

23 = kV. Tensión nominal.

T = Tensión mecánica.

2 = 2 Toneladas. Tension máxima de trabajo

PASO 23



REF.	NOMBRE	NORMA LyF	UNIDAD	CANTIDAD
1	CRUCETA 43	2.0629	Pza:	1
2	ALFILER 234	2.0341	Pza.	3
3	AISLADOR A 56-2	2.0070	Pza:	3
4	DADO 46	2.0133	Pza:	2
5	ABRAZADERA 6 U	2.0058	Pza:	3
6	ALAMBRE ALD. 4	2.0082	m	5

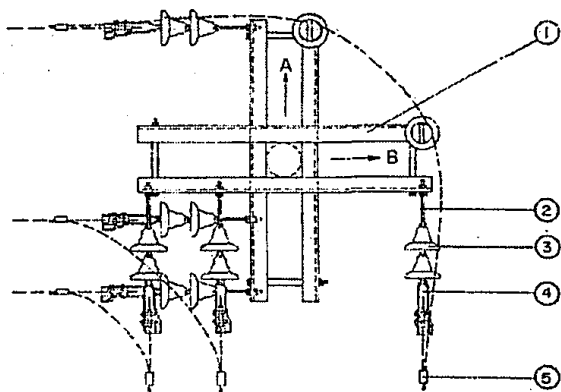
APLICACION:

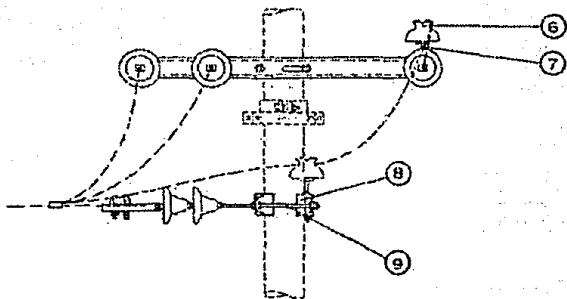
Instalado en poste CR soporta linea de 23 Kv con cable ACRS o Ald.

CLAVE DEL NOMBRE:

23 = 23.000 volts.

DEFLEXION 6 G 60





REF.	NOMBRE	NORMA LyF	UNIDAD	CANTIDA D
1	CRUCETA 44	2.0126	Pza:	4
2	TORNILLO OJO 16X178	2.0188	Pza:	6
3	AISLADOR S 52-2	2.0062	Pza:	12
4	GRAPA T 556 A	2.0139	Pza:	6
5	CONECTOR CANAL S 336-336 AL	2.0119	Pza:	3
6	AISLADOR A 55-5	2.0071	Pza:	2
7	ALFILER 64	2.0078	Pza:	2
8	DADO 46 ÷ 47	2.0133	Pza:	4
9	TORNILLO MAQ. 5/8 X 10 ÷ 5/8 X 14	2.0187	Pza:	8

APLICACION:

Instalado en poste CR-E en línea de 6 Kv y utilizado montajes retenida poste CR 6 6 retenida entre postes en las direcciones A y B, permite efectuar deflexiones de 60° a 120° en dos niveles, para Cable ACRS ó AId calibres 4/0 a 336.

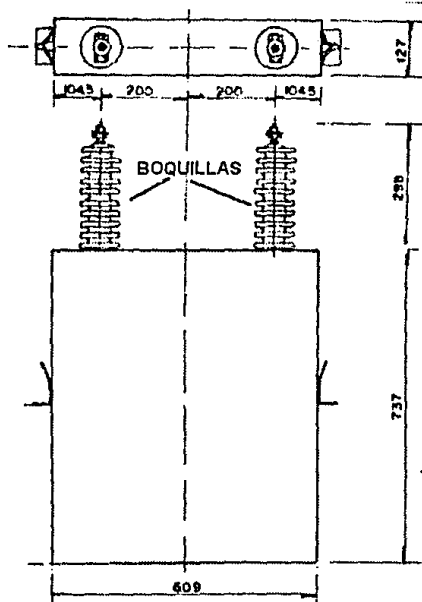
CLAVE DEL NOMBRE:

6 = 6,000 volts

G = Gruesa (calibre 4/0 a 336.)

60 = 60° deflexión mínima.

CAPACITOR 1F 300-D



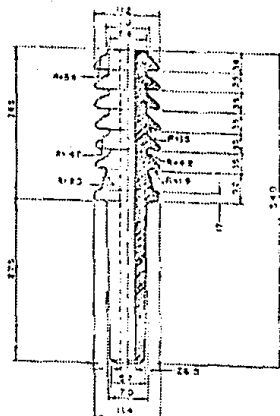
Acotaciones en [mm]

CARACTERÍSTICAS:

De acuerdo a las especificaciones 1.0090 F
Material.- Tanque de acero al carbón.
Tensión nominal 13.28 Kv
Tensión máxima de trabajo 14.6 Kvar
Potencia reactiva 300 Kvar
Capacitancia 4.51 ufd
NEAI onda 1.2 x 50 us 125 Kv
Acabado final.- A base de esmalte alquidálico color gris.
Tolerancia en las dimensiones en el tanque ± 3 mm
Masa aproximada: 42 Kg.

<p>Marcado e Identificación:</p> <p>Cada capacitor monofásico; debe la marca o identificación del fabricante y clave del nombre, según la presente norma.</p>
<p>Empaque:</p> <p>Cada capacitor monofásico, debe estar protegido mediante un embalado de jaula de madera u otro material similar en resistencia mecánica y debidamente ensamblado.</p>
<p>Pruebas de Aceptación:</p> <p>Conforme a estas normas y a la especificación LyF 1.0090 F , se deben de efectuar en presencia y de conformidad con el laboratorio LyF.</p>
<p>Referencia:</p> <p>Especificaciones:</p> <p>Especificaciones LyF 1.0090 F Capacitor 1F 300</p>
<p>Uso:</p> <p>En montajes LyF de bancos de capacitores, para corregir el factor de potencia en alimentadores de 23 Kv.</p>
<p>Clave del Nombre:</p> <p>1F = Monofásico</p> <p>300 = 300 Kvar (capacidad reactiva del capacitor)</p> <p>D = Tipo distribución.</p>

BOQUILLA 23-4



CARACTERISTICAS:

Semejante a Electrocerámica.

P-184231

Material: Porcelana

Acabado: Esmalte chocolate

Flameo en seco 70 Kv

Flameo en humedo 60 Kv

Distancia de arqueo 431 mm

Superficie no esmaltada

Peso : 5.220 Kg.

Uso:

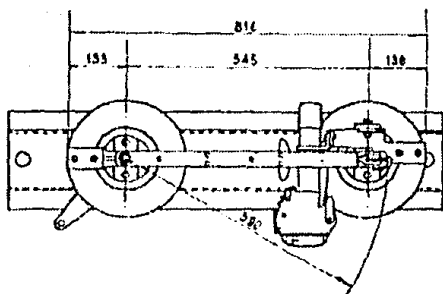
En transformador Poste 23 y en equipo MT 20

Clave del nombre:

23 = Kv de voltaje nominal.

4 = Número progresivo de identificación.

INTERRUPTOR EN AIRE 23601



Características:

Tensión Nominal 23 Kv
Tensión máxima de diseño 25.8 Kv
Corriente nominal 600 Amp.
Corriente de interrupción con carga 600 Amp.
Corriente momentánea 40,000 Amp.
Frecuencia Nominal 50/60 Hz.
Tensión de prueba en seco, en minutos 70 Kv
Nivel Básico de impulso onda de 1.5 x 40 microseg. 150 Kv

Referencia:

Especificación LyF 1.0036

Uso:

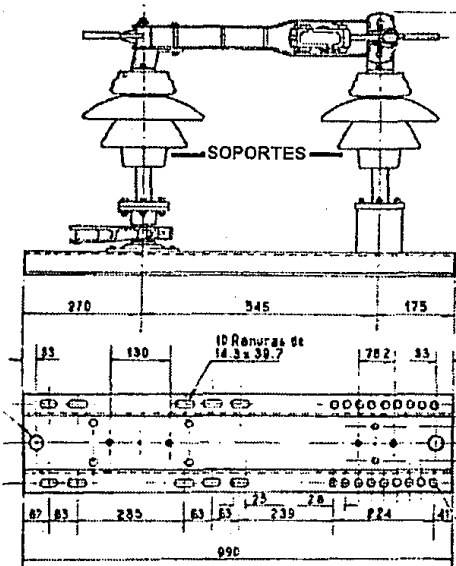
Instalado en poste o en estructura, un juego de tres interruptores operadores en grupo con mecanismos reciprocantes de operación manual, permite conectar, desconectar (o seccionar) con carga hasta de 600 amperes, una troncal de un alimentador aereo.

Clave del Nombre :

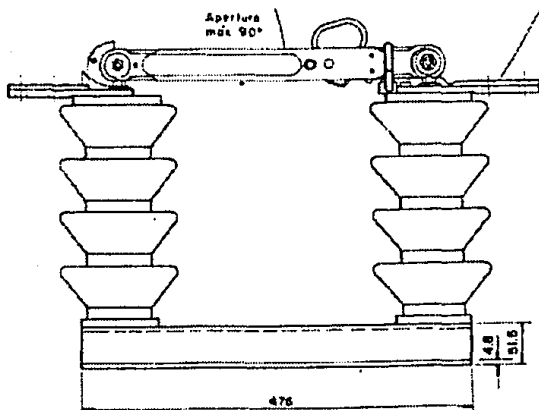
23 (Primer y segundo dígito) = 23 Kv tensión nominal.

6 (tercer dígito) = 600 amperes, corriente nominal.

01 (cuarto y quinto dígito) = número progresivo de identificación.



CUCHILLA 23601



Características:

a) Generales

Cuchilla desconectadora en aire, servicio exterior, tipo pérdiga (loadbuster), apertura simple, en polo, tiro sencillo, con seguro.

b) Eléctricas

Tensión nominal	23,000 V
Corriente nominal	600 A
Corriente momentánea	40,000 A
Nivel básico de impulso a 0 m.s.n.m.	150 kV
Distancia crítica de flaneo mínima	280 mm
Masa aproximada:	27Kg

Empaque:

El fabricante debe entregar las cuchillas provistas con protección mecánica, para prevenirlas contra daños durante su transporte, manejo y almacenamiento. Esta protección puede consistir en un embalaje de jaula de madera o en otra forma equivalente, marcada al exterior con el nombre de cuchilla, el del fabricante y fecha de fabricación (mes y años).

Referencias:

NOM J-356 Cuchillas desconectoras en aire de operación sin carga en alta tensión para servicio interior y exterior, última revisión.

Uso:

Montada en posición vertical inclinada en Soporte Cuchilla 23601 en Poste A13 x 26 TC y en posición horizontal invertida en Cruceta 40 doble, en Poste CR 12; permite en líneas de 23 KV con pértiga 2400 mm conectar y desconectar cargas hasta de 600 amperes.

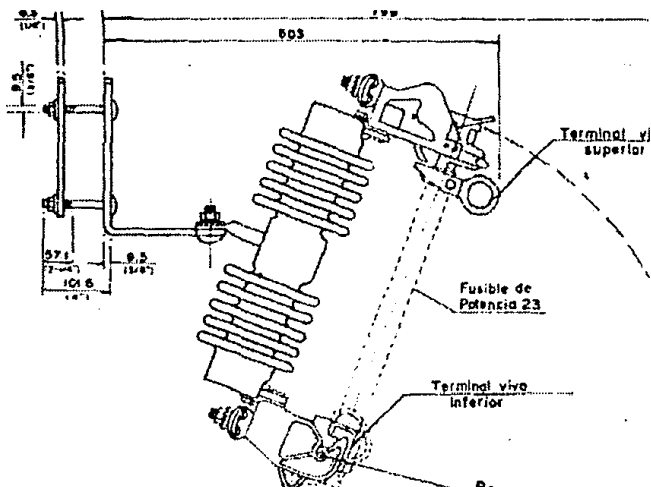
Clave del Nombre :

23, (dos primeras cifras) = 23000 V Tensión nominal de sistema.

6, (tercera cifra) = 600 A corriente nominal

01, (cuarta y quinta cifra) = Número progresivo de identificación.

CORTACIRCUITOS FUSIBLE D-23220



Características:

a) Generales:

Servicio:	Intemperie:
Tipo:	Desconector indicador
Posición de Montaje:	Inclinado.
Apertura:	90° ó 180°
Altitud de Instalación:	2300 m sobre el nivel del mar.

El cortacircuitos debe estar diseñado para operar con pértiga y dispositivo para abrir con carga (Load Boster):

b) Eléctricas:

Tensión nominal de operación:	23 V
Tensión nominal de diseño:	25.8 KV
Tensión máxima de diseño:	27 KV
Corriente nominal	200 Amp
Capacidad interruptiva asimétrica, con un factor de asimetría de 1.6:	20,000 Amp.
Frecuencia nominal:	60 Hertz

c) De aislamiento:

Mercado e Identificación:

Cada Cortacircuitos Fusible debe tener unaplaca colocada en lugar visible perfectamente adherida, con los siguientes datos:

- Nombre del material de acuerdo a la presente Norma.
- Tensión nominal del diseño.
- Tensión máxima de diseño.
- Corriente nominal.
- Capacidad interrumpitiva asimétrica en Amperes.
- Nombre del fabricante.
- Fecha de fabricación (mes y año).
- Leyenda "Hecho en México" o Indicación del país de origen.

Empaque:

Cada pieza debe protegerse en forma individual en caja de madera de resistencia mecánica adecuada, para que en su manejo, transporte y almacenamiento no sufra daños que alteren su operación. Se debe marcar en su exterior en forma visible lo siguiente:

- Nombre del material conforme a la presente Norma.
- Nombre del fabricante.
- Número de pedido y partida.
- Fecha de fabricación (mes y año)
- Leyenda: "Frágil manéjese con cuidado"

Pruebas de Aceptación:

Conforme a la presente Norma, a la NOM-J-144 y a la IEC 282-2, en presencia y de conformidad con el Laboratorio LyF.

Referencias:

- NOM-J-144 "Productos Eléctricos.- Cortacircuitos Fusible de Distribución para tensiones de 4.16 KV hasta 34.5 KV, última revisión.
- IEC-282-2 "High Voltage-Fuses. Part 2: Expulsion and Similar Fuses", última revisión.
- LyF 2.0184 "Terminales vivas superiores e inferior del Portafusible 23220", última revisión.
- NOM-J-202 "Determinación de las Características de Aisladores de Porcelana para Energía Eléctrica", última revisión.
- NOM-J-249 "Aisladores de Porcelana Soporte tipo Alfiler para Alta Tensión", última revisión.

Uso:

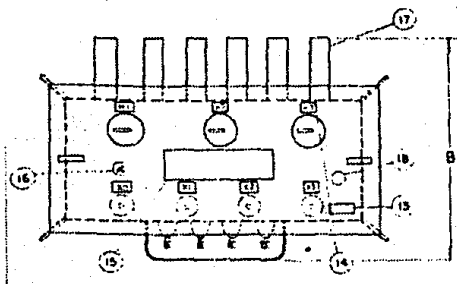
Fijada en Cruceta 40 ó 630 y con Fusible de Potencia 23 (SMU 20), se instala uno en cada fase de 23 KV para proteger Transformadores o Servicios de 23 KV contra sobrecorrientes de acuerdo a la capacidad del Fusible empleado y contra corto circuito de 20000 Amp, asimétricos.

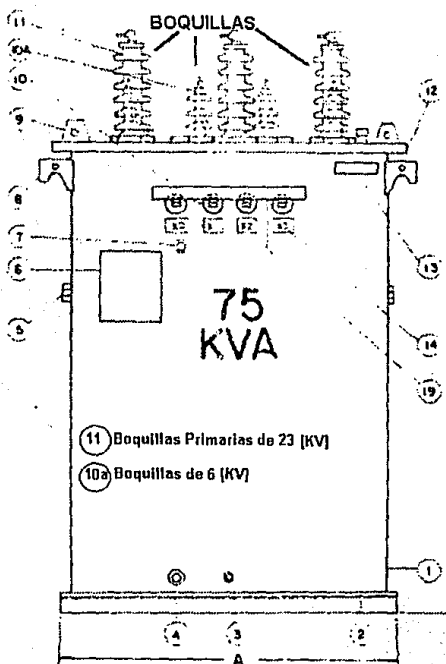
Clave del Nombre:

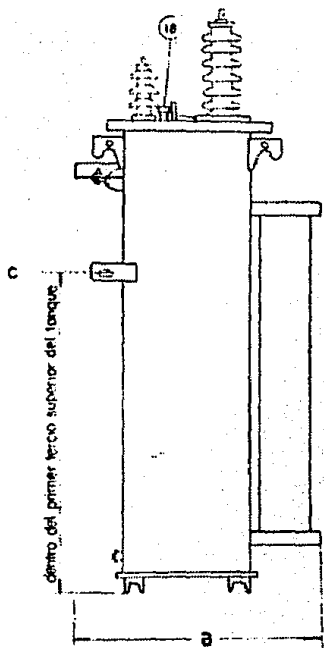
- D = Tipo Distribución
23 = 23 000 volts, tensión nominal.
2 = (tercera cifra) = 200 Amperes.
20 = (últimas cifras) = 20 KA (Capacidad de cortocircuito asimétrico)

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

TIPO POSTE 23, 45 A 300







Ref	Descripción
1	Tanque
2	Fondo
3	Tapón de drenaje y válvula de muestreo hasta 150 KVA, Válvula de drenaje y muestreo para 225 y 300 KVA
4	Conexión y conector del tanque a tierra: tipo A para 45 a 150 KVA y tipo B para 225 y 300 KVA
5	Asas para fijar el transformador al poste
6	Placa de datos
7	Conexión y conector de la B.T. a tierra (hasta 250 KVA)
8	Ganchos para levantar el transformador
9	Orejas para levantar la tapa
10	Boquillas de baja tensión (220Y / 127 V)
10A	Boquillas de 6000 V (secundario a 6000Y / 3464 V)
11	Boquillas primarias de 23000 V
12	Tapa
13	Número de serie estampado
14	Identificación de terminales
15	Registro de mano
16	Cambiador de derivaciones de operación externa (solo para 225 y 300 KVA)
17	Sistema de enfriamiento
18	Niple para prueba de hermeticidad y llenado Sistema de enfriamiento
19	Protección de las boquillas de baja tensión

Características:

Tension Volts	Nombre	KVA	Conexión nominal Volts	Corriente nominal de línea Prim-Sec	Valores Máximos de A - B - C	PESO TOTAL APROX Kg
24150/23575/ 23000/ 22425/ 21850/220V/ 127	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-45	45	23000 - 220y / 127	1.1 120	1100 - 800 - 2120	1000
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-75	75		1.8 200	1300 - 1000 - 2120	10000
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-112.5	112.5		2.8 300	1300 - 1000 - 2120	1250
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-150	150		3.8 400	1500 - 1500 - 2120	1500
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-225	225		5.5 500	1500 - 1500 - 2120	1800
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23-BT-300	300		7.5 800	1500 - 1500 - 2120	2200

**TRANSFORMADORES TRIFASICOS
TIPO POSTE 23, 45 A 300**

Tensión Volts	Nombre	KVA	Conexión nominal Volts	Corriente nominal de línea a Prim-Gec	Valores Máximos de A - B - C	PESO TOTAL APROX Kg
24150/23575/ 23000/ 22425/ 21850 X 220V/ 127	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-45	45	6000 - 220y/ 127	14.3 120	1100 800 2120	1000
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-75	75		7.2 200	1300 1000 2120	10000
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-112.5	112.5		10.8 300	1300 1000 2120	1250
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-150	150		14.4 400	1500 1500 2120	1500
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-225	225		21.6 600	1500 1500 2120	1800
	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 23X8-BT-300	300		28.8 800	1500 1500 2120	2200
	24150/22675/ 23000/22425/ 21850/20000/ 3484	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 26-6-75		75	23000-6000y/3484	1.9 7.2
TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 26-6-112.5		112.5	28.8 10.8	1300 1000 2120		1100
TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 26-6-150		150	3.6 14.4	1500 1500 2120		1200
TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 26-6-225		225	5.6 21.6	1500 1500 2120		1300
TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO POSTE 26-6-300		300	7.5 28.8	1500 1500 2120		1500

**TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS
TIPO POSTE 23, 45 A 300**

Mercado e Identificación:

Debe tener estarcida en la pared del tanque, segmento 1, la capacidad y la conexión de entrega del cambiador de derivaciones, éste solo para 45 a 150 [KVA]; el tanque y la tapa deben tener el número de serie que identifique a cada transformador.

Pruebas de Aceptación:

Conforme a esta norma y a la NOM-J-169, se efectuarán en presencia y de conformidad con el laboratorio LyF.

Referencias:

NOM J-159 Norma de métodos de prueba, transformadores de distribución y de potencia.

Normas LyF Especificación 1,0005 Transformadores trifásicos tipo poste
23-BT, 45 a 300.

Normas LyF Especificación 1,0013 Transformadores trifásicos tipo poste
23-6, 75 a 300.

Normas LyF Especificación 1,0016 Transformadores trifásicos tipo poste
23x5-BT, 45 a 300.

Uso:

Transformador Trifásico Tipo Poste 23-BT-KVA: Montado en poste y conectado a líneas de 23000 volts (-2X2.5%) transforma la energía eléctrica a 220 volts entre fases y 127 volts al neutro para alimentar redes y servicios en baja tensión.

Transformador Trifásico Tipo Poste 23-6-BT-KVA: Montado en poste y conectado a líneas de 23000 volts (- 2X2.5%), transforma la energía eléctrica a 6000 volts entre fases y 3454 volts al neutro para alimentar servicios en alta tensión.

Transformador Trifásico Tipo Poste 23-6-BT-KVA: Montado en poste y conectado a líneas de 23000 volts (- 2X2.5%) ó 6000 volts, transforma la energía eléctrica a 220 volts entre fases y 127 volts al neutro para alimentar redes y servicios en baja tensión.

Clave del Nombre:

23-BT = Tensión nominal primaria 23KV, baja tension 220Y / 127 volts.

23X6-BT = Tensión nominal primaria 23 ó 6 KV, baja tensión 220 Y/127 volts.

23-6 = Tensión nominal primaria 23 KV, secundario 6000 Y / 3464 volts.

45 a 300 = 45, 75, 112.5, 150, 225 y 300 KVA (capacidad nominal).

APENDICE # 2

NORMATIVIDAD DE LOS AISLADORES

NOM-J-246

NOM-J-247

DGN-J-202

NORMA: NOM J-246
AISLADORES DE PORCELANA TIPO ALFILER PARA ALTA TENSIÓN

OBJETIVO.

Esta norma cubre los aisladores tipo alfiler para alta tensión, de porcelana fabricada por proceso húmedo, cuyas dimensiones y características eléctricas y mecánicas satisfacen los requisitos de esta norma, y se utilizan para la transmisión y distribución de energía eléctrica. Para la correcta aplicación de esta norma se debe consultar las normas; DGN-J-202 y la DGN-J-317 que determinan las características de aisladores de porcelana para energía eléctrica y la uniformidad del recubrimiento de Zinc en artículos de Hierro o Acero Galvanizado respectivamente.

Definición:

Como se recordara, una Aislador tipo Alfiler, es aquél que esta formado por una o varias campanas que se pueden montar rigidamente en un vástago roscado llamado Alfiler, con el cual forma un conjunto que es desmontable.

Clasificación:

Los Aisladores de porcelana tipo Alfiler para alta tensión, se clasifican en función de su diseño y características así como la Inspección, Muestreo y Pruebas.

Clasificaciones:

Para determinar la clasificación de los aisladores, existen una serie de elementos que se deberán analizar como es lo siguiente:

- Dimensiones.
- Distancia de Fuga y Flameo en Seco.
- Altura del alfiler.
- Características Mecánicas.
- Características Eléctricas.
- Características de Radio-Interferencia.
- Acabado.
- Partes Metálicas.
- *Pruebas de diseño.
- *Flameo en seco a baja Frecuencia.
- *Flameo en Húmedo, a Baja frecuencia.
- *Flameo Crítico al impulso, Positivo y Negativo.
- *Tensión de Radio-Interferencia.
- *Pruebas de choque Térmico.
- *Pruebas de aceptación
- *Inspección Visual

- *Porosidad
- *Galvanizado
- *Carga al Cantiliver
- *Verificación de la rosca
- *Perforación
- *Dimensiones

NORMA: NOM-J-247
AISLADORES DE PORCELANA TIPO ALFILER PARA MEDIA Y BAJA
FRECUENCIA

OBJETIVO:

Esta norma, tiene por objetivo establecer los requisitos de dimensiones así como las características eléctricas y mecánicas que deben satisfacer los aisladores tipo alfiler para media y baja tensión de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Referencia:

Esta norma tiene como referencia a las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

DGN-J-202 = Determina las características de Aisladores de Porcelana.

DGN-B-317 = Determina la Uniformidad del Recubrimiento de Zinc en artículos de Hierro o de Acero Galvanizado.

Definiciones:

Como se recordara, una Aislador tipo Alfiler, es aquél que esta formado por una o varias campanas que se pueden montar rígidamente en un vástago roscado llamado Alfiler, con el cual forma un conjunto que es desmontable.

Clasificación:

Los Aisladores de porcelana tipo Alfiler para alta tensión, se clasifican en función de su diseño y características así como la Inspección, Muestreo y Pruebas; para su diseño deben cubrir ciertas especificaciones como son las siguientes:

Especificaciones en:

- Dimensiones: (Existen cinco tipos de aisladores tipo alfiler con diferentes dimensiones en altura y grosor.)
- Distancias de Fuga y Flameo en seco: (Cada clase de aislador debe tener como mínimo las distancias de fuga y de flameo en seco.)
- Altura del Alfiler.
- Mecánicas.
- Eléctricas.
- Características de Radio-Interferencia.
- Acabado

-Partes metálicas

Muestreo, Inspección y Pruebas

A todos los aisladores de diseño nuevo se les hacen las pruebas de:

Pruebas de diseño.

Pruebas de Flameo en seco a baja frecuencia.

Pruebas de Flameo en Humedad a baja frecuencia.

Pruebas de Flameo crítico al impulso, positivo y negativo.

Tensión de Radio-Interferencia.

Pruebas de choque térmico.

Pruebas de aceptación.

Inspección visual

Porosidad.

Galvanizado.

Carga al Cantiliver.

Verificación de la Rosca

Perforación.

Dimensiones.

NORMA: DGN-J-202

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE AISLADORES DE PORCELANA, PARA ENERGÍA ELÉCTRICA

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma, establece los métodos de prueba que se deben seguir para efectuar las pruebas que determina las características de los aisladores de porcelana, para aislar y sostener conductores de energía Eléctrica.

Estos métodos de prueba cubren los siguientes tipos de aisladores de porcelana:

- Tipo suspensión.
- Tipo alfiler, para alta tensión.
- Tipo alfiler, para media y alta tensión.
- Tipo Poste, para alta tensión.
- Soporte tipo alfiler, para alta tensión.

Referencias

Las referencias de esta norma son las siguientes:

- DGN-J-120 = Determinación de la Rigidez Dieléctrica de Materiales Aislantes.
- DGN-J-151 = Productos de Hierro y Acero Galvanizado por Inmersión en Caliente.
- NOM-II-13 = Determinación de la Uniformidad del Recubrimiento de Zinc en artículos de Hierro o acero Galvanizados.

Definiciones

Aislador.

Un aislador es un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

Concha.

Una concha es un elemento aislador, con una o varias faldas, que puede formar parte de un aislador o un conjunto de aisladores.

Aislador Tipo suspensión.

Un aislador de suspensión es una o un conjunto de unidades de aisladores adecuados para soportar, no rígidamente, conductores eléctricos.

Unidad de Aislador de suspensión.

Una unidad de aislador de suspensión, es un conjunto de una concha y el herraje adecuado para el acoplamiento no rígido, con otras unidades o al herraje de sujeción. El acoplamiento puede ser tipo calavera y tipo ojo.

Cadena de Aisladores de Suspensión.

Es un conjunto de dos o más aisladores de suspensión montados en serie.

Aislador Tipo Alfiler.

Es aquél que está formado por una o varias campanas y que se puede montar rígidamente en un vástago roscado llamado alfiler, con el cual forma un conjunto que es desmontable.

Aislador Tipo Columna.

Es aquél que se puede montar rígidamente mediante tornillos sobre otro u otros aisladores, para formar una columna.

Aislador Tipo Soporte.

Es un aislador adecuado para aislar y sujetar rígidamente mediante tornillos, equipo eléctrico. Existen dos tipos: Tipo Alfiler y Tipo Columna.

Aislador Tipo Retina.

Es un aislador generalmente de forma alargada, con dos agujeros o ranuras transversales, usado comúnmente en retenidas.

Aislador Tipo Carrete.

Es un aislador de forma generalmente cilíndrica, con una o varias ranuras circunferenciales y perforado axialmente para su montaje.

Aislador Tipo Poste.

Es un aislador que tiene un alfiler empotrado y es adecuado para montarse directa y rígidamente.

Aislador Tipo Pasa Muro.

Es un aislador de forma generalmente cilíndrica alargada, con un conducto central longitudinal que sirve para alojar y aislar un conductor eléctrico que atraviesa una pared.

Baja Frecuencia.

Se entiende por baja frecuencia en esta norma, cualquier frecuencia entre 15 y 100 Hz.

Tensión de Flameo a baja Frecuencia.

Es tensión de flameo a baja frecuencia de un aislador, es el valor eficaz (rmc) de la tensión de baja frecuencia, que en las condiciones especificadas, origina un flameo (descarga disruptiva) sostenido a través del medio circundante.

Tensión Sostenida a Baja Frecuencia.

Es un valor eficaz (rmc) de la tensión, que se puede aplicar a un aislador en condiciones especificadas, sin causar flameo o perforación.

Tensión de Perforación a Baja Frecuencia.

Es el valor eficaz (rcm) de la tensión aplicada a un aislador bajo condiciones especificadas, que origina una descarga disruptiva a través de cualquier parte del aislador.

Onda de Impulso.

Una onda de impulso es una onda unidireccional generada por la disipación de energía eléctrica dentro de un circuito.

Tensión de Flameo al Impulso.

La tensión de flameo al impulso, de un aislador, es el valor de cresta de la onda de impulso que bajo condiciones especificadas produce el flameo a través del medio circundante.

Tensión Crítica de Flameo al Impulso

La tensión crítica de flameo al impulso, de un aislador, es el valor de cresta de la onda de impulso, que bajo condiciones especificadas produce el flameo a través del medio circundante, en el 50% de las aplicaciones.

Tensión al Impulso.

La tensión al impulso es el valor de cresta de la onda de impulso, que bajo condiciones especificadas debe resistir un aislador sin que produzca flameo o perforación del mismo.

Resistencia Mecánica.

La resistencia mecánica de un aislador es la carga a la cual, cualquier parte del aislador falle en su función de soporte mecánico, independiente de una falla eléctrica.

Resistencia Mecánica y Esfuerzo Eléctrico.

La resistencia mecánica y el esfuerzo eléctrico combinados de un aislador, es la carga mecánica, que implicada simultáneamente con tensión eléctrica haga fallar eléctrica o mecánicamente cualquier parte del aislador.

Resistencia de Carga Sostenida-Tiempo.

Es la carga mecánica que aplicada continuamente, bajo condiciones especificadas, debe resistir el aislador sin fallar mecánicamente.

Resistencia al Impacto.

La resistencia al impacto de un aislador es el impacto que bajo condiciones especificadas, debe resistir sin sufrir daño.

Espécimen.

Un espécimen es un aislador representativo del producto por probar. El espécimen no debe tener defectos de ninguna clase que alteren los resultados de las pruebas.

Distancia de Fuga.

La distancia de fuga de un aislador es la suma de las distancias más cortas medidas a lo largo de las superficies aislantes, entre las partes conductoras.

Para tomar esta medida se prepara el aislador en forma similar, como se hace para efectuar una prueba de flameo en seco.

Las superficies cubiertas con un vidrioado semiconductor se deben considerar como superficies efectivas de fuga y la distancia de fuga sobre esas superficies, se debe incluir en la distancia de fuga total.

Distancia de Flameo en Seco.

La distancia de flameo en seco de un aislador, es la distancia más corta, medida a través del medio circundante entre las partes conductoras. En caso de existir partes metálicas conductoras intermedias, la distancia de flameo en seco es la suma de las distancias parciales medidas según el párrafo anterior.

Tensión de Radio-Interferencia

Es la tensión que produce radio interferencia en un aislador, cuando se aplica 60 Hz + 5% y en condiciones especificadas.

MONTAJE DE ESPECÍMENES PARA PRUEBAS ELÉCTRICAS**Forma de Montaje; Aislador tipo Suspensión.**

El espécimen (unidad o cadena) se debe suspender verticalmente en el extremo de un conductor conectado a tierra, de tal manera que la distancia vertical desde la parte superior a la estructura soporte, no sea menor de 90 cm.

Para este punto se deberán considerar los siguientes puntos:

Electrodos energizados.

Proximidad de otros objetos

Para aisladores tipo alfiler y poste:

Forma de montaje:

La cruceta soporte debe ser horizontal, derecha, lisa, conectada a tierra, hecha de un tubo metálico o de fierro estructural, cuyo ancho en el sentido horizontal no sea menor de 7.5 cm ni mayor de 15 cm. Debe tener una longitud adecuada para evitar que se inicien los arcos en sus extremos.

Pruebas Eléctricas.

Para todas estas Pruebas, se deberá pasar y considerar los siguientes puntos:

.Generalidades: Las pruebas de tensión de flameo al impulso solo se hacen en condiciones secas.

-Equipo. (el equipo para realizar las pruebas deberá ser de acuerdo a los métodos)

-Pruebas de Tensión de flameo en seco a baja frecuencia.

.Condiciones Atmosféricas.

-Forma de montaje.

-Onda de la tensión de impulso.

-Aplicación de la Tensión.

-Determinar el valor de la tensión de Flameo en seco (por lo menos 5 flameos)

-Correcciones en: condiciones normales y humedad.

Pruebas Mecánicas.

Pruebas de Resistencia Mecánica.

Generalidades.

Se debe aplicar al espécimen la carga mecánica, la carga se debe aplicar desde el valor cero e irse aumentando en forma continua, sin variaciones bruscas, hasta que se produzca la falla. La carga se puede aumentar en forma rápida, hasta alcanzar aproximadamente el 75 % del valor nominal del esfuerzo mecánico del aislador. A partir de este valor, la proporción de aumento de la carga hasta el punto de falla deberá ser entre 15 como mínimo y 30 como máximo de carga para los diferentes tipos de aisladores.

Para cualquier tipo de aislador, se les deberá considerar los siguientes puntos:

- Carga a la tensión mecánica
- Carga al impacto
- Pruebas de resistencia mecánica y esfuerzo eléctrico Combinados.
- Resistencia de carga sostenida-tiempo
- Forma de montaje
- Carga
- Carga al Cantiliver
- Resistencia a la torsión
- Carga a la tensión mecánica
- Carga a la compresión.

Pruebas de Galvanizado.

- Pruebas para determinar la Uniformidad del Recubrimiento.

Esta prueba se debe llevar a cabo de acuerdo con el método para determinar la uniformidad del recubrimiento, la prueba consiste de inmersiones en solución de sulfato de cobre.

- Prueba del Espesor del recubrimiento.

Pruebas de Rutina

- Pruebas eléctricas
- Pruebas de alta frecuencia
- Pruebas de baja frecuencia
- Pruebas de carga a la tensión mecánica

NOMENCLATURAS

Y

GLOSARIO

NOMENCLATURAS

<p>α</p> <p>β</p> <p>[C]</p> <p>[K]</p> <p>[cm³]</p> <p>[Hr]</p> <p>[Hr]</p> <p>[K-Ohms]</p> <p>[KA-ciclo]</p> <p>[KJ/mol]</p> <p>[Km]</p> <p>[Km²]</p> <p>[KV]</p> <p>[cm/KV]</p> <p>[KVA]</p> <p>[KW-Hr]</p> <p>[m³/min]</p> <p>[mA/cm²]</p> <p>[mg/cm³]</p> <p>[mg/cm²]</p> <p>[mg]</p> <p>[min]</p> <p>[nm]</p> <p>[Ohm-cm]</p> <p>[Pa]</p> <p>[uS]</p> <p>[V]</p> <p>[Watt]</p>	<p>Se define como la inclinacion de los faldoes en una aislador con respecto al eje horizontal.</p> <p>Se define como la inclinacion de los faldoes en una aislador.</p> <p>Temperatura en Grados Centigrados.</p> <p>Temperatura en Grados Kelvin.</p> <p>Centimetros cúbicos.</p> <p>Hidrógeno.</p> <p>Hora.</p> <p>Kilo-Ohms.</p> <p>Kilo Amperes por ciclo.</p> <p>Kilo Joules sobre mol.</p> <p>Kilómetro.</p> <p>Kilómetro Cuadrado.</p> <p>Kilo Volts.</p> <p>Centimetro sobre Kilovolts.</p> <p>Kilo Volts Aperes por Hora.</p> <p>Kilowatts -Hora: Es la unidad práctica para medir energia -Es la energia generada o consumida durante una hora con la potencia de un watt y es equivalente a 3,600 joules.</p> <p>Metros cúbicos sobre minuto.</p> <p>Miliamperes sobre centimetro cuadrado.</p> <p>Miligramos sobre centimetro cúbico.</p> <p>Miligramos sobre centimetro cuadrado.</p> <p>Miligramo.</p> <p>Minutos.</p> <p>Nanómetros = 1×10^{-9} [m]</p> <p>Ohms- centimetros.</p> <p>Unidad de presión en Pascales (N/m^2).</p> <p>Microsiemens (Conductividad superficial).</p> <p>Volts.-Es la unidad de fuerza electromotriz diferenciada de potencial o tensión eléctrica; (Es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un conductor por el que circula una corriente constante de un ampere, cuando la potencia disipada entre esos dos puntos es de un watt).</p> <p>Es la unidad de potencia.-Es la potencia requerida para efectuar un trabajo de un joule en un segundo.</p>
---	--

GLOSARIO

—A—

<p>A 56-2</p> <p>Acido muriático</p> <p>Acrílicos</p> <p>ACSR</p> <p>Adhesión</p>	<p>A= Aislador tipo alfiler, 56-2 = clase del aislador.</p> <p>Es una sustancia compuesta por hidrógeno y cloro que reacciona con ciertos metales formando sales.</p> <p>Es un material aislante de resina que se utiliza en la elaboración de aisladores sintéticos. (rigido).</p> <p>Cable de Aluminio Reforzado con Acero.</p> <p>Estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales, o acción de entrecruzado.</p>
---	---

Aislador	Es un material que impide el flujo de energía entre la línea de transporte (fase) y el soporte de fijación torre o poste (tierra) para evitar fallas y pérdidas de energía en el sistema.
Aislador Alfiler	Es aquel que está formado por una o varias campanas y que se pueden montar rígidamente en un vástago roscado llamado alfiler, con lo cual forma un conjunto que es desmontable.
Aldehidos	Líquido volátil que se obtiene deshidrogenando u oxidando un alcohol.
Anodo	Electrodo por el que la corriente entra a un sistema.
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares.
Arqueo eléctrico	Es la ionización (por chispas) de la atmósfera (que actúa como conductor) circundante del aislador.
Arena sílica	Conjunto de partículas de las rocas silíceas.
Aspersor	Mecanismo que sirve para esparcir un líquido a presión.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Atmósfera	Masa gaseosa que rodea un astro cualquiera (Tierra).

—B—

Bacterias	Nombre general dado a los microbios unicelulares de forma alargada (basilos).
BSI	Instituto Británico de Estándares.
BSI-BS	Instituto Británico de Estándares y Estándares Británicos.

—C—

Cadenas poliédricas	Resquebrajamiento superficial del material en forma de polígonos.
Campo eléctrico	Región del espacio donde existe electricidad capaz de ejercer una fuerza.
Carbónidos	Grupo de sustancias de carbonos puro o combinado que degradan la superficie de los aisladores.
Carga al Cantilver	Es un tipo de pruebas (carga) que pasan los aisladores a la resistencia mecánica y esfuerzo eléctrico combinados.
Carga eléctrica	Cantidad de electricidad.
Cátodo	Electrodo por el que la corriente deja un sistema.
Cetonas	Líquido incoloro de olor a éter, volátil inflamable que se forma cuando se destila una acetato.
CO	Monóxido de carbono.
CO ₂	Dióxido de carbono.
Cocción	Acción de cocer.
Coesitivas	Acción de coerse (contener, reprimir sujetar o restringir).
Cohesión	Acción de adherencia o fuerza que une a las moléculas de un cuerpo.
Colector	Acción de coleccionar, recoger.
Colisiones	Acción de choque.
Conductividad	Propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor y la electricidad.
Corriente eléctrica	Es el movimiento de electricidad en un medio o a lo largo de un circuito, se mide en amperes.
CT I.	Costo total por labor.
CT mal	Costo total de mantenimiento.
CT MC	Costo total de mantenimiento correctivo.
CT MCA	Costo total de mantenimiento correctivo anual.
CT MCLV	Costo total de mantenimiento preventivo con línea viva.
CT MPLVA	Costo total por mantenimiento preventivo con línea viva anual.

-D-

D.F.	Distrito Federal.
Degradación	Es una disminución progresiva del nivel de aislamiento por efectos externos.
Densidad cerámica	Número de descargas o rayos por Km ² / año.
Descarga Disruptiva	Es un repentino incremento de corriente eléctrica a través de un medio aislante.
Descarga eléctrica	Es una descarga caracterizada por una caída de voltaje en el cátodo.
DESD	Densidad Equivalente de Sal en el Depósito.
Desulfurización	Proceso de eliminación de los sulfuros.
DGN	Dirección General de Normas.
DGN-AA-10-74	Norma que realiza la medición de partículas suspendidas en la atmósfera.
DGN-AA-35-76	Norma que realiza la medición del oxígeno, el monóxido de carbono y el bióxido de carbono por medio del equipo Orsat.
Dielectrico	Material aislante; medio material en el cual puede existir un campo eléctrico.
DOF	Diario Oficial de la Federación.

-E-

EDV	Energía dejada de vender.
Efecto sinérgico	Acción simultánea de agentes externos, que propician la degradación dieléctrica.
Efecto-Joule	Es la producción de calor debido al paso de corriente eléctrica a través de un conductor homogéneo.
Elastómeros	Es un material a base de plásticos que a la temperatura ambiente se estira bajo la acción de una tensión pequeña por lo menos dos veces su longitud original y recobre esa longitud al quitar la tensión, como son: estireno, butadieno, butilo, etileno, etc.
Electrodo	Placa o conjunto de placas de la misma polaridad de una celda acumuladora, conectadas eléctricamente entre si.
Epóxicos	Es un material aislante de resina que se utiliza en la elaboración de aisladores sintéticos. (rígido)
Erosión	Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce de otro.
Esporas	Corpúsculo reproductor de las plantas.
Estiaje	Periodo prolongado en el verano de niveles bajos de agua y/o sequía.

-F-

Fuerza centrífuga	Es la fuerza ejercida desde el centro hacia fuera en forma circular.
Fusible 23-3-smd 20	Fusible usado en los alimentadores eléctricos.

-G-

Gases inorgánicos	Son gases que emiten las industrias como son óxidos de carbono, azufre etc.
Gases orgánicos	Son gases que emiten las industrias como el es metano, benceno acetileno etc.

-H-

Hidrocarburo	Combinación química compuesta de carbono e hidrógeno, obtenido del petróleo y fuentes vegetales.
Hidrofobicidad	Propiedad de repeler o mezclarse con el agua.

-I-

IEC	Comisión Internacional de Electrónica
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas.
IMECA	Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.
Inorgánica	Compuesto químico sin vida; término que se utiliza para determinar la procedencia de las partículas de contaminación como es el caso de los humos, gases y polvos.

-J-

JIS	Comite Japonés de Normas Industriales
Joule	Es la unidad de energía y trabajo; es el trabajo producido por una fuerza de un newton cuando su punto de aplicación se mueve un metro en la dirección de la fuerza.

-L-

LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente
--------	---

-M-

Micras	Medida de longitud equivalente a la milésima de milímetro.
Movimiento Browniano	Movimiento incesante que agita las partículas microscópicas en suspensión.
MP	Materia particulada: (asfalto, productos metálicos, cemento, vidriera, etc.)

-N-

NaCl	Sal
NBA	Nivel Básico de Aislamiento.
NEMA	Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas
NO	Oxido de nitrógeno
NO ₂	Bióxido de nitroneno
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOM-AA-54-78	Norma que se emplea para la determinación del flujo de gases mediante el tubo de pitot así como la humedad en los gases.
NOM-AA-56-80	Norma que se emplea para determinar el bióxido de azufre y neblina de ácido sulfúrico.
NOM-AA-9-73	Norma que se emplea para la determinación del flujo de gases mediante el tubo de pitot así como la humedad en los gases.
NO _x	Oxido de nitrógeno
NTE	Norma Técnica Ecológica
o suspensión	Es una o un conjunto de unidades de aisladores adecuados para soportar no rigidamente conductores eléctricos.

-O-

O ₂	Oxígeno
O ₃	Ozono
Ohms	Es la unidad de resistencia eléctrica

Orgánica Compuesto químico con vida; término que se utiliza para determinar la procedencia de las partículas de contaminación como es el caso de bacterias, esporas y el polen.

-P-

P.F. Factor de perfil en un aislador; es la relación entre la distancia de fuga simplificada y la distancia de fuga real del aislador.

Peroxidos Nombre del grado mayor de oxidación de ciertos cuerpos.

Prex Cristal poco fusible y muy resistente.

Poliesteres reforzados Es un material aislante de resina que se utiliza en la elaboración de aisladores sintéticos. (rígido)

Polimero Compuesto químico de origen orgánico, natural o sintético, constituido por macromoléculas

Polysiloxane Compuesto de átomos de silicio unido al oxígeno

PST Partículas Suspendingidas Totales

-R-

Radicales de polimeros Grupo iónico del polímero que tiene una o más cargas, positivas o negativas.

Resistencia Dieléctrica Es el máximo gradiente de potencial que un material puede resistir sin ruptura.

Resistividad Es la resistencia eléctrica específica de un material.

Resquebrajamiento Cuartaduras del material

Rigidez Dieléctrica Es la propiedad de un dieléctrico a oponerse a una descarga eléctrica.

-S-

Sedimentación Proceso de varios materiales suspendidos en un líquido por el cual se depositan en el fondo por gravedad.

Silicón Material que sirve para recubrir la superficie en aisladores contra la contaminación

SO₂ Bioxido de azufre.

Sosa Cáustica Sustancia que destruye los tejidos orgánicos por acción corrosiva o quemante.

SO_x Oxido de azufre.

-T-

TCF Tensión Crítica de Flameo. Es el valor de cresta de la onda de la corriente de impulso que bajo condiciones específicas produce el flameo

-V-

Viscosidad Resistencia interna a fluir que presenta un líquido.

-Z-

ZMCM Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Norma oficial mexicana, términos empleados en la industria eléctrica, DGN J281-1977.
- 2.- Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente.
SEDESOL (Secretaria de Desarrollo Social)
INE (Instituto Nacional de Ecología)
- 1992.
- 3.- Boletín informativo de la calidad del aire.
Compendio SEDESOL, Octubre 1986 - Abril 1992.
- 4.- Estudios ambientales del IIE.
Rigoberto Longoria R.
Boletín IIE, Marzo / Abril de 1993.
5. Medición de emisiones contaminantes en fuentes fijas.
Rogelio Escalera Campoverde.
Boletín IIE, Marzo / Abril de 1993.
- 6.-Monitoreo Atmosférico.
Manuel Muriel García.
Boletín IIE, Marzo / Abril de 1993.
- 7.-Modelación y dispersión de contaminantes atmosféricos.
Victor Alejandro Salcido González, Ricardo Saldaña Flores.
Boletín IIE, Marzo / Abril de 1993.
- 8.-Norma Técnica Ecológica (NTE) 005, 007, 008 y 009 / 1988.
Diario Oficial de la Federación, Octubre 18 de 1988.
- 9.-Norma Técnica Ecológica (NTE) 008 / 1988
- 10.-Libros BIB. CFE

- 11.-Evaluación de aisladores sintéticos para uso intemperie
Homero Villacaña, Rafael Santillana, Sergio Rodríguez, Vicente Espinoza
Comité de Distribución y Transmisión de la Sección México del IEEE.
Octava reunión de trabajo, Querétaro en Noviembre de 1986.
- 12.-Seminario sobre los efectos de la contaminación en los equipos e instalaciones eléctricos IIE, Junio 1981
- 13.-Estudio de Aisladores Contaminados por la CLyF del Centro
Ing. Ernesto García Garro CLyFC, 1988.
- 14.-Degradación por efecto sinérgico en aisladores sintéticos
Anibal Garza M., José I. Montesinos S.
Boletín IIE, Mayo / Junio de 1991.
- 15.-El reto del mantenimiento de redes aéreas ante condiciones ambientales extremas en la ciudad de México.
Ing. Angel Larios Sanjuanico, Ing. Eleazar Sánchez Hernández
Comité de Distribución de Potencia del IEEE
Quinta reunión de verano en Acapulco, Gro. México, del 26 al 31 de Julio de 1992.
- 16.-Polímeros aislantes en la Industria Eléctrica.
Javier Arturo Caballero Gutiérrez CFE.
Tecnolab, Diciembre de 1986.
- 17.-Guía y procedimientos de diseño para Aislamientos externos de líneas y Subestaciones eléctricas expuestas en ambientes contaminados.
Dr. Gaudencio Ramos, Ing. Porfirio Velázquez, Ing. Ma. Teresa Campillo.
- 18.-Boletines Técnicos Gamma, Electroporcelana Gamma, S.A.
- 19.-Evaluación de aisladores de distribución para alta contaminación.
Anibal de la O. Lavalle, Jorge González de la Vega
Comité de Distribución de Potencia del IEEE.
Tercera reunión de verano en Acapulco, Gro., México del 22 al 27 de Junio de 1990.

- 20.-Evaluación de recubrimiento elastoméricos de silicon para aisladores de porcelana y vidrio.
Rafael Mier Maza, Comité de Aisladores del IEEE.
Reunión de verano en Acapulco, Gro., México del 25 al 30 de Julio de 1993.
- 21.-Desarrollo de un alfiler de concreto polimérico.
Ing. José del Razo Contreras, M.C. Jorge González de la Vega.
Comité de Aisladores del IEEE, Reunión de verano en Acapulco, Gro.
México del 25 al 30 de Julio de 1993.
- 22.-Coordinación de aislamiento del sistema aéreo de 23[KV] de la Ciudad de México. Situación actual, fallas detectadas y soluciones.
Ing. Marco Antonio Pozos Blancas, Ing. Herminio Alonso Juárez.
Quinta reunión de verano de potencia en Acapulco, Gro., México del 26 al 31 de Julio de 1992.
- 23.-Los materiales sintéticos aplicados en el aislamiento de la líneas aéreas.
Jorge González Vega Boletín IIE, Noviembre / Diciembre de 1991.
- 24.-Determinación de los niveles de contaminación en aislamientos externos de líneas de distribución eléctrica del Valle de México.
IIE, Octubre de 1993.
- 25.-Resultados de los análisis de una muestra de depósito de contaminantes insolubles de aisladores expuestos al ambiente.
IIE, Junio de 1993.
- 26.-Artículo de pérdidas de producción por falla eléctrica.
Uniroyal, 1994.
- 27.-CLyFC "Normas Materiales de Líneas Aéreas", 1990.
- 28.-CLyFC Normas de Distribución, "Norma de Montaje de Líneas Aéreas".
1994.
- 29.-NOM J-202 - 1977, Determinación de las características de aisladores de porcelana, para energía eléctrica.

30.-NOM J.246 - 1977, Aisladores de porcelana tipo alfiler para alta tensión.

31.-NOM J-247 1977, Aisladores de porcelana tipo alfiler para media y baja tensión.

32.-NOM J-248 - 1977, Aisladores de porcelana, tipo poste, para alta tensión.

33.-Manual estándar, Tomo II.

A.E. Knowlton.

Ed. Labor, Barcelona 1967.