

42
2ij



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

ENEP ARAGON

**METODO ALTERNO PARA DISEÑAR EL
DIMENSIONAMIENTO DE AISLADORES EXTERNOS
DE LINEAS Y SUBESTACIONES ELECTRICAS
EXPUESTAS EN AMBIENTES CONTAMINADOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A ;
B U L M A R O L O P E Z S O S A**



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Durante los años empleados en mi formación educativa y profesional, son muchas las deudas de gratitud que he contraído, en especial durante la preparación y desarrollo de este trabajo, y son muy grandes para poder pagarlas adecuadamente tan solo con unas cuantas palabras.

A MI QUERIDA ESPOSA:

MA. DEL CARMEN ESTRADA YAÑEZ

Por todo su cariño, paciencia
y apoyo incondicional.

A MIS HIJOS:

MITZI ARISBETH

MARIO ALBERTO Y

AL HIJO QUE ESPERAMOS

Por su cariño, comprensión y
por darme una nueva razón para
ser mejor en la vida.

A MIS PADRES:

ALICIA SOSA SERRATO

GREGORIO LOPEZ BENITEZ

Con amor y respeto por
la vida que me dieron
y por guiarme por el -
buen camino.

A MIS HERMANOS:

EVELVINA, BERTIN, JUANA

CONSUELO, LUCIA, SARA

FRANCISCO, MA NATIVIDAD

Y CARLOS

Por su apoyo, confianza y ca-
riño que siempre me han brin-
dado.

AL PROFESOR:

ING. FCO. JORGE FLORES TRUJILLO

Por su valiosa dirección en el desarrollo de este trabajo y - por la literatura aportada para complementarlo.

**Método alternativo para diseñar el dimensionamiento de
aisladores externos de líneas y subestaciones eléc-
tricas expuestas en ambientes contaminados.**

I N D I C E

Pag

INTRODUCCION

C A P I T U L O I

El aislador

1.1	Definición del aislador	1
1.2	Tipos de aisladores	5
1.3	El aislador de vidrio y porcelana	13
1.4	Otros materiales usados para fabricar aisladores ...	15

C A P I T U L O II

La Contaminación

2.1	Tipos de contaminantes	16
2.2	Efectos de la contaminación en los aisladores	19
2.3	Clasificación de zonas de contaminación	22
2.4	Niveles de contaminación por región	29

C A P I T U L O III

**Métodos de campo y de laboratorio para el
diseño óptimo del aislador**

3.1	Método de la densidad equivalente de sal depositada (DESD)	64
-----	---	----

3.2	Evaluación de la severidad de la contaminación	65
3.3	Otras técnicas de evaluación	70
3.4	Técnicas de prueba de laboratorio para aisladores contaminados artificialmente	76

C A P I T U L O I V

Tablas, gráficas y perfiles de diseño

4.1	Tablas de aisladores de suspensión y alfiler	80
4.2	Gráficas de: a) Voltaje de aguante b) Factores de corrección	85
4.3	Perfiles de aisladores y ecuaciones para el cálculo del diámetro promedio de aisladores para subestación.	99

C A P I T U L O V

Diseño del aislamiento

5.1	Modelo de diseño contra contaminación	103
5.2	Tablas descriptivas para cada etapa del modelo contra contaminación	105
5.3	Diseño contra contaminación para: a) Líneas de transmisión b) Líneas de distribución c) Subestaciones	113
CONCLUSIONES		120
REFERENCIAS		122

INTRODUCCION

La creciente demanda de energía eléctrica en las grandes ciudades, corredores industriales, zonas costeras e inclusive desérticas ha originado que se tengan que transportar grandes cantidades de energía desde el lugar de generación hasta los centros de consumo, para lograr tal cometido se han construido y siguen construyendo enormes instalaciones eléctricas para la transmisión de dicha energía.

Para garantizar un buen servicio en el suministro de energía eléctrica se requiere de instalaciones que sean seguras y confiables en condiciones normales y adversas de operación, sobre todo cuando éstas se encuentran expuestas a la intemperie. El punto de mayor probabilidad de ocurrencia de fallas cuando hablamos de líneas y subestaciones eléctricas operando bajo condiciones climatológicas desfavorables, se encuentra en las torres, postes o apoyos que sostienen a los conductores energizados, esto se debe a que los aisladores que se encuentran entre los conductores y las bases que los sujetan son afectados por las partículas que se depositan sobre la superficie de estos cuando se presenta humedad o bien cuando se originan sobretensiones inesperadas.

Los materiales depositados sobre la superficie del aislador al ser humedecidos cambian sus características -- conductoras disminuyendo la capacidad del aislador, a estos depósitos en adición con el agua se conoce como contaminación del aislador.

Para efectos de clasificación la contaminación se divide en tres tipos que son: 1) Contaminación marina, 2) Contaminación industrial y 3) Contaminación rural.

Quando por diseño de una nueva línea de transmisión, una subestación o cuando por motivo de mantenimiento o reposición se tiene que instalar algún aislador, éste se tiene que diseñar su dimensionamiento tomando muy en consideración el tipo y nivel de contaminación que se presenta en el sitio en el cual se usará. El número y tipo de aislador necesario para que aguante un nivel determinado de contaminación y voltaje nominal, se tiene que seleccionar de acuerdo a la zona, al tipo de contaminación y al nivel que ésta alcanza, puesto que este factor aunado a los climáticos como son la humedad, la temperatura y la velocidad del viento influyen sustancialmente en el comportamiento del aislador.

Cabe mencionar que en el diseño del aislamiento se debe tomar en consideración el efecto de las sobretensiones de origen interno y externo. Después de seleccionar el aislamiento en función de la contaminación también debe de seleccionarse en función de las sobretensiones, para lo cual se debe cumplir con los niveles de aislamiento normalizados de acuerdo a las normas de la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC), considerando factores de corrección por altitud si esto es necesario.

Por ello contar con una alternativa más de diseño para obtener el dimensionamiento del aislador para líneas y subestaciones eléctricas expuestas al medio ambiente se hace necesario para garantizar una mayor probabilidad de que no ocurran fallas cuando el aislador se encuentra afectado por niveles determinados de contaminación. Con este propósito se incorporan los resultados obtenidos por el Instituto de Investigaciones Eléctricas de 23 estaciones de prueba experimentales para obtener los tipos de contaminante, niveles de contaminación y la variación estacional del contaminante

a corto y largo plazo en la República Mexicana, originada por los factores atmosféricos y por la actividad económica del hombre, lo que permite anticipar cuantitativamente el nivel de contaminación con gran certeza en el tiempo para cualquier sitio del país.

Para evaluar la severidad de la contaminación es necesario hacer uso de los métodos de campo con que se cuenta, en México se está generalizando el uso del método "Densidad Equivalente de Sal Depositada" (DESD), el cual fue utilizado para las mediciones. Hechas las mediciones de campo se comprueban éstas en el laboratorio haciendo uso del método de niebla limpia principalmente para obtener con ello el voltaje de aguante para diferentes tipos de aisladores contaminados artificialmente y distintos niveles de contaminación.

Los resultados obtenidos en los laboratorios permitió graficar el comportamiento de diferentes aisladores obteniéndose las curvas características de voltaje de aguante contra nivel de contaminación, para distintas condiciones de operación en ambientes contaminados.

El método se describe paso a paso cumpliendo con siete etapas a desarrollar en el caso de líneas de transmisión y subestaciones y de cinco etapas para líneas de distribución, hasta obtener el aislador requerido; para seguir la secuencia de las etapas se proporciona un formato para cada caso en el cual se concentra toda la información del dimensionamiento del aislador.

Finalmente deben de hacerse varias repeticiones del procedimiento para obtener distintas soluciones utilizando diferentes tipos de aisladores con el objeto de contar con varias alternativas para formar la cadena del aislador.

a corto y largo plazo en la República Mexicana, originada por los factores atmosféricos y por la actividad económica del hombre, lo que permite anticipar cuantitativamente el nivel de contaminación con gran certeza en el tiempo para cualquier sitio del país.

Para evaluar la severidad de la contaminación es necesario hacer uso de los métodos de campo con que se cuenta, en México se está generalizando el uso del método "Densidad Equivalente de Sal Depositada" (DESD), el cual fue utilizado para las mediciones. Hechas las mediciones de campo se comprueban éstas en el laboratorio haciendo uso del método de niebla limpia principalmente para obtener con ello el voltaje de aguante para diferentes tipos de aisladores contaminados artificialmente y distintos niveles de contaminación.

Los resultados obtenidos en los laboratorios permitió graficar el comportamiento de diferentes aisladores obteniéndose las curvas características de voltaje de aguante contra nivel de contaminación, para distintas condiciones de operación en ambientes contaminados.

El método se describe paso a paso cumpliendo con siete etapas a desarrollar en el caso de líneas de transmisión y subestaciones y de cinco etapas para líneas de distribución, hasta obtener el aislador requerido; para seguir la secuencia de las etapas se proporciona un formato para cada caso en el cual se concentra toda la información del dimensionamiento del aislador.

Finalmente deben de hacerse varias repeticiones del procedimiento para obtener distintas soluciones utilizando diferentes tipos de aisladores con el objeto de contar con varias alternativas para formar la cadena del aislador.

Este trabajo tiene como objetivo obtener un método de diseño para dimensionar aisladores externos de líneas y subestaciones eléctricas que operan a la intemperie, y por lo tanto expuestas a la contaminación generada por la actividad económica del hombre y por factores meteorológicos y climáticos.

Como consecuencia de la aplicación de dicho método, alcanzar en lo económico un menor costo inicial del aislador que se va a usar ya sea en una línea eléctrica en construcción o en una instalación ya existente, también que este método sirva para diseños o cálculos que constantemente requiere la Comisión Federal de Electricidad, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, y en su caso como una fuente de consulta para profesionistas, técnicos y/o estudiantes del área eléctrica de potencia.

C A P I T U L O I

El aislador

1.1 Definición del aislador

Los conductores eléctricos de las líneas aéreas de transmisión y distribución deben de ir aislados de los apoyos correspondientes debido a que estos conductores se emplean normalmente sin aislamiento propio, esto es, están desnudos. Es por ello que se necesita un elemento intermedio, el cual conocemos como aislador, de buenas propiedades dieléctricas que aisle totalmente a los conductores bajo tensión de los apoyos que soportan las líneas. Por lo tanto un aislador es el elemento que se opone al paso de la corriente eléctrica a través de su cuerpo, entre el conductor y el apoyo.

Una definición más general es: el elemento o substancia que se opone al paso de la corriente eléctrica, evitando que esta fluya entre dos puntos de diferente potencial eléctrico e inclusive del mismo potencial cuando se trata de partes vivas pero de fase diferente. Considerando esta última definición, podemos decir que existen distintos tipos de aisladores tanto en forma como en composición química a saber: la porcelana, el vidrio, la madera, el hule, el aire, el silicón, algunos tipos de aceite, el etileno y propileno combinados, etc.

La misión primordial de un aislador de líneas eléctricas comprende dos funciones que son: evitar el paso de la corriente del conductor desnudo al apoyo y sujetar mecánicamente a los conductores eléctricos a los apoyos de las torres o postes de las líneas eléctricas aéreas.

Si se presenta el caso de que un aislador deje pasar la corriente del conductor al apoyo (torre o poste), esto puede suceder por las causas siguientes. (1)

1) Por la perforación de la masa del aislador como se puede ver en la figura 1.1.

Esta circunstancia tiene poca importancia en aisladores utilizados para baja tensión como son los que se usan en líneas de distribución, debido a que el material que constituye al aislador resulta suficiente para evitar la perforación de éste, sin embargo, ésta falla si se puede presentar en aisladores para altas tensiones debido al gran espesor del aislador puesto que si se fabrican con esta característica - difícilmente conservan sus propiedades dieléctricas en toda su masa.

2) Por conductividad superficial como se puede ver en la figura 1.2.

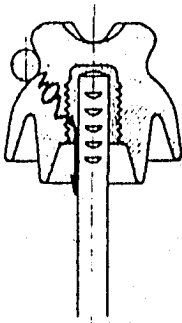


Fig. 1.1 Paso de corriente por perforación de la masa del aislador.

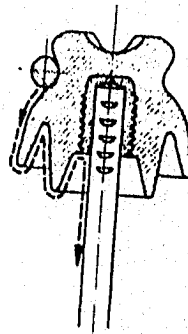


Fig. 1.2 Paso de corriente por conductividad superficial.

(1) Ramírez Vázquez J.

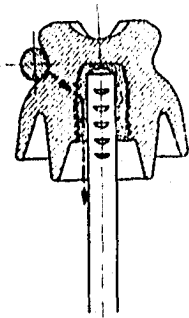


Fig. 1.3 Paso de corriente en un aislador por conductividad de masa.

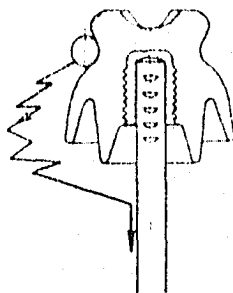


Fig. 1.4 Paso de corriente en un aislador por descarga disruptiva a través del aire.

Esto sucede cuando la corriente fluye contorneando la parte exterior del aislador por aumento de su conductividad causada por la humedad o formación de capas contaminantes de polvos o sales depositadas en la superficie del aislador.

Se puede reducir la corriente de fuga hasta límites seguros dando al aislador un perfil apropiado de modo que el recorrido de la corriente de fuga sea lo mayor posible.

3) Por conductividad de masa como lo muestra la figura 1.3.

La corriente de fuga fluye a través de la masa del aislador, actualmente se fabrican aisladores con materiales que permiten considerar a la corriente de fuga despreciable aun en tiempos de lluvia, por lo que no se tiene en cuenta.

4) Por descarga disruptiva a través del aire como lo muestra la figura 1.4.

Se forma un arco entre el conductor y el soporte o apoyo a través del aire, cuya rigidez dieléctrica no basta para evitar la descarga. La lluvia disminuye la rigidez dieléctrica del aire debido a que los filetes de agua de lluvia que se desprenden del aislador toman el potencial del con-

ductor y se acerca al soporte provocándose la descarga.

Para aumentar la distancia que existe entre conductor y soporte, se le hacen varias ondulaciones en forma de campana en el perfil del aislador.

Todo aislador que se encuentra instalado en cualquier línea eléctrica, además de soportar el esfuerzo mecánico producido por el peso del conductor y por eventuales cargas como son ramas de árboles caídos o cuerpos colgados en los conductores por bándalos, deberá mantener sus cualidades eléctricas.

1.2 Tipos de aisladores

Los aisladores que se utilizan en las líneas eléctricas aéreas pueden ser de diferente tipo o clasificación. Un aislador está formado por una o varias campanas, que se monta rígidamente en un vástago roscado llamado alfiler con el cual forma un conjunto desmontable, las figuras 1.5 y 1.6 muestran un aislador simple (una sola pieza) y compuesto (tres piezas) respectivamente.

Por su aplicación los hay tipo soporte y pasamuro, el - aislador soporte es una unidad aislante que tiene los medios o herrajes adecuados para su instalación y sujeción rígida -

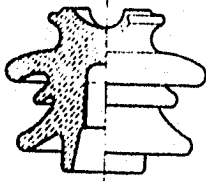


Fig. 1.5 aislador simple de una sola pieza.

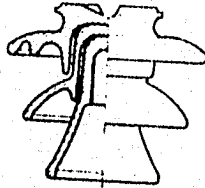


Fig. 1.6 aislador compuesto de tres piezas.

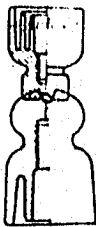


Fig. aislador tipo soporte

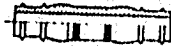


Fig. 1.8 aislador pasamuro.

por ambos extremos. El aislador pasamuro se encuentra provisto de un agujero que lo atraviesa y en el cual se aloja al conductor con el objeto de mantenerlo alejado de cualquier cuerpo conductor, figuras.1.7 y 1.8

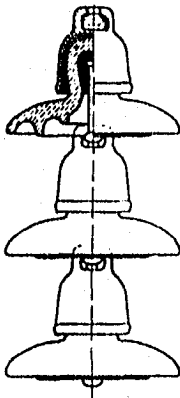


Fig. 1.9 aislador tipo acoplable



Fig. 1.10 aislador no acoplable.



Fig. 1.11 aislador soporte con herrajes.

Por su forma los hay como acoplables y no acoplables, - el aislador tipo acoplable permite unir una serie de elementos, hasta que se obtiene el nivel de aislamiento deseado, - el acoplamiento puede ser de tipo rígido o articulado, el tipo no acoplable es aquel que no se puede unir por acoplamiento con otros elementos similares, figuras 1.9 y 1.10.



Fig. 1.12 aislador de columna

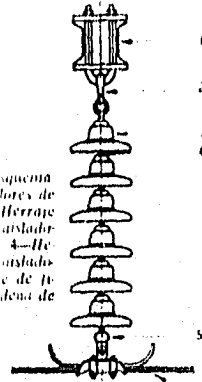
Aislador de columna, es aquel que está constituido por dos o más elementos acoplables, unidos en acoplamiento rígido como el de la figura 1.12.

Aislador de suspensión, está provisto de montura para una sujeción articulada, es acoplable e igual al de la figura 1.9.

Aislador de cadena, está constituido por dos o más aisladores de suspensión con acoplamiento articulado como se puede ver en la figura 1.13.

En ambientes muy salinos se utilizan aisladores especiales como el aislador con línea de fuga más aumentada para obtener un aislamiento satisfactorio como el de la figura 1.14 y el aislador para niebla, el cual está especialmente proyectado para obtener un aislamiento satisfactorio en am-

Fig. 1.13 Representación esquemática de una cadena de aisladores de suspensión. 1—Cruzeta. 2—Herraje de fijación de la cadena de aisladores a la cruzeta. 3—Atalador. 4—Herraje de fijación entre los aisladores de la cadena. 5—Herraje de fijación del conductor a la cadena de aisladores. 6—Conductor.



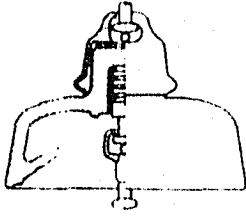


Fig. 1.14 aislador con línea de fuga aumentada.

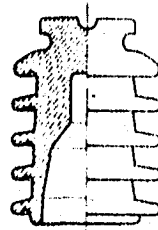


Fig. 1.15 aislador para niebla.

bientes de niebla intensa, figura 1.15.



Fig. 1.16 pedestal

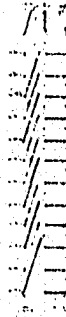


Fig. 1.17 multicono

El aislador de la figura 1.16 es del mismo tipo del de la figura 1.11 sólo que al acoplarse se le denomina de soporte tipo pedestal. La figura 1.17 muestra un aislador soporte tipo columna multicono.

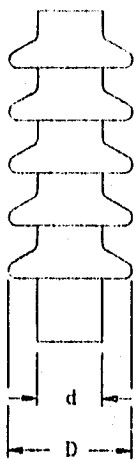


Fig. 1.18 a. aislador de perfil - recto.

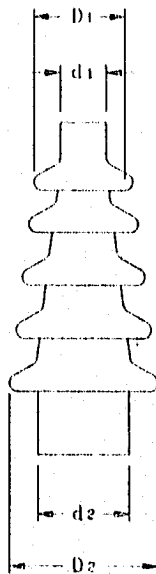


Fig. 1.18 b. aislador de perfil cónico.

Los aisladores para subestación son rígidos y de perfil recto y cónico como se muestra en las figuras 1.18 a y 1.18 b.

Los aisladores utilizados en líneas eléctricas aéreas - deben cumplir algunas condiciones generales como son:

- a) Suficiente rigidez dieléctrica para que su tensión de perforación sea muy superior a la tensión de servicio con objeto de que soporte sobretensiones sin peligro de perforación esta depende del material del aislador y del espesor dado a este material.
- b) Una forma idónea para evitar las descargas de contorneamiento entre el conductor y los soportes metálicos que fijan al aislador.
- c) Disminuir las corrientes de fuga a valores despreciables en condiciones de lluvia sobre el aislador.
- d) Deberá tener una buena resistencia mecánica para que trabaje en condiciones seguras, cuando esté sometido a esfuerzos transmitidos por el conductor al aislador.
- e) Efecto de envejecimiento debido a la degeneración del material, que sea lo menor posible para evitar gastos de reposición y mantenimiento.

Dado que uno de los tipos de aisladores más empleados - en las instalaciones eléctricas aéreas es el aislador de suspensión, abundaremos más sobre este tipo de aislador. Recibe este nombre porque la fijación del conductor al aislador se realiza por suspensión del mismo mediante el uso de herrajes adecuados, lo mismo sucede con la fijación del aislador al apoyo, es decir, se fija por suspensión al apoyo

Normalmente estos aisladores están formados por varias piezas iguales, formando cadenas y se fijan entre sí por -

suspensión la fig. 1.13 representa a un aislador de suspensión de forma esquemática.

Ventajas que se tienen al utilizar este tipo de aislador se puede usar para tensiones bajas hasta de 10 kV, sólo se emplean aisladores de menores dimensiones para tensiones más altas, también se pueden armar cadenas de aisladores para diferentes tensiones de servicio con tipos de aisladores normalizados, la disposición de las piezas iguales facilita el montaje y la pronta reposición de piezas defectuosas, la rotura de uno de los elementos no obliga a interrumpir el servicio como sucede con los aisladores de apoyo. Las reparaciones resultan mucho más económicas debido a que sólo se repone uno de los elementos que forma la cadena, otra ventaja es que permite aumentar o disminuir el nivel de aislamiento de una línea aumentando o quitando elementos de cada cadena, por lo que se puede elevar la tensión de servicio con mucha facilidad o disminuir esta tensión (caso menos probable). Tiene mayor seguridad contra la perforación debido a la alta tensión de descarga de cada elemento, la distancia que hay entre el conductor y el punto de fijación del aislador disminuye el riesgo de cortos circuitos causados por ramas o pájaros.

El inconveniente de este tipo de aisladores consiste en que las partes que se someten a fuertes cargas mecánicas, también se encuentran afectadas eléctricamente, por lo que se pueden presentar fallas en el servicio esto también puede suceder cuando se acumulan cuerpos extraños en la superficie del aislador, por lo tanto se tiene que comprobar continuamente el estado eléctrico de los aisladores, esta comprobación origina elevados gastos de mantenimiento. No obstante, estas desventajas y considerando las ventajas se puede de-

cir que para tensiones superiores a los 70 kV los aisladores de suspensión son de uso general.

1.3 El aislador de vidrio y porcelana

Los conductores eléctricos de las líneas de transmisión se montan sobre los aisladores y estos a su vez al apoyo, - estos aisladores se fabrican normalmente con materiales aislantes con características especiales como son: alta resistencia eléctrica y alta resistencia mecánica, así tenemos a los que se fabrican de porcelana o con vidrio, los de porcelana tienen mayor aplicación, aunque los aisladores de vidrio tienen también aplicación sobre todo en las líneas de transmisión.

La porcelana con que se fabrican los aisladores deben ser de estructura homogénea, además debe recubrirse la superficie exterior con una capa de esmalte con objeto de dar tersura y así dificultar la adherencia de la humedad y el polvo. El color de esmalte que se usa con mayor frecuencia es el color marrón y el gris.

El aislador de vidrio actualmente se fabrica con muy buenos materiales, además se recocen bien las piezas que se han fabricado, logrando con ello reducir su fragilidad. Es pues muy importante que los aisladores que se fabrican ya sea de porcelana o de vidrio resistan los esfuerzos mecánicos a que se van a someter por los conductores que soportarán, sin disminuir sus cualidades eléctricas.

La porcelana es un material cerámico que se forma esencialmente, con caolín y cuarzo de primera calidad. Los aisladores de porcelana se cuecen a 1400°C y después se recubren de una capa de esmalte de silicato, recociéndose posteriormente para obtener un vidriado que los hace impermeables al agua y además los hace resbaladizos.

El vidrio se fabrica derritiendo a temperatura de entre 1300° y 1400°C, una mezcla de ácido silficio con oxidos de calcio, sodio, bario y aluminio. El vidrio que se emplea para fabricar los aisladores es un vidrio cálcico alcalino, el cual se obtiene por procedimiento especial, mediante enfriamiento brusco con corrientes de aire frío durante el proceso de fusión con lo cual se obtiene un vidrio duro, con elevada resistencia mecánica y buena estabilidad a los cambios de temperatura, su color es verde obscuro y es un material más barato que la porcelana. La desventaja de este material consiste en que su coeficiente de dilatación es muy grande, por lo que comparativamente resulta mayormente afectado por los cambios de temperatura, además no se le puede trabajar en formas complicadas.

1.4 Otros materiales usados para fabricar aisladores

Además de la porcelana y el vidrio se tienen otros materiales que se utilizan para fabricar aisladores. Se han hecho algunos intentos para utilizar materiales orgánicos en la fabricación de los aisladores, buscando que soporten altos esfuerzos eléctricos y mecánicos, así como los efectos ambientales y una gran variedad de elementos contaminantes. Se han efectuado algunos experimentos con materiales como fibra de vidrio y silicón, etileno y propileno pero presentan una degradación rápida por efectos combinados de esfuerzo eléctrico, mecánico y de temperatura los últimos aisladores fabricado a base de compuestos de etileno y propileno copolímero mezclado con alumina hidratada y agregando un alma de fibra de vidrio ha dado como resultado que tienen las mismas características tanto eléctricas como mecánicas que la porcelana, en igualdad de condiciones un aislador sintético pesa alrededor de un diez por ciento del peso de uno equivalente de porcelana, lo que significa un ahorro tanto en aislamiento como en estructura, otra ventaja es que presenta reducción de los efectos de la contaminación, del efecto corona y la radio interferencia, también se reduce el deterioro por vandalismo debido a las propiedades contra impacto, sin embargo, no tienen gran difusión dado su alto costo comparado con los de tipo convencional.

C A P I T U L O II

La contaminación

2.1 Tipos de contaminación

Los contaminantes a los que están expuestos los aisladores externos de las líneas eléctricas se encuentran en el medio ambiente y es originada por factores meteorológicos - como son la lluvia, el viento o la nieve, el polvo del suelo, por las sales del mar, por fuentes industriales, guano de - aves y por la actividad económica del hombre.

En cualquier región del país se presenta la contaminación, en algunas zonas con mayor severidad que otras, sin embargo, se reconocen tres tipos de contaminación (2), a - saber:

1).- Contaminante tipo industrial, este tipo de contaminación lo provocan los desechos que son arrojados a la atmósfera por cualquier tipo de planta industrial como es la industria del cemento, la del acero, etc. los cuales llegan a depositarse sobre las líneas o subestaciones eléctricas, - ocasionando altos niveles de contaminación, por otra parte estos desechos son muy pegajosos sobre la superficie de los aisladores, lo que provoca que se haga rugosa, captándose - más contaminante a largo plazo.

La tasa de crecimiento de este contaminante, así como el punto de saturación alcanza el nivel excepcional de contaminación.

2).- Contaminante tipo marino, se forma con la sal que -- contiene el agua de mar, la cual es transportada por el - viento desde el mar hasta las instalaciones eléctricas que se encuentran en las inmediaciones, este tipo de contaminan-

(2) R. Díaz Acosta

te sobre los aisladores se remueve muy facilmente con la lluvia o la humedad debido a la solubilidad que presenta, sin embargo, puede alcanzar altos niveles de contaminación en muy pocas horas, o descender a niveles muy bajos, por lo que se presenta una oscilación entre niveles muy altos o muy bajos.

3).- Contaminante tipo rural, lo forma el polvo del suelo o fertilizantes que utilizan los campesinos, al volar éste por efecto del viento se deposita sobre los aisladores, si llega a presentarse humedad en la zona donde están las instalaciones eléctricas, se forman hongos pero estos no ocasionan altos niveles de contaminación. El guano de las aves se clasifica en este tipo de contaminante.

Algunas de las sales más comunes que se encuentran como contaminantes son: Cloruro de sodio (Na Cl), Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Calcita (Ca CO_3), Cloruro de potasio (K Cl), Cloruro de magnesio (Mg Cl_2), Cloruro de calcio (Ca Cl_2), Carbonato de sodio (Na_2CO_3), Fluoruro de sodio (NaF) y Bicarbonato de magnesio ($\text{Mg (H CO}_3)_2$) entre otras.

A estos contaminantes se les llama contaminantes solubles, debido a que se disuelven con la presencia del agua. Otro tipo de contaminante que en realidad no lo es, dado que las sales mencionadas anteriormente son las que conducen la corriente, son las partículas insolubles que se acumulan sobre la superficie del aislador, pero que por su capacidad de retención de agua y humedad provocan que la superficie del aislador adquiera cierto potencial llegando a formarse pequeños arcos superficiales.

La tabla 2.1 nos muestra el tipo de contaminante, la solubilidad en por ciento y la densidad de insolubles, la información de esta tabla representa los valores obtenidos pa-

ra los sitios específicos en donde se realizaron los estudios y los datos generalizados para regiones similares.

Tipo de Contaminante	Solubilidad en %		Densidad de insolubles en (mg/cm ²)
	ALTA	BAJA	
Marino	76.00	24.00	0.5
Industrial	35.00	65.00	1.1
Rural	33.00	67.00	0.6
Estación de Prueba			
Gómez Palacio	47.58	52.42	0.41
Veracruz	78.69	21.31	0.61
Villa de García	36.45	63.55	0.65
Coatzacoalcos	53.62	46.38	0.48
Micare	16.53	83.47	0.21
Guadalajara	17.92	82.08	0.30
Nogalar	15.58	84.42	0.34
Juchitán	10.88	89.12	2.44
Cd. del Carmen	89.12	10.88	0.31
Tampico	44.86	55.14	0.73
Reynosa	44.93	55.07	1.20
Nizuk	73.47	26.53	0.29
Progreso	72.30	27.70	0.26
Empalme	77.01	22.99	0.41
Manzanillo	49.80	50.20	1.88
Mazatlán	64.34	35.66	0.21
Kukulcán	85.68	14.32	0.36
Cerro Prieto	68.76	31.24	1.26
Mexicali	38.68	61.32	0.88
Eréndira	83.85	16.15	1.39
Pajaritos	23.34	76.66	0.23
Reforma	9.47	90.53	0.51
La Mira	80.75	19.25	0.38

Tabla 2.1 Tipo de contaminante, porcentaje de solubilidad y densidad de insolubles.

2.2 Efectos de la contaminación en los aisladores

La contaminación causada por agentes como son los polvos de la combustión de carbón, petróleo, polvo de cemento, fertilizantes, lluvia salina, etc. dan origen a que se reduzca la tensión de flameo cuando estos agentes se mezclan con niebla o lluvia. En los aisladores de porcelana puede reducirse la tensión hasta la mitad y en ocasiones hasta la cuarta parte cuando la densidad del contaminante es muy severa, dependiendo de la frecuencia de las lluvias que lavan al aislador. Estas consideraciones sólo afectan a cadenas de aisladores colocadas en posición vertical y en V.

La resistencia superficial de un aislador se ve afectada por capas conductoras de contaminante cuando hay humedad. Las corrientes de fuga fluyen por estas capas y en donde el producto de la densidad de corriente y la resistividad de la superficie es mayor se evapora más rápidamente el agua formándose bandas secas cada vez más anchas hasta que la corriente de fuga es tan pequeña que no puede haber evaporaciones subsecuentes. Si posteriormente se presenta humedad o lluvia, se reduce la resistencia del resto de porciones secas del aislador llegando a producirse pequeños flameos sobre las bandas secas. Una gran parte de la tensión aparece sobre las superficies húmedas y los arcos se extienden a toda la superficie del aislador llegando a presentarse un flameo completo.

Siendo tan importantes los efectos de la contaminación sobre los aisladores de líneas de transmisión aéreas, cabe mencionar algunos métodos para prevenir los flameos por efecto de la contaminación.

Remedios para prevenir flameos de los aisladores por problemas de contaminación (3)

Existen tipos de grasas que se pueden emplear para cubrir la superficie del aislador, evitando en parte la acumulación del contaminante sobre la superficie. Estas sustancias son derivados del petróleo y presentan una forma gelatinosa, lo cual hace que se forme una película sobre el aislador y que la contaminación resbale con mayor facilidad de la superficie, con ello se han obtenido buenos resultados electricamente, también son fácilmente removibles cuando están degradados por el uso, su aplicación es fácil dado que se pueden adherir con la mano o en spray (pulverizaciones).

Presentan una desventaja, puesto que en climas calientes se degradan rápido llegando a durar en promedio dos años, al cabo del cual se tiene que sustituir nuevamente.

Lavado en vivo del aislador

Una forma de remover la capa contaminante de la superficie de los aisladores es a través de un baño para lavar al aislador. Básicamente existen tres formas de aplicar el lavado, manualmente usando una pipa y bañando al aislador con el chorro de agua, sin embargo, se tiene que utilizar agua que no esté contaminada, de lo contrario resulta contraproducente. No debe aplicarse a circuitos interruptores o transformadores, los cuales deberán ser engrasados, el lavado con pipa y manualmente se aplica a sistemas hasta de 275 kV.

(3) International conference on large high tension electric systems, 1970, Lambeth - Looms et. al.

Lavado con sistema de chorro a control remoto, es utilizado para sistemas de entre 275 y 400 kV. Guardando las -- mismas precauciones del lavado manual.

La última forma de lavado consiste en un sistema auto--matizado de pulverización, el cual se utiliza para líneas - de 400 kV o más preferentemente.

También es posible hacer limpieza manual a los aislado--res sobre todo en lugares con alto índice de contaminación, para ello deberá de ponerse fuera de servicio la instalación.

En instalaciones eléctricas costeras de distribución se recomienda hacerlas de tipo subterráneo en caso de no poder alejarlas de ésta para evitar la contaminación marina.

2.3 Clasificación de zonas de contaminación

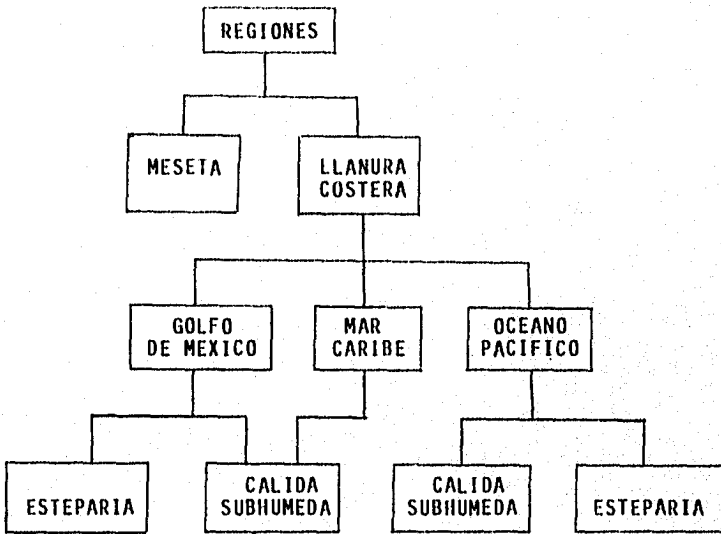
Los estudios que se tienen sobre niveles de contaminación en la República Mexicana y el proceso de acumulación del contaminante han permitido agrupar a los sitios de donde se han obtenido los datos experimentales y con ello se ha elaborado una clasificación de la República Mexicana en zonas de contaminación.

La República se dividió en cuatro macroregiones que son:

- 1) Las llanuras cálidas y húmedas del Golfo de México y del Océano Pacífico y Mar Caribe.
- 2) Las llanuras esteparias del Golfo de México y del Océano Pacífico.
- 3) Las llanuras desérticas del Golfo de California.
- 4) La meseta desértica del altiplano Mexicano.

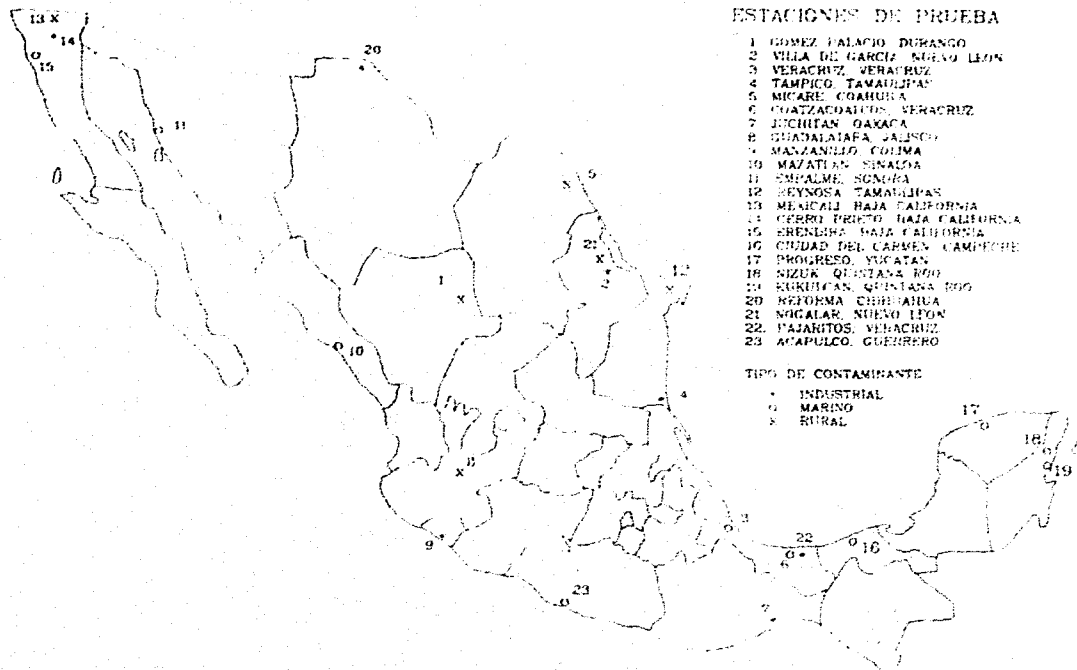
Las características de estas cuatro regiones en cuanto a nivel de contaminación, geografía, tipos de contaminante y comportamiento de aisladores según el perfil y posición, han permitido formular criterios y recomendaciones para seleccionar los valores de la "Densidad equivalente de sal depositada" abreviadamente (DESD) para diseño de aislamientos externos de líneas y subestaciones de energía eléctrica.

El cuadro 2.1 muestra la clasificación de las zonas de contaminación del país.

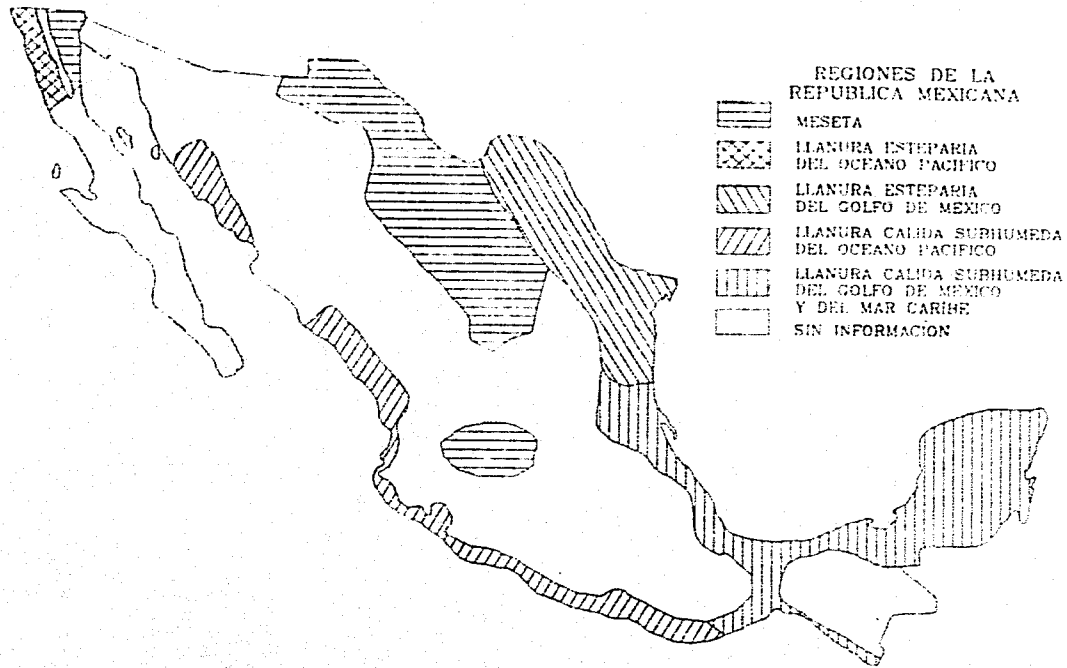


Cuadro 2.1 Clasificación de las zonas de contaminación

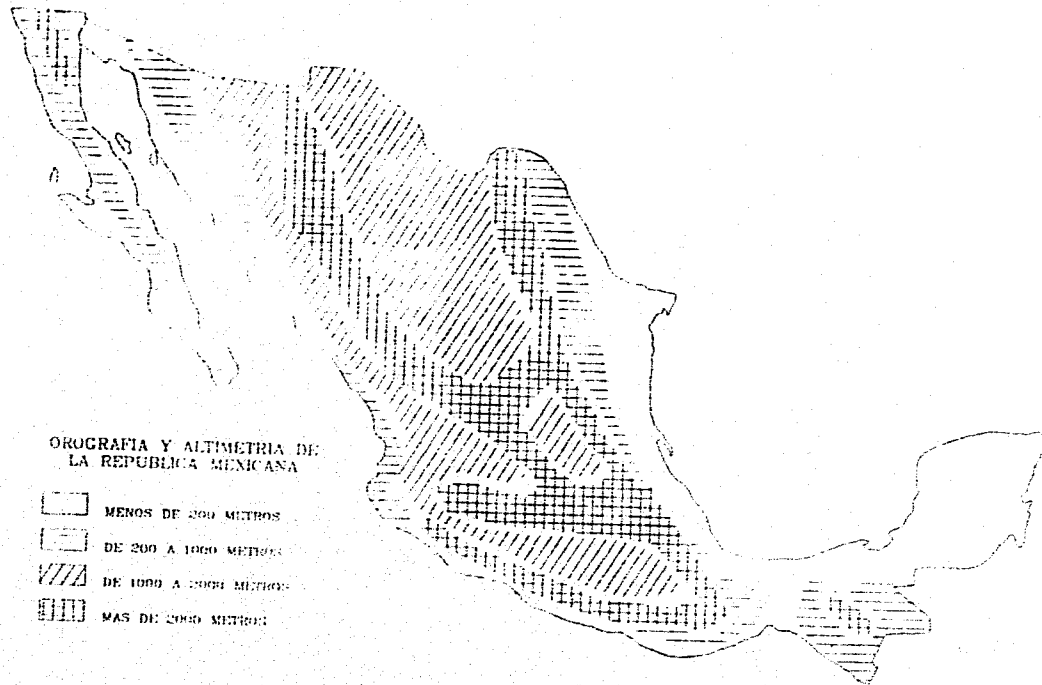
Con los datos de contaminación y las características de cada zona se han extrapolado las regiones de contaminación - en el país tal como lo muestra los mapas 2.2 y 2.4, de tal modo que es posible inferir los valores de contaminación aún en aquellos sitios donde no se tienen datos experimentales - de la misma. El mapa 2.1 muestra la localización de los sitios específicos de donde se obtuvieron los valores del nivel de contaminación así como los tipos de contaminante, en el mapa 2.3 se muestra la orografía y la altimetría de la República Mexicana.



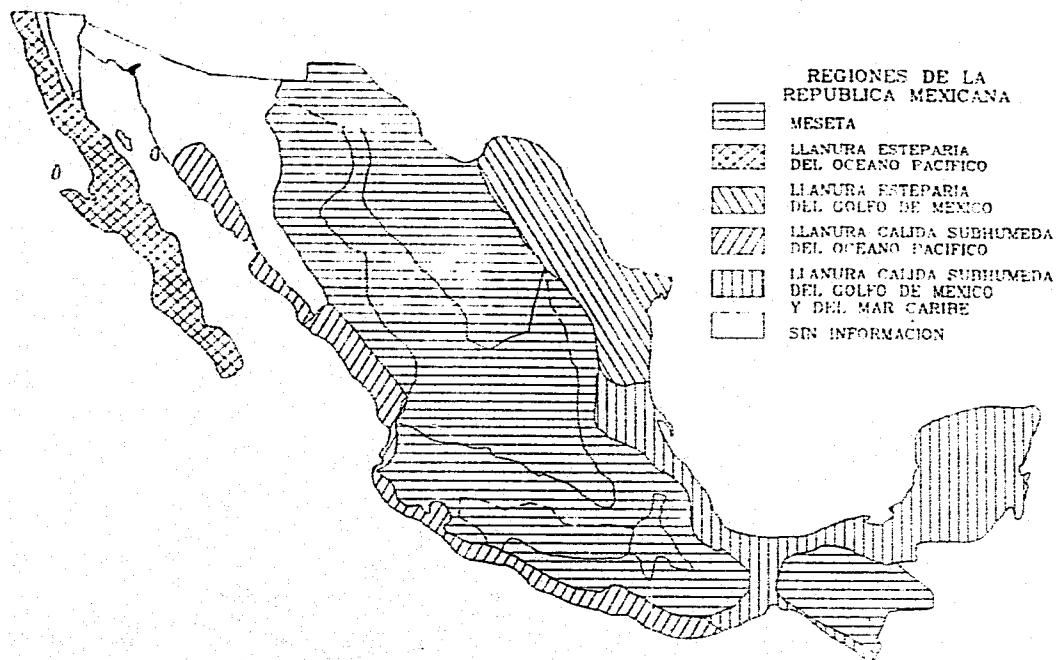
Mapa 2.1.- Localización de las estaciones de prueba



Mapa 2.2.- Regiones de contaminación en el país



Mapa 2.3.- Altimetría y orografía del país



Mapa 2.4.- Extrapolación de las regiones de contaminación en el país

2.4 Niveles de contaminación por región

Existen diversos métodos para evaluar la severidad de la contaminación que se acumula sobre la superficie de los aisladores instalados a la intemperie. El método de la densidad equivalente de sal depositada (DESD), es una buena alternativa para evaluar dicha contaminación. La DESD es la cantidad de sal medida en miligramos, estas mediciones realizadas en muestreos en diferentes periodos de tiempo y en distintos sitios del país, forman un conjunto de valores comprendido entre cero, como límite inferior y normalmente uno como límite superior (4)

Las características dieléctricas de los aisladores disminuyen cuando la severidad de la contaminación aumenta, llegando el valor de su tensión resistente a ser menor al esfuerzo provocando la falla. La probabilidad de que ocurra una falla está relacionada con la escala que constituyen los valores de la densidad equivalente de sal depositada, la cual se divide en intervalos como lo muestra la tabla 2.1:

<u>Nivel de Contaminación</u>	<u>DESD (mg/cm²)</u>	
Muy ligera	Menor que 0.03	
Ligera	0.03	0.06
Media	0.06	0.12
Alta	0.12	0.24
Muy alta	0.24	0.48
Excepcional	Mayor que 0.48	

Tabla 2.1.- Escala de valores de la DESD.

(4) R. Díaz Acosta.

La variabilidad de los valores de la densidad equivalente de sal depositada se debe al efecto de factores como son:

- a) Las características geográficas y los elementos del clima
- b) El tipo de contaminación del lugar
- c) La forma del perfil del aislador y la posición de la cadena.

Los elementos que condicionan el clima de un sitio como son la temperatura, la lluvia, la humedad, la presión atmosférica o el viento, se pueden concatenar para formar un efecto positivo o negativo en la acumulación del contaminante sobre la superficie del aislador, esto es, que puede resultar que la sal depositada sea mayor a la cantidad removida o viceversa. La tasa de crecimiento del contaminante, será en un momento dado el balance o saldo de lo que se deposita y lo que se remueve, existe un punto en el cual la sal depositada es igual a la removida, este tipo de regulación sólo ocurre a largo plazo, por lo tanto la tasa de crecimiento se anula y determina una densidad equivalente de sal depositada de equilibrio llamada capacidad de carga o nivel de saturación del aislador.

El calor que recibe un sitio varía con los cambios de estaciones del año, estas variaciones también se deben a la localización, altitud y distancia al mar con respecto al sitio. A estos cambios se les conoce como variación estacional y se cuantifican con el promedio de la densidad equivalente de sal depositada mensualmente.

El nivel de severidad se relaciona con la variación estacional del sitio mencionado y a su vez estas variaciones estacionales dan origen a tres tipos o patrones de contami-

nación: el estacionario, el unimodal y el multimodal. El patrón de contaminación estacionario lo caracterizan niveles ligeros y cambios estacionales insignificantes, la densidad equivalente de sal depositada mensual varía alrededor del promedio anual. Por el contrario el unimodal presenta cambios significativos durante el año, así tenemos que en verano los niveles son ligeros, en el otoño e invierno se inicia el incremento hasta llegar a niveles muy altos y en la primavera se inicia el decremento. El multimodal presenta tres o más altibajos que pueden alcanzar niveles medios y ligeros. El patrón estacionario es característico de mesetas con altitud mayor a 1000 metros (norte del trópico de cancer), el unimodal es característico de las llanuras costeras (al sur del trópico de cancer), el multimodal es típico de las llanuras costeras localizadas al norte del trópico de cancer, golfo de México, golfo de California o el océano

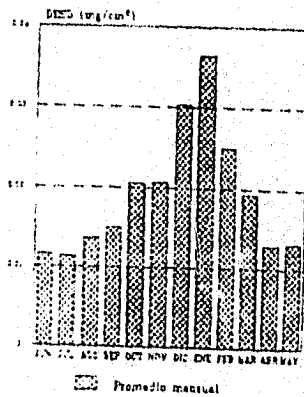
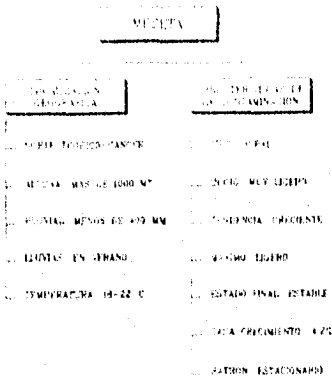


Fig. 2.1 Variación estacional

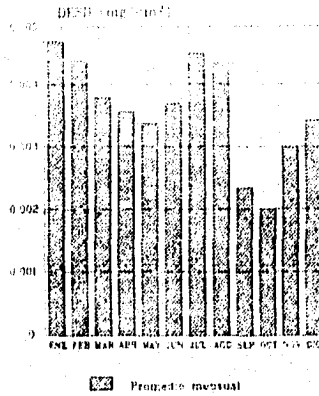
pacífico. En la figura 2.1 se representa el patrón de acumulación promedio mensual del contaminante ocasionado por las fluctuaciones estacionales del clima de la meseta, lo cual influye en el depósito y remoción del contaminante.

Las cartas numeradas de la 2.1 a la 2.8, así como las de sitio específico, presentan en forma resumida para las distintas regiones y sitios del país:

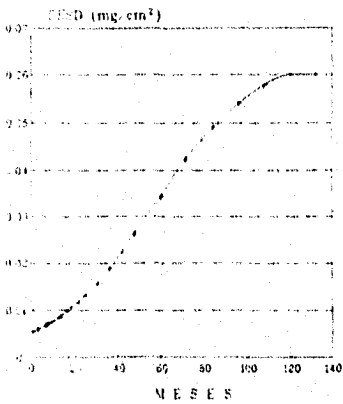
- 1) La descripción de la geografía y la meteorología de la región y la caracterización del patrón de contaminación. Ver el inciso (a) de la carta.
- 2) La variación estacional que muestra el comportamiento del contaminante a lo largo del año. Ver el inciso (b) de la carta.
- 3) La curva de tendencia de crecimiento del contaminante a largo plazo. Ver inciso (c) de la carta.
- 4) Los criterios utilizados en diseño, inciso (d) que contiene la siguiente información:
 - Método estadístico.
 - Método dinámico.
 - La relación de contaminante entre las superficies superior e inferior (sup/inf).
 - La relación de contaminante entre posiciones de cadenas de aisladores (Diagonal/Vertical y Horizontal/Vertical).
 - La relación de nivel de contaminación entre los aisladores de suspensión estándar y niebla.



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional



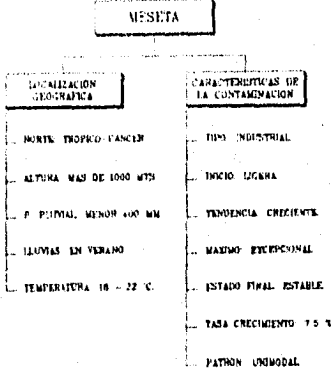
(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD (mg/cm²)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0381	0.0401	0.0617
DINAMICO (meses)			
12	0.0168	0.0189	0.0215
24	0.0237	0.0252	0.0292
36	0.0316	0.0342	0.0372
48	0.0395	0.0420	0.0487
60	0.0467	0.0487	0.0509
72	0.0524	0.0540	0.0555
84	0.0567	0.0577	0.0588
96	0.0598	0.0603	0.0610
108	0.0615	0.0619	0.0624
120	0.0627	0.0630	0.0633

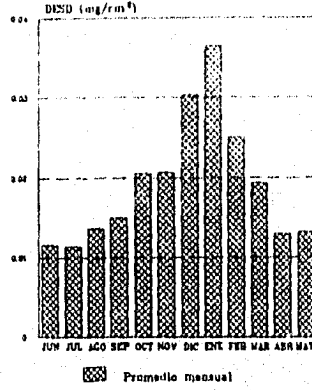
RELACIONES		
SUP/INF	POSICION	REGLADOR
1.68	Diag./Vert. Hori. Vert.	9 15
		Niella./Base 1.2

(d) Criterios de diseño

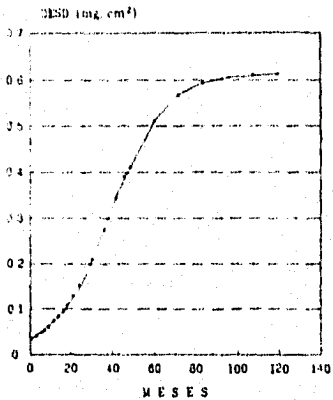
Cata 2.1 Nivel de contaminación meseta rural



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional



(c) Tendencia de acumulación del contaminante

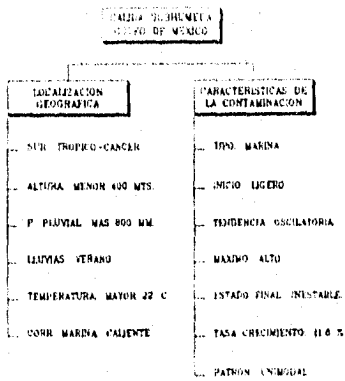
METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.2728	0.3829	0.6229
DINAMICO (meses)			
12	0.1260	0.1380	0.1540
24	0.2390	0.2570	0.2790
36	0.3760	0.3940	0.4150
48	0.4920	0.5040	0.5170
60	0.5620	0.5680	0.5750
72	0.5970	0.6000	0.6030
84	0.6120	0.6130	0.6140
96	0.6180	0.6190	0.6190
108	0.6210	0.6210	0.6210
120	0.6220	0.6220	0.6220

RELACIONES

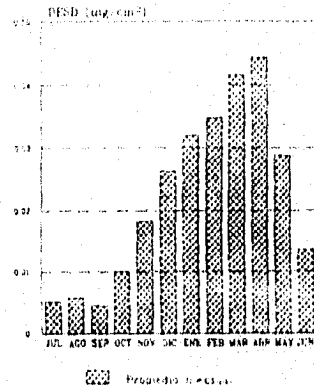
SUP/INF	POSICION	AISLADOR
.673	Diag/Vert: 75 Hori/Vert: 05	Niebla/Base 185

(d) Criterios de diseño

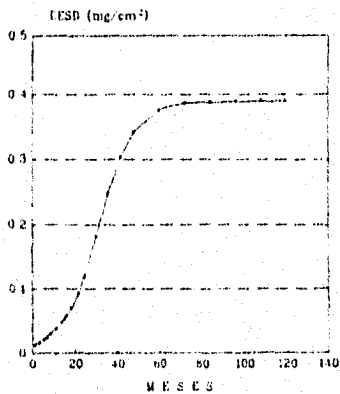
Carta 2.2 Nivel de contaminación meseta industrial



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

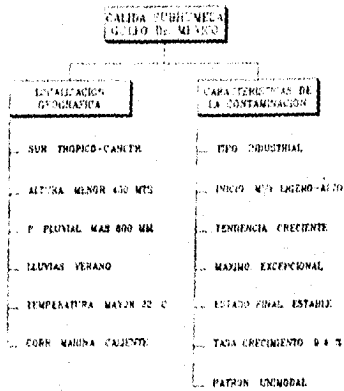


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

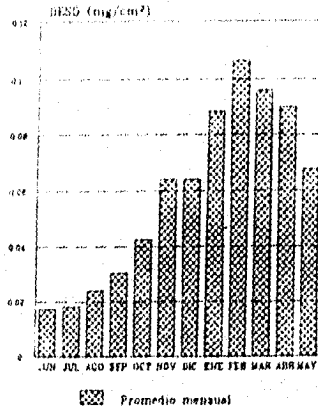
METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1502	0.2099	0.2949
DINAMICO (meses)			
12	0.0524	0.0556	0.0594
24	0.1510	0.1570	0.1650
36	0.2620	0.2670	0.2730
48	0.3590	0.3610	0.3640
60	0.3850	0.3860	0.3870
72	0.3930	0.3930	0.3930
84	0.3940	0.3940	0.3940
96	0.3950	0.3950	0.3950
108	0.3950	0.3950	0.3950
120	0.3950	0.3950	0.3950
RELACIONES			
SUP INF	POSICION	AISLADOR	
548	Diag. Vert 8 Hori. Vert 7	8	Nmbia. base 9

(d) Criterios de diseño

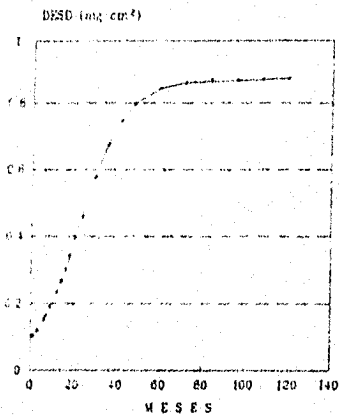
Carta 2.3 Nivel de contaminación golfo Marino



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional



(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.6663	0.8806	0.8806
DINAMICO (meses)			
12	0.3790	0.4100	0.4470
24	0.6170	0.6420	0.6700
36	0.7730	0.7860	0.7992
48	0.8430	0.8480	0.8520
60	0.8680	0.8700	0.8710
72	0.8760	0.8770	0.8780
84	0.8790	0.8790	0.8800
96	0.8800	0.8800	0.8800
108	0.8800	0.8800	0.8800
120	0.8810	0.8810	0.8810
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
505	Diag/Vert. 8 Hori/Vert. 2	Niebla/Base 90	

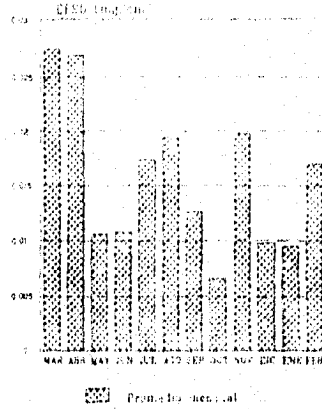
(d) Criterios de diseño

Carta 2.4 Nivel de contaminación: golfo industrial

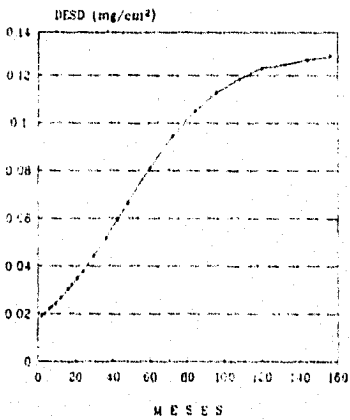
**PLANTA ESTEPARIA
GOLFO DE MEXICO**

CONDICIONES CLIMATICAS	CONDICIONES DE LA PLANTACION
NORTE TROPICAL-CANCIER	FPO MARINO
ALTURA MENOR 400 MTS	INICIO LEGAL-MEDIO
P. PLUVIAL MENOR 400 MM	TENENCIA DE PLANTERIA
TEMPERATURAS CUALQUIER MES	MAQUINA AUTO
TEMPERATURA MAYOR 22 C	ESTADO FINAL INESTABLE
CORRI MARINA CALIENTE	TASA CRECIMIENTO 24 %
	PATRON MULTIMODAL

(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

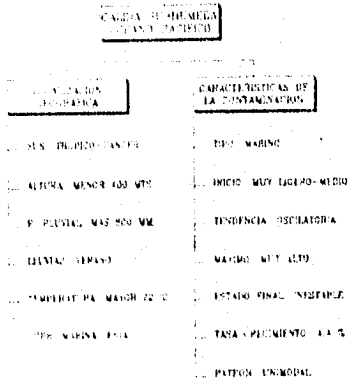


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

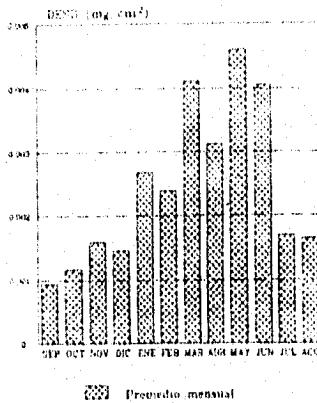
METODO	DESD (mg/cm²)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0796	0.0840	0.1309
DINAMICO			
Límites:			
12	0.0598	0.0658	0.0741
24	0.0738	0.0807	0.0884
36	0.0881	0.0942	0.1010
48	0.1003	0.1050	0.1100
60	0.1103	0.1150	0.1170
72	0.1173	0.1190	0.1220
84	0.1220	0.1230	0.1250
96	0.1230	0.1260	0.1270
108	0.1230	0.1280	0.1290
120	0.1230	0.1290	0.1290
RELACIONES			
SUP. INF.	POSICION	AISLADOR	
205	Diag. Vert	5	Niebla/Base
	Hori./Vert	2	B

(d) Criterios de diseño

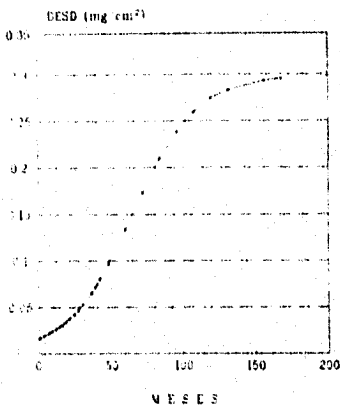
Carta 2.5 Nivel de contaminación: golfo estepario



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

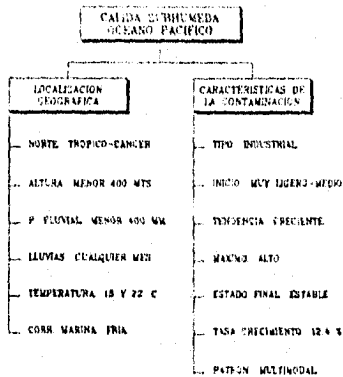


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

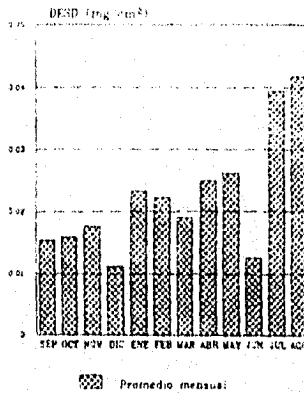
METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1366	0.1798	0.3022
DINAMICO (meses)			
12	0.0532	0.0602	0.0691
24	0.0805	0.0902	0.0691
36	0.1150	0.1260	0.1390
48	0.1550	0.1660	0.1790
60	0.1930	0.2040	0.2150
72	0.2270	0.2350	0.2440
84	0.2530	0.2590	0.2650
96	0.2710	0.2720	0.2700
108	0.2830	0.2860	0.2880
120	0.2910	0.2920	0.2940
132	0.2950	0.2960	0.2970
144	0.2980	0.2990	0.2990
RELACIONES			
SUP./INF.	POSICION	AISLADOR	
1/48	Diag/Vert: 9	Niebla/Base	
	Hori/Vert: 5	6	

(d) Criterios de diseño

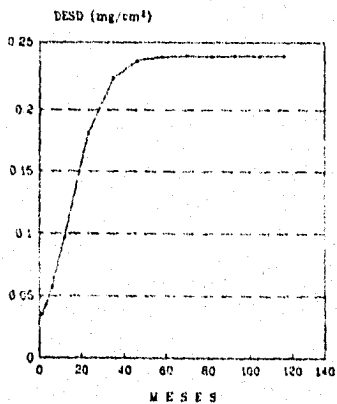
Carta 2.6 Nivel de contaminación: pacífico marino



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

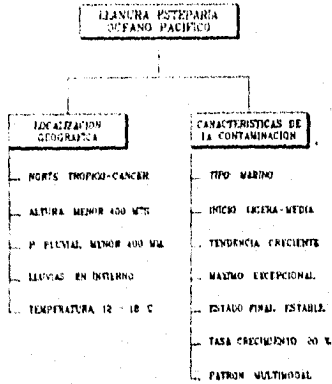


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

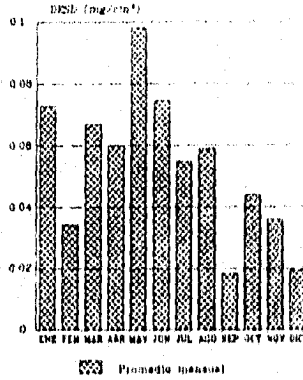
METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1312	0.1615	0.2388
DINAMICO (meses)			
12	0.1500	0.1600	0.1710
24	0.2110	0.2150	0.2190
36	0.2320	0.2330	0.2340
48	0.2370	0.2370	0.2380
60	0.2380	0.2380	0.2390
72	0.2390	0.2390	0.2395
84	0.2390	0.2390	0.2390
96	0.2390	0.2390	0.2390
108	0.2390	0.2390	0.2390
RELACIONES			
SUP/INF AISLADOR	POSICION	AISLADOR	
1:37	Diag./Vert. 0 Hor./Vert. 1	0	Niebla/Base 8

(d) Criterios de diseño

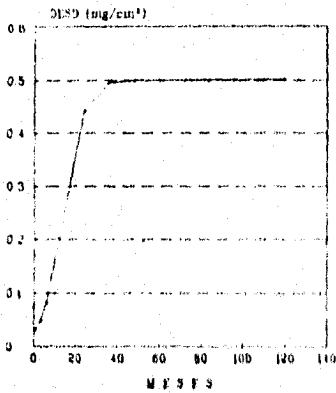
Carta 2.7 Nivel de contaminación: pacifico industrial



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

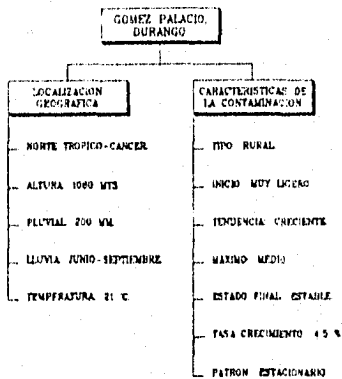


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

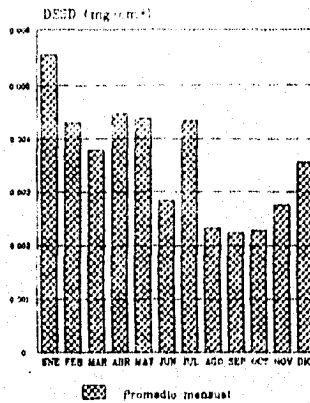
METODO	DISE (mg/cm²)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.2322	0.2849	0.4083
DINAMICO (meses)			
12	0.2800	0.3080	0.3250
24	0.4690	0.4730	0.4770
30	0.4960	0.4960	0.4980
48	0.4980	0.4980	0.4980
60	0.4980	0.4980	0.4980
72	0.4980	0.4980	0.4980
84	0.4980	0.4980	0.4980
96	0.4980	0.4980	0.4980
108	0.4980	0.4980	0.4980
120	0.4980	0.4980	0.4980
R E L A C I O N E S			
ST. P. INV.	POSICION	AISLADOR	
45	Diag./Vert Hori./Vert	8 3	Moble/Basa .90

(d) Criterios de diseño

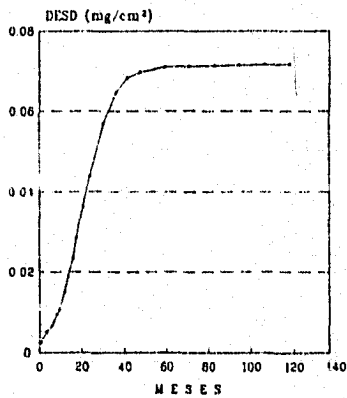
Carta 2.8 Nivel de contaminación: pacifico estepario



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

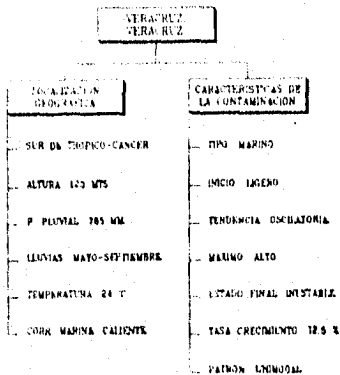


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

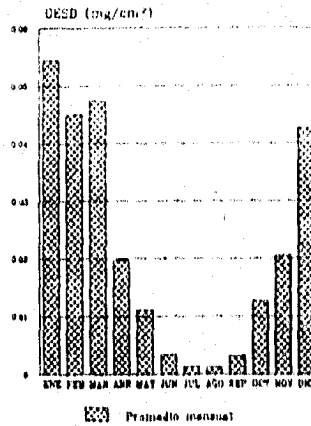
METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0335	0.0430	0.0692
DINAMICO (meses)			
12	0.0257	0.0280	0.0307
24	0.0551	0.0588	0.0585
36	0.0681	0.0685	0.0693
48	0.0709	0.0710	0.0711
60	0.0714	0.0714	0.0714
72	0.0715	0.0715	0.0715
84	0.0715	0.0715	0.0715
96	0.0715	0.0715	0.0715
108	0.0715	0.0715	0.0715
120	0.0715	0.0715	0.0715
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
L.75	Diag./Vert. 0 Hori./Vert. 20	Niebla/Baso 11	

(d) Criterios de diseño

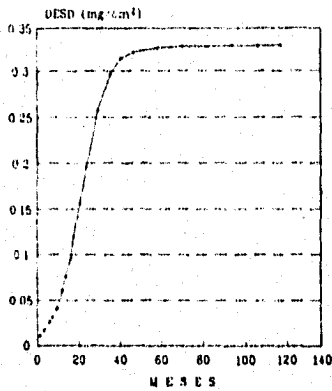
Gómez Palacio



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

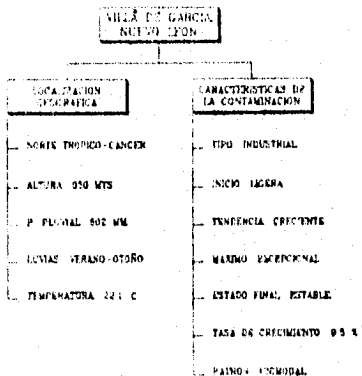


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

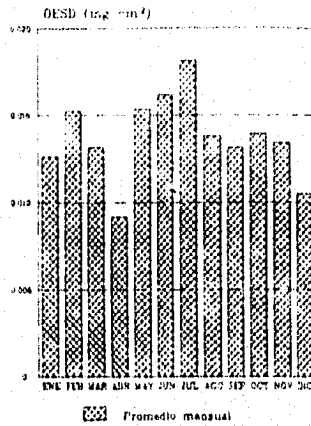
METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.3275	0.3270	0.6488
DINAMICO (tiempo)			
12	0.0524	0.0558	0.0594
24	0.1610	0.1570	0.1650
36	0.2820	0.2870	0.2930
48	0.3690	0.3610	0.3640
60	0.3860	0.3860	0.3870
72	0.3930	0.3930	0.3930
84	0.3940	0.3940	0.3940
96	0.3950	0.3950	0.3950
108	0.3950	0.3950	0.3950
120	0.3950	0.3950	0.3950
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
548	Diag/Vert: 8 Hori/Vert: 7	8	Niebla/Base 9

(d) Criterios de diseño

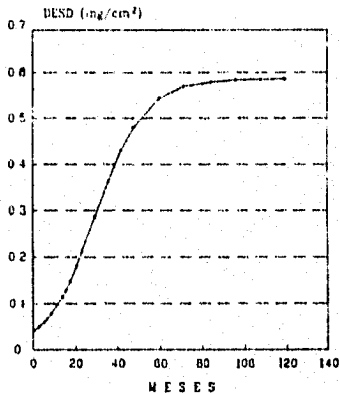
Veracruz



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional



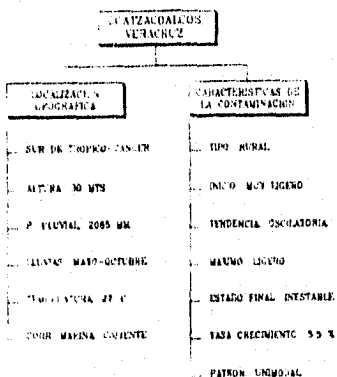
(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.3227	0.4292	0.7353
DINAMICO (meses)			
12	0.1700	0.1870	0.2080
24	0.3170	0.3370	0.3800
36	0.4519	0.4680	0.4830
48	0.5340	0.5410	0.5480
60	0.5690	0.5720	0.5740
72	0.5830	0.5840	0.5850
84	0.5870	0.5880	0.5880
96	0.5890	0.5890	0.5890
108	0.5890	0.5890	0.5890
120	0.5890	0.5890	0.5890
RELACIONES			
SUP/INT	POSICION	AISLADOR	
65	Diag/Vert: 70 Hori/Vert: 25	Niebla/Dese: .85	

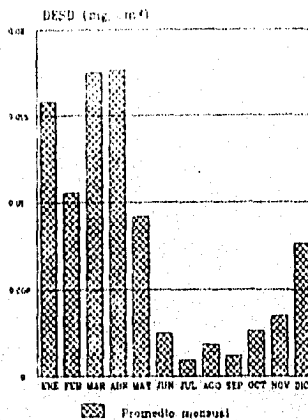
(d) Criterios de diseño

Villa de García

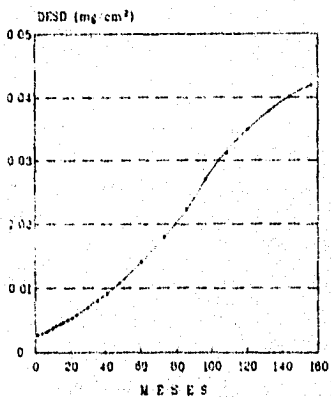
CARTAS DE SITIO ESPECIFICO



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

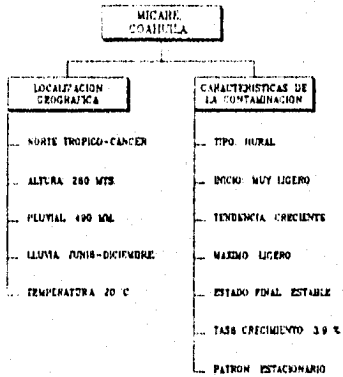


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

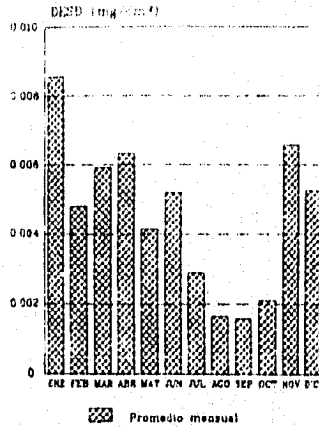
METODO	DESD (mg/cm ³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0210	0.0275	0.0459
DINAMICO (meses)			
12	0.0070	0.0088	0.0099
24	0.0104	0.0117	0.0133
36	0.0139	0.0154	0.0173
48	0.0180	0.0197	0.0217
60	0.0225	0.0242	0.0282
72	0.0270	0.0286	0.0305
84	0.0312	0.0327	0.0343
96	0.0348	0.0361	0.0374
108	0.0378	0.0388	0.0398
120	0.0401	0.0408	0.0416
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
550	diag./Vert: 7 Hori./Vert: 6	Niebla/Baso .85	

(d) Criterios de diseño

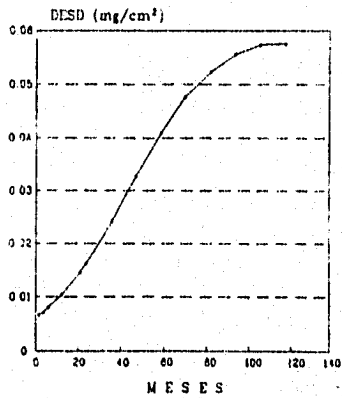
Coatzacoalcos



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

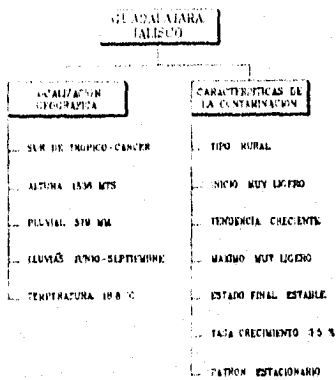


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

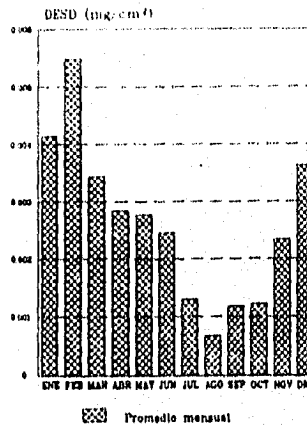
METODO	DESD (mg/cm ²) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0584	0.0585	0.0586
DINAMICO (meses)			
12	0.0146	0.0156	0.0168
24	0.0220	0.0232	0.0247
36	0.0307	0.0320	0.0335
48	0.0392	0.0404	0.0417
60	0.0464	0.0473	0.0482
72	0.0516	0.0522	0.0529
84	0.0550	0.0554	0.0559
96	0.0571	0.0574	0.0576
108	0.0584	0.0585	0.0586
120	0.0591	0.0592	0.0593
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
1.75	Diag./Vert. 9	Niebla/Bese	
	[fort./Vert. 20]	1.1	

(d) Criterios de diseño

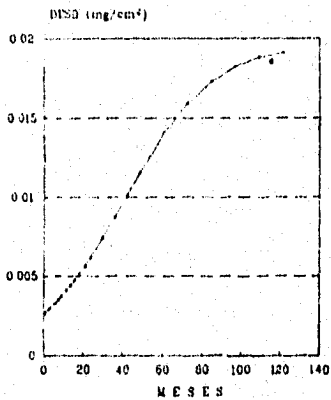
Micare



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

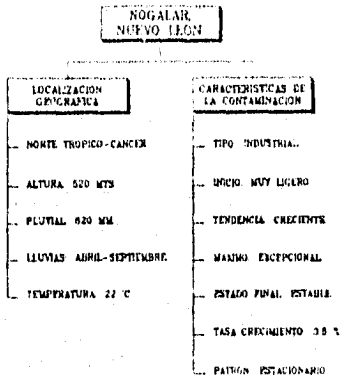


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

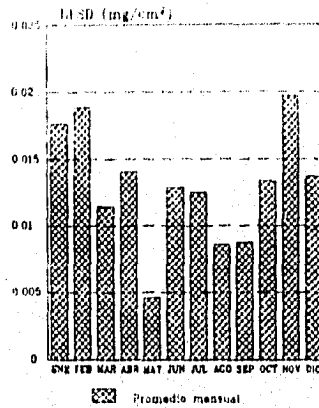
METODO	DESD (mg/cm ³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0111	0.0135	0.0198
DINAMICO (meses)			
12	0.0082	0.0067	0.0072
24	0.0088	0.0093	0.0099
36	0.0115	0.0120	0.0126
48	0.0140	0.0144	0.0149
60	0.0159	0.0163	0.0168
72	0.0173	0.0175	0.0178
84	0.0182	0.0184	0.0185
96	0.0188	0.0189	0.0190
108	0.0191	0.0192	0.0192
120	0.0193	0.0194	0.0194
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
160	Dirg/Vert: 8 Hori/Vert: 25	Niebla/Base 12	

(d) Criterios de diseño

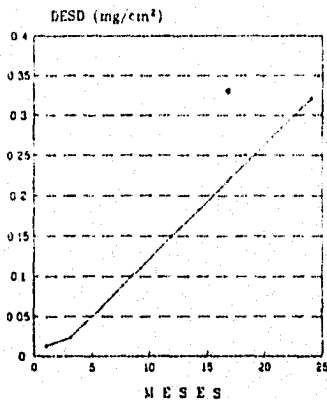
Guadalajara



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

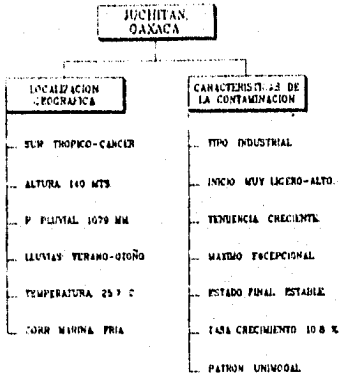


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

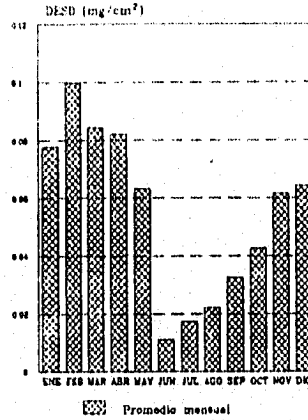
METODO	DES (mg/cm ²) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.3056	0.3123	0.34020
DINAMICO (meses)			
12	0.2050	0.2160	0.2380
24	0.3310	0.3320	0.3330
36			
48			
60			
72			
84			
96			
108			
120			
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
1.55	Diag/Vert: 8 Hori/Vert: 25	Niebla/Base 1.2	

(d) Criterios de diseño

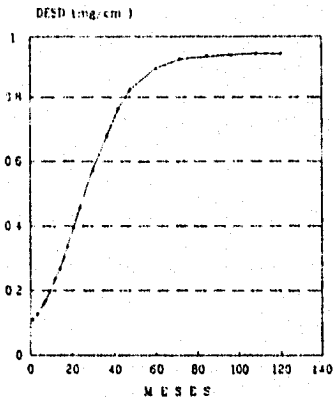
Nogalar



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

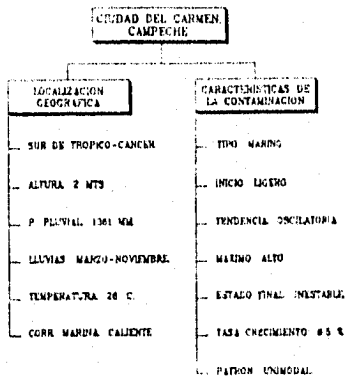


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

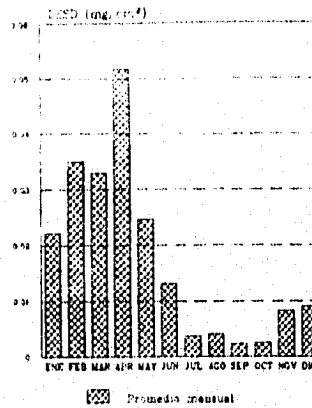
METODO	DESD (mg/cm²)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.7116	0.9458	0.9458
DINAMICO (meses)			
12	0.4180	0.4570	0.5020
24	0.6530	0.6860	0.7200
36	0.8160	0.8340	0.8510
48	0.8950	0.9030	0.9100
60	0.9270	0.9300	0.9350
72	0.9380	0.9400	0.9410
84	0.9430	0.9440	0.9440
96	0.9450	0.9450	0.9450
108	0.9460	0.9460	0.9460
120	0.9480	0.9480	0.9480
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
65	Diag/Vert: 75 Hori/Vert: 25	75	85

(d) Criterios de diseño

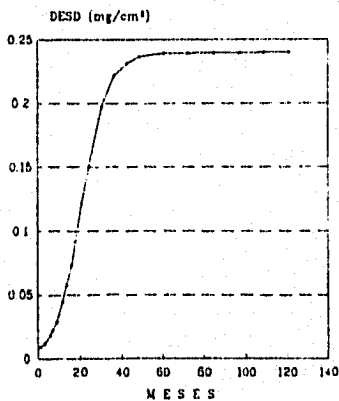
Juchitán



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

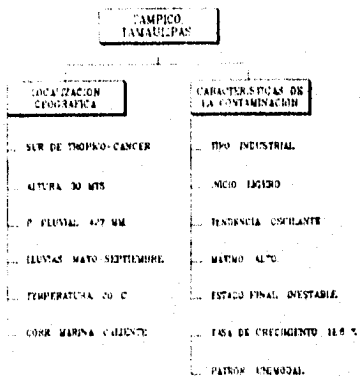


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

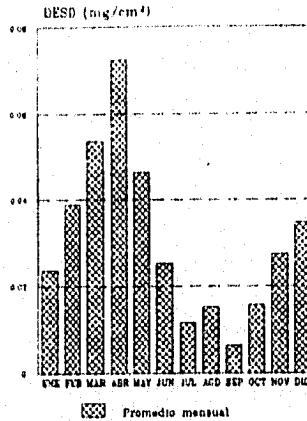
METODO	DESD (mg/cm³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0973	0.1331	0.2404
DINAMICO (meses)			
12	0.0680	0.0734	0.0799
24	0.1800	0.1850	0.1900
36	0.2300	0.2310	0.2320
48	0.2390	0.2390	0.2390
60	0.2400	0.2400	0.2400
72	0.2400	0.2400	0.2400
84	0.2400	0.2400	0.2400
96	0.2400	0.2400	0.2400
108	0.2400	0.2400	0.2400
120	0.2400	0.2400	0.2400
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AJSLADOR	
65	Diag/Vert: 75 Hori/Vert: 5	Niebla/Base 8	

(d) Criterios de diseño

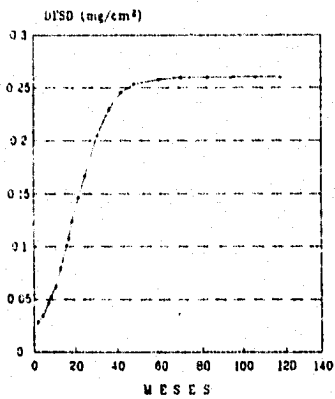
Ciudad del Carmen



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

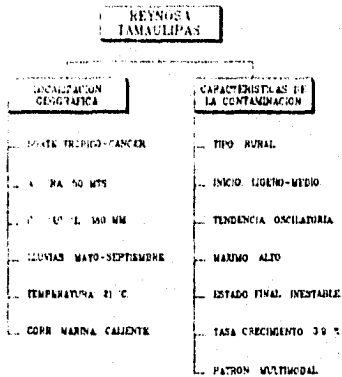


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

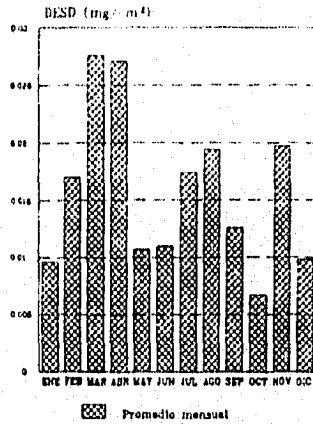
METODO	DESD (mg/cm²)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1471	0.1793	0.2603
DINAMICO (meses)			
12	0.0923	0.0950	0.0982
24	0.1820	0.1840	0.1870
36	0.2380	0.2370	0.2380
48	0.2540	0.2540	0.2550
60	0.2590	0.2590	0.2590
72	0.2600	0.2600	0.2600
84	0.2600	0.2600	0.2600
96	0.2600	0.2600	0.2600
108	0.2600	0.2600	0.2600
120	0.2600	0.2600	0.2600
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
77	Diag/Vert: .66	Niobia/Base	
	Hori/Vert: .55	.65	

(d) Criterios de diseño

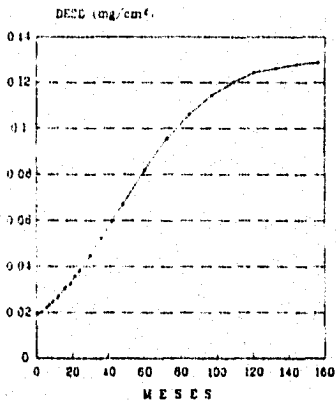
Tampico



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

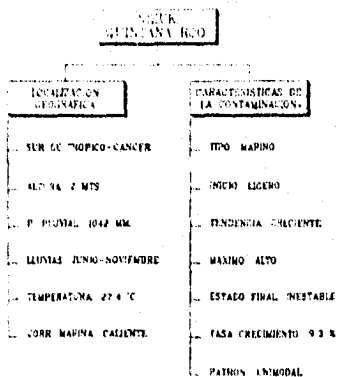


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

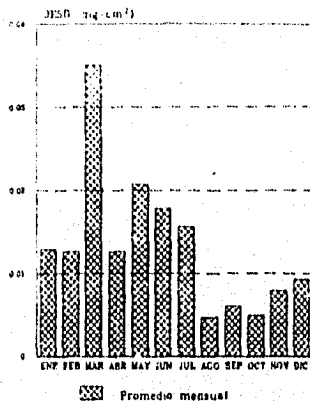
METODO	DESD (mg/cm ³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0738	0.0898	0.1309
DINAMICO (meses)			
12	0.0588	0.0658	0.0741
24	0.0738	0.0837	0.0884
36	0.0881	0.0942	0.1010
48	0.1000	0.1050	0.1100
60	0.1100	0.1130	0.1170
72	0.1170	0.1190	0.1220
84	0.1220	0.1230	0.1250
96	0.1250	0.1260	0.1270
108	0.1270	0.1280	0.1290
120	0.1290	0.1290	0.1290
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
335	Diag/Vert Hori/Vert	8 2	Niebla/Base 8

(d) Criterios de diseño

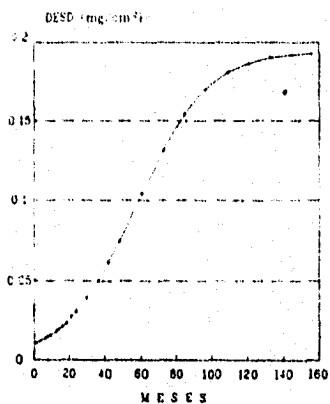
Reynosa



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

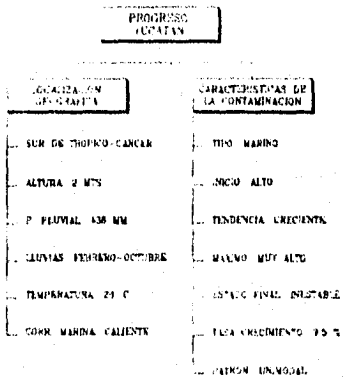


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

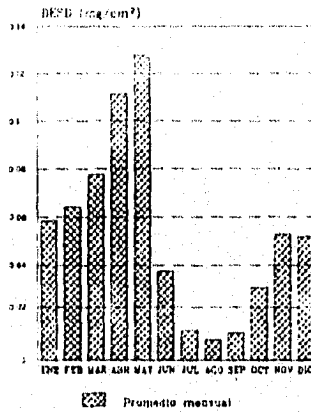
METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0692	0.0883	0.1400
DINAMICO (meses)			
12	0.0327	0.0364	0.0411
24	0.0528	0.0577	0.0641
36	0.0705	0.0848	0.0932
48	0.1080	0.1140	0.1310
60	0.1350	0.1400	0.1460
72	0.1570	0.1610	0.1650
84	0.1720	0.1750	0.1770
96	0.1820	0.1830	0.1850
108	0.1970	0.1880	0.1890
120	0.1910	0.1010	0.1920
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
65	Diag/Vert: 75 Hori/Vert: 65	Niebla/Base 85	

(d) Criterios de diseño

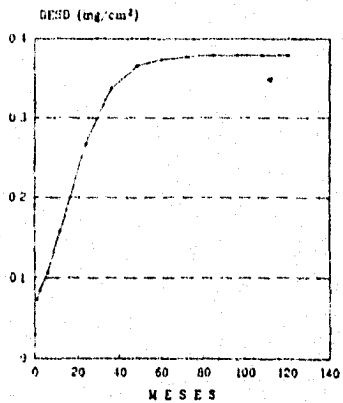
Nizuk



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

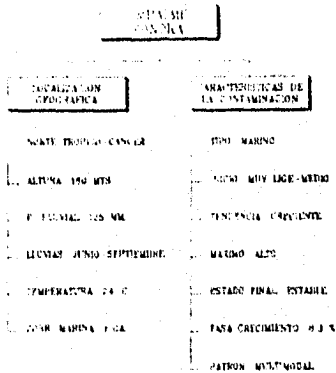


(c) tendencia de acumulación del contaminante

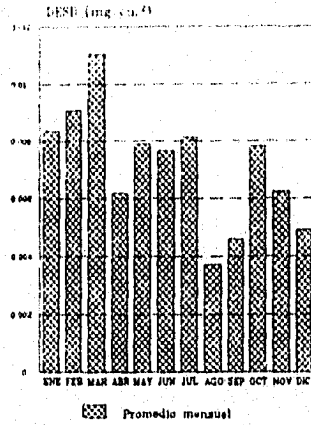
METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.03530	0.3550	0.3570
DINAMICO (meses)			
12	0.2020	0.2100	0.3200
24	0.3020	0.3070	0.3100
30	0.3530	0.3550	0.3570
48	0.3720	0.3720	0.3730
60	0.3780	0.3780	0.3780
72	0.3750	0.3790	0.3790
84	0.3800	0.3800	0.3800
96	0.3800	0.3800	0.3800
108	0.3800	0.3800	0.3800
120	0.3800	0.3800	0.3800
RELACIONES			
SUP./INF	POSICION	ASLADOR	
.75	Diag/Vert: 85 Hori/Vert: 45	85	85

(d) Criterios de diseño

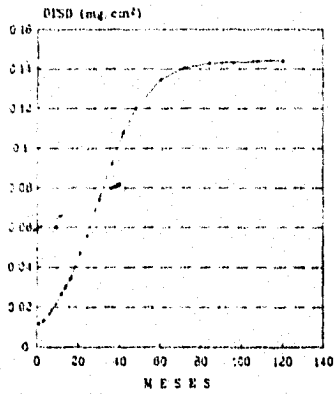
Progreso



(a) Descripción de la Region



(b) Variación estacional



(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Confianza		
	.95	.97	.99
ESTADISTICO	0.1385	0.1414	0.1448
DINAMICO (meses)			
12	0.0378	0.0405	0.0437
24	0.0726	0.0760	0.0799
36	0.1070	0.1100	0.1120
48	0.1280	0.1300	0.1310
60	0.1380	0.1390	0.1390
72	0.1420	0.1420	0.1420
84	0.1430	0.1430	0.1430
96	0.1440	0.1440	0.1440
108	0.1440	0.1440	0.1440
120	0.1440	0.1440	0.1440
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
155	Diag/Vert: 60 Hori/Vert: 25	Niebla/Base 85	

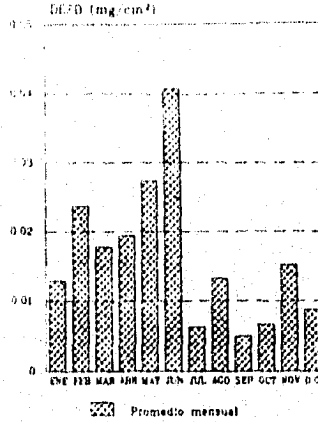
(d) Criterios de diseño

Empalme

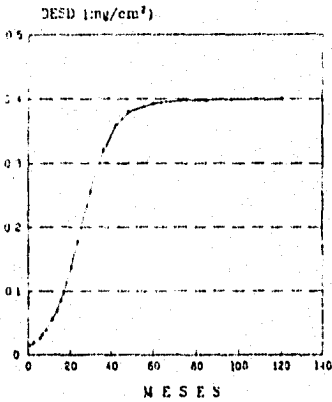
**MANZANILLO
COLOMBIA**

LOCALIZACIÓN ECONÓMICA	CARACTERÍSTICAS DE LA COSTA-MANZANILLO
CLIMA TROPICAL-CÁLIDO	TIPO INDUSTRIAL
ALTURA 4 MTS	INICIO MUY LIGERO-MEDIO
P. PROMEDIAL 1424 MM	TENDENCIA CRECIENTE
LLUVIAS JUNIO-AGOSTO	VALORES MUY ALTO
TEMPERATURA 25 °C	ESTADO FINAL INESTABLE
COSTA MARINA FRIA	TASA CRECIMIENTO 4.3 %
	PATRÓN UNIMODAL

(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

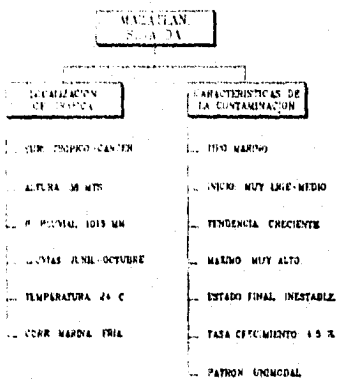


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

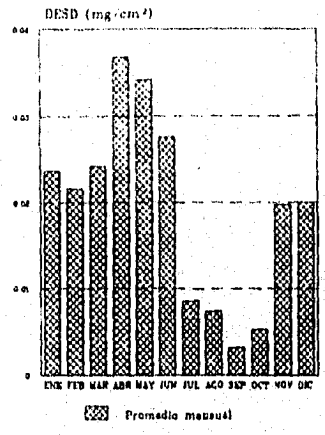
METODO	DESD (mg/cm²) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADÍSTICO	0.1691	0.2272	0.3969
DINAMICO (meses)			
12	0.0773	0.0827	0.0896
24	0.2200	0.2290	0.2380
36	0.3440	0.3479	0.3510
48	0.3850	0.3850	0.3879
60	0.3950	0.3950	0.3950
72	0.3960	0.3960	0.3970
84	0.3970	0.3970	0.3970
96	0.3970	0.3970	0.3970
108	0.3970	0.3970	0.3970
120	0.3970	0.3970	0.3970
RELACIONES			
SUP./INF	POSICION	AISLADOR	
55	Diag./Vert: 85 Hori./Vert: 75	Niebla/Base: 85	

(d) Criterios de diseño

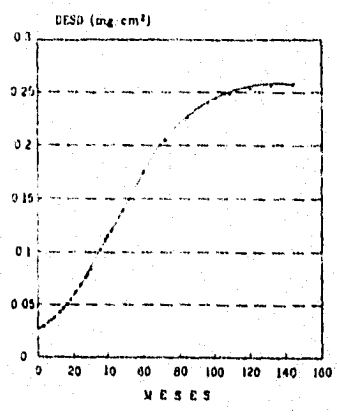
Manzanillo



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

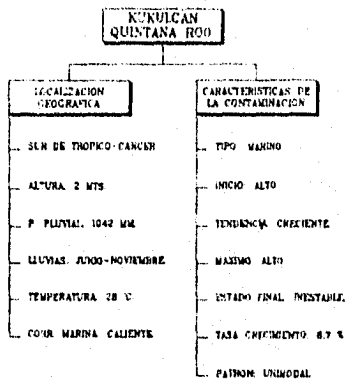


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

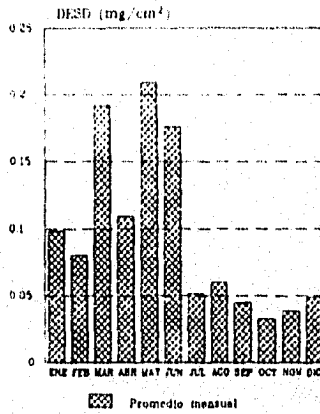
METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1208	0.1649	0.2591
DINAMICO (meses)			
12	0.0745	0.0819	0.0911
24	0.1090	0.1180	0.1280
36	0.1470	0.1580	0.1660
48	0.1820	0.1800	0.1970
60	0.2100	0.2150	0.2210
72	0.2300	0.2330	0.2360
84	0.2420	0.2440	0.2460
96	0.2490	0.2500	0.2520
108	0.2540	0.2540	0.2550
120	0.2560	0.2560	0.2560
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
75	Diag/Vert: 75	Niebla/Barr	
	Hori/Vert: 55	75	

(d) Criterios de diseño

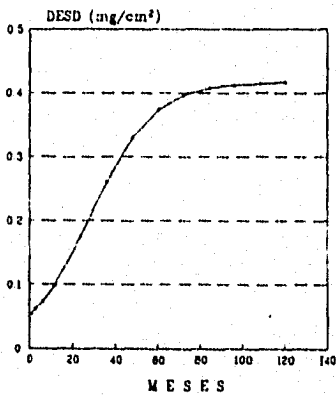
Mazatlán



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional



(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD (mg/cm ²) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.2907	0.3576	0.5201
DINAMICO (meses)			
12	0.1779	0.1930	0.2130
24	0.2610	0.2770	0.2930
36	0.3300	0.3410	0.3520
48	0.3740	0.3800	0.3850
60	0.3970	0.3990	0.4020
72	0.4080	0.4090	0.4100
84	0.4120	0.4130	0.4140
96	0.4150	0.4150	0.4150
108	0.4180	0.4180	0.4180
120	0.4180	0.4180	0.4180
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
.70	Dirg/Vert: .65 Hori/Vert: .60	Niebla/Base .80	

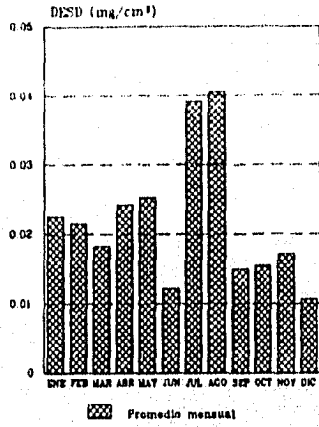
(d) Criterios de diseño

Kukulcán

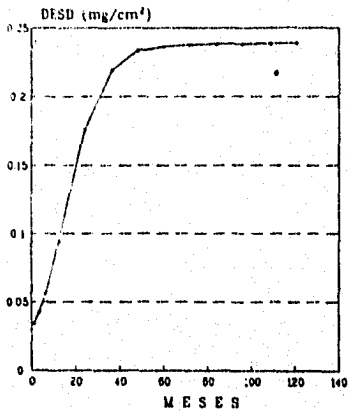
CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA SURTE.

LOCALIZACION GEOGRAFICA	CARACTERISTICAS DE LA CONTAMINACION
MONTES TROPICOS-CANER	TIPO INDUSTRIAL
ALTURA 10 MTS	DIRCCO MUY LIGER-MEDIO
P. PULPITAL 150 MM	TENDENCIA CRECIENTE
LUVIAS DICIEMBRE-MARZO	MARINO ALTO
TEMPERATURA 25 C	ESTADO FUJAL ESTABLE
CONR MARINA FRIA	TASA CRECIMIENTO 10.5 %
	PATRON MULTIMODAL

(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

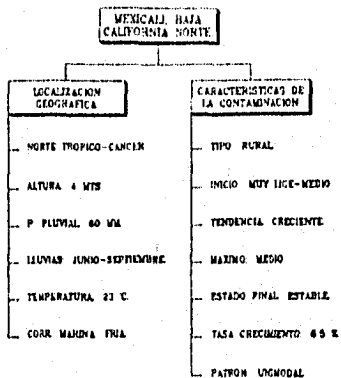


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

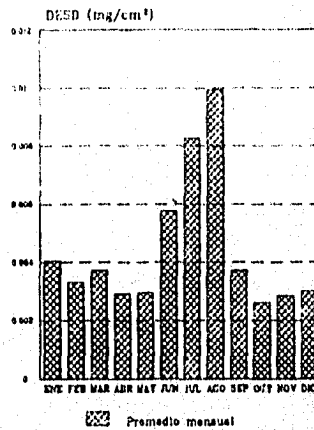
METODO	DESD (mg/cm³) Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.1312	0.1615	0.2388
DINAMICO (meses)			
12	0.1500	0.1600	0.1710
24	0.2110	0.0262	0.2190
36	0.2320	0.2330	0.2340
48	0.2370	0.2370	0.2380
60	0.2380	0.0487	0.2390
72	0.2390	0.2390	0.2390
84	0.2390	0.2390	0.2390
96	0.2390	0.2390	0.2390
108	0.2390	0.2390	0.2390
RELACIONES			
SUP/INT	POSICION	AISLADOR	
1.37	Vert/Diag: 9 Hori/Vert: .1	Niebla/Base 6	

(d) Criterios de diseño

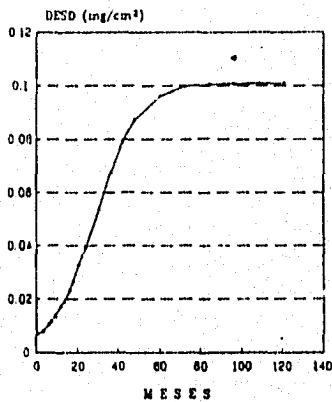
Cerro Prieto



(a) Descripción de la región



(b) Variación estacional

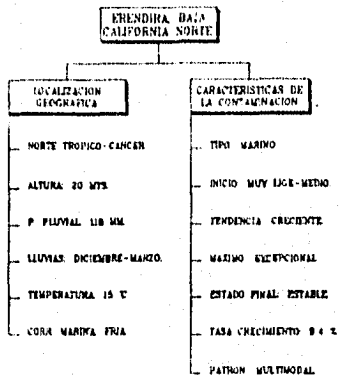


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

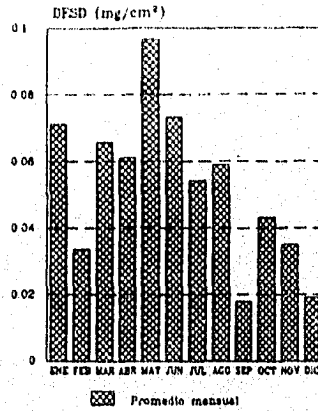
METODO	DESD (ng/cm ³)		
	Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.0500	0.0539	0.1015
DINAMICO (meses)			
12	0.0276	0.0300	0.0330
24	0.0548	0.0578	0.0612
36	0.0799	0.0816	0.0859
48	0.0934	0.0943	0.0951
60	0.0988	0.0991	0.0994
72	0.1010	0.1010	0.1010
84	0.1010	0.1010	0.1010
96	0.1010	0.1010	0.1010
108	0.1010	0.1010	0.1010
120	0.1010	0.1010	0.1010
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
1.65	Diag/Vert. 65	Hiebla/Base	
	Hori/Vert. 20	.60	

(d) Criterios de diseño

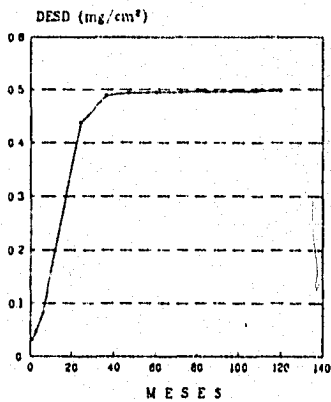
Mexicali



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

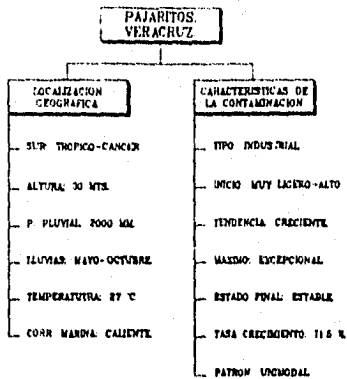


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

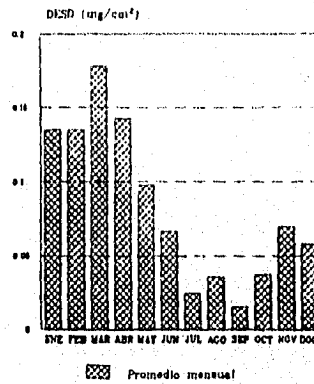
METODO	DESD (mg/cm ²); Nivel de Confianza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.2322	0.2849	0.4903
DINAMICO (meses)			
12	0.2890	0.3060	0.3250
24	0.4600	0.4730	0.4770
36	0.4980	0.4980	0.4980
48	0.4980	0.4980	0.4980
60	0.4980	0.4980	0.4980
72	0.4980	0.4980	0.4980
84	0.4980	0.4980	0.4980
96	0.4980	0.4980	0.4980
108	0.4980	0.4980	0.4960
120	0.4980	0.4980	0.4980
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
45	Diag/Vert: .8 Hori/Vert: .3	Niebla/Base .00	

(d) Criterios de diseño

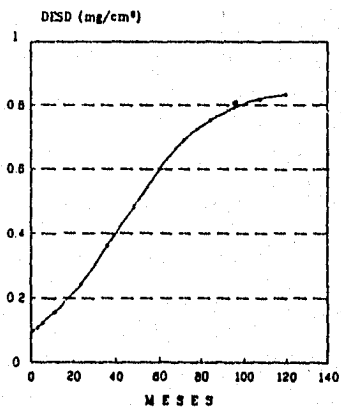
Eréndira



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

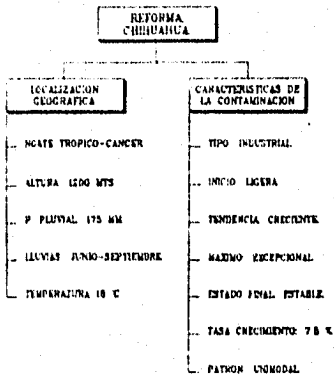


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

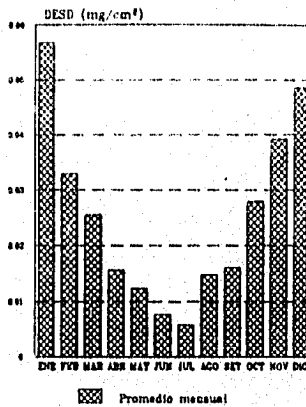
METODO	DESD (mg/cm ³) Nivel de Cumplanza		
	95	97	99
ESTADISTICO	0.8300	0.8350	0.8380
DINAMICO (meses)			
12	0.2410	0.2600	0.2840
24	0.3550	0.3770	0.4040
36	0.4790	0.5020	0.5280
48	0.5950	0.6150	0.6380
60	0.6870	0.7010	0.7160
72	0.7520	0.7610	0.7700
84	0.7930	0.7980	0.8040
96	0.8170	0.8210	0.8240
108	0.8320	0.8330	0.8350
120	0.8400	0.8410	0.8420
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
.85	Disg/Vert: 75 Hori/Vert: 5	Niebla/Bajo .6	

(d) Criterios de diseño

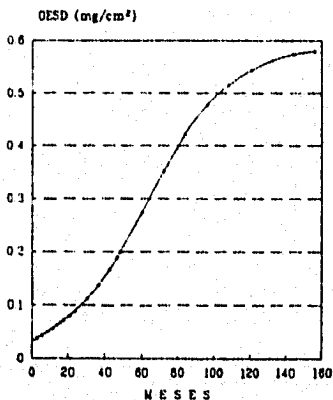
Pajaritos



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional

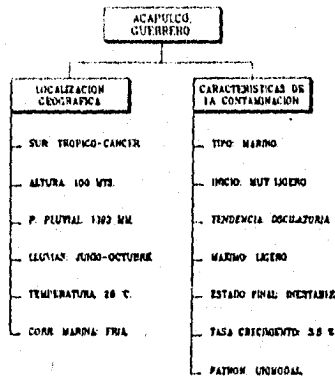


(c) Tendencia de acumulación del contaminante

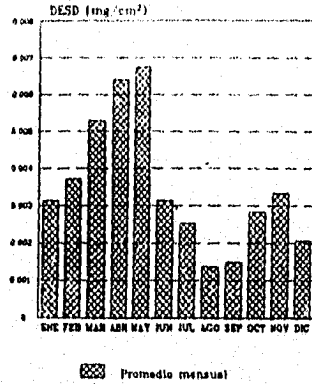
METODO	DESD (mg/cm³) Nivel de Confianza		
	.95	.97	.99
ESTADISTICO	0.2583	0.3441	0.5915
DINAMICO (meses)			
12	0.1040	0.1170	0.1330
24	0.1580	0.1740	0.1950
36	0.2260	0.2450	0.2690
48	0.3030	0.3230	0.3470
60	0.3790	0.3970	0.4170
72	0.4440	0.4590	0.4750
84	0.4940	0.5050	0.5180
96	0.5300	0.5370	0.5440
108	0.5530	0.5580	0.5620
120	0.5680	0.5700	0.5730
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
.75	Diag/Vert: .65 Hori/Vert: .20	Niebla/Base .80	

(d) Criterios de diseño

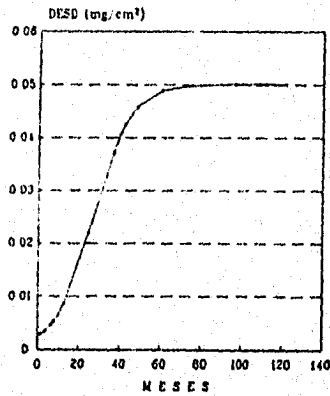
Reforma



(a) Descripción de la región.



(b) Variación estacional



(c) Tendencia de acumulación del contaminante

METODO	DESD (mg/cm³)		
	Nivel de Confianza		
	95	.97	99
ESTADISTICO	0.0202	0.0256	0.0401
DINAMICO (mozas)			
12	0.0265	0.0305	0.0348
24	0.0405	0.0428	0.0405
36	0.0470	0.0478	0.0484
48	0.0491	0.0493	0.0495
60	0.0497	0.0498	0.0498
72	0.0498	0.0499	0.0499
84	0.0499	0.0499	0.0499
96	0.0499	0.0499	0.0499
108	0.0499	0.0499	0.0499
120	0.0499	0.0499	0.0499
RELACIONES			
SUP/INF	POSICION	AISLADOR	
.85	Diag/Vert: .85	Niebla/Dese	
	(Horl/Vert: .45)	.65	

(d) Criterios de diseño

La Mira

C A P I T U L O III

Métodos de campo y de laboratorio para el diseño óptimo del aislador

3.1 Método de la densidad equivalente de sal depositada (DESD)

Existen diversos métodos de campo y de laboratorio para medir la contaminación que permiten el diseño óptimo de los aislamientos externos expuestos en ambientes contaminados - (5).

En México se ha comenzado a generalizar el uso del método de densidad equivalente de sal depositada. Este método consiste en retirar el polvo contaminante depositado en la superficie del aislador, el cual es sometido a dos tipos de mediciones con lo cual se obtiene tanto el tipo así como el nivel de contaminación.

A la cantidad de miligramos de sal que se acumula en un periodo de tiempo, en un centímetro cuadrado de la superficie del aislador es lo que se conoce como densidad equivalente de sal depositada, abreviadamente DESD.

- (5) The measurement of site pollution severity and its application to insulator dimensioning for A.C. systems. Working group 04, committee No. 33 CIGRE.

3.2 Evaluación de la severidad de la contaminación

El comportamiento eléctrico de un aislador expuesto en ambientes contaminados depende en gran medida de el grado de contaminación entre otros factores, es por ello que se requiere hacer un análisis del lugar en el cual estará la instalación eléctrica para poder identificar tipos y fuentes de contaminación y evaluar la severidad de estos. Cada sitio - por el cual pasa alguna instalación eléctrica deberá evaluarse sus condiciones de contaminación, dado que en algunos lugares, cuando se recorre una distancia de un kilómetro las condiciones de la contaminación resultan diferentes en cuanto a la severidad, o cuando entre una instalación eléctrica y una zona de alto nivel de contaminación se interpone una pequeña montaña, ésta elimina casi en su totalidad el problema de contaminación.

Para evaluar la severidad de la contaminación, se tienen varios métodos que se pueden emplear una vez que se ha seleccionado algún sitio. Procediendo con el método de Densidad Equivalente de Sal Depositada, el nivel de contaminación se mide como sigue:

a) Con auxilio de una brocha, agua de baja conductividad - (menos de 3 microslemens por centímetro) y con un volumen de entre 300 y 500 mililitros, se remueven los contaminantes, retirando solamente el contaminante en polvo depositado sobre la superficie del aislador excluyendo partes metálicas. En el caso de aisladores tipo suspensión se toman dos muestras, una para la superficie inferior y otra para la superficie superior, en aisladores tipo alfiler y subestación, sólo se toma una muestra que incluya ambas superficies. Ya

retirado el contaminante se procede a medir su conductividad eléctrica, temperatura y volumen tal y como lo muestra el esquema de la figura 3.1.

b) Cálculo del valor de Densidad Equivalente de Sal Depositada.

Primero se corrige la conductividad eléctrica de la muestra que contiene al contaminante a una temperatura de 18°C utilizando la gráfica de la figura 3.2.

Segundo, una vez corregido por temperatura, se obtiene la conductividad de la solución del contaminante, restando la conductividad del agua utilizada en la remoción del contaminante.

Tercero, se hace una tercera corrección por concentración de cloruro de sodio NaCl utilizando la gráfica de la figura 3.3.

Cuarto, hechas las correcciones anteriores, la Densidad Equivalente de Sal Depositada se calcula con la siguiente ecuación:

$$DESD = \frac{C \times V}{S}$$

Donde:

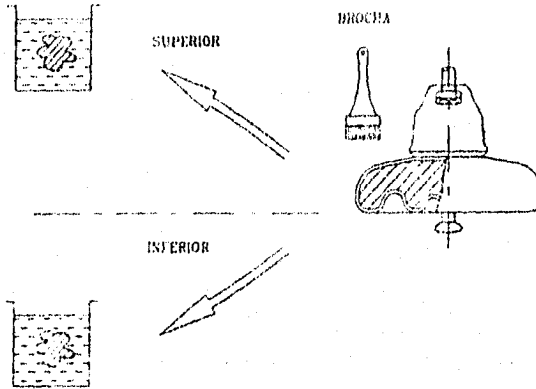
DESD = Densidad Equivalente de Sal Depositada en mg/cm^2

C = Concentración equivalente de la disolución que contiene el contaminante, en mg/cm^3 .

V = Volumen de agua destilada para lavar el aislador, en ml.

S = Area geométrica de la superficie del aislador, en cm^2 .

a).- Remoción de contaminante



b).- Mediciones de : Conductividad, Temperatura y Volumen.

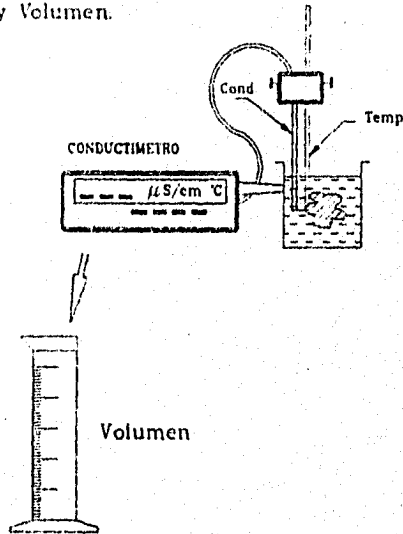


Fig. 3.1 Remoción de contaminantes para calcular el DESD

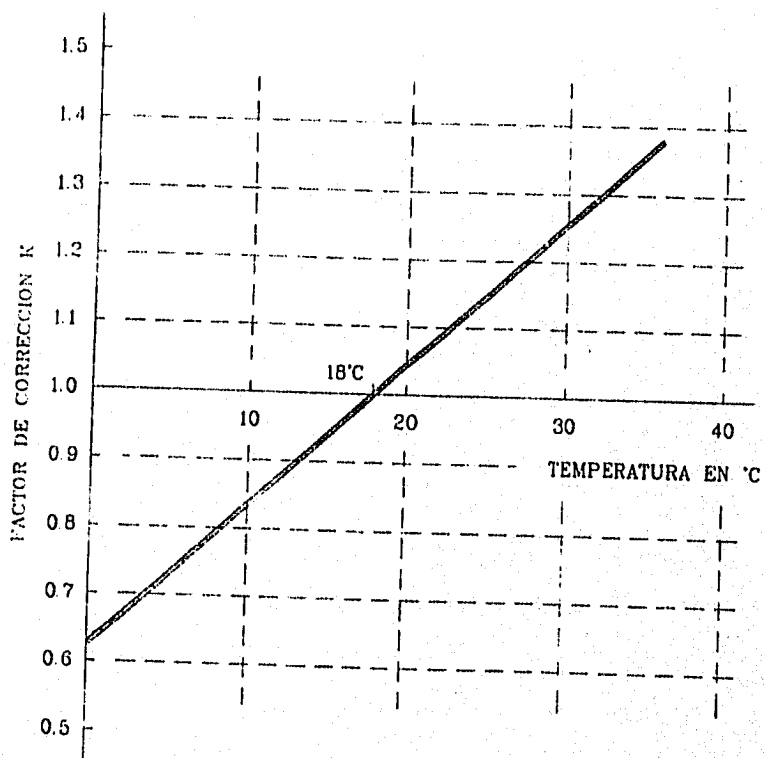


Fig. 3.2 Temperatura-Conductividad de NaCl a 18°C

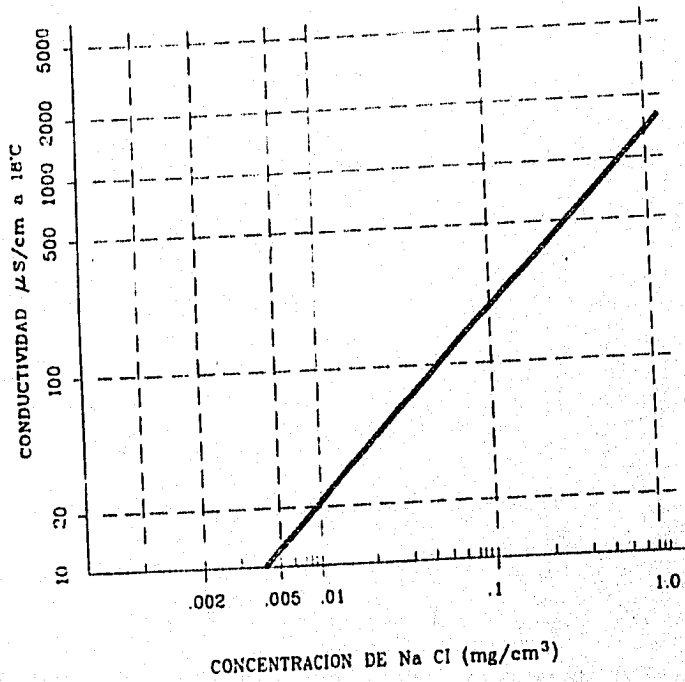


Fig. 3.3 Concentración-Conductividad de NaCl

3.3 Otras técnicas de evaluación

Existen varios métodos para calcular la severidad de la contaminación en campo, algunos de ellos son:

- Método de densidad equivalente de sal depositada
- Método de conductividad superficial
- Método de conteo de pulsos
- Método de corriente de fuga alta (IH)
- Método de flamco por tensión

A continuación se describen los últimos cuatro métodos dado que el primero ya se describió.

Método de la conductividad superficial. A la razón entre la corriente de fuga (I) a frecuencia nominal que fluye sobre un aislador y el voltaje (V) aplicado solamente unos pocos ciclos, se conoce como conductancia superficial (G). El voltaje aplicado es alrededor de 30 kV por metro de longitud de aislador, pero debe ser menor que el voltaje de servicio.

La conductancia de un aislador es un parámetro que indica el estado total de la superficie (nivel de contaminación y grado de humidificación de la capa), lo cual determina el funcionamiento del aislador.

Por lo tanto, la medición de la conductancia superficial puede ser un método adecuado para evaluar la severidad de la contaminación de un sitio; la evaluación se realiza de la forma siguiente: se instalan en el sitio unos cuantos aisladores de muestra de diferente forma, los cuales también se prueban en laboratorio. La conductancia superficial (G) se

obtiene aplicando por unos instantes a intervalos determinados (cada 15 minutos), el voltaje (V), y midiendo la corriente de fuga (I), con ello se toma la razón ($G = I/V$).

La conductividad superficial (K) de un aislador se puede obtener multiplicando la conductancia superficial (G) por el factor de forma (f) del aislador ($K = fG$). Normalmente el voltaje se aplica al final de los electrodos del aislador así se mide la conductividad superficial en promedio de todo el aislador.

Método de conteo de pulsos. Este método consiste en registrar para un periodo dado el número de pulsos de corriente de fuga de cierta amplitud sobre un aislador energizado a voltaje de trabajo. La existencia de pulsos de corriente de fuga precede generalmente a la fase final de flameo por contaminación, la frecuencia y la magnitud de dichos pulsos nos indica que se aproxima los flameos, por lo tanto, el conteo de pulsos pueden ser utilizados para monitorear las condiciones de contaminación en un aislador y prever el riesgo de flameo.

El número de pulsos registrados antes del flameo para diferentes aisladores bajo condiciones idénticas pueden variar considerablemente, por lo cual el conteo de pulsos no puede suplir una medida absoluta para la función del aislador.

El uso de este método para valorar la severidad de un sitio y como guía para la longitud de un aislador depende de la comparación del conteo de pulsos en un sitio con datos acumulados de conteos sobre la función de aisladores simila-

res. El método se presta para determinar la longitud del aislador, para la extensión o reaclar a un sistema ya existente y para monitorear el lavado y engrasado de aisladores.

Las ventajas del método son: resulta más barato y además su gran agilidad para proveer continuo monitoreo de un gran número de aisladores en condiciones de servicio normal.

Método de corriente de fuga alta (I_h). La corriente de fuga alta I_h es la corriente de pico más alto registrado durante un periodo dado sobre un aislador de muestra y energizado continuamente a voltaje de servicio.

El pico más alto del pulso de corriente sobre un aislador ha sido considerado un parámetro apropiado para mostrar como el aislador se flamea, y por consiguiente la medición de la severidad del sitio. Para un aislador dado es posible medir por medio de pruebas de laboratorio la corriente de fuga alta pico I_h , como una función de la contaminación severa S , a una tensión aplicada dada V . La severidad S , puede expresarse en Kg/m^3 , mg/cm^2 o microsiemens Ms . La corriente I_h se incrementa hasta alcanzar una corriente crítica I_c sobre la cual ocurre el flameo. El valor correspondiente del voltaje aplicado en V_c , el límite más bajo del valor pico de la corriente de fuga en la mitad del ciclo que antecede al flameo, es máxima y ha sido considerado como una buena aproximación del valor teórico de I_c , así que el valor crítico de la corriente I_h se puede registrar, si el aislador a prueba está expuesto en un sitio de contaminación natural, humedecido y energizado a voltaje de servicio V_w .

La severidad S del sitio para el aislador está representada por esta corriente de fuga, la cual puede ser reproducida en el laboratorio, usando el mismo voltaje V_w .

La razón V_c/V_w es el factor de seguridad considerado por los diseñadores como apropiado. Con el propósito de dar un adecuado margen de seguridad, un valor abajo de la corriente crítica I_c se define como la corriente máxima permisible I_p , de la corriente de fuga para un aislador en particular en servicio y a voltaje V_w .

Si el valor de I_h disponible para la medición sobre aisladores en servicio es menor que I_p , el aislador no fallará y la longitud considerada será suficiente.

Método de flameo por tensión. Los aisladores que se flamean por tensión se define como la tensión de flameo a frecuencia nominal dividida por la longitud total del aislador. Durante un periodo dado se determina el mínimo flameo por tensión o la relación entre flameo por esfuerzo y frecuencia de flameo.

La medición de flameo por tensión de aisladores tipo para transmisión proporciona la información necesaria de la cual se puede calcular la longitud del aislador.

Existen varias formas en las cuales se puede medir el flameo por esfuerzo o tensión en el sitio, algunas formas son:

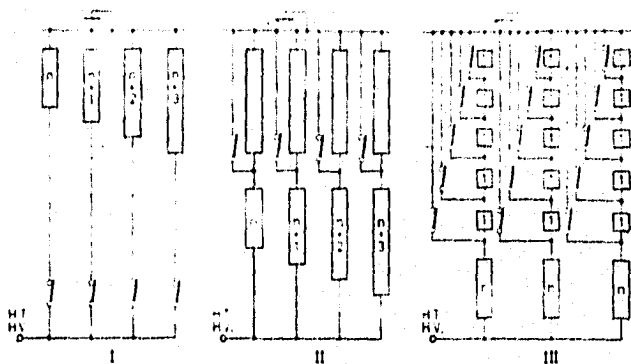


Fig. 3.4 Circuitos de prueba de diferentes métodos para medir el flameo de un aislador.

a) Instalar cadenas de aisladores seleccionados de diferentes tipos y de diferentes longitudes. Estos se energizan a voltaje constante, el cual se interrumpe y reenergiza por un circuito automático generalmente de tipo autocierre. La cadena más pequeña de aisladores se sobreflamea, se identifica y es prevenida de mayores arcos por operación de un fusible, con lo que se aísla a la cadena completamente. Después de un tiempo dado se establece la longitud mínima de aguante y el proceso se puede repetir para obtener más datos estadísticos y confiables. Una técnica más rápida y satisfactoria consiste en disponer la estimación de la probabilidad de flameo.

b) Otra alternativa que permite obtener un mayor número de datos (información) para aisladores de prueba consiste en - instalar arreglo de fusibles sobre cada cadena de aisladores, incrementando eventualmente su longitud para cada nivel de - aguante.

c) Otra forma consiste en instalar varios aisladores de diferentes longitudes, se les ponen fusibles como se muestra en la figura 3.4, luego se energiza a voltaje constante. Cuando el clima se ha deteriorado de tal forma que pueda causar flameos, se reduce el voltaje momentaneamente para examinar los flameos que se presenten a un esfuerzo mínimo, este proceso se repite varias veces como ocurra el flameo. La secuencia de flameos hace posible establecer un coeficiente de mérito y usando la longitud de diferentes aisladores se - forma una base de datos estadísticos relativos a cada tipo de aislador, para indicar la frecuencia (probabilidad) de - flameo de cada tipo dado como función del esfuerzo de operación, para usar esta técnica se requiere una planta de alto voltaje (80 kilovolts es un voltaje adecuado) para flamear a varios aisladores al mismo tiempo.

3.4 Técnicas de prueba de laboratorio para aisladores contaminados artificialmente.

A nivel internacional se utilizan diferentes métodos de laboratorio los cuales tienen por objeto simular las condiciones que se presentan en el campo y que determinan el comportamiento de los aisladores. El tipo de contaminante y la presencia de humedad entre otros parámetros meteorológicos, determinan la falla en un aislador, considerando lo anterior las pruebas de laboratorio toman como base dichos parámetros (6).

Todas las pruebas que se realizan con los distintos métodos tienen en común que se realizan dentro de una cámara - en la cual se coloca la muestra, luego se alimenta con una tensión de prueba. Todas las pruebas se realizan a una tensión constante excepto las pruebas efectuadas con el método de niebla equivalente Japonés, el cual contempla un incremento rápido de la tensión.

Los métodos de laboratorio se han clasificado en dos grupos que son:

- 1) El aislador es sometido a una determinada condición ambiental llamándose "Método de Niebla Salina".
- 2) El aislador se cubre con una capa contaminante y en estas condiciones se coloca en la cámara donde también se le aplica la niebla.

(6) Problemas de contaminación en las líneas y subestaciones en la República Mexicana.

Juan Pérez S. - Rodríguez P. Ma. (GPTT, CFE)

Las formas de producir la niebla son:

- a) Utilizando boquillas pulverizantes ya sea con agua fría o caliente.
- b) Por evaporación de agua calentada.
- c) Por proyección de vapor a alta presión metiéndola a la cámara de prueba por aberturas reguladas.

Algunos de los métodos de laboratorio son: método de niebla salina, método de niebla equivalente Japonés, método de Kieselguhr, método de niebla de vapor, método de contaminante húmedo y método de niebla limpia entre otros. En México se tienen laboratorios acondicionados para aplicar los métodos de niebla salina y niebla limpia. Considerando la similitud de los métodos de laboratorio en varios aspectos de la prueba, sólo se describen los métodos de niebla salina, niebla equivalente Japonés y de Kieselguhr.

Método de Niebla Salina.

Este método consiste en colocar a los aisladores de prueba en una cámara hermética y producir la niebla salina. La niebla se proyecta de ambos lados del aislador para producir torbellinos y poder precipitar la humedad en las partes menos accesibles, en este caso se sale de las condiciones naturales dado que el viento sopla de una misma dirección a un mismo tiempo, sin embargo, la cantidad de distribución de agua no afecta a la conductividad a condición de que toda la sal esté disuelta.

El voltaje de prueba que se aplica es constante desde el inicio de la prueba hasta que la niebla salina es uniforme y el valor de éste debe ser de 90% del voltaje estimado

de flameo. El aislador se mantiene energizado durante 20 minutos y luego se incrementa en un 2% cada 5 minutos hasta que ocurra el flameo. Dado el primer flameo se reenergiza nuevamente al aislador dentro de un minuto de tiempo, y cada 5 minutos se vuelve a incrementar el voltaje en un 2% hasta que ocurra nuevamente el flameo. El procedimiento se repite hasta que se tengan varios valores, el promedio de todos los valores obtenidos en cada prueba posterior al primero será el "voltaje de flameo". La prueba se extiende hasta una hora de duración.

El método no intenta cubrir la superficie del aislador uniformemente, pero el ambiente que lo rodea está destinado a depositar agua salada de la misma manera que sucedería con una humidificación con niebla natural (7). A diferencia de los demás métodos éste utiliza únicamente agua con sal como contaminante, es decir, no considera materiales insolubles adicionales.

Método de Niebla Equivalente Japonés.

El aislador se cubre con una capa de contaminación determinada la cual incluye material insoluble, la depositación del contaminante y del agua son aplicados en un mismo proceso antes de la energización. Para formar la capa se emplea cloruro de sodio (sal) en una cantidad que va de 0.01 a 0.05 mg/cm² según la severidad seleccionada y 40 gramos de tonoko en suspensión (material insoluble) por litro de agua.

La aplicación se efectúa por medio de pulverizaciones o sumergiendo al aislador en el contaminante, no se agrega hu-

(7) Working group 04 of study committee No. 33, CIGRE.

medad posteriormente.

El voltaje de prueba se aplica entre tres y cinco minutos después de haberse depositado la capa de contaminación, incrementándose constante y a razón de 10 kV/s máximo hasta alcanzar el flameo. El voltaje de flameo se promedia con diez o más valores obtenidos.

Método de Kieselguhr.

El aislador se cubre con una capa contaminante la cual contiene 100 gr. de sal en suspensión y 10 gr. de aerosil como material insoluble mezclado en un litro de agua, se aplica en forma de pulverizaciones, luego se coloca en la cámara de prueba y se comienza la humidificación aplicándose también el voltaje de prueba.

La humidificación toma de 15 a 20 minutos para alcanzar la máxima conductividad después de que se ha aplicado el voltaje, la niebla debe continuar produciéndose durante la prueba pero la depositación de rocío debe ser tal que no ocurran goteos ni escurrimientos. Como la niebla empleada es caliente el aislador también se calienta, pero no deberá pasar de los cuarenta grados de temperatura.

Para generar la niebla se utiliza agua vaporizada y se aplica mediante equipo automatizado, aunque también se puede hacerlo manualmente. El voltaje aplicado de prueba debe ser constante mientras se alcanza la conductividad máxima la duración de la prueba es de 15 minutos y se pueden realizar hasta 5 pruebas con la misma capa de contaminación. Al igual que las demás pruebas de otros métodos se requiere tomar varios valores y promediarlos para obtener así el voltaje de flameo.

C A P Í T U L O I V

Tablas, gráficas y perfiles de diseño

4.1 Tablas de aisladores de suspensión y alfiler.

En relación a los criterios de diseño que se manejan cabe mencionar que, dado que el proceso natural de acumulación del contaminante que se da en las mesetas es paulatinamente creciente en el tiempo, en las llanuras costeras la acumulación es inestable en corto plazo, esto es, que se puede alcanzar el máximo valor de contaminación en unas cuantas horas. Como consecuencia de esto y dado que la acumulación del contaminante es diferente también el procedimiento de diseño puede serlo. Consecuentemente en el caso de las llanuras costeras, se deberá diseñar con el método estadístico puesto que no debe de excederse de un valor determinado de nivel de contaminación en cualquier periodo de tiempo y a la inestabilidad en el corto plazo que presenta.

Para el caso de la meseta deberá diseñarse con el método dinámico, puesto que se conocen con gran certeza los valores de nivel de contaminación en diferentes periodos de tiempo.

La información necesaria para diseñar utilizando este método deberá recabarse haciendo uso de los siguientes elementos como son: tablas que contienen las características de aisladores tipo suspensión y alfiler, gráficas de voltaje de aguante, cartas de nivel de contaminación, perfiles de diseño y por último verificar que se cumpla con los niveles de aislamiento normalizados de acuerdo a las normas de la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC) y de las especificaciones de la Comisión Federal de Electricidad. Se permite

también el uso de los factores de corrección por altitud si fuese necesario.

Las tablas 4.2 y 4.3 muestran las características de los diferentes tipos de aisladores de suspensión y de alfiler como son: su resistencia electromecánica, la altura, distancia de fuga, diámetro y catálogo del cual se puede seleccionar, cada uno se ha identificado con una letra del alfabeto para así también poder relacionarlo con su curva característica de voltaje de aguante. En el caso de aisladores tipo alfiler también proporciona el voltaje nominal.

En la tabla 4.4 se pueden ver los niveles de aislamiento para algunas tensiones de mayor uso, así como el número de aisladores estandar (254 X 146 mm) necesarios para cubrir dichos niveles de aislamiento. Para tensiones no consideradas dentro de la tabla el nivel de aislamiento se puede obtener haciendo uso de la relación:

$$NBAI = 0.961 Vcf$$

Donde:

NBAI = Nivel básico de aislamiento al impulso

Vcf. = Voltaje crítico de flameo del aislador

En la tabla 4.5 se da el factor de corrección por altitud mayor a 1000 metros del nivel de aislamiento externo de los aparatos, de acuerdo a las normas USAS C57.

Aislador	Resistencia electro-mecánica (Kg)	Catálogo	Altura (mm)	Distancia de fuga (mm)	Diámetro (mm)
A	50000	CA-640	146	335	381
B	36000	CA-635	146	335	381
C	25000	CA-625	146	340	381
D	18000	CA-615	146	349	381
E	50000	CA-645	156	368	425
F	36000	CA-637	146	368	425
G	8200/12000	CA-501	146	292	254
H	12000/16500	CA-825	146	430	254
I	16500/18200	CA-531	146	315	254
J	16500/18200	CA-837	160	470	290
K	21000	CA-589	170	370	280
L	21000	CA-845	170	550	320
M	33000	CA-590	195	460	320
N	33000	CA-855	195	690	400
O	42000	CA-592	220	575	360
P	54000	CA-594	250	720	420

Tabla 4.2 Características de los aisladores de suspensión NGK

Aislador	Tensión nominal (kV)	Resistencia mecánica (Kg)	Altura (mm)	Distancia de fuga (mm)	Diámetro (mm)	Marca	Catálogo
Q	13.2	1361	111	230	140	IUSA	P-2849
R	13.2	1361	124	305	178	IUSA	P-2851
S	23	1134	147	331	190	IUSA	P-3000
T	23	1361	166	432	229	IUSA	P-3300
U	34.5	1361	190	534	267	IUSA	P-4800
V	13.2	1270	280	483	160	NGK	D-139156
W	13.2	1361	157	419	178	NGK	HRAP-15029
X	22	1270	336	534	170	NGK	DA-69001C
Y	34.5	1270	432	953	190	NGK	DAB9001C

Tabla 4.3.- Características de los aisladores de alfiler IUSA y NGK

Tensión Nominal (kV)	NBAI Recomendado	Número de aisladores estándar de 254 X 146 mm			
		Metros sobre el nivel del mar			
		0-500	501-1500	1501-2500	2501-3200
69	350	4	5	5	6
123	550	7	8	9	10
145	650	8	10	12	13
170	750	9	11	14	15
245	1050	11	12	14	15
362	1300	18	20	24	25
420	1425	18	21	24	26

Tabla 4.4.- Niveles de aislamiento

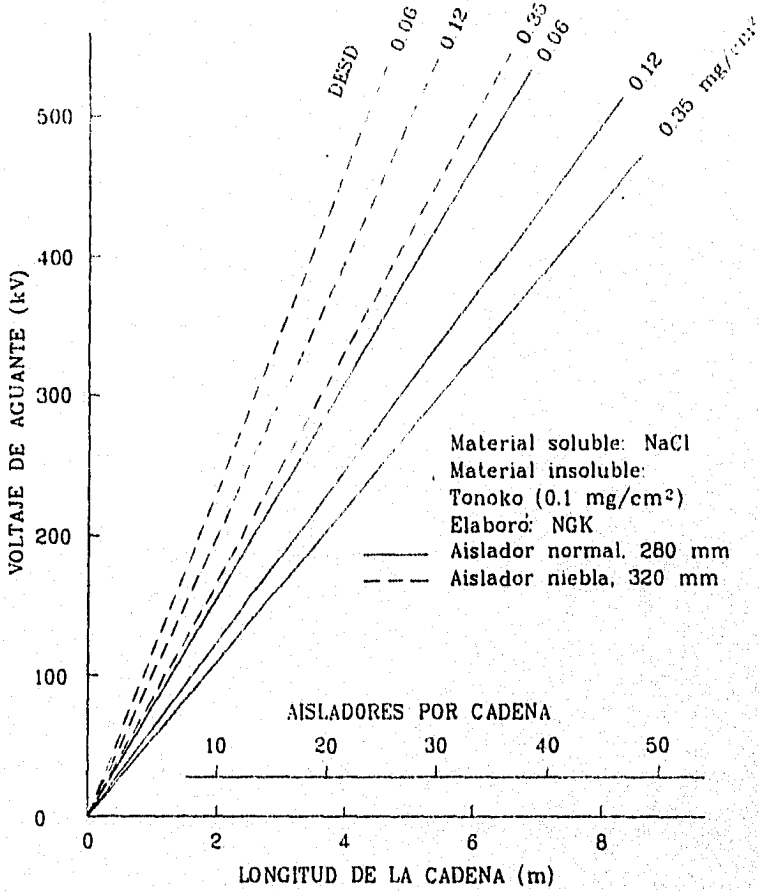
Altitud (m)	Factor de corrección del Nivel de aislamiento
1000	1.00
1200	0.98
1500	0.95
1800	0.92
2100	0.89
2400	0.86
2700	0.83
3000	0.80
3600	0.75
4200	0.70
4500	0.67

Tabla 4.5.- Corrección del nivel de aislamiento externo de los aparatos para altitudes mayores a 1000 m.

4.2 Gráficas de: a) Voltaje de Aguante b) Factores de corrección

a) Los estudios que realizó el Instituto de Investigaciones Eléctricas sobre niveles de contaminación en diversos puntos de la República Mexicana, permitieron graficar la relación que existe entre el voltaje de aguante y el nivel de contaminación que se acumula sobre su superficie. Las gráficas representan el comportamiento del aislador bajo determinado valor de contaminante, cada curva es característica para uno, dos o más aisladores, las cuales se identifican con la misma letra que se le asignó al aislador, ver gráficas 4.2 a 4.6 elaboradas por NGK y por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

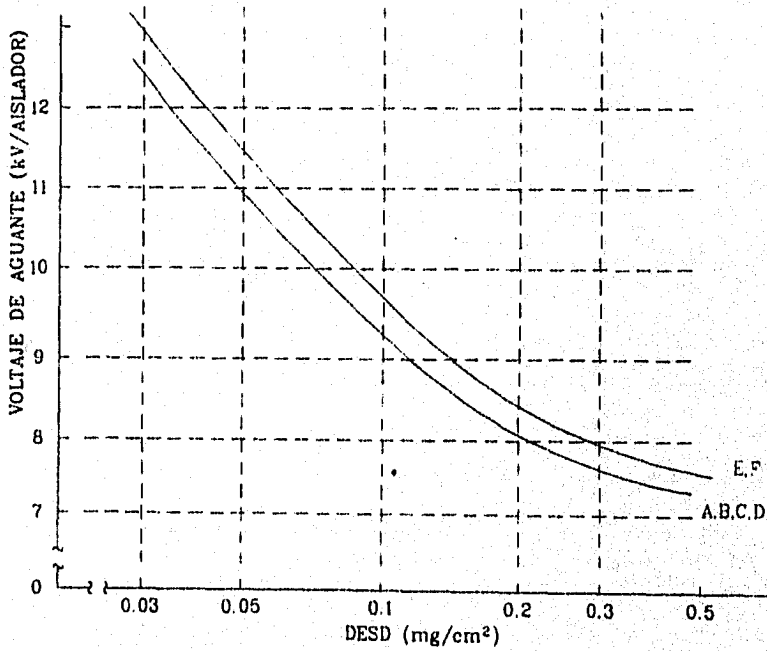
b) Debido a que las sales que conforman la contaminación depositada sobre la superficie de los aisladores no son proporcionales, así como tampoco la distribución superficial del contaminante es uniforme, se requiere de la aplicación de factores de corrección, lo mismo sucede con la densidad de materiales insolubles. Estos materiales al absorber agua se comportan como conductores y por ello requieren de un factor de corrección. Los factores de corrección sólo se recomiendan cuando el diseño del dimensionamiento del aislador es para voltajes de operación mayores a 115 kV, puesto que para voltajes menores el diseño que se obtiene sin aplicar dichos factores, soporta condiciones más críticas de operación, ver gráficas 4.11 a 4.13



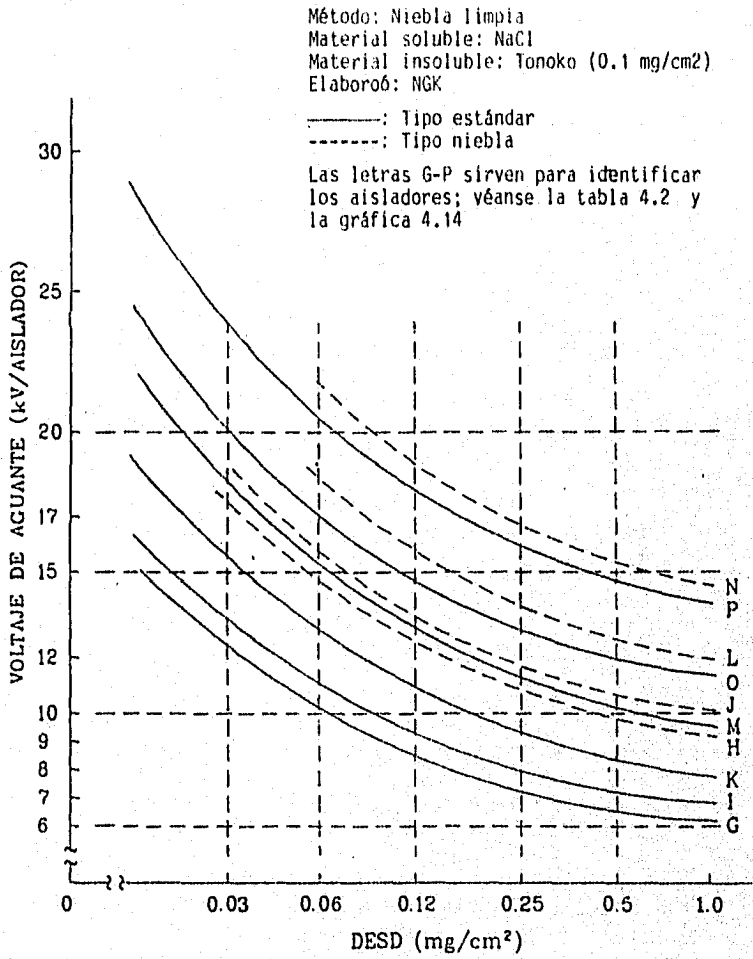
Gráfica 4.1.- Relación entre el voltaje de aguante y la longitud de la cadena.

Método: Niebla limpia
Material soluble: NaCl
Material insoluble: Tonoko (0.1 mg/cm²)
Elaboró: NGK

Las letras A-F sirven para identificar los aisladores; véanse la tabla 4.2 y la gráfica 4.14



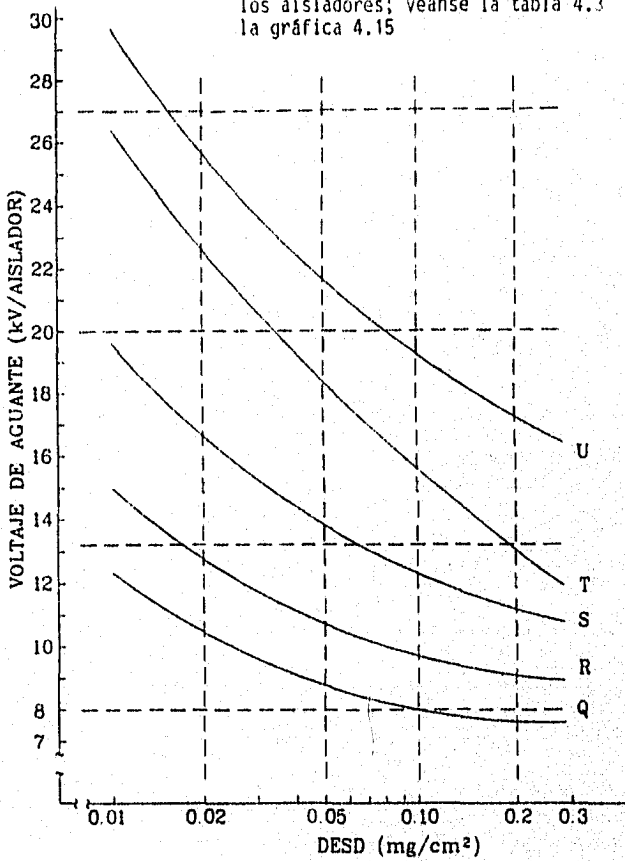
Gráfica 4.2.- Comportamiento de aisladores de suspensión aerodinámicos NGK



Gráfica 4.3.- Comportamiento de aisladores de suspensión estándar y niebla NGK.

Método: Niebla equivalente
 Material soluble: NaCl
 Material insoluble: Caolín (0.1 mg/cm²)
 Elaborón: IIE (1989)

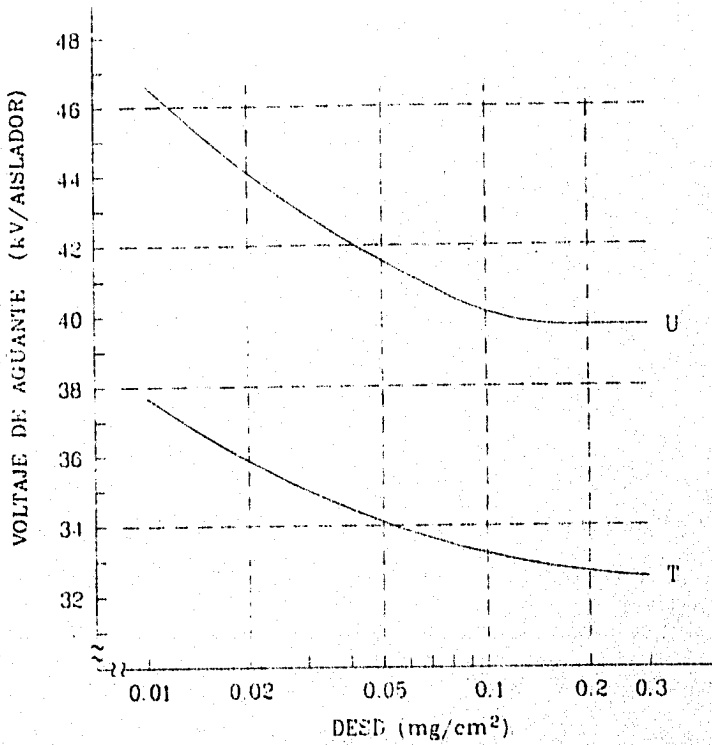
Las letras Q-U sirven para identificar los aisladores; véanse la tabla 4.3 y la gráfica 4.15



Gráfica 4.4.- Comportamiento de aisladores de alfiler IUSA para 13.8, 23, y 34.5 kV.

Método: Niebla equivalente
Material soluble: Yeso ($\text{CaSO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
Material insoluble: Caolín (0.1 mg/cm^2)
Elaboró: IIE (1989)

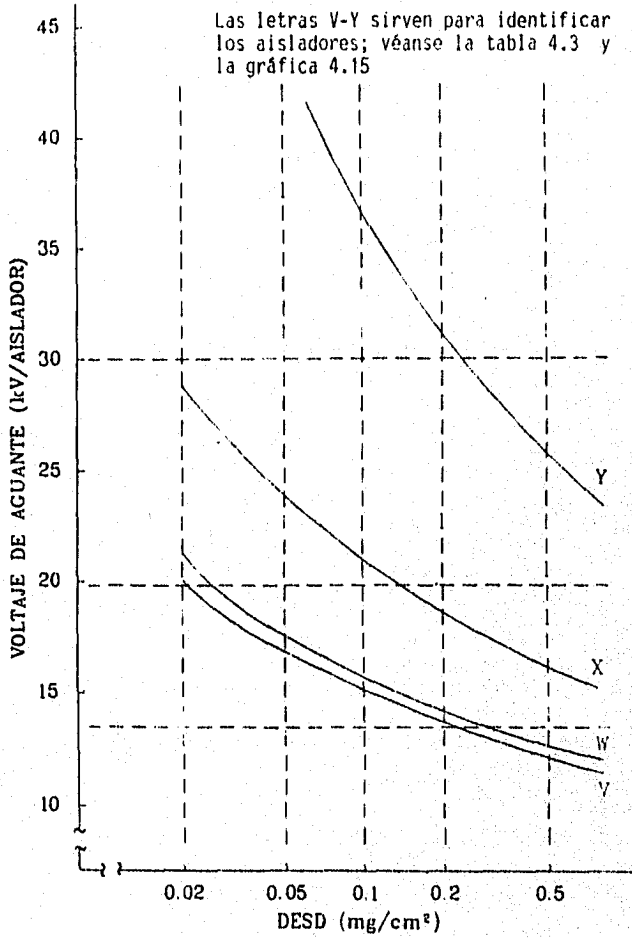
Las letras T y U sirven para identificar los aisladores, véanse la tabla 4.3 y la gráfica 4.15



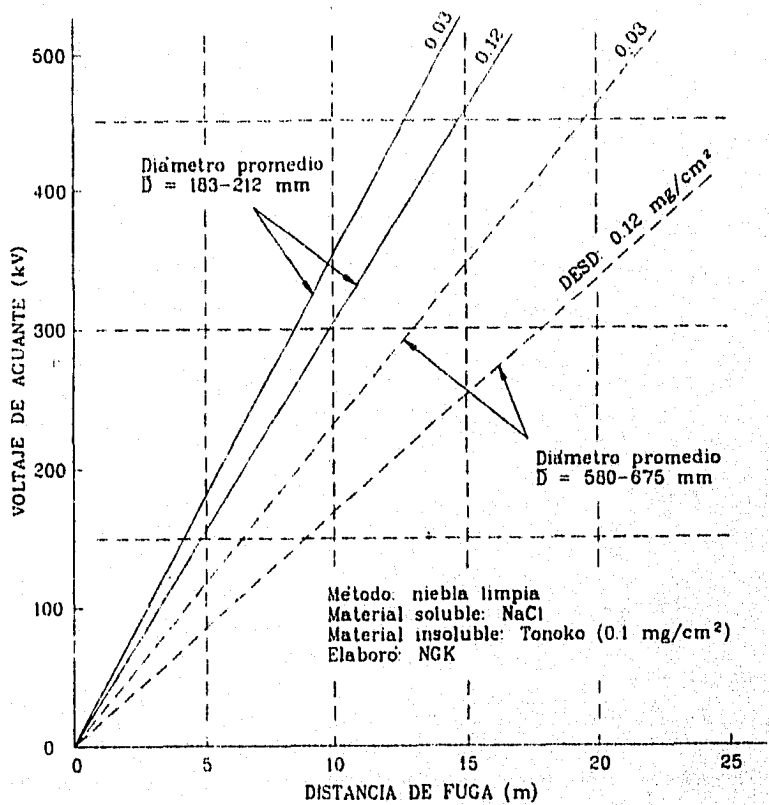
Gráfica 4.5.- Comportamiento de aisladores de alfiler IUSA contaminados con yeso.

Método: Niebla limpia
 Material soluble: NaCl
 Material insoluble: Tonoko (0.1 mg/cm²)
 Elaboró: NGK

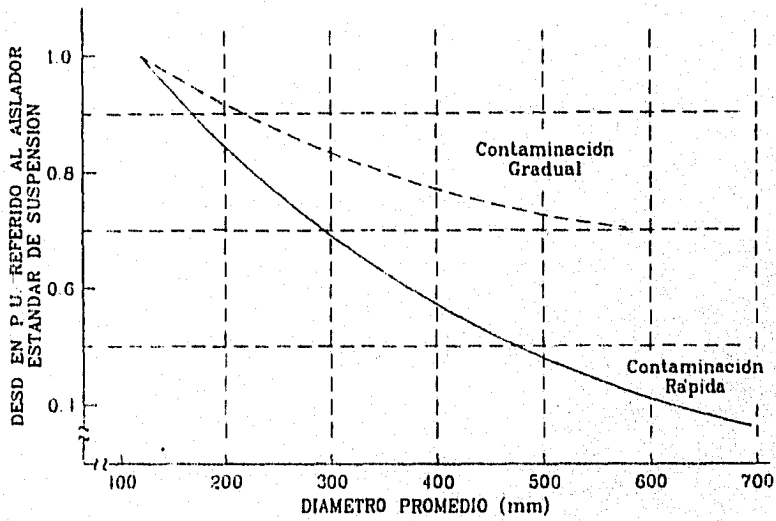
Las letras V-Y sirven para identificar los aisladores; véanse la tabla 4.3 y la gráfica 4.15



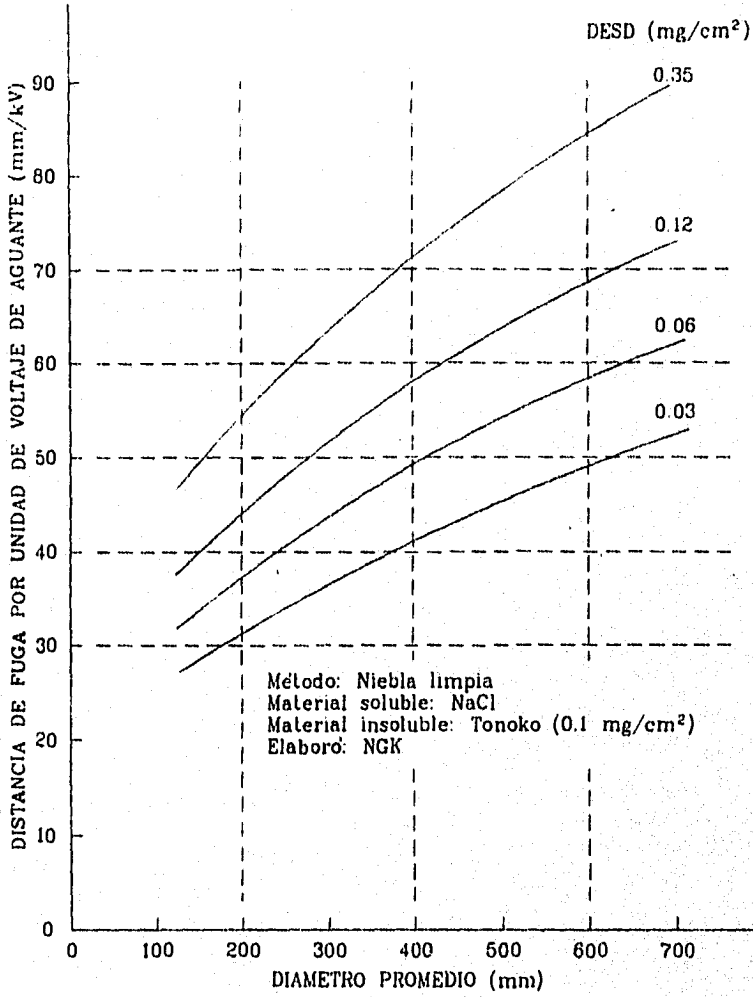
Gráfica 4.6.- Comportamiento de aisladores de alfiler NGK para 13.8, 23 y 34.5 kV.



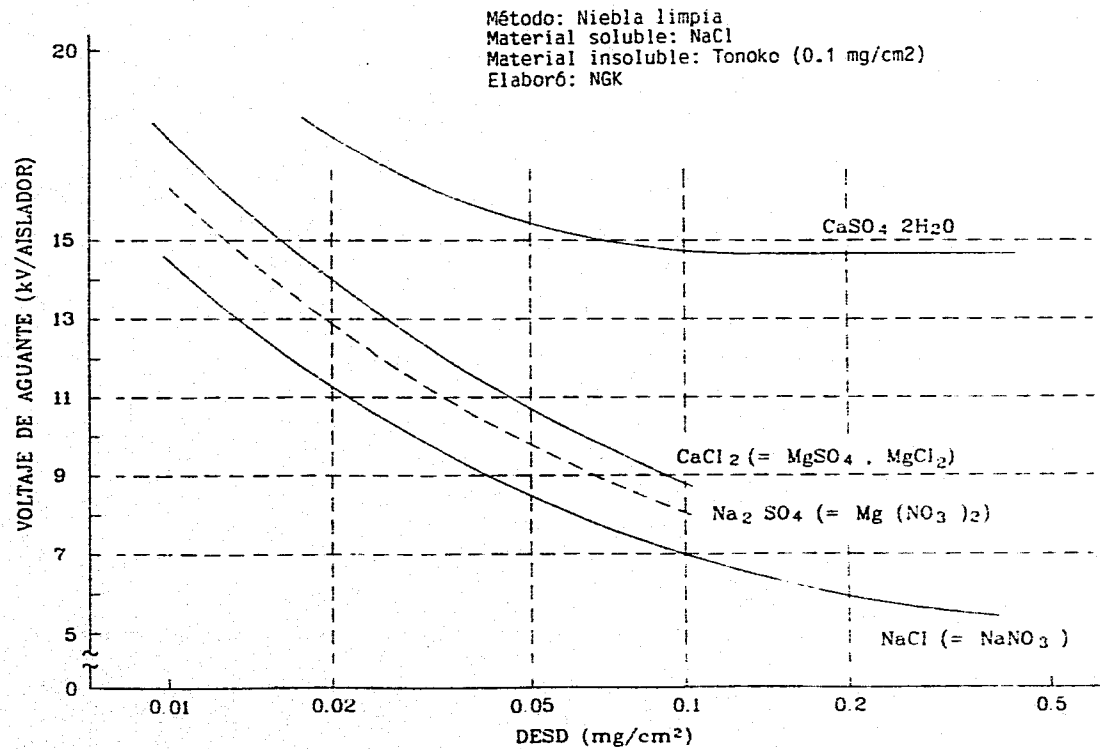
Gráfica 4.7.- Relación entre el voltaje de aguante y la distancia de fuga en aisladores para subestación sólidos y huecos.



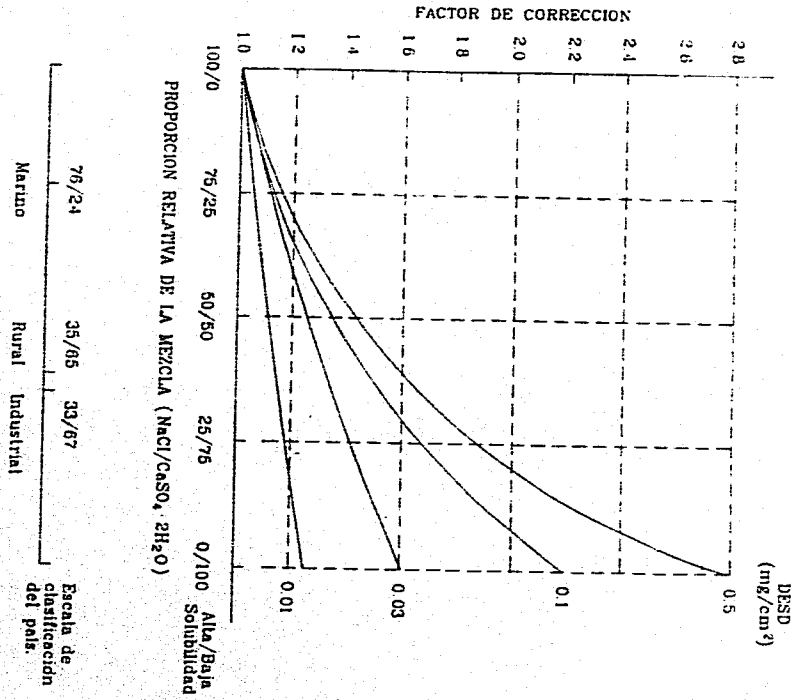
Gráfica 4.8.- Relación entre el diámetro promedio de aisladores cilíndricos y el DESD. bajo contaminación natural.



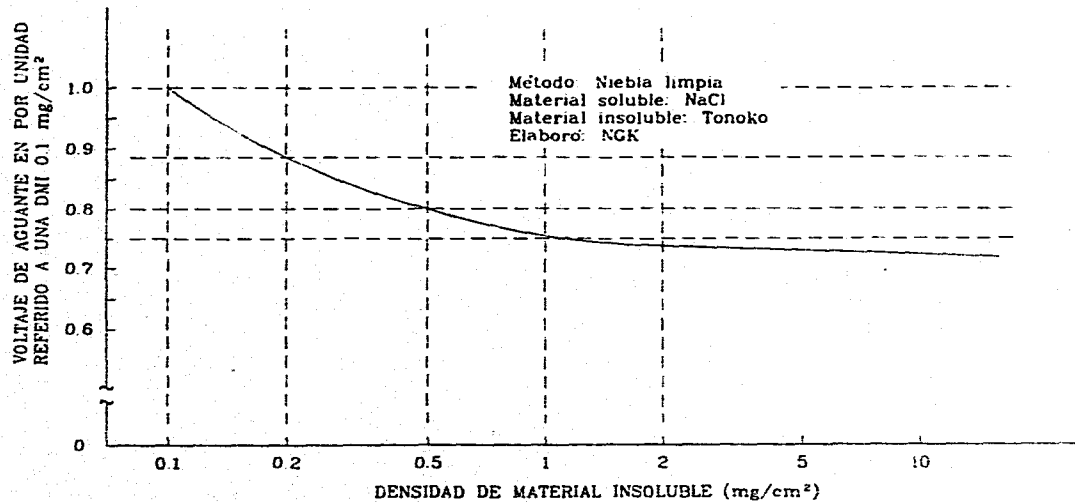
Gráfica 4.9.- Comportamiento de aisladores NGK para subestación



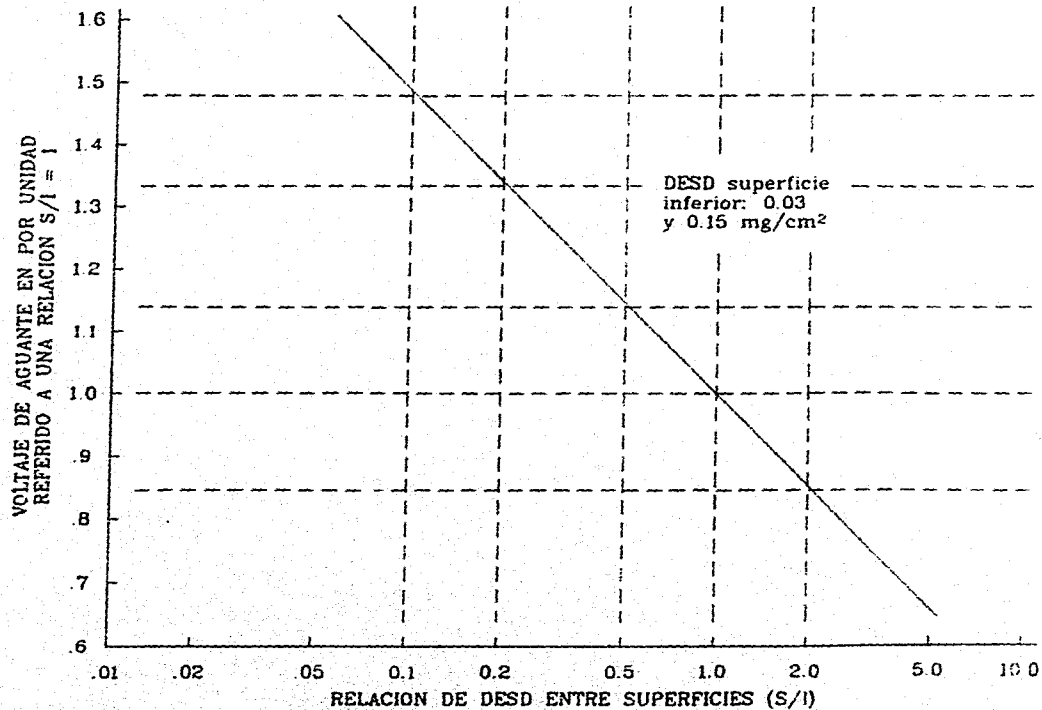
Gráfica 4.10.- Efecto del tipo de sal en el voltaje de aguante.



Gráfica 4.11.- Factor de corrección por proporción de sales a diferentes niveles de contaminación.



Gráfica 4.12.- Factor de corrección por densidad de material insoluble.



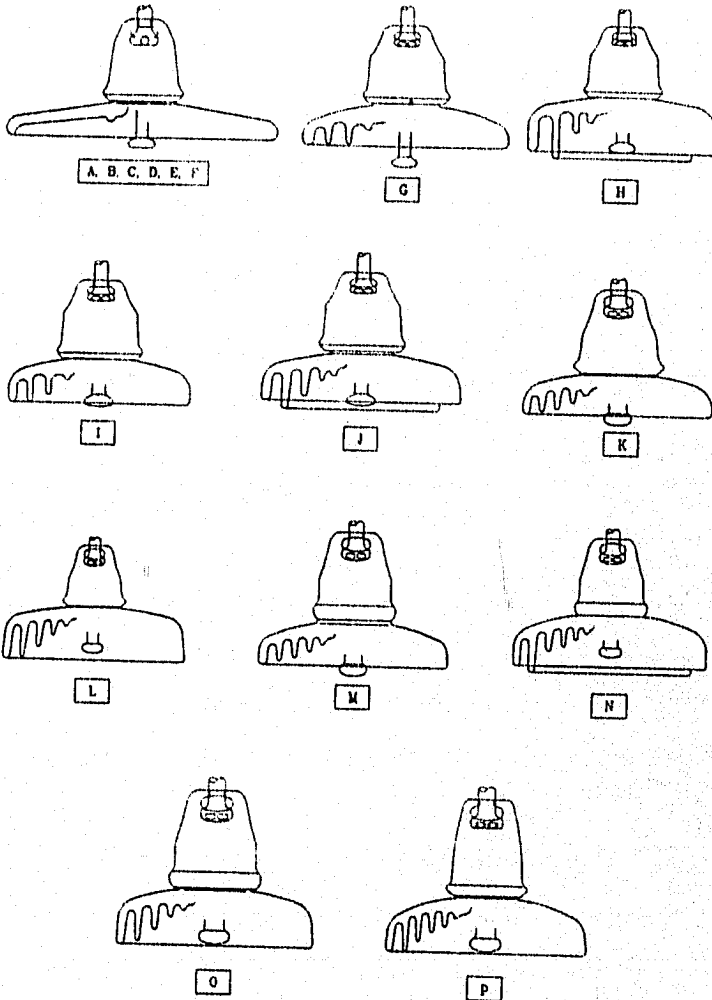
Gráfica 4.13.- Factor de corrección por distribución superficial del contaminante.

4.3 Perfiles de aisladores y ecuaciones para el cálculo del diámetro promedio de aisladores para subestación.

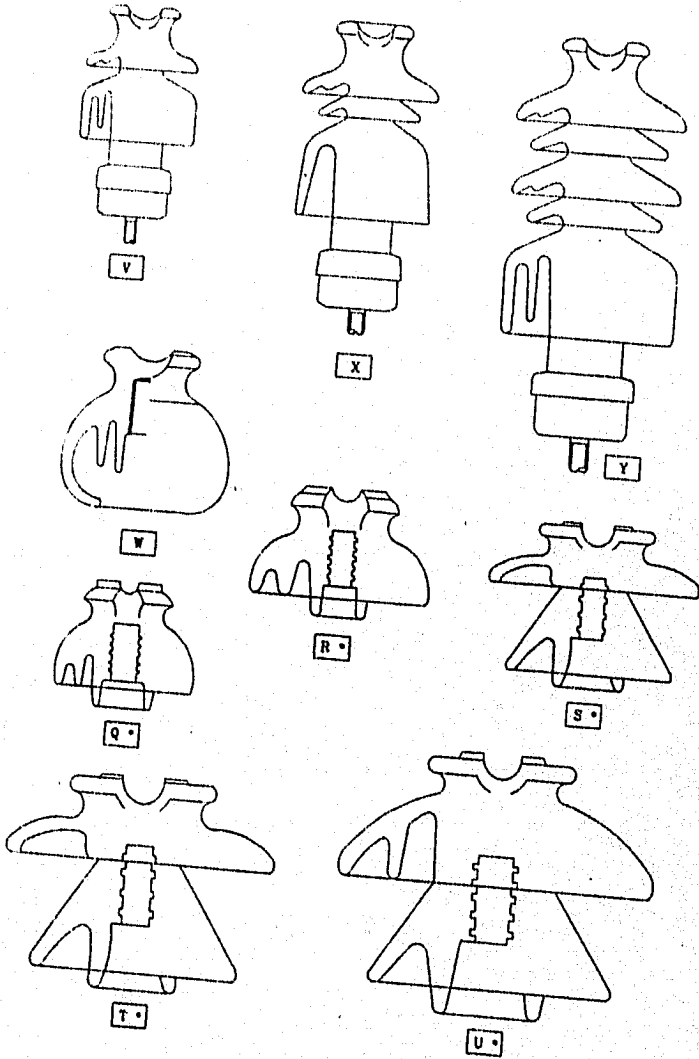
Para dimensionar un aislador para que opere en ambientes contaminados, es necesario conocer el nivel y tipo de contaminante, así como la tensión de servicio, el siguiente paso consiste en seleccionar el tipo y forma del aislador que nos garantice mínima falla por efecto de la contaminación. Se pueden utilizar distintos tipos y formas de aisladores para cubrir la distancia de fuga y la de aire según sea el nivel de contaminación, dado que se presentan diferentes contaminantes y distintos niveles, también se tienen aisladores apropiados para estas condiciones, con los cuales se pueden formar cadenas que cubran la distancia de aislamiento requerida. De esta forma se tiene la posibilidad de recurrir a varias opciones y alternativas para cualquier caso que se presente de aislamiento externo.

El tipo de aisladores que se muestran tanto para líneas eléctricas como para subestación, han sido elegidos por el Instituto de Investigaciones Eléctricas para probarlos tanto en campo como en laboratorio y ha graficado su comportamiento ante diferentes condiciones severas de contaminación. Dichas gráficas son las que se muestran en el punto 4.2.

En el caso de aisladores para subestación se da la fórmula para obtener el diámetro promedio, dado que con este dato se entra a la gráfica que nos relaciona el voltaje de aguante y la distancia de fuga en aisladores para subestación.



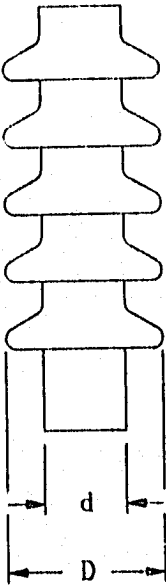
Gráfica 4.14.- Perfil de aisladores de suspensión NGK (sin escala)



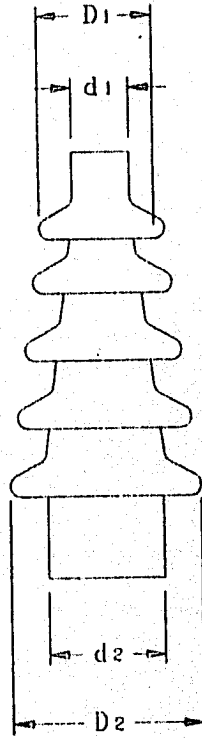
Gráfica 4.15.- Perfil de aisladores de alfiler IUSA y NGK (sin escala)

$$\bar{D} = \frac{(D_1 + D_2) + (d_1 + d_2)}{4}$$

$$\bar{D} = \frac{(D + d)}{2}$$



Perfil recto



Perfil cónico

Gráfica 4.16.- Perfiles y ecuaciones para el cálculo rápido del diámetro promedio en aisladores para subestación.

C A P I T U L O V

Diseño del aislamiento

5.1 Modelo de diseño contra contaminación.

Para conocer el aislamiento (distancia entre un conductor energizado y cualquier punto conectado a tierra) en función de la contaminación se necesita conocer la tensión nominal del sistema y el nivel de contaminación del sitio en el cual estará expuesta la instalación. La figura 5.1 muestra el modelo para calcular la distancia de aislamiento contra contaminación, el cual consta de siete etapas.

- 1) Caracterización de la zona donde estará la instalación, ver la tabla 5.2
- 2) Determinación del nivel de contaminación, tabla 5.3.
- 3) Identificación del tipo de contaminante, tabla 5.4.
- 4) Obtención del voltaje de flameo, tabla 5.5.
- 5) Uso de los factores de corrección cuando proceda, tabla 5.6.
- 6) Cálculo del voltaje del sistema para diseño por contaminación, tabla 5.7.
- 7) Obtención del aislamiento requerido contra contaminación tabla 5.8.

Al usar el modelo antes mencionado se hace necesario - cumplir con los tres puntos siguientes:

Primero.- De las tablas descriptivas del punto 5.2, una para cada etapa, seleccionar los datos que contienen - para el diseño, recomendaciones de tipo general y recomendaciones para cálculos.

Segundo.- Desarrollar las etapas del modelo de diseño usando los formatos 5.3 a, 5.3 b, y 5.3 c, con la secuen-

cia que se indica según el caso que se requiera.

Tercero.- Repetir el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta encontrar la distancia requerida. Esto permitirá evaluar y comparar varias soluciones (diversos tipos de aisladores, diferentes factores de seguridad, etc.).

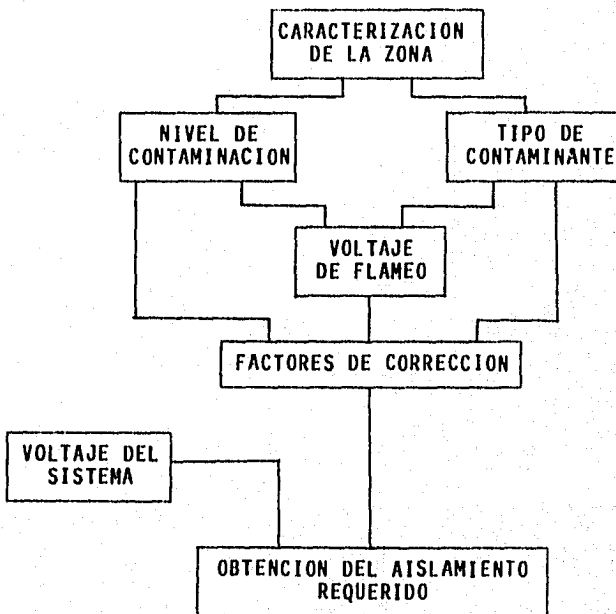


Figura 5.1.- Modelo para el cálculo de aislamiento contra contaminación.

5.2. Tablas descriptivas para cada etapa del modelo contra contaminación.

Con el fin de proporcionar la mayor información posible del sitio para el cual se diseña el aislamiento, se dispone de tablas descriptivas para cada etapa, en las cuales se tiene información general, definiciones de conceptos, recomendaciones generales sobre el diseño y la información para obtener los datos necesarios de cada etapa.

INFORMACION (véanse mapas, tablas y cartas del capítulo 2 y 4.

- 1.- Mapa de sitios de experimentación.- Muestra la localización de los sitios donde se midió la contaminación en país.
- 2.- Mapa climatología y topografía.- Muestra mesetas y llanuras.
- 3.- Cartas de caracterización de la contaminación.- Proporcionan niveles de DESD puntuales o por zona, en base a datos de campo.
- 4.- Mapa de regionalización de la República Mexicana.- Con datos reales de campo y medio ambiente, se generalizan los niveles de contaminación, dando así el Mapa de Contaminación del País.
- 5.- Organigrama.- Indica, para las diferentes regiones de contaminación, sus características climáticas y de contaminación.

DEFINICIONES:

- 1.- Contaminación Natural:
 - * Marina.- La que se obtiene por la cercanía al mar (llanura).
 - * Rural.- La que existe tierra adentro (mesetas).
- 2.- Contaminación Industrial.- La que genera cualquier tipo de actividad económica (chimenea, extracción, agricultura, etc.).

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- En las llanuras costeras del Golfo de México y el Mar Caribe el nivel de contaminación es alto, se alcanza en unas horas y se remueve fácilmente con la lluvia.
- 2.- En las zonas industriales el nivel de contaminación es alto, se alcanza en períodos medios y no se remueve fácilmente.
- 3.- En las mesetas, el nivel de contaminación esperado es bajo y se remueve fácilmente con la lluvia.
- 4.- Si la dirección de los vientos predominantes es de la fuente de contaminación hacia la instalación eléctrica, el nivel de contaminación esperado será alto y viceversa.
- 5.- Si entre una instalación y el mar se encuentra una montaña, el nivel de contaminación se reduce al nivel de la meseta.
- 6.- Evite cruzar zonas industriales y aléjese rápido del mar.

CARACTERIZACION DE LA ZONA:

- a).- Recorrer la zona por donde pasará (o estará) la instalación eléctrica e identificar tipos y fuentes contaminantes.
- b).- Trazar en el mapa de contaminación los extremos de la línea dividiéndola en tramos si cruza varias regiones.
- c).- Dividir cada tramo en tantos sectores como tipos de contaminantes se hayan detectado.
- d).- Seleccionar la carta de diseño adecuada a cada sector en la forma siguiente:
 - * Si tiene datos específicos, use carta genérica (2.1 a 2.8).
 - * Si la zona es muy parecida a cualquiera de los sitios estudiados, use la carta correspondiente.
- e).- Repita el cálculo tantas veces como sectores se tengan.

Tabla 5.2.- Caracterización de la zona.

INFORMACION (véanse las cartas 2.1 a 2.8 del capítulo 2):

- 1.- Organigrama.- Indica tanto la geografía y el clima, como las características del comportamiento de la contaminación.
- 2.- Histograma.- Muestra cómo varía la acumulación en el año.
- 3.- Gráfica.- Muestra la dinámica de acumulación en el tiempo.
- 4.- Tabla.- Proporciona los criterios de diseño y sus valores.

DEFINICIONES:

- 1.- Método estadístico.- Calcula la probabilidad de ocurrencia de todos los valores posibles de contaminación.
- 2.- Método dinámico.- Determina la probabilidad de ocurrencia de la contaminación a un período determinado.
- 3.- Intervalo de confianza.- Probabilidad de que ocurra un valor igual o menor al seleccionado.
- 4.- OESD.- Parámetro para medir la severidad de la contaminación.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Líneas de transmisión.- Preferentemente usar DESD al 99% del método estadístico, dado el difícil acceso para mantenimiento.
- 2.- Subestaciones.- El DESD se combina con el mantenimiento.
- 3.- Líneas de distribución.- Usar perfil adecuado para la zona.
- 4.- Si la zona a diseñar es idéntica a una estación de pruebas se recomienda usar la carta específica.

Contaminante	MARINO	RURAL	INDUSTRIAL
esperado	Alto	ligero-medio	alto excepcional
D E S D método	estadístico	dinámico	dinámico
valor de confianza	99%	99% si la línea es importante	99% si la zona es importante
relación sup/inferior	criterio crítico sup=inf	usar relación recomendada	usar relación recomendada
Tipo de aislador	niebla	estándar	gran distancia de fuga
Variación estacional	sólo muestra la época crítica	no influye	define la época de mantenimiento
Período de exposición	sólo muestra el valor máximo	define la época de mantenimiento	define la época de mantenimiento
Posición de la cadena	vertical o diagonal	vertical	diagonal o horizontal

Tabla 5.3.- Nivel de Contaminación.

INFORMACION (véase la tabla 2.1):

- 1.- Definición de los tipos de contaminantes.- Describe las características y la fuente emisora que permitió clasificar a los contaminantes de la República Mexicana.
- 2.- Clasificación de sales.- Muestra los tipos de sales identificados en diversos sitios del país, agrupados en función de su solubilidad (Alta y Baja).
- 3.- Solubilidad de la muestra.- Indica, para los contaminantes típicos - del país, el porcentaje de solubilidad.
- 4.- Densidad de insolubles.- Indica la densidad de insolubles de los - contaminantes típicos del país, en mg/cm².

DEFINICIONES:

- 1.- Materia Soluble.- Es la parte del contaminante que permite la conducción eléctrica entre fase y tierra, y es la que se correlaciona directamente con la DESD.
- 2.- Materia Insoluble.- Es la parte no conductora del contaminante, pero influye en el voltaje de flameo de los aisladores, debido a su capacidad para retener agua.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Si la zona donde diseñará la instalación es similar o idéntica a una estación de pruebas, no use los datos genéricos sino los específicos.
- 2.- Si existen líneas cercanas a la que se desea diseñar, puede conocer el contaminante típico de la zona usando el procedimiento indicado.
- 3.- En los sitios expuestos 100% a la contaminación marina (cloruro de sodio), no usar factores de corrección por porcentaje de solubilidad - (100%) y densidad de insolubles (0.1 mg/cm²).

OBTENCION DE DATOS:

- a).- Defina el tipo de contaminante que predomina en la zona que va a diseñar.
- b).- Usar los datos indicados en la tabla, como factores de corrección.

Tabla 5.4.- Tipo de Contaminante.

INFORMACION (véase gráficas y tablas del capítulo 4):

- 1.- Gráficas.- Muestran el voltaje de aguante en función del DESD usando: cloruro de sodio, contaminación uniforme y 0.1 mg/cm² de material insoluble. Existe información para aisladores suspensión (estándar, niebla y aerodinámico), alfiler (estándar, niebla y gran distancia de fuga) y subestación (perfil cónico y recto).
- 2.- Perfiles.- Muestran los perfiles de aisladores tipo suspensión y alfiler.
- 3.- Tablas.- Muestran las características mecánicas de los aisladores - tipo suspensión y alfiler.

DEFINICIONES:

- 1.- Voltaje de aguante (withstand voltage).- Voltaje con una probabilidad de flameo del 10%.
- 2.- Diámetro promedio.- Diámetro equivalente al de un cilindro.
- 3.- DESD (Densidad Equivalente de Sal Depositada).- Parámetro que mide la severidad de la contaminación, el cual proporciona la misma conductividad que si cloruro de sodio (NaCl) se depositara en la superficie del aislador por unidad de superficie.
- 4.- Distancia de fuga.- Distancia entre partes metálicas siguiendo el contorno del aislador.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Los valores de la DESD se grafican en escala logarítmica, mientras que los de voltaje de aguante están en escala lineal.
- 2.- El perfil del aislador está ligado al tipo de contaminante:
 - *Líneas de transmisión:
 - +Aislador tipo estándar en contaminación rural.
 - +Aislador tipo niebla en contaminación marina e industrial.
 - *Líneas de distribución:
 - +Aislador alfiler en contaminación rural.
 - +Aislador pin-post en contaminación marina e industrial.
- 3.- Se recomienda usar en diseño el valor de DESD del aislador tipo estándar, dado que es normalmente mayor. Esto equivale a un pequeño factor de seguridad.
- 4.- Los aisladores de transmisión, estándar y aerodinámicos, se intercalan en la cadena en zonas con nieve, con objeto de alargar la distancia entre los extremos de los faldones.

OBTENCION DEL VOLTAJE DE FLAMEO:

- 1.- En el caso de líneas (transmisión y distribución), entre en la curva con la DESD de diseño y lea los kV de aguante correspondientes a la curva del aislador seleccionado.
- 2.- En el caso de subestaciones, primero calcule el diámetro promedio y después, con éste, obtenga los milímetros de distancia de fuga por kV - de aguante para el DESD de diseño.

Tabla 5.5.- Voltaje de flameo.

INFORMACION (véase las gráficas del capítulo 4):

- 1.- Tipo de sal.- Muestra la variación del voltaje de aguante en función del tipo de sal.
- 2.- Proporción de sal.- Indica el factor de corrección en función de la proporción de sales en el contaminante (alta vs. baja solubilidad).
- 3.- Materia insoluble.- Indica el factor de corrección en función de la densidad de material insoluble en el contaminante.
- 4.- Distribución superficial.- Indica el factor de corrección en función de la distribución superficial del contaminante (superior vs. inferior).

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Para voltajes menores de 115 kV no usar factores de corrección. Esto equivale a considerar las condiciones más críticas.
- 2.- Para voltajes entre 115 kV y 230 kV, calcular el nivel de aislamiento con y sin factores de corrección. Si la distancia en aire obtenida - sin factores de corrección cabe en la ventana de la torre, equivale a un diseño más conservador.
- 3.- Para voltajes mayores de 230 kV se recomienda usar los factores de corrección para optimizar el diseño.
- 4.- Las condiciones más críticas de diseño son:
 - * 100% cloruro de sodio.
 - * Contaminación uniforme.
 - * Alta densidad de insolubles (0.1 mg/cm²)

APLICACION DE FACTORES:

- a).- Multiplicar el voltaje aguatable de diseño por cada uno de los factores de corrección seleccionados.
- b).- El resultado final es el voltaje de aguante corregido.

Tabla 5.6.- Factores de Corrección.

DEFINICIONES:

- 1.- Voltaje Nominal.- Tensión eficaz entre fases a la frecuencia nominal del sistema.
- 2.- Voltaje Corregido.- Tensión entre fases para diseño contra contaminación.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Es práctica común usar como factor de corrección por sobretensiones a frecuencia nominal: (a) 5-10% en líneas de alto voltaje y (b) 10-20% en líneas de extra y ultra alto voltaje.
- 2.- Es práctica común usar el factor de corrección del 20%, por el número de aisladores colocados en paralelo (recuérdese que el voltaje de flameo que se obtiene en laboratorio se realiza en un solo aislador evento independiente-, y no para varios en paralelo, como es el caso en el campo). El factor se usa tanto en líneas como en subestaciones.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO:

- a).- Obtenga el voltaje de diseño dividiendo el voltaje nominal entre 1.732 (es decir $\sqrt{3}$).
- b).- Defina el factor de corrección para obtener el voltaje máximo de diseño.

Tabla 5.7.- Voltaje de Diseño

INFORMACION:

1.- Características mecánicas de los aisladores.- Se proporciona para los aisladores tipo suspensión y alfiler: resistencia electromecánica (kg), altura (mm), distancia de fuga (mm), diámetro (mm), número de catálogo y marca (IUSA o NGK).

DEFINICION:

1.- Paso del aislador.- Altura del aislador tipo suspensión.

RECOMENDACIONES GENERALES:

- 1.- Líneas de transmisión.- Calcular la distancia en aire para varios aisladores del mismo tipo, con objeto de contar con varias alternativas de diseño y seleccionar la más adecuada.
- 2.- Subestaciones.- Una vez obtenida la distancia requerida por contaminación, puede combinarse, de ser necesario, diseño con mantenimiento.
- 3.- Líneas de distribución.- En este caso, cuando se selecciona un aislador, no existen posibilidades de incrementar la distancia de fuga. En consecuencia, un factor de seguridad conservador por posibles incrementos de contaminación en el futuro, es seleccionar el "siguiente aislador" en orden de mérito (de mayor distancia de fuga e idéntico perfil).

Tabla 5.8.- Obtención del aislamiento requerido.

5.3 Diseño contra contaminación para:

- a) Líneas de transmisión
- b) Líneas de distribución
- c) Subestaciones

Los formatos 5.3 a, 5.3 b y 5.3 c, indican el procedimiento a seguir para obtener el diseño del dimensionamiento de aisladores para líneas eléctricas expuestas en ambientes contaminados.

Cada formato debe de aplicarse según el caso, ya sea - que se requiera un aislador para líneas de transmisión, distribución o para subestación.

Para proceder a desarrollar cada etapa es necesario seleccionar los datos para el diseño, las recomendaciones para cálculos y recomendaciones de tipo general, que se plantean en el punto 5.2 (Descripción de etapas a desarrollar).

Al final de cada formato se presenta en resumen la información recabada en el procedimiento de diseño del aislamiento.

FORMATO J.3.a

Etapa	Descripción	Véase:	Valores de Diseño y Cálculos		
Caracterización de la Zona	a	Loc. Geográfica	Mapa 2.4	Número de Tramos: _____	
	b	Act. Erodónicas	Tabla 2.1	Número de Sectores: _____	
Nivel de Contaminación	c	DESD.	Cartas 2.1 a 2.8	_____ $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	
	d	S / I		Relación:	
	e	Tipo Aislador		Nombre:	
Tipo de Contaminante	f	Contaminante	Tabla 2.1	Tipo:	
	g	Solubilidad		% Alta	% Baja
	h	Insolubles		_____ $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	
Voltaje de Flanco	i	Selecc. Aislador	Graf. 4.14	Letra (e):	
	j	Volt. Aguantable	Graf. 4.2-4.3	_____ $\text{kV}/\text{m}(e,i)$	
Factores de Corrección	k	Insolubles	Graf. 4.12	EC(h): _____ $\text{kV}/\text{m}(e \text{ por } j)$	
	m	Solubilidad	Graf. 4.11	EC(g,e): _____ $\text{kV}/\text{m}(e \text{ por } k)$	
	n	Superficies	Graf. 4.13	EC(d): _____ $\text{kV}/\text{m}(e \text{ por } m)$	
Voltaje de Diseño	p	Voltaje Diseño	Tabla 3.7	$\text{Volts}/\sqrt{3}$ _____ $\text{kV}(\text{por fase})$	
	q	Volt. Corregido		EC: _____ $\text{kV}(e \text{ por } p)$	
Obtención del Aislamiento Requerido	r	Núm. Aisladores	_____	Aisladores (Divida q/n)	
	s	Dist. en Aire	Tabla 4.2	Mts. (paso aislador por r)	
Resumen		Alternativa Núm:			
Línea:			Torres _____ a _____		
Tramo(a) Nombre:		Núm:	Sitio(b) Nombre: _____ Núm:		
Tipo de Contaminante (f):			Tipo de Aislador (e):		
Distancia en Aire (h): _____ mts.		Núm. Aisl. (r):		Catálogo:	
Observaciones:					

Procedimiento de Diseño para Líneas de Transmisión

FORMATO 5.3.b

Etapa		Descripción	Véase:	Valores de Diseño y Cálculos	
Caracterización de la Zona	a	Loc. Geográfica	Mapa 2.4	Número de Tramos: _____	
	b	Act. Económica	Tabla 2.1	Número de Sectores: _____	
Nivel y Tipo de Contaminante	c	DESD.	Cartas 2.1-2.3	_____ mg/cm ²	
	d	Tipo Aislador		Nombre: _____	
	e	Contaminante		Tipo: _____	
Voltaje de Flanco	f	Selecc. Aislador	Graf. 4.15	Letra:(e): _____	
	g	Volt. Aguantable	Graf. 4.4-4.6	_____ kV(c,f)	
Voltaje de Diseño	h	Volt. Diseño	_____	$\text{Voltaje}/\sqrt{3}$	kV (por fase)
	i	Volt. Corregido	_____	FC: 1.2	kV(c por h)
Obtención del Aislamiento Requerido	Primeros: Recio 1 de g. Segundos: Si el valor es positivo, el aislador no fallará por contaminación. Terceros: Si el valor es negativo, selecciono otro perfil con mayor distancia de fuga y repita el procedimiento.				
Resumen			Alternativa Núm: _____		
Línea: _____			Postes: _____		
Tramo(a) Nombre: _____		Núm: _____	Sitio (s) Nombre: _____		Núm: _____
Tipo de Contaminante (e): _____			Tipo de Aislador (f): _____		
Sirve: _____ sí _____ no		Catálogo: _____			
Observaciones: _____					

Procedimiento de Diseño para Líneas de Distribución:

FORMATO 5.3.c

Etapa	Descripción	Véase:	Valores de Diseño y Cálculos		
Caracterización de la Zona	a	Loc. Geográfica	Mapa 2.4	Nombre:	
	b	Act. Económica	Tabla 2.1	Nombre:	
Nivel de Contaminación	c	BESD. Suspensión	(*)	mg/cm ³ (a,b)	
	d	Perfil Aislador	Graf. 4.16	Diámetro Promedio:	
	e	BESD. Sólido	Graf. 4.8	mg/cm ³ (c,d)	
Tipo de Contaminante	f	Contaminante	Tabla 2.1	Tipo (b):	
	g	Solubilidad		%Alta	%Baja
	h	Insolubles		mg/cm ³	
V. Flameo	i	Volt. Aguantable	Graf. 4.9	mm/kV(d,e)	
Factores de Corrección	j	Insolubles	Graf. 4.12	FC(i); mm/kV(e por i)	
	k	Solubilidad	Graf. 4.11	FC(e,i); mm/kV(e por j)	
V. Diseño	m	Volt. Corregido	Tab. 5.7	FC; kV(fa por k)	
L. Aislador	n	Distancia de Fuga	-----	mm(d dividido k entre m)	
Resumen			Alternativa Núm:		
Subestación:		Tipo de Contaminante (f):			
Distancia de Fuga(m):		mm:	Catálogo:		
Observaciones:					

(*) Véanse cartas 2.1 a 2.8
Procedimiento de Diseño para Subestaciones

Aplicación del método alterno para diseñar el dimensionamiento de aisladores externos de líneas y subestaciones eléctricas expuestas en ambientes contaminados.

Ejemplo.- Se requiere reponer el aislador de una línea eléctrica de transmisión que opera a 230 kV en el sitio de Kukulcán, Quintana Roo.

1) CARACTERIZACION DE LA ZONA.

a) Localización geográfica:

del mapa 2.4; llanura cálida subhúmeda del Golfo de México.

Número de tramos considerados: uno

b) Actividad económica:

Comercial y pesquera

Número de sectores: uno

2) NIVEL DE CONTAMINACION

c) DESD = 0.5291 mg/cm^2

dato tomado de la carta de sitio específico Kukulcán y método estadístico con nivel de confianza de 0.99

d) Relación Sup/Inf = 1

tomado de la recomendación de la tabla 5.3

e) Tipo de aislador:

de la tabla 5.3; aislador tipo niebla.

3) TIPO DE CONTAMINANTE

f) Contaminante: tipo marino

tomado de la carta de sitio específico (Kukulcán)

g) Solubilidad del contaminante

de la tabla 2.1; 85.68 alta 14.32 baja

h) Insolubles:

de la tabla 2.1; Insol. = 0.36 mg/cm^2

4) VOLTAJE DE FLAMEO

- i) Selección del aislador:
de la gráfica 4.14; Aislador L
- j) Voltaje aguantable: $V_a = 13 \text{ kV/U}$
de la gráfica 4.3; con DESD = 0.5291 mg/cm^2

5) FACTORES DE CORRECCION

- k) Insolubles:
de la gráfica 4.12 y con 0.36 mg/cm^2
 $F C = 0.85$ $V_a = 13 \text{ kV/U} (0.85) = 11.05 \text{ kV/U}$
- m) Solubilidad:
de la gráfica 4.11 y con 85.68 alta 14.32 baja
 $F C = 1.1$ $V_a = 11.05 \text{ kV/U} (1.1) = 12.15 \text{ kV/U}$
- n) Superficies:
de la gráfica 4.13 y con Sup/Inf = 1
 $F C = 1$ $V_a = 12.15 \text{ kV/U} (1) = 12.15 \text{ kV/U}$

6) VOLTAJE DE DISEÑO

- p) Voltaje de diseño:
de la tabla 5.7; $V_d = V_n / \sqrt{3}$
Voltaje máximo de diseño = Voltaje de diseño por factor
de corrección.
 $V_{\text{máx. dis.}} = V_n / \sqrt{3} (F C) \Rightarrow F C = 1.1$
 $V_{\text{máx. dis.}} = 230 / \sqrt{3} (1.1) = 146 \text{ kV}$
- q) Voltaje corregido; $V_c = V_{\text{máx. dis.}} \text{ por } F C$
por insolubles, $V_c = 146 \text{ kV} (0.85) = 124.1 \text{ kV}$
por solubilidad, $V_c = 146 \text{ kV} (1.1) = 160.6 \text{ kV}$
por superficies, $V_c = 146 \text{ kV} (1) = 146 \text{ kV}$

7) OBTENCION DEL AISLAMIENTO

r) Número de aisladores:

Núm. = q/n por insolubles, Núm. = $124.1/12.15 = 10.21$ U.
por solubilidad, Núm. = $160.6/12.15 = 13.21$ U.
por superficies Núm. = $146/12.15 = 12$ U.

s) Distancia en aire:

Da = paso del aislador por r
de la tabla 4.2; paso del aislador = 170 mm

por insolubles, Da = 170 mm (11) = 1870 mm

por solubilidad, Da = 170 mm (14) = 2380 mm

por superficies, Da = 170 mm (12) = 2040 mm

CONCLUSIONES

Ha sido desarrollado el planteamiento de una técnica para obtener el dimensionamiento del aislador necesario para líneas y subestaciones eléctricas que operan a la intemperie y por lo tanto expuestas a todo tipo de contaminación ambiental.

Ningún método de diseño es capaz de garantizar que no se presenten fallas por flameo, sin embargo, si se diseña considerando las condiciones más críticas de contaminación se puede obtener un aislador que minimice la probabilidad de que esto ocurra. Tampoco es la finalidad de obtener un aislador sobredimensionado tratando de que no falle, puesto que se tiene que cuidar el aspecto económico, considerando estos dos factores, este método introduce los datos sobre niveles de contaminación de la República Mexicana, para que el diseñador se apegue a estos dependiendo del lugar para el cual se requiere el aislador, así podrá obtener un dimensionamiento acorde a la contaminación ambiental característica del sitio y por consecuencia un diseño más óptimo. Al final del capítulo cinco se presenta la aplicación del método, haciendo el desarrollo y solución de un problema planteado teóricamente.

Generalmente, el valor que se utiliza de la densidad - equivalente de sal depositada (contaminación) para diseño de aisladores se obtiene por medios probabilísticos, esto es que se selecciona un valor que indique un determinado nivel de confianza para no exceder valores obtenidos en campo. Este método permite diseñar con valores de contaminación ya establecidos para cualquier sitio de la República Mexicana,

lo cual permite obtener el dimensionamiento más óptimo para cada caso que se presente, por lo tanto se tiene una ventaja de carácter económico, debido a un menor costo inicial del aislador, sin embargo, este factor deberá evaluarse en el aspecto técnico práctico. Considerando las condiciones actuales de crisis económica que vive el país resulta esencial poder ahorrar en instalaciones eléctricas e inclusive en el consumo de energía.

Por otra parte, el procedimiento de diseño citado anteriormente se puede utilizar con gran ventaja para proyectos de construcción de futuras instalaciones eléctricas y también para las que actualmente están en operación y necesitan algún rediseño o reposición de aisladores.

La facilidad para desarrollar los cálculos así como la aplicación práctica de este método lo hace un material interesante para toda persona que se dedica al diseño, construcción o mantenimiento de instalaciones eléctricas de potencia.

Al abordar temas como son la contaminación que afecta el comportamiento eléctrico de los aisladores y en consecuencia el diseño de estos, la regionalización del país de acuerdo a niveles de contaminación, los métodos de campo y de laboratorio para un óptimo diseño del aislador y en si la técnica para el dimensionamiento del mismo, puede ser de gran utilidad para estudiantes del área eléctrica de potencia que deseen profundizar sobre alguno de estos puntos.

REFERENCIAS

- 1) International research on polluted insulators.
International conference on large high tension electric systems. CIGRE, 1970.
- 2) Diseño de aisladores para exteriores.
Leonard Warren - Rafael Mier Meza, Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1981
- 3) A critical comparison of artificial pollution test methods for HV insulators.
Working Group 04 of study committee No. 33, CIGRE.
- 4) The measurement of site pollution severity and its application to insulator dimmensioning for A.C.
Working Group 04 study committee No. 33, CIGRE.
- 5) Guía y procedimientos de diseño de aislamiento expuestos en ambientes contaminados.
G. Ramos Niembro et. al; Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- 6) Proceso de acumulación y niveles de contaminación en la República Mexicana.
R. Díaz Acosta et. al; Instituto de Investigaciones Eléctricas.

- 7) Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica. Vol. I
Enriquez Harper, Ed. Limusa.
- 8) Instalaciones eléctricas generales.
Ramírez Vázquez J. Ediciones CEAC, S.A.
- 9) Diseño de subestaciones eléctricas.
Raúl Martín J. Ed. Mc Graw Hill.
- 0) Plantas, subestaciones y líneas de transmisión.
Martínez Cisneros J.
S.E.P. Dir. Gral. de Educación Tecnológica Industrial
- 11) Redes eléctricas de alta y baja tensión.
Zoppetti Judez G. Ed. G. Gili.
- 12) Centrales y redes eléctricas.
Buchhold - Halppold. Ed. Labor.
- 13) Problemas de contaminación en las líneas y subestaciones en la República Mexicana.
Juan Pérez S. - Rodríguez P. Ma. de Lourdes.
CFE Subdirección de Construcción
Gerencia de Proyectos de Transmisión y Transformación