



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGÓN"

"ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA
SUSTITUIR UNA SUBESTACIÓN
CONVENCIONAL EN ALTA TENSIÓN POR
UNA SUBESTACIÓN AISLADA EN GAS SF₆"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

P R E S E N T A N:

JULIO CÉSAR GARCÍA BAUTISTA

JUAN CARLOS LOZANO ABASCAL

ASESOR. ING. RUBEN CISNEROS RODRÍGUEZ



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ARAGÓN

SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 6 de diciembre del año en curso, por la que se comunica que los alumnos JUAN CARLOS LOZANO ABASCAL y JULIO CÉSAR GARCÍA BAUTISTA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA SUSTITUIR UNA SUBESTACIÓN CONVENCIONAL EN ALTA TENSIÓN POR UNA SUBESTACIÓN AISLADA EN GAS SF6", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

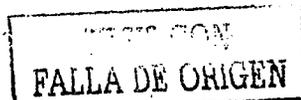
Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 6 de diciembre del 2001

EL SECRETARIO

Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/RCC/vr





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM**

**JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA**

OFICIO No. ENAR/JAME/1116/2001

ASUNTO: Sínoo (Tesis Conjunta).

**LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E**

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínoo del Examen Profesional del alumno: **JUAN CARLOS LOZANO ABASCAL**, con Número de Cuenta: **09020795-8**, con el tema de tesis: **"ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA SUSTITUIR UNA SUBESTACIÓN CONVENCIONAL EN ALTA TENSIÓN POR UNA SUBESTACIÓN AISLADA EN GAS SF6"**

PRESIDENTE:	ING. JESÚS NÚÑEZ VALADÉZ	ABRIL	77
VOCAL:	ING. RAÚL BARRÓN VERA	OCTUBRE	78
SECRETARIO:	ING. J. J. RAMÓN MEJÍA ROLDÁN	MARZO	85
SUPLENTE:	ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. RUBÉN CISNEROS RODRÍGUEZ	OCTUBRE	92

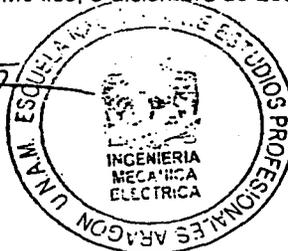
Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. Rubén Cisneros Rodríguez, el cual esta incluido basándose en lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Bosques de Aragón, Estado de México, 6 diciembre de 2001.

EL JEFE DE CARRERA

[Firma manuscrita]



ING. RAÚL BARRÓN VERA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C.c.p.- Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
C.c.p.- Ing. Rubén Cisneros Rodríguez.- Asesor.
C.c.p.- Alumno
RBV/amce.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

DUPLICADO

JULIO CÉSAR GARCÍA BAUTISTA
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 9 de octubre del 2000, presentada por Juan Carlos Lozano Abascal y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. RUBEN CISNEROS RODRÍGUEZ pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado "ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA SUSTITUIR UNA SUBESTACIÓN CONVENCIONAL EN ALTA TENSIÓN POR UNA SUBESTACIÓN AISLADA EN GAS SF6", con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 23 de octubre del 2001.
LA DIRECTORA


ARQ. LILIA TURCOTT GONZALEZ



Nota: La aceptación del tema de tesis y asesor de la misma fue registrada en la Secretaría Académica de esta Escuela con fecha 15 de noviembre del 2000.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.



AGRADECIMIENTOS

(Julio César)

No aprendemos gracias a la escuela, sino gracias a la vida...

Séneca

y sobre todo a DIOS que nos dio la vida y esas virtudes de aprender y enseñar....

No solo por este nivel de vida que me han dado, si no también por sus sacrificios, consejos, enseñanzas, confianza y sobre todas estas cosas, el gran amor que han tenido para cada uno de nosotros (sus hijos). Este amor que hasta el momento nos lo siguen dando y se cimienta en las bases del apoyo y las enseñanzas que nos siguen mostrando.

GRACIAS PADRES

Guadalupe Bautista Ríos

Albino García Ibarra

A mis primeros amigos en la vida, por su confianza y respeto.

GRACIAS HERMANOS

Juan Alberto García Bautista

José Alejandro García Bautista

Luz Adriana García Bautista

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

(Julio César)

CELERINO BAUTISTA MARTINEZ (†)

A la memoria de mi Abuelo, por que siempre será un ejemplo a seguir para mí, y por ser el Abuelo que más disfrute.

A MIS PADRES

Al esfuerzo de mis padres, y para que Dios los conserve por muchos años más al lado de nosotros.

A GEORGINA

Para que realices siempre tu máximo esfuerzo en todo lo que hagas (recuerda que siempre estaré ahí).

A MIS AMIGOS

Para que a ustedes también les vaya bien en su vida profesional y que siempre cuente con su invaluable amistad.

A ESOS TIEMPOS

Por que vengan más tiempos como aquellos, en los que aprendí, disfrute, y madure.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A la mejor persona que conocí durante este tiempo de preparación universitaria, y por esos momentos de aliento y confianza que ha tenido para conmigo.

GRACIAS

Georgina G. Benítez Córdova

Al gran amigo que conozco desde la secundaria (1986), por haberme invitado a tener un proyecto más juntos, y por la confianza que ha mostrado en mí para algunas de las decisiones de este trabajo.

GRACIAS

Juan Carlos Lozano Abascal

Por el apoyo incondicional, mostrado en tiempo, para que pudiésemos realizar este trabajo, que hoy nos pone a un paso de ser profesionistas.

GRACIAS

Ing. Rubén Cisneros Rodríguez

A todos los amigos que conocí durante todos estos años que lograron hacer más amena esta preparación profesional y por su apoyo.

GRACIAS

AMIGOS

A todas las escuelas que fueron la parte fundamental de mi preparación, y sobre todo a la UNAM por haberme recibido como parte de esta comunidad.

GRACIAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

(Juan Carlos)

CARLOS DONALDO LOZANO PEREZ

Que este trabajo te sirva más que como ejemplo, como un obstáculo a vencer dentro de tu vida universitaria...

Te quiere
TU PAPA...

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

(Juan Carlos)

Al principio, Dios creo el cielo y la tierra
además todo lo visible e invisible...

Génesis

Mucho **MÁS** que un titulo universitario...
este trabajo erige no solo el término de una
carrera universitaria sino también el
extraordinario e ilimitado esfuerzo de mis
padres, quienes con gran esfuerzo y cariño
así como con sus sabios consejos me
permitieron ser lo que yo he querido en la
vida...

GRACIAS

Juliana Abascal Gatica

Vicente Lozano Gómez

Dios los conserve muchísimos años

Sinónimo de buenos consejeros y excelentes
amigos en momentos buenos o malos así
como su amor y apego hacia mí...

GRACIAS HERMANOS

Renato A. Lozano Abascal

Cuauhtémoc Ambrosio Lozano Abascal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por todos esos momentos de alegría y
tristeza que pasamos juntos durante tanto
tiempo así como su gran amistad y cariño...
para ellas

GRACIAS

**Mónica Elizabeth Pérez Castro
Gabriela Mora Cervantes**

Esa gran admiración y respeto que nunca voy
a perderles además de guiarme por el buen
camino...

GRACIAS

**Ma. De los Ángeles Abascal Gatica
Iraís C. Abascal Gatica
Felipe Abascal Gatica
Soledad Romero Gatica**

Por el cuidado y esa paciencia que solo mis
abuelas podían tener cuando era niño...

GRACIAS

**Maria Gatica R.
Maria Gómez (†)**

Por todo ese apoyo ilimitado para la
elaboración de ese trabajo...

GRACIAS

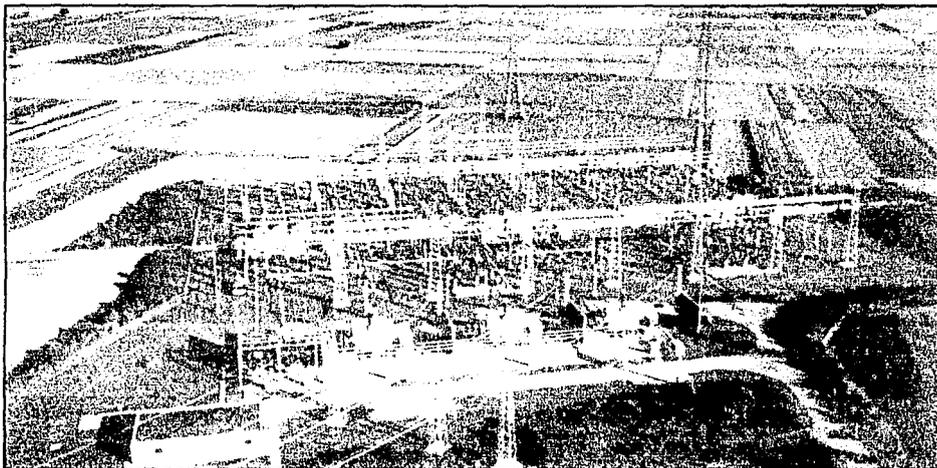
Ing. Rubén Cisneros Rodríguez

Porque sin ti, este trabajo tal vez nunca se
hubiese realizado de esta manera y por
todos esos años de brindarme tu amistad...

GRACIAS

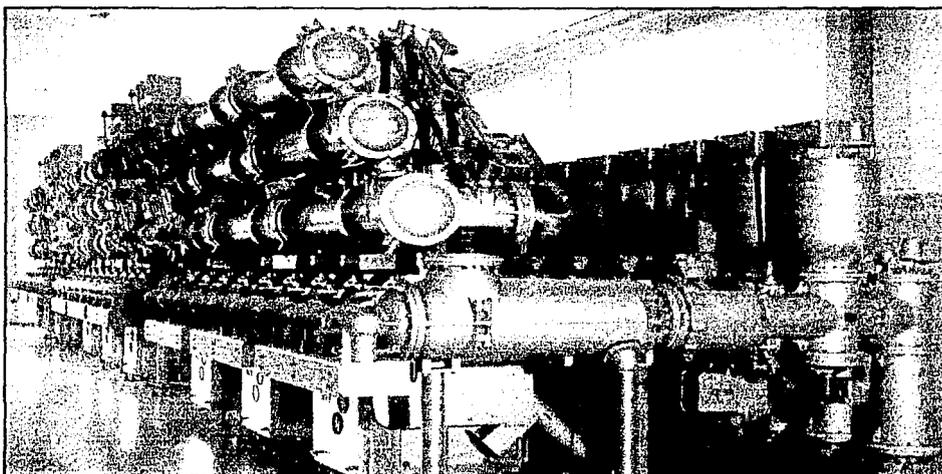
Julio C. García Bautista

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



**"ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA SUSTITUIR UNA
SUBESTACIÓN CONVENCIONAL EN ALTA TENSIÓN POR
UNA SUBESTACIÓN AISLADA EN GAS SF₆"**

NOSES CON
FALLA DE ORIGEN





PROLOGO

Dentro de nuestro entorno de vida se encuentra la ciencia y tecnología, es así que siempre se esta prediciendo nuevas formas de mejorar este entorno, para una mayor eficiencia, eficacia y comodidad de las necesidades de nuestras ya tan cotidianamente vidas.

La industria eléctrica no se encuentra inmune a lo anterior. Dentro de un Sistema Eléctrico de Potencia existen las Subestaciones Eléctricas, las cuales tienen un papel igual de importante que los plantas generadoras o las líneas de transmisión.

Una Subestación Eléctrica es un conjunto de partes eléctricas (interruptores, cuchillas, transformadores) que interactúan entre sí para transformar la energía eléctrica, en sí misma pero de mayor o menor dimensión.

Las Subestaciones Eléctricas se pueden clasificar de diferentes formas, ya sean por la función que desempeñan, por su tipo de instalación o por su aislamiento.

Desde el punto de vista de aislamiento se pueden clasificar en:

A) SUBESTACION CONVENCIONAL (TIPO AIS -AIR INSULATED SUBSTATION-)

La Subestación tipo AIS, como su nombre lo indica, es la más común. En ésta, el medio aislante principal es el aire y la conexión de sus elementos se hacen por medio de conductores aéreos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



B) SUBESTACION BLINDADA AISLADA EN GAS SF₆ (TIPO GIS -GAS INSULATED SUBSTATION-)

La Subestación tipo GIS, es aquella que tiene todos sus elementos dentro de una envolvente metálica, la cual contiene un gas que se utiliza como medio aislante.

C) SUBESTACIONES HÍBRIDAS

La Subestación Híbrida, mezcla los elementos de las dos Subestaciones anteriormente descritas; es decir, presenta la combinación de grupos de elementos con aislamiento en aire y grupos de elementos con aislamiento en gas.

P.1 CONCEPTO DE SUBESTACIÓN BLINDADA AISLADA EN GAS SF₆

Las excelentes características del gas hexafluoruro de azufre (SF₆) como medio aislante y como medio extinción del arco eléctrico, han permitido su utilización en el diseño de Subestaciones Blindadas. Una Subestación Blindada Aislada en SF₆, se puede definir como un ensamble compacto de varios elementos contenidos en una envolvente metálica aterrizada, en la cual el medio de aislamiento primario es el Gas SF₆.

Las primeras investigaciones permitieron utilizar este tipo de tecnología en equipo para tensiones nominales hasta de 230 KV; sin embargo, los nuevos adelantos han hecho posible su aplicación en tensiones de hasta 1,000 KV, y ya se encuentran en desarrollo equipos para tensiones mayores. La instalación de una Subestación Eléctrica (S. E.) tipo GIS se ha incrementado debido a las ventajas que presentan sobre las S. E. tipo AIS, las cuales se verán con más detalle en el siguiente punto.

La característica de este tipo de Subestaciones permite su instalación tanto a la intemperie como en el interior de un edificio, incluyendo instalación subterránea.



P.2. ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DE UNA SUBESTACIÓN GIS VS. UNA SUBESTACIÓN AIS

Como se menciona anteriormente, la instalación de Subestaciones tipo GIS se han generalizado por las ventajas que ofrece sobre las subestaciones tipo AIS. Una comparación exacta solo se puede hacer sobre diseños específicos, ya que la evaluación depende de varios factores como el arreglo de las barras colectoras, el voltaje nominal, el equipo a utilizar, etc. Sin embargo, en forma general, las ventajas que presentan se mencionan a continuación.

1. ESPACIO REQUERIDO
2. CONTAMINACIÓN
3. VIBRACIONES O SISMOS
4. MONTAJE
5. SEGURIDAD
6. MANTENIMIENTO
7. NIVEL DE RUIDO
8. INFLAMABILIDAD
9. RADIO INTERFERENCIA
10. FLEXIBILIDAD
11. CONFIABILIDAD

Por otro lado, las Subestaciones tipo GIS, presentan al inicio de la instalación que el costo de la inversión aparentemente es mayor, ya que en costo inicial, además de la propia Subestación, es necesario considerar el costo del gas, del equipo de llenado y de regeneración. Sin embargo, para ser realistas, en la evaluación deben considerarse otros aspectos que vienen a favorecer este tipo de subestaciones, como son:

- Reducción del costo del terreno.
- Reducción del costo de las estructuras.
- Reducción en el costo de las cimentaciones y acondicionamiento del terreno.
- Reducción en el costo del mantenimiento.



- Reducción en el costo de servicios auxiliares (alumbrado, red de tierras, cableado de control y energía, buses, herrajes, conectores, aisladores, etc.).

La finalidad primordial de este trabajo es desarrollar conocimientos útiles de las técnicas de análisis empleadas actualmente en la industria, principalmente las de tener bases para tener criterios de diseño, así como las ventajas de las nuevas tecnologías que con el paso del tiempo van en incremento.

A lo anterior, es preciso presentar, en este trabajo, y establecer los diferentes componentes de los dos tipos de Subestaciones Eléctricas, ya que con esto afirmaremos él por que de las ventajas y desventajas que presenten cada una de ellas.

Actualmente, aquí en México se ha tenido la necesidad de cambiar las Subestaciones Convencionales por Subestaciones Compactas (también llámese Encapsulada o Blindada en Gas), como es el caso que actualmente ocupa a La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, de incrementar su capacidad instalada, debido al incremento de demanda. Para este incremento de suministro de energía eléctrica, la CLFC esta actualmente instalando Subestaciones Eléctricas Encapsuladas en Gas SF₆, y es una de las causas de la justificación del presente trabajo, ya que actualmente no se cuenta con mucha información de este tipo de Subestaciones.

En México, actualmente se carece de este tipo de tecnología y personal técnico especializado, lo cual obliga a recurrir a compañías extranjeras para el suministro del equipo, asistencia técnica y reparaciones de las Subestaciones Eléctricas tipo GIS.



ÍNDICE GENERAL

PROLOGO	1
P.1. Concepto de Subestación Blindada Aislada en Gas SF ₆	
P.2. Estudio Técnico Comparativo de una Subestación GIS vs. una Subestación AIS	
INDICE GENERAL	5
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS	13
1.1. Sistema Eléctrico Nacional	
1.1.1. Sistema Eléctrico de Potencia	
1.1.2. Sistema Interconectado Nacional	
1.2. Componentes de un Sistema Eléctrico de Potencia	
1.2.1. Centrales Generadoras	
1.2.1.1. Centrales Hidroeléctricas	
1.2.1.2. Centrales Termoeléctricas	
1.2.1.3. Centrales de Gas	
1.2.1.4. Centrales Eólicas	
1.2.2. Subestaciones Eléctricas (S. E.)	
1.2.2.1. Subestaciones Elevadoras	
1.2.2.2. Subestaciones Reductororas	
1.2.2.3. Subestaciones de Enlace	
1.2.3. Líneas de Transmisión	
1.3. Selección en el Diseño de una Subestación Eléctrica	
1.4. Efecto del Medio Ambiente en el Diseño de Subestaciones	
1.4.1. Adaptación del equipo a la contaminación	
1.4.2. Adaptación del equipo a condiciones climatológicas	
1.4.2.1. Clima tropical	
1.4.2.2. Clima desértico	
1.4.3. Adaptación del equipo a la altitud	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- 1.5. Diagrama Unifilar
- 1.5.1. Simbología
- 1.5.2. Ejemplo

CAPITULO 2. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL (AIS) 37

- 2.1. Descripción
- 2.2. Cuchillas Desconectoras De Apertura Vertical
- 2.3. Cuchillas De Puesta A Tierra
- 2.4. Accionamientos Motorizados .
- 2.5. Interruptores En Sf₆
 - 2.5.1. Corte del arco
 - 2.5.2. Operación de cierre
 - 2.5.3. Operación de apertura
- 2.6. Transformadores De Instrumento
 - 2.6.1. Transformadores de corriente
 - 2.6.1.1. Arrollamiento secundario
 - 2.6.1.2. Tipos de núcleos
 - 2.6.2. Transformadores de potencial
 - 2.6.2.1. Estructura interna

CAPITULO 3. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ENCAPSULADA 55 **EN SF₆ (GIS)**

- 3.1. Descripción
- 3.2. El Gas Hexafluoruro de Azufre (Sf₆)
- 3.3. Barras Colectoras
- 3.4. Seccionador
- 3.5. Seccionador de Puesta a Tierra
- 3.6. Seccionador Rápido de Puesta a Tierra
- 3.7. Seccionador Aislado a Tierra
- 3.8. Transformadores de Medida
 - 3.8.1. Transformador de corriente
 - 3.8.2. Transformador de tensión
- 3.9. Interruptor
 - 3.9.1. Corte del arco
- 3.10. Mecanismos de Maniobra (accionamiento por resortes)
- 3.11. Interfases de Alta Tensión
 - 3.11.1. Salida por cable de alta tensión



- 3.11.2. Salida directa hacia transformador de potencia
- 3.11.3. Salidas por línea aérea (conexión SF₆-aire)
- 3.11.4. Pararrayos
- 3.12. Elementos de interconexión
- 3.13. Armario de mando local
- 3.14. Vigilancia del Gas SF₆
- 3.15. Blindaje de la Subestación
 - 3.15.1. Características del blindaje
 - 3.15.2. Material de blindaje
 - 3.15.3. Tipos de blindaje
- 3.16. Montaje, Transporte y Mantenimiento de las instalaciones
 - 3.16.1. Montaje
 - 3.16.2. Transporte
 - 3.16.3. Mantenimiento
- 3.17. Juntas de Estanqueidad
- 3.18. División en Compartimentos
- 3.19. Vigilancia de Estado

CAPITULO 4. COMPARACIÓN DIMENSIONAL Y TÉCNICA

115

- 4.1. Introducción
- 4.2. Comparación Dimensional
 - 4.2.1. Algunas instalaciones de S. E. Convencionales en aire (AIS)
 - 4.2.2. Algunas instalaciones de S. E. Encapsulada en SF₆ (GIS)
 - 4.2.3. Dimensiones de una bahía (GIS contra AIS)
 - 4.2.3.1. Dimensiones de una bahía AIS
 - 4.2.3.2. Dimensiones de una bahía AIS
- 4.3. Estudio Técnico Comparativo de una Subestación GIS
Vs. una Subestación AIS
 - 4.3.1. Espacio requerido
 - 4.3.2. Contaminación
 - 4.3.3. Vibraciones o sismos
 - 4.3.4. Montaje
 - 4.3.5. Seguridad
 - 4.3.6. Mantenimiento
 - 4.3.7. Nivel de ruido
 - 4.3.8. Inflamabilidad
 - 4.3.9. Radio interferencia
 - 4.3.10. Flexibilidad
 - 4.3.11. Confiabilidad



CAPITULO 5. ESTUDIO ECONÓMICO	131
5.1. Introducción	
5.2. Comparación del Costo De Los Equipos	
5.2.1. Costo de un equipo AIS	
5.2.2. Costo por un equipo GIS	
5.3. Comparación del Costo del Terreno	
5.4. Comparación De Los Costos Por Operación Y Mantenimiento	
5.5. Conclusión	
CAPITULO 6. DICTAMEN DEL TIPO DE SUBESTACIÓN A INSTALAR	141
6.1. Solicitud de Cotización a una Empresa Privada	
6.1.1. Datos técnicos	
6.1.2. Costos	
6.1.2.1. Costo económico	
6.1.2.2. Tiempo de entrega del proyecto	
6.1.2.3. Conclusión	
6.2. Solicitud de Cotización a una Empresa Pública	
6.2.1. Secretaría de Hacienda y Crédito Público	
6.2.2. Convocatoria de licitación pública.	
6.2.2.1. Datos de la entidad	
6.2.3. Especificaciones de la licitación	
6.2.4. Planos	
CAPITULO 7. CONCLUSIONES	161
7.1 Introducción	
7.2 Las Ventajas de una S. E. Tipo GIS	
7.2.1 Alta seguridad de servicio	
7.2.2 Seguridad para el personal de servicio	
7.2.3 Gastos de inversión mínimos	
7.2.4 Funcionamiento seguro y casi libre de mantenimiento	
7.2.5 Tiempos de montaje y de suministro cortos	
7.2.6 Soluciones hechas a la medida	
7.2.7 Proyectos individuales y según necesidades específicas	
7.2.8 Construcción compacta y económica	
7.2.9 Blindaje simple y seguro	
7.2.10 Sistema modular claro y flexible	



- 7.2.11 Emplazamiento favorable al medio ambiente y sin limitaciones
- 7.2.12 Transporte
- 7.2.13 Instalación
- 7.2.14 Montaje y puesta en servicio competente y racional
- 7.2.15 Puesta en servicio
- 7.2.16 Mantenimiento
- 7.2.17. Amortización
- 7.3 Recomendaciones

APÉNDICE I. DATOS ELÉCTRICOS

177

- I.1. Datos Eléctricos de una S. E. en Alta Tensión
 - I.1.1. Tensiones
 - I.1.2. Corrientes nominales
 - I.1.3. Coordinación de aislamiento en el diseño de subestaciones
- I.2. Datos Eléctricos del Sistema Interconectado Nacional
 - I.2.1. Generación
 - I.2.2. Transmisión
 - I.2.3. Capacidad de transformación

APÉNDICE II. EL GAS SF₆ Y PRUEBAS ELECTRICAS AL EQUIPO

183

- II.1. Características y Propiedades del SF₆
 - II.1.1. Generalidades
 - II.1.2. Características físicas del SF₆
 - II.1.3. Características químicas del SF₆
 - II.1.4. Propiedades dieléctricas del SF₆
 - II.1.5. Características de enfriamiento del SF₆
 - II.1.6. Comportamiento del gas SF₆ en el arco
 - II.1.7. Aplicaciones eléctricas del SF₆
 - II.1.8. Aplicaciones del gas SF₆ en la industria
 - II.1.9. Tratamiento y envejecimiento del SF₆
 - II.1.10. Pruebas al gas SF₆ (especificaciones y pruebas de aceptación de gas SF₆)
- II.2. Principio del Blindaje de Fases
- II.3. Ensayos de Tipo Comportamiento Funcional Aplicados a Subestaciones Tipo GIS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- II.3.1. Ensayos de tipo dieléctricos
- II.3.2. Ensayos de duración mecánicos, ensayos climáticos
- II.3.3. Ensayo con arco de defecto interno
- II.3.4. Ensayos de corte y de conmutación con seccionadores
- II.3.5. Ensayos de corte con interruptores-seccionadores de corte en carga
- II.3.6. Comportamiento de la larga duración (programa mixto)
- II.3.7. Prueba del poder de corte del interruptor automático

APÉNDICE III. LICITACIÓN PÚBLICA	211
III.1. Convocatoria de Licitación Pública	
III.1.1. Datos de la entidad	
III.2. Especificaciones de la Licitación	
GLOSARIO	246
BIBLIOGRAFÍA	248



INTRODUCCIÓN

Al observar el crecimiento de ciudades e industrias alrededor de todo el mundo se puede también observar el desarrollo de nuevas infraestructuras para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en forma segura y eficiente.

Al mismo tiempo los consumidores industriales y comerciales están buscando nuevas formas de mejorar su productividad por medio de optimizar el uso de la energía. Esto frecuentemente conduce a la utilización de equipos diferentes a los tradicionalmente usados, lo cual introduce nuevos conceptos para el manejo de la energía.

Por ello, la Subestación Eléctrica es una pieza fundamental en el esquema de recepción, distribución y transformación de energía. La inversión en equipos y avances tecnológicos, el cumplimiento de las regulaciones gubernamentales, y la elección de un proveedor confiable es más crítica que nunca antes al realizar la modernización de una subestación o al adquirir una nueva.

En medio de estas circunstancias, se necesita una compañía que tenga los recursos, la experiencia y la tecnología para trabajar junto con industrias y comercios en cumplir por un lado con los modernos diseños de los sistemas de potencia y por otro, ser competitivos en el ámbito mundial.

Con este trabajo, hemos pensado en ello y queremos proponer otra alternativa con el desarrollo de tecnología que permita una rápida reacción al cambio, llegar a límites de competitividad más grandes y permanecer en esa posición sin comprometer la seguridad humana.

La energía eléctrica que se suministra a las plantas industriales y comerciales, en su mayoría se lleva a cabo a tensiones altas para después



efectuar la reducción del nivel de tensión a niveles de utilización para los equipos eléctricos.

Con el objeto de reducir las tensiones de distribución en mediana tensión proporcionados por los organismos suministradores a los niveles adecuados, como los son 440, 220 y 127 [V], se utilizan las Subestaciones Eléctricas.

Cuando algún usuario requiere de la instalación de una Subestación Eléctrica en su planta industrial, es necesario que primero consulte con el organismo suministrador para que se efectúe el estudio de factibilidad correspondiente, ya que no será responsabilidad del mismo el que no se pueda proporcionar el servicio adecuadamente tal como lo expresa el Artículo 26 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica siguiente:

Art. 26 La responsabilidad del suministrador cesa precisamente en el punto de conexión de sus instalaciones con las del usuario. La subestación del usuario será responsabilidad del mismo aunque el equipo de medición del suministrador esté instalado en el lado de baja tensión de la subestación, localizado en un gabinete o local independiente, cuyo acceso está controlado por el suministrador.

La Subestación Eléctrica es el conjunto de equipos eléctricos interconectados que conducen, protegen y reducen el nivel de tensión proveniente de las plantas generadoras para llevarlo a los centros de distribución y utilización de la energía eléctrica.

Las Subestaciones sirven como fuentes de suministro de energía en las zonas locales de distribución donde están ubicadas. Su función principal es la de recibir la energía de alta o mediana tensión transportada desde las plantas generadoras, reducir el nivel de tensión a los valores apropiados para la distribución.



CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

1.1.1 Sistema Eléctrico de Potencia

Un Sistema Eléctrico de Potencia es el conjunto de elementos que tienen el objetivo fundamental de Generar, Transformar, Transmitir Y Distribuir la energía eléctrica; desde el punto de generación hasta las diferentes áreas de consumo.

Para poder cumplir este objetivo, se integran dentro del sistema eléctrico de potencia; Centrales Generadoras, Subestaciones Elevadoras, Subestaciones Reductoras y Subestaciones de Enlace, Líneas de Transmisión y Redes de Distribución. Se cuenta además con algunos otros elementos complementarios para el cumplimiento de tal función como son: Compensadores de Potencia, Condensadores Síncronos y Bancos de Capacitores y Compensadores Estáticos de Potencia Reactiva, así como los secundarios como, Sistemas de Protección, Medición, Automatización, Control, Comunicaciones Y Sistemas de Despacho de Carga y Estabilidad del sistema.

Las cargas que caen dentro del concepto de utilización de la energía eléctrica, forman también parte del Sistema Eléctrico de Potencia, solo que no se trata en detalla sino que consideran como parte del sistema o red de distribución. En resumen un Sistema Eléctrico de Potencia, está formado por tres eslabones principales, los cuales son:



- **Generación**
- **Transmisión**
- **Consumo**

Este sistema funciona como un todo, dentro del cual se tienen otros aspectos que son necesarios para cumplir el objetivo para el cual es creado, el sistema opera en conjunto y durante el proceso de Generación hasta el consumo de la energía eléctrica se lleva apenas algunos segundos, lo cual lo hace más complejo de lo que parece; es así que este conjunto de elementos que conforman un Sistema Eléctrico de Potencia debe funcionar en conjunto, es decir que todos los generadores que lo conforman están interconectados entre sí, así como los demás elementos, operando en paralelo. En régimen normal de condiciones, todos los generadores del sistema están sincronizados, o sea que se mueven a la misma velocidad eléctrica.

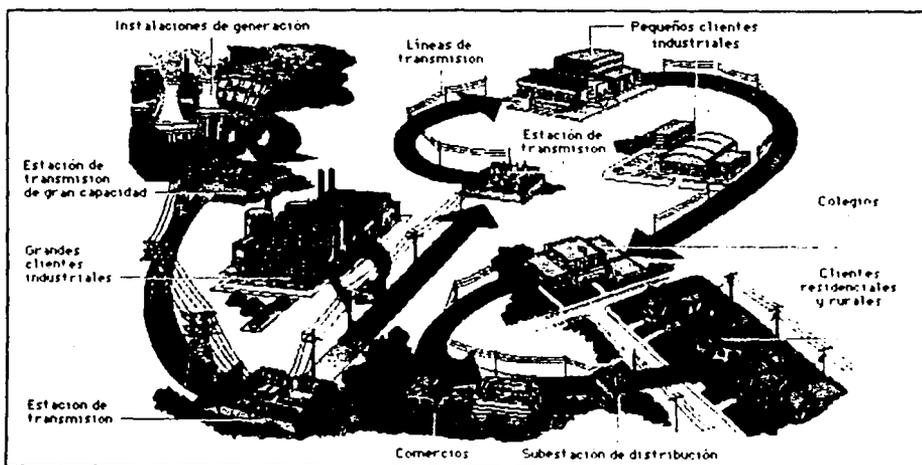


FIGURA 1.1
SISTEMA DE GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y CONSUMO
DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

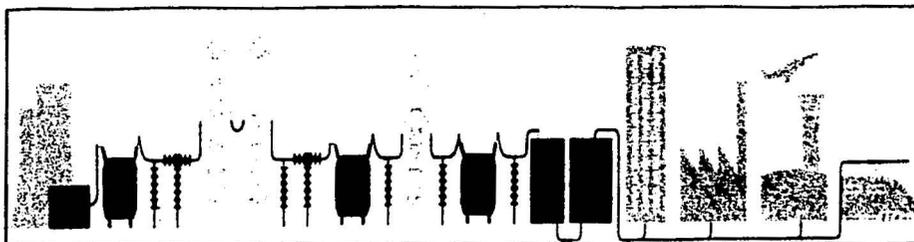


FIGURA 1.2
SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

1.1.2 Sistema Interconectado Nacional

En México como en la mayoría de los países se cuenta con un Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual abarca toda la República, desde Yucatán hasta la Península de Baja California Sur. La capacidad instalada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) al cierre del primer semestre del año 2001, incluyendo productores externos de energía eléctrica (Compañía de Luz y Fuerza del Centro) de 36,154.9 megawatts (MW), de los cuales 9,389.8 MW son de hidroeléctricas, 21,970.2 MW corresponden a las termoeléctricas que consumen hidrocarburos; 2,600.0 MW a carboeléctricas; 827.9 MW a geotermoeléctricas; 1,364.9 MW a la nucleoelectrica y 2.18 MW a la eoloelectrica.

Como se puede notar la generación de la energía eléctrica, en la actualidad se basa en la generación de productos del petróleo, ya que se genera aproximadamente el 60.77 % en plantas termoeléctricas y el resto se adquiere de otro tipo de energía natural (excepto las carboeléctricas).

La representación general de un sistema eléctrico de potencia se hace en base a diagramas unifilares simplificados, en donde cada elemento se representa por un símbolo convencional.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

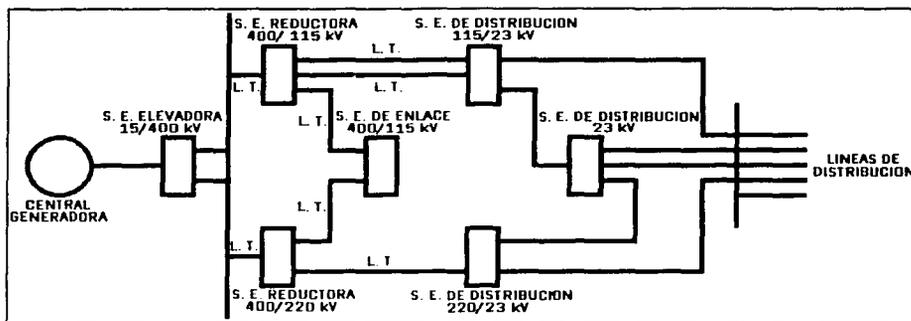


FIGURA 1.3
SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

1.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

Para tener una idea general de los elementos que constituyen un Sistema Eléctrico de Potencia, a continuación se describen las funciones que estos elementos tienen en el propio sistema.

1.2.1 Centrales Generadoras

Las centrales eléctricas representan en un sistema eléctrico de potencia el centro de producción de la energía, se le conoce también con el nombre de plantas eléctricas y dependiendo de la fuente primaria de energía alimentadora, se les da un nombre.

1.2.1.1 Centrales Hidroeléctricas

Este tipo de central generadora utiliza la energía potencial y cinética del agua para la producción de energía eléctrica, interactuando con generadores, por medio de una turbina. Este proceso de conversión de energía se inicia cuando la energía potencial y cinética del agua almacenada

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



en una presa, mueve una turbina, transformándose en energía mecánica, la cual mueve un generador eléctrico.

Las centrales hidroeléctricas se constituyen de un número determinado de unidades generadoras (Grupos Turbina-Generador), operando en paralelo. Tanto la capacidad de la central, como la de los grupos generadores, están determinados por el recurso hidrológico disponible y la función de operación de la central del sistema.

Las centrales hidroeléctricas tienen mayores ventajas técnicas en comparación a las otras, pero el costo de la inversión es la desventaja más crítica, así como más tiempo que se tarda desde la etapa de planeación hasta la terminación de la construcción civil y electromecánica.

□ **Ventajas:**

- Facilidad de maniobras.
- Fáciles de automatizar.
- Ausencia de combustible.
- Uso múltiple del agua.
- Bajo costo del kW / hr
- Equipo de larga duración.
- Bajo consumo en servicios propios.
- Requieren poco personal.
- Sustituyen otras plantas.

□ **Desventajas:**

- Tiempo de construcción largo.
- Cada planta es un proyecto particular.
- Se requieren grandes áreas.
- Mayores costos de obra civil y electromecánica.

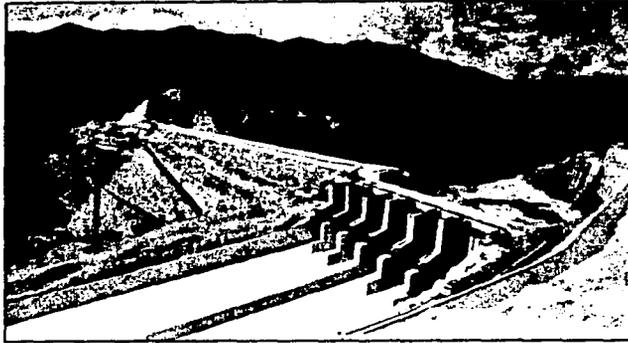


FIGURA 1.4
CENTRAL HIDROELÉCTRICA "AGUAMILPA-SOLIDARIDAD"

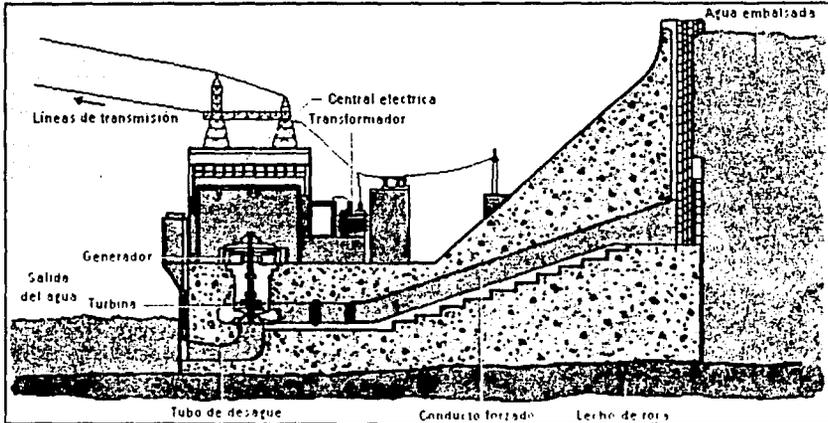


FIGURA 1.5
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

TEMA 001
FALLA DE CULLEN



1.2.1.2 Centrales Termoeléctricas

Estas centrales transforman la energía térmica en energía mecánica, y ésta a su vez se transforma en energía eléctrica. La energía térmica constituye el medio primario de transformación de la energía y se obtiene por medio de la combustión, de aquí que el elemento combustible determine las características de la central de los elementos que van asociados con ella.

Las llamadas Termoeléctricas Convencionales son aquellas en las que la energía calorífica se produce a través del vapor de agua, obtenidos en calderas (Generadores de Vapor), que producen la combustión para elevar la temperatura del agua. Como se menciono anteriormente, dependiendo del tipo de combustible para hacer posible la generación de vapor de agua, las centrales Termoeléctricas pueden ser:

- Derivados del petróleo, combustóleo o gas (TERMOELÉCTRICAS).



FIGURA 1.6
CENTRAL TERMOELÉCTRICA "LERDO-DURANGO"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



□ Carbón mineral (CARBO ELÉCTRICAS).

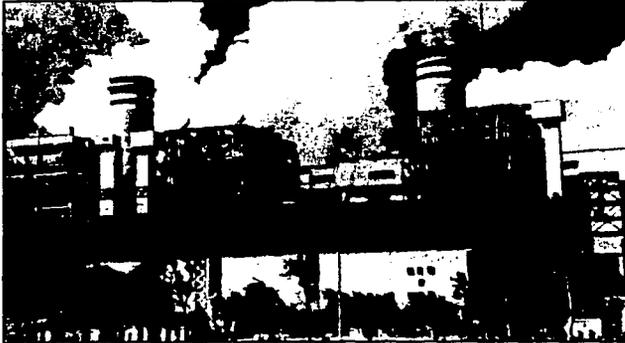


FIGURA 1.7
CENTRAL CARBO ELÉCTRICA "CARBÓN II - COAHUILA"

□ Uranio, plutonio (NÚCLEO ELÉCTRICAS).



FIGURA 1.8
CENTRAL NÚCLEO ELÉCTRICA "LAGUNA VERDE"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Las centrales termoeléctricas que utilizan el vapor natural se denominan GEOTERMOELÉCTRICAS o GEOTÉRMICAS. En este caso el vapor es obtenido directamente de la naturaleza, con ciertas características y temperatura, por lo que requiere un tratamiento previo antes de su utilización en las turbinas, la ventaja es que no se tiene que quemar combustible para obtenerlo, además, el vapor natural se puede utilizar en otros procesos, la mayoría relacionados a procesos químicos.

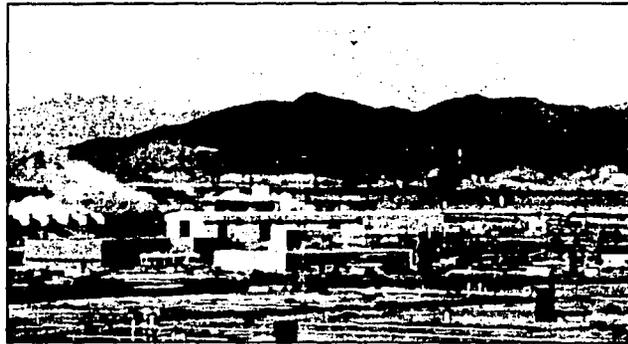


FIGURA 1.9
CENTRAL GEOTERMOELÉCTRICA "CERRO PRIETO"

TESIS CON
FALLA DE ORGAN
NOG TESIS

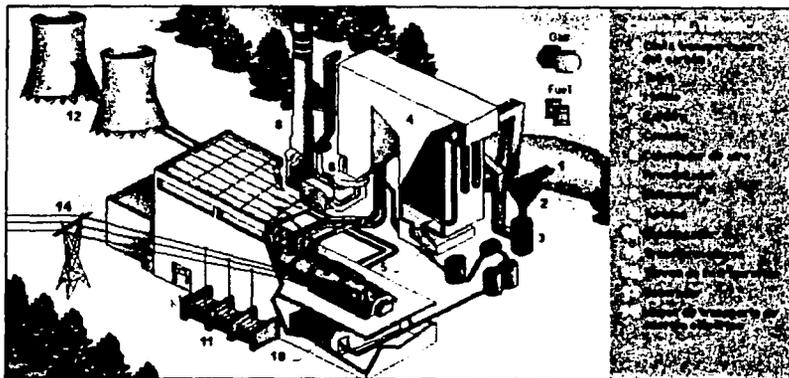


FIGURA 1.10
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UNA CENTRAL TÉRMICA



1.2.1.3 Centrales de Gas

En este tipo de centrales se emplea el gas como combustible primario, pero no para producir vapor, sino como combustible para mover directamente las turbinas por medio de un motor, las turbinas operan a base de gas en forma semejante a las turbinas de un avión.

Estas plantas aparecieron cuando se trató de reutilizar las turbinas de avión desechadas para vuelos, posteriormente se construyeron especialmente para la generación de energía eléctrica, debido a que tienen las siguientes ventajas:

- Facilidad de maniobra (se construyen móviles para emergencia).
- Costo del kW / hr, instalado bajo.
- Fácil de construir y de instalar.
- Combustible fácil de transportar.
- Fácil de automatizar.

Las características de diseño de estas plantas hacen prácticamente no requieran de agua y puedan ser portátiles, lo que les da versatilidad en su operación, su principal desventaja es su tiempo de vida corto, del orden de 3,500 a 6,000 horas continuas de operación, por lo que su utilización se recomienda para operar en horas de carga pico y por periodos de tiempo cortos.



FIGURA 1.11
CENTRAL TERMOELÉCTRICA "PETACALCO-GUERRERO"

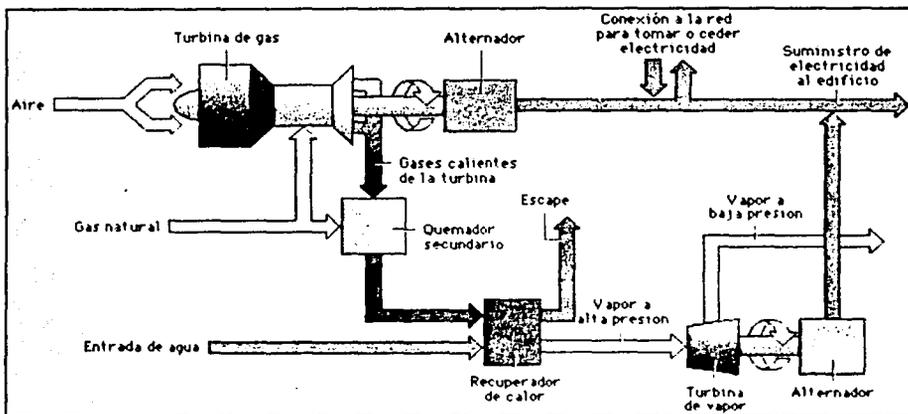


FIGURA 1.12
GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE TURBINAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.2.1.4 Centrales Eólicas

Estas centrales utilizan como medio motriz el viento, que hace girar una hélice la cual esta conectada mecánicamente el generador, este tipo de centrales eléctricas son muy escasas, ya que se requiere condiciones locales especificas y su capacidad es limitada.



FIGURA 1.13
CENTRAL EOLO ELÉCTRICA "LA VENTA-OAXACA"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

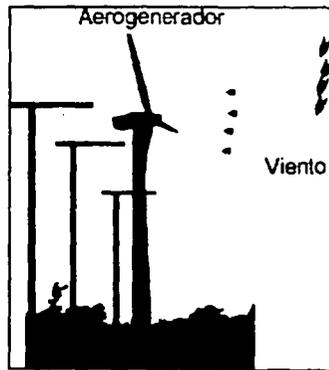


FIGURA 1.14
AEROGENERADOR ELÉCTRICO



1.2.2 Subestaciones Eléctricas (S. E.)

Las Subestaciones Eléctricas desempeñan en los sistemas de potencia la función de transformación, esta transformación se refiere a los voltajes, manteniendo en la mayoría de los casos la potencia invariable, en algunas ocasiones no requieren de transformación simplemente realizan la función de enlace o interconexión entre las partes del sistema; de acuerdo a lo anterior las subestaciones se pueden clasificar en:

- Subestaciones Elevadoras.
- Subestaciones Reductororas.
- Subestaciones de Enlace.

Las Subestaciones Eléctricas, también se pueden clasificar debido a su medio de extinción del arco eléctrico, y estas son:

- Subestación Convencional.
- Subestación Encapsulada.

Estas son las Subestaciones Eléctricas son el centro de estudio de este trabajo, así que sus descripciones se conocerán en capítulos posteriores.

1.2.2.1 Subestaciones Elevadoras

Este tipo de Subestaciones son las que elevan la tensión de generación a tensión de transmisión. La potencia de los transformadores de estas Subestaciones, por lo general corresponde a la potencia de las unidades generadoras. El objetivo de elevar la tensión de transmisión es básicamente para reducir las pérdidas durante el transporte de la energía a grandes distancias.



Las tensiones de generación en la República Mexicana son del orden de 13.8 KV y 18 KV entre fases, se requiere elevar a tensión de transmisión de 69 115, 230 y 400 KV. La potencia a transmitir a la salida de la Subestación Elevadora, así como su ubicación "Geográfica-Eléctrica" dentro del sistema es lo que determina la tensión de Transmisión. Por lo general estas Subestaciones se encuentran en las centrales generadoras.

1.2.2.2 Subestaciones Reductoras

Estas Subestaciones tienen la función de reducir las tensiones de transmisión o subtransmisión a valores que permitan la interconexión del sistema o bien la distribución y utilización de la energía eléctrica.

TENSIÓN DE TRANSMISIÓN (KV)	TENSIÓN DE SUBTRANSMISIÓN (KV)	TENSIÓN DE DISTRIBUCIÓN (KV)
400 - 230 - 115	115 - 85 - 69 - 34.	34.5 - 23 - 13.8 - 4.16

Las Subestaciones Reductoras, son las que hacen posible la subtransmisión y distribución de la energía en un sistema eléctrico de potencia. Estas Subestaciones son las que hoy en día, en las industrias con cargas significativas, se están instalando dentro de sus empresas y por lo cual forman parte del sistema eléctrico, de ahí su importancia.

1.2.2.3 Subestaciones de Enlace

Las llamadas Subestaciones de Enlace tienen la función de interconectar partes del Sistema Eléctrico de Potencia, sin que necesariamente exista transformación de voltaje. También llamadas de "Switchero", estas subestaciones aparte de interconectar a otras, en algunas ocasiones son las que distribuyen la energía dependiendo de las horas de demanda pico, adicionalmente tienen dentro de sus elementos, equipos especiales como son los compensadores estáticos de potencia reactiva o bancos de capacitores y reactores, los cuales sirven para la regulación de voltaje.

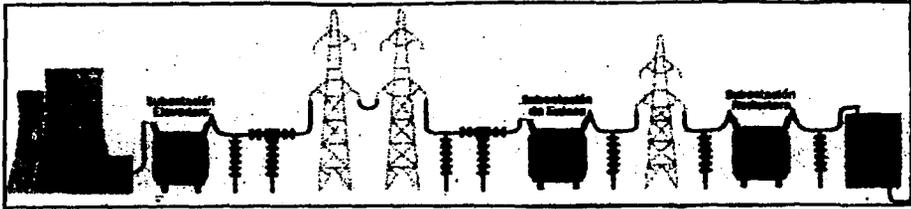


FIGURA 1.15
UBICACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

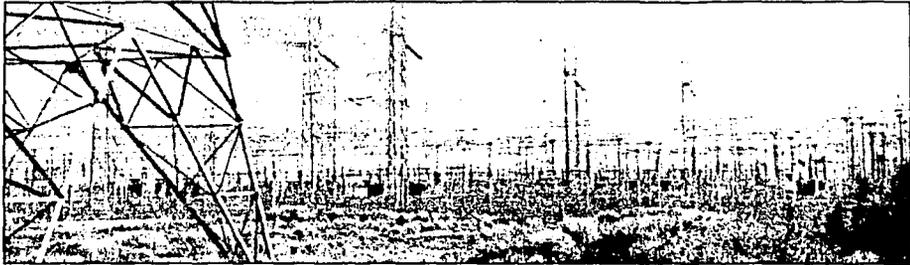


FIGURA 1.16
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL

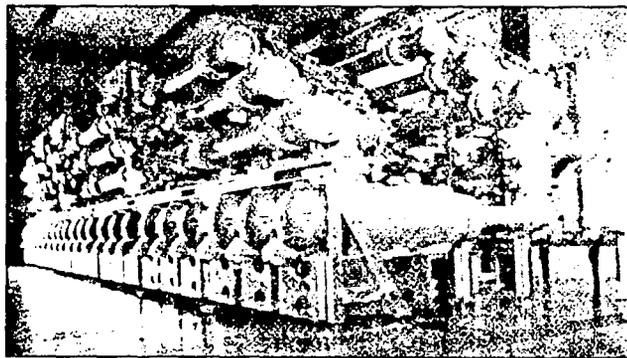


FIGURA 1.17
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ENCAPSULADA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.2.3 Líneas de Transmisión

Las líneas de transmisión constituyen los elementos encargados de transmitir la energía eléctrica, así como interconectar al propio sistema, de los centros de generación hasta los centros de consumo. Desde el punto de vista de la estructura del sistema eléctrico de potencia, las líneas de transmisión son las que ocupan mayor área en México, para el año 1996 se tenían construidos el orden de 43,000 Km de líneas de transmisión.

Las tensiones de transmisión en México son: 400, 230, 161, 138, 115 y 69 KV. Las tensiones determinan las potencias y las distancias que se hará la transmisión; normalmente, se tiene a que a mayor nivel de tensión, mayor potencia se puede transmitir y también a mayor distancia.



FIGURA 1.18
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.3 SELECCIÓN EN EL DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

El diseño de Subestaciones Eléctricas, se puede considerar de cierta forma como el ensamble repetitivo, en distintas formas, de elementos prediseñados, dependiendo de los requerimientos funcionales, ambientales y estáticos. Las Subestaciones a cierto voltaje se construyen por lo general, conectando los mismos equipos, o elementos en varias formas, y la diferencia, cuando las hay, estriba únicamente en la cantidad y arreglo de estos componentes. Existen algunas diferencias impuestas, ya sea por las características funcionales, por las condiciones ambientales y meteorológicas, la distinta naturaleza del terreno, diferentes niveles de contaminación, etc.

El diseño de una Subestación consiste principalmente en la selección de los elementos necesarios y la definición del mejor arreglo, pensando en su comportamiento y posible automatización; considerando como aspectos fundamentales los diferentes arreglos de barras, distancias de seguridad entre partes vivas y a tierra, estática, selección de protecciones, red de tierras, etc., así como proporcionar la información necesaria para los trabajos de ingeniería y obra civil.

El punto de partida para el diseño de una Subestación es el **DIAGRAMA UNIFILAR**, éste diagrama debe mostrar la conexión y arreglo de todos los equipos; es decir puntos de conexión de barras, interruptores, transformadores de instrumento, transformadores de potencia, cuchillas, apartarrayos, etc. Para elaborar el diagrama unifilar se debe considerar el arreglo de barras; la selección de un arreglo en particular depende de varios factores, como por ejemplo: el voltaje del sistema, la posición de la subestación en la red, la flexibilidad de operación, la confiabilidad del suministro y el costo de la instalación. En adición a lo anterior se deben considerar los siguientes aspectos técnicos:

- **SIMPLICIDAD EN EL SISTEMA.** Se debe realizar una simplicidad al sistema, al cual se va a conectar la subestación constituyendo un nodo.



- **EL MANTENIMIENTO.** En todos los y cada uno de los equipos se deberá realizar fácilmente sin interrupción del servicio o peligro para el personal de operación.
- **DISPONIBILIDAD.** En este punto se considera una disponibilidad de arreglos alternativos, en caso de salidas por mantenimiento o fallas en algunos equipos.
- **EL ARREGLO DEL EQUIPO.** Este no debe de limitar la expansión y, o, ampliación en el crecimiento de la carga.
- **ECONOMÍA.** La instalación debe ser la más económica posible.

Una de las consideraciones importantes al hacer la selección del arreglo de barras, además de la economía es la flexibilidad, entendiendo como flexibilidad la facilidad de sacar de servicio un interruptor, las barras, etc., sin interrumpir el servicio. En breve, para el diseño de una Subestación Eléctrica se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo.
- Seguridad.
- Confiabilidad.
- Flexibilidad de operación.
- Simplicidad en la protección.
- Arreglo del equipo simple y de fácil mantenimiento.
- Disponibilidad del terreno para la construcción.
- Localización de las líneas (entradas y salidas).



- Área requerida para ampliaciones futuras.
- Estética.
- Impacto ambiental.

Algunos factores adicionales que se puedan considerar, porque en un momento dado afectan la operación, son las condiciones meteorológicas, la contaminación y la cantidad y condiciones de mantenimiento por realizar. La construcción de una Subestación Eléctrica, se determina por los factores físicos del lugar mismo de la instalación, como son: el clima, la altitud sobre el nivel del mar, la contaminación, las características del terreno desde el punto de vista de la mecánica de suelos, la topografía del terreno, el coeficiente sísmico, la dirección de las líneas entrantes y salientes. Otras de las condiciones están relacionadas con la operación de los interruptores, el tipo de cuchillas desconectadoras de acuerdo a su apertura, y que constituyen un factor importante en la determinación del arreglo físico y tamaño de la Subestación.

El arreglo constructivo de la Subestación Eléctrica está también influenciado, por el tipo de conductor, ya sea que se trate de cable o tubo, debido al espacio que ocupa en cada caso.

1.4 EFECTO DEL MEDIO AMBIENTE EN EL DISEÑO DE SUBESTACIONES

El equipo que producen los fabricantes, se deben adaptar para cualquiera de los arreglos definidos para cada nivel de tensión. Aún cuando el equipo está diseñado de acuerdo a normas internacionales y a especificaciones nacionales, para satisfacer las condiciones que impone el medio ambiente, como son en términos generales el clima, la contaminación, la altitud y la sismicidad. Desde el punto de vista de las condiciones ambientales, el criterio para la selección del equipo se relaciona



principalmente con los tipos de materiales y técnicas de ensamblado referidas a:

- Su adaptación a la contaminación.
- Su resistencia a la corrosión.
- La conservación, dentro de los límites de tolerancia de sus características y dimensiones en los rangos de temperatura, dentro de los que van a operar.
- Su envejecimiento bajo la acción de la temperatura, el llamado "Shock Térmico" y la radiación solar.
- Resistencia al ataque químico.
- Su resistencia al impacto, vibración resultante del transporte y manejo a sitio, así como otros factores.

1.4.1 Adaptación del equipo a la contaminación

Como se sabe el polvo, las sales minerales y los residuos de la combustión tienden a depositarse en las cadenas de aisladores, estos, en ambiente seco son buenos aislantes, los elementos contaminantes se pueden disolver con la lluvia ligera y se vuelven ligeramente conductores al principio facilitando las corrientes de fuga, esta condición se presenta en las zonas costeras y con industria altamente contaminante. En la actualidad se desarrollan trabajos tendientes a medir la cantidad y tipo de contaminación, que se consideran para fines de proyectos. Es conveniente pensar en que, durante el proceso de localización del sitio para una subestación, en las áreas consideradas como de fuerte contaminación; se tomen en consideración la dirección predominante del viento y en lo posible no construir las en áreas donde se encuentre un foco de contaminación.



1.4.2 Adaptación del equipo a condiciones climatológicas

1.4.2.1 Clima tropical

Para los propósitos de especificación de acabado en equipo y estructuras, el clima tropical se define como aquel que tiene una temperatura de 22 °C a 40 °C, con una humedad relativa que varía de acuerdo a la estación del año entre 35 y 100 % y en la época de lluvia se alternan con radiación solar. El equipo para clima de estas características, debe tener acabado "Tropicalizado" para prevenir los efectos galvánicos, selección de formas o siluetas apropiadas para aisladores con el fin de reducir los efectos de la contaminación, el uso de casetas, gabinetes para protección contra roedores e insectos.

1.4.2.2 Clima desértico

Las condiciones en los climas desérticos, se caracterizan por la temperatura ambiente que va de algunos grados centígrados bajo cero a temperaturas que exceden los 45 °C, con una humedad relativa entre 15 y 100 %. En general los materiales y equipos usados en zonas tropicales son usados en zonas desérticas, pero los procedimientos de instalación son distintos, ya que es necesario protegerlos de la arena y polvo así como el calor intenso y del terreno seco.

1.4.3 Adaptación del equipo a la altitud

A una gran altitud implica una menor densidad del aire, con lo que se tiene también una reducción de la rigidez dieléctrica y calor específico. Las distancias en aire de fase a tierra y entre fases se deben aumentar, para tomar en consideración este efecto y de acuerdo a estudios, se incrementa un 0.25 % por cada 100 metros de incremento en la altitud, arriba de 1000 metros sobre nivel del mar.



1.5 DIAGRAMA UNIFILAR

El diagrama unifilar representa circuitos eléctricos de diferentes modelos, es decir puede representar transformadores, máquinas síncronas y líneas de transmisión en un solo esquema. El interés en este momento radica en la manera de representar la unión de estos componentes para modelar un sistema completo. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, es rara vez necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito. Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado de un sistema eléctrico se le llama *diagrama unifilar o de una línea*. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema. La importancia de las diferentes piezas de un sistema varía con el problema bajo consideración, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas. Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencial que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición. Se debe esperar que la información que se encuentra en un



diagrama unifilar varíe de acuerdo con el problema a tratar, así como la práctica que realice la compañía particular que lo prepare.

1.5.1 Simbología

El Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés) Han publicado un conjunto de símbolos estándar para los diagramas eléctricos. No todos los autores siguen esos símbolos de manera consistente, especialmente al indicar los transformadores. En la figura 1.18 se muestran algunos símbolos usados comúnmente. El símbolo básico para una máquina o armadura rotatoria es un círculo, pero muchas adaptaciones al símbolo básico se listan de tal forma que se puede indicar cada pieza de una máquina eléctrica rotatoria de uso común. Para quien no trabaja de forma asidua con los diagramas unifilares, le resultaría sencillo indicar una máquina particular por su símbolo básico seguido de información que contenga su tipo y valores nominales.

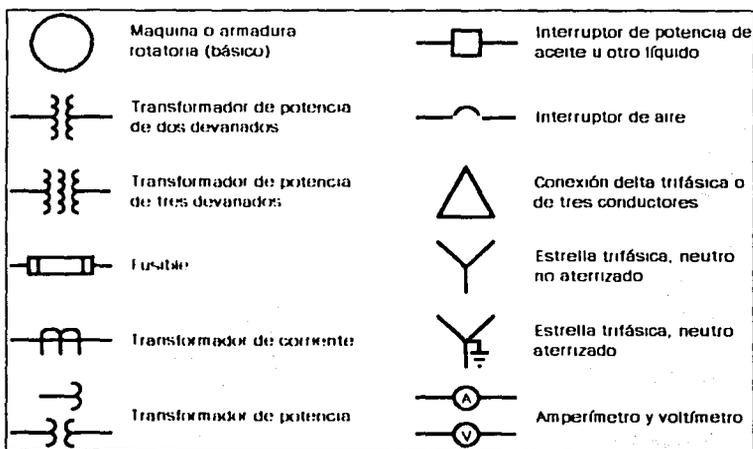


FIGURA 1.19
SÍMBOLOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Es importante conocer la localización de los puntos en que el sistema se aterriza, con el fin de calcular la corriente que fluye cuando ocurre una falla asimétrica que involucra la tierra. En la figura 1.19 se muestra el símbolo estándar para designar una conexión estrella (Y) trifásica con el neutro sólidamente conectado a tierra. Si una resistencia o una reactancia se inserta entre el neutro de la estrella (Y) y la tierra, para limitar el flujo de corriente a tierra durante la falla, se le puede adicionar al símbolo estándar de la Y aterrizada los apropiados para la resistencia o la inductancia. La mayoría de los neutros de los generadores se aterrizan a través de resistencias razonablemente elevadas y algunas veces a través de bobinas.

1.5.2 Ejemplo

La figura 1.20 es el diagrama unifilar de un sistema de potencia sencillo. Dos generadores uno aterrizado a través de una reactancia y el otro a través de una resistencia están conectados a una barra y por medio de un transformador de elevación de tensión, a una línea de transmisión. El otro generador aterrizado a través de una reactancia se conecta a una barra y por medio de un transformador, al extremo opuesto de la línea de transmisión. Una carga está conectada en cada barra. Es común dar información sobre el diagrama que esté relacionada con las cargas, los valores nominales de los generadores y transformadores y con las reactancias de los diferentes componentes del circuito.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

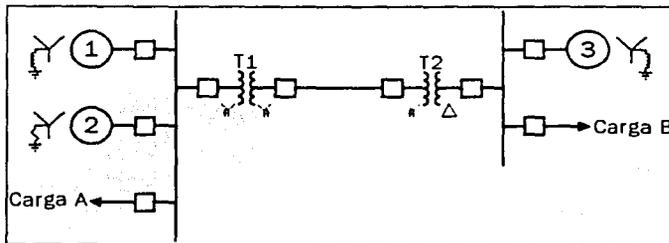


FIGURA 1.20
DIAGRAMA UNIFILAR DE UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA



CAPITULO 2

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL (AIS)

2.1 DESCRIPCIÓN

Se conoce como Subestación Convencional al conjunto de elementos eléctricos divididos en secciones que tienen como función la recepción, transformación y distribución de la energía eléctrica en media y alta tensión.

Esta tipo de Subestación Eléctrica (figura 2.1), debe cumplir como primer requisito con la seguridad en su funcionamiento y manejo; es decir presenta en su totalidad perimetra la característica de frente muerto, la cual se traduce en la ausencia de riesgos por contactos involuntarios con las partes vivas portadoras de energía eléctrica para el personal que las opera.

Las partes que componen la Subestación tipo AIS (Air Insulated Substation) tienen diversos usos y tamaños, por lo tanto su diseño es un poco complejo y laborioso.

En la Subestación es posible llegar a observar una gran variedad de equipos y dispositivos para el control, medición, protección y distribución de energía eléctrica. Tales dispositivos pueden ser: cuchillas seccionadoras, interruptores, apartarrayos, etc. Cada uno de estos elementos tiene una función específica acorde a las necesidades de cada proyecto eléctrico.

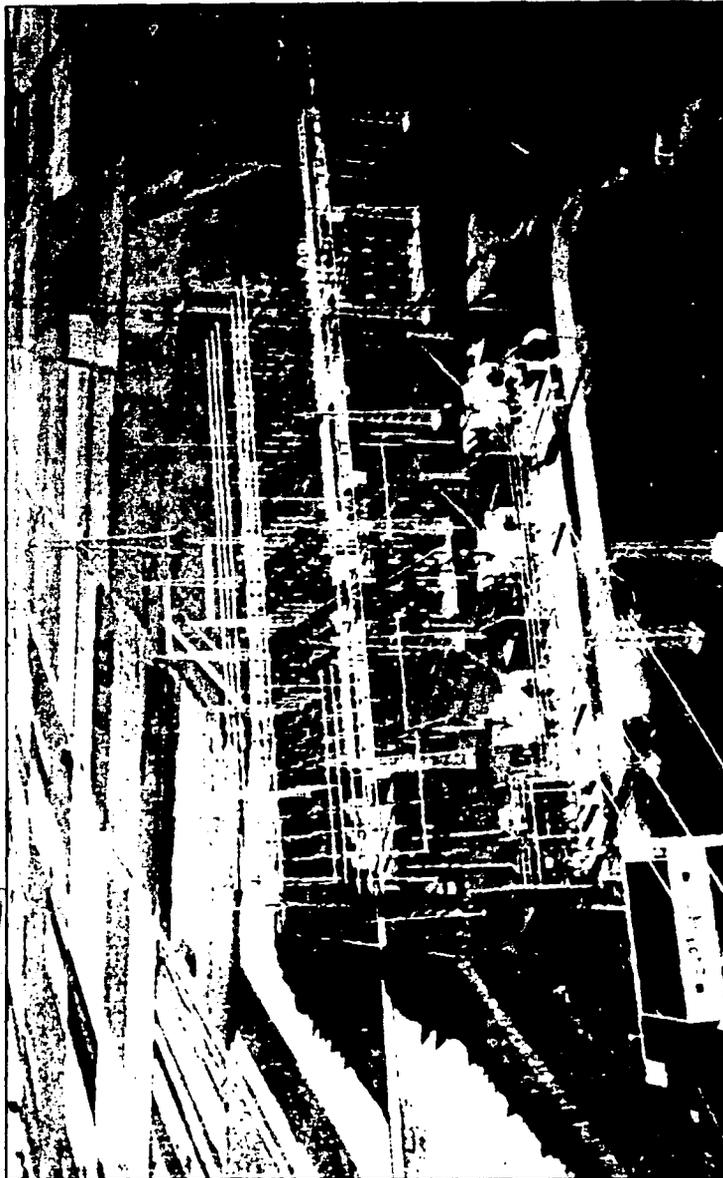


FIGURA 2.1
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CONVENCIONAL (AIS)



2.2 CUCHILLAS DESCONECTADORAS DE APERTURA VERTICAL

Las cuchillas desconectadoras son utilizadas como dispositivos de seccionamiento de circuitos, para operar sin carga, en sistemas de alta tensión hasta 550 kV y de entre 2000 y 4000 A, especialmente para aislar subestaciones, barras y circuitos de la fuente de suministro. Encuentran su principal aplicación como de cuchillas de paso y prueba en subestaciones convencionales.

Las cuchillas desconectadoras están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvanizado anticorrosivo. La flecha de accionamiento que gira dentro de bujes de plata con revestimiento de aluminio, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aún después de un largo periodo de instalación y uso.

Emplean aisladores, sobre los que están soportadas las partes vivas construidas de cobre, bañados de plata. Los elementos de contacto están sobredimensionados respecto a lo establecido por la norma DIN 43365 lo cual, aunado a la elevada presión de contacto por medio de un sistema de resortes contemplados, mediante la cual las navajas aseguran su firmeza de conexión a los contactos fijos, dan lugar a una baja resistencia óhmica en el área de contacto y un mínimo desgaste de estas áreas. Su robusto diseño y construcción permiten que las cuchillas desconectadoras soporten satisfactoriamente y sin daño los esfuerzos térmicos y dinámicos ocasionados por corrientes de cortocircuito.

A pesar de la alta presión de contacto, las cuchillas desconectadoras son de operación sencilla y ligera. La operación de la cuchilla puede ser manual o con accionamiento a motor. Puede tener contactos auxiliares, cuchilla de puesta a tierra integrada, etc. como equipo opcional.

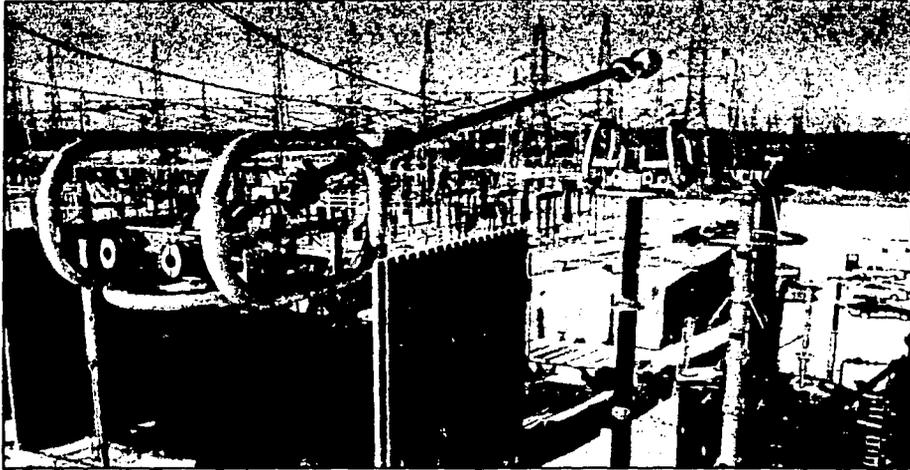
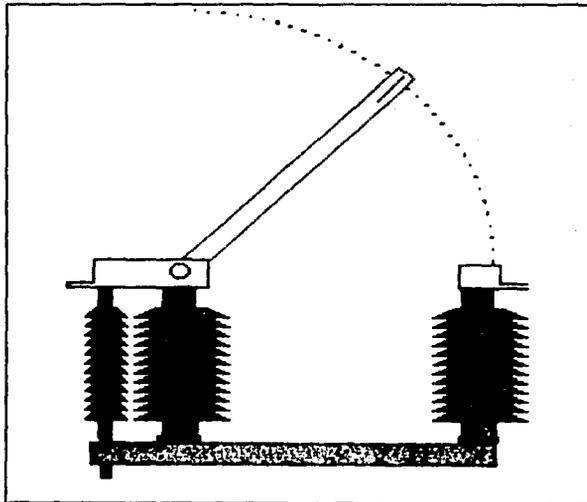


FIGURA 2.2
CUCHILLAS DE APERTURA VERTICAL



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 2.3
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS CUCHILLAS DE APERTURA VERTICAL



2.3 CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA

Las cuchillas de puesta a tierra son utilizadas como elementos para conectar a tierra barras colectoras, circuitos derivados, capacitores y cualquier otro equipo, de manera segura y firme, los cuales hayan sido previamente desconectados de la red de alimentación por medio de desconectores, cuchillas o interruptores.

Se emplean principalmente para propósitos de mantenimiento o inspección representando un medio más seguro y confiable que la utilización de cables y pinzas para conectar a tierra, asegurando de esta manera que el personal que trabaje en estas áreas esté adecuadamente protegido, reduciendo la posibilidad de recibir una descarga a través de alguna parte de la instalación que haya permanecido energizada o con potencial debido a cargas eléctricas acumuladas, por ejemplo en capacitores, cables subterráneos y líneas largas. Las cuchillas de puesta a tierra han demostrado su utilidad, efectividad, sencillez y buen funcionamiento a lo largo de los años.



FIGURA 2.4
CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA

TESIS CON
FALLA DE CORRIENTE

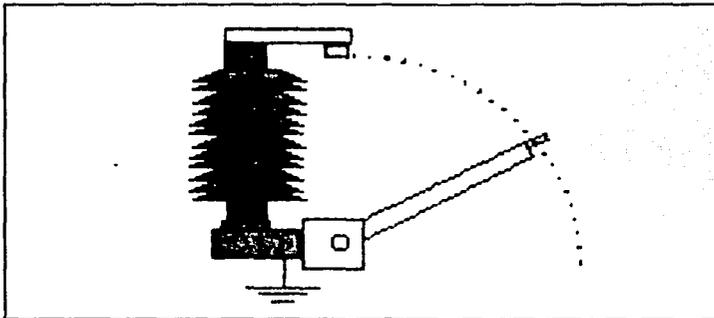


FIGURA 2.5
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA



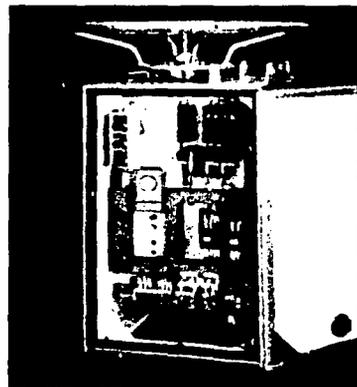
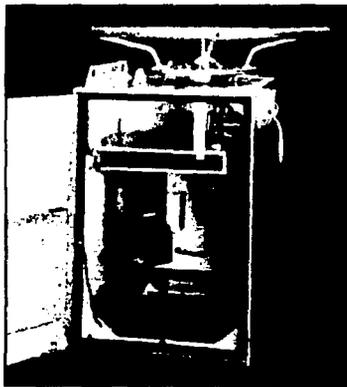
2.4 ACCIONAMIENTOS MOTORIZADOS

Para la automatización de cuchillas desconectadoras de operación sin carga, desconectores de operación con carga y cuchillas de puesta a tierra, se dispone de accionamientos motorizados.

Los accionamientos motorizados están disponibles en dos versiones básicas, una para montarse directamente sobre la flecha del equipo, con la posibilidad de actuarlo manualmente a través de una palanca mediante una pértiga. La segunda versión se instala sobre la parte interna del frente del gabinete y se opera manualmente desde el interior mediante una manivela de emergencia insertable por el frente del gabinete.

Son equipos de construcción robusta y de alta confiabilidad. Su dimensión mecánica excede los requerimientos de par usualmente necesario para accionar un equipo. Esto permite vencer la resistencia que pudiera presentar mecanismos que no han operado por largo tiempo.

Todos Los elementos están conectados a tabllillas terminales identificadas y fácilmente accesibles. Por su diseño requieren un circuito de control sencillo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 2.6
ACCIONAMIENTOS MOTORIZADOS (IZQUIERDO Y DERECHO)



2.5 INTERRUPTORES EN SF₆

Los interruptores eléctricos son equipos unipolares de operación individual, utilizados para operar con carga y seccionar redes de altas tensiones de hasta 400 kV, conectar y desconectar líneas o cables, seccionar circuitos en anillo así como para conectar y desconectar transformadores con o sin carga. Los interruptores son fabricados y probados de acuerdo a las normas más importantes como son NMX, IEC, DIN y VDE. Cumplen también con los requerimientos de las normas ANSI.

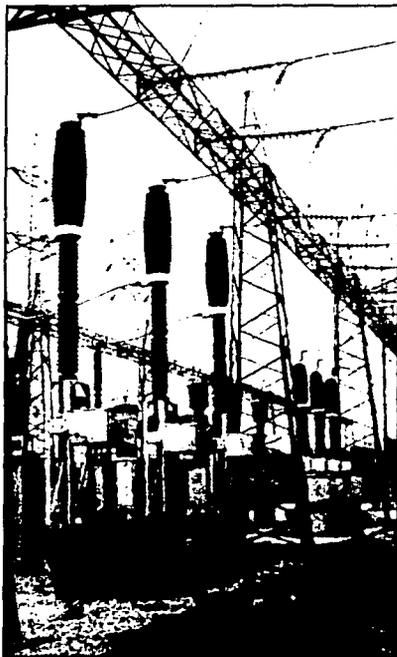


FIGURA 2.7
INTERRUPTOR PARA SUBESTACIÓN TIPO AIS

TRABAJO DE
FALLA DE ORIGEN



Este interruptor se compone de tres polos idénticos. Cada polo está construido por una cámara de corte (A) soportada por una columna aislante (B) y conectada al mecanismo de mando (C). De este modo el interruptor permite la realización de maniobras unipolares o tripolares (sincronización eléctrica).

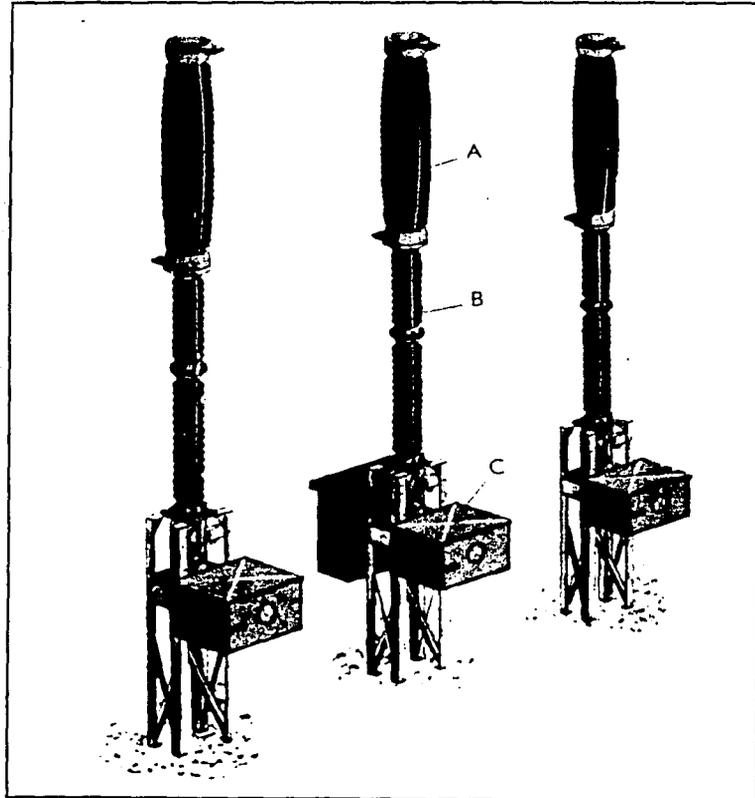


FIGURA 2.8
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN INTERRUPTOR PARA
SUBESTACIÓN TIPO AIS

RESUMEN
CON
FALLA DE ORIGEN



2.5.1 Corte del arco

- **POSICIÓN "CERRADO".** La corriente pasa por el soporte de contacto fijo (1), los contactos principales (2), el contacto móvil (3), el soporte de contacto móvil (4).
- **COMIENZO DE LA APERTURA.** Cuando el contacto móvil (3) deja los contactos principales (2), se conmuta la corriente en los contactos de arco.
- **EFFECTO TÉRMICO.** Al separarse los contactos (5), aparece el arco, y su energía provoca la subida de presión del volumen de expansión térmico (Vt) cerrado por la varilla de contacto fijo (6) y la tobera (7).
- **CORTE Y ASISTENCIA EN LA APERTURA.** Cuando la tobera (7) sale de la varilla (6), la sobrepresión térmica existente en el volumen (Vt) se libera, lo que provoca un soplado enérgico, inmediatamente antes del paso de la corriente por cero, garantizando la extinción final del arco. Simultáneamente, el aumento de la presión que nace cerca del arco eléctrico se propaga hasta el pistón (8) ejerciendo un esfuerzo sobre el sistema móvil, lo que reduce la energía necesaria para las operaciones de apertura.
- **POSICIÓN "ABIERTO".** El arco está extinguido. Las moléculas de SF₆ disociadas por el arco se reconstituyen instantáneamente. Los productos secundarios del corte se absorben en el tamiz molecular (9), en forma de polvo sin efecto negativo para el interruptor.

2.5.2 Operación de cierre

Bajo una orden de cierre, la energía acumulada en el resorte de cierre (E) situado en el mando se libera. Esta energía se transmite vía el conjunto de transmisión situado en el cárter interior (H) a la biela aislante



(L) y asegura el cierre del interruptor. Simultáneamente, esta energía tensa el resorte de apertura (D) preparando una nueva maniobra.

2.5.3 Operación de apertura

Bajo una orden de apertura, la energía acumulada en el resorte de apertura (D) situado en el cárter inferior (H) del polo se libera. Esta energía asegura la separación de los contactos, por intermedio de la biela aislante (L).

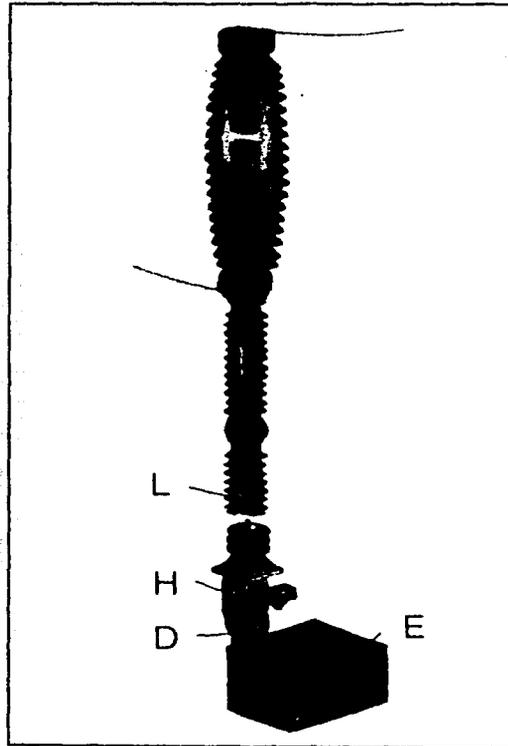


FIGURA 2.9
CORTE DEL ARCO EN UN INTERRUPTOR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

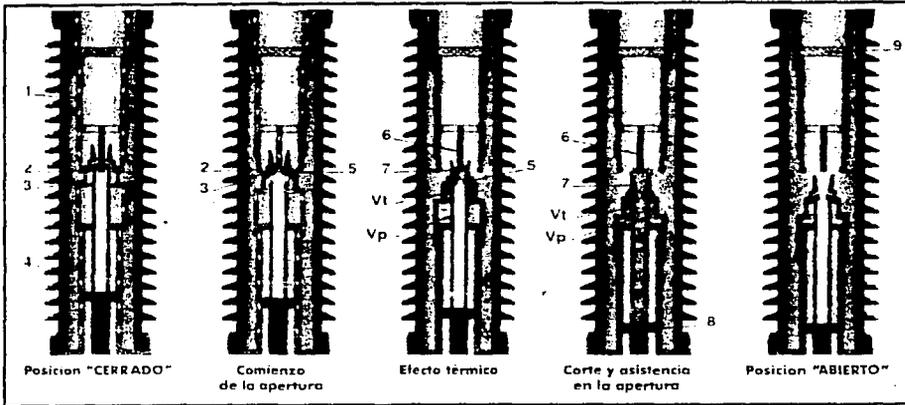


FIGURA 2.10
PASOS PARA LA OPERACIÓN DE CORTE DEL ARCO EN UN INTERRUPTOR

2.6 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

Los transformadores de instrumento son necesarios en las redes de alta tensión con el fin de reducir los altos voltajes de servicio a magnitudes no peligrosos y fáciles de manejar.

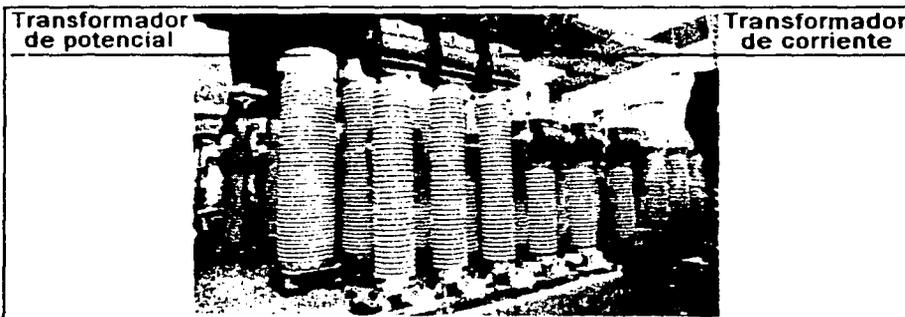


FIGURA 2.11
TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

TENS CON FALLA DE ORIGEN



2.6.1 Transformadores de corriente

En las subestaciones tipo AIS, son necesarios los transformadores de corriente, tanto para la protección como para la medición. Los TC's son en su gran mayoría de tipo inductivo, es decir, el conductor recto que pasa por su interior, hace las funciones del arrollamiento primario de una espira. Con ello, y por razones de diseño se elimina la posibilidad de conmutar las intensidades primarias del propio TC. Se pueden instalar prácticamente en cualquier punto de la subestación, en módulos independientes de TC's para medición y protección.

El TC puede tener varios núcleos con varios arrollamientos secundarios, el número posible de núcleos depende de la intensidad en el primario, de la clase de precisión y la potencia. Si no fuera posible colocar el número de núcleos, se tienen que montar dos TC's en serie. Asimismo, los arrollamientos secundarios pueden tener tomas para adaptación a las diferentes intensidades primarias.

Los TC's se comportan como un transformador conectado en cortocircuito, por lo que no deben energizarse teniendo el circuito secundario abierto, ya que en este caso se establecerían tensiones de cresta de varias decenas de kV, que originarían daños en el TC, equipos adyacentes y a los operadores.

2.6.1.1 Arrollamiento secundario

Cada arrollamiento secundario tiene su propio núcleo, el cual consta de una bobina teórica con arrollamiento por capas y aislamiento entre espiras; asimismo, este arrollamiento está encapsulado en una carcasa de aluminio que lo protege contra altas frecuencias, disturbios y actos como bajo voltaje protegiendo así al electrodo. Los extremos de los arrollamientos secundarios se conducen al exterior y resultan accesibles en las cajas de bornes del secundario del TC, en dichas cajas se encuentra su identificación de cada uno de ellos.



2.6.1.2 Tipos de núcleos

Los núcleos de medición y protección deben de transmitir con la mayor fidelidad posible al secundario la intensidad de la corriente que, en el margen nominal real, pasa por el primario, y, en el margen de sobre intensidad, protege contra sobrecargas o fallas de cortocircuito o aísla la bahía donde ocurre la falla, protegiendo así toda la subestación en su conjunto.

Los núcleos de protección no tienen que transmitir al secundario con tanta precisión como los núcleos de medición; la intensidad de la corriente que pasa por el primario. Sin embargo, las sobrecorrientes que surgen al producirse un corto circuito han de transmitirse casi proporcionalmente hasta el factor nominal de intensidad (ejemplo $5 \times I_n$). Esto significa que, contrariamente a lo que ocurre con los núcleos de medición, se debe evitar la saturación hasta el factor nominal.

Se puede mencionar que hoy en día los núcleos de los TC's son mucho menores, debido a las pequeñas cargas que ahora se manejan, gracias al desarrollo de los nuevos sistemas de medición electrónicos y a los relevadores y sistemas de protección integrales digitales, los cuales trabajan en el orden de los mA.

El núcleo de los transformadores es de tipo Toroidal, el cual es soportado por un tubo de aluminio que está sujeto en un punto a la envolvente principal, por lo que también funciona como blindaje.

Por lo general, las dimensiones de la envolvente permiten al transformador hasta cuatro devanados secundarios con núcleos independientes, llevándose sus terminales a una caja de conexiones localizada en la envolvente principal, la cual esta constituida por resina epoxica.



Los transformadores de corriente se encuentran disponibles con diferentes relaciones de transformación, cargas secundarias y precisiones necesarias para equipo estándar; sin embargo existen limitaciones para proporcionar altas precisiones y altos valores de cortocircuito con relaciones de transformación pequeñas.

Los transformadores de corriente inductivos son monofásicos y se combinan para formar una unidad trifásica. Esta unidad se monta junto a la parte de alta tensión del interruptor de potencia y de las cuchillas de puesta a tierra. En la mayoría de los casos se montan a la salida de los interruptores de potencia; y se diseñan de tal modo que la barra pase a través haciendo las veces de devanado primario con una vuelta. La conmutación de las distintas relaciones de transformación es posible mediante tomas en el secundario del mismo, las cuales se llevan a una caja de conexiones en la parte exterior del módulo.

Los transformadores de corriente pueden ser diseñados para tener varios núcleos de hierro con un devanado secundario cada uno. La cantidad de núcleos que debe tener un transformador de corriente depende de la corriente del primario y la clase y potencia de los núcleos. Naturalmente existen diseños especiales nuevos de transformadores de corriente exclusivos en caja propia, para otras aplicaciones.

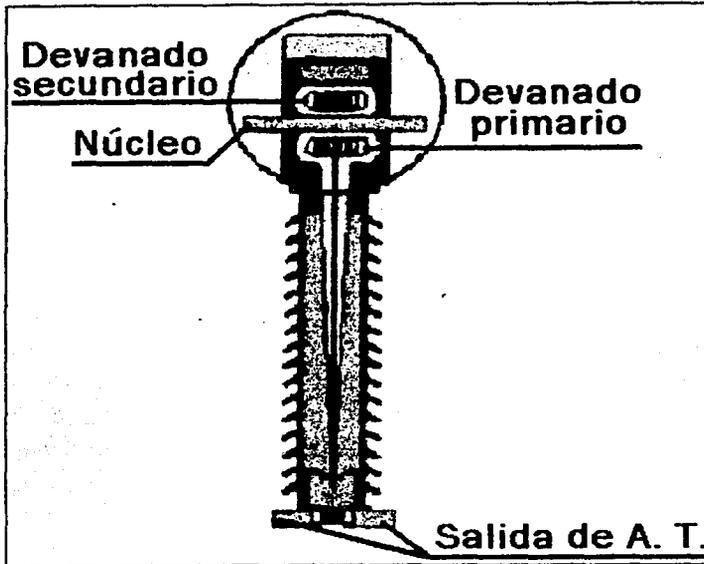


FIGURA 2.12
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

2.6.2 Transformadores de potencial

Al igual que los TC's, los transformadores de potencial (TP's) son necesarios en la estructura de una Subestación Eléctrica, por lo que trataremos de analizarlo bajo los mismos aspectos. Dentro de una S. E. AIS un TP es constructivamente diferente de un TC, ya que los TP's necesitan un módulo especial para su interconexión en paralelo con los conductores de potencia. Por lo general estos módulos se encuentran situados en la parte superior de las S. E. y en la parte de arriba del módulo donde se encuentran los bornes del devanado secundario.

FALLA DE ORIGEN



En lo constructivo se puede definir este equipo exactamente como un TP tipo intemperie, con sus devanados principales secundarios, con la única salvedad que el medio aislante es el aire.

2.6.2.1 Estructura interna

El núcleo está formado por chapas apiladas ímbricamente. Los devanados primario y secundario están dispuestos sobre la misma rama, para distribuir el campo eléctrico hay un electrodo de alta tensión colocado sobre el devanado primario. Para este tipo de equipo el aislamiento más importante a utilizar es el papel-aceite; en las salidas de las partes activas están alojados aisladores de porcelana conjuntamente a un tanque. En este proceso el equipo pasa a través de un tratamiento de secado desgasificado donde el calor y el vacío son cuidadosamente controlados; siguiendo a esto el transformador es llenado con aceite mineral de alto grado eléctrico previamente tratado. Este proceso asegura un verdadero aislamiento del transformador.

Los transformadores de potencial pueden ser tanto del tipo inductivo (T. P.) como del tipo capacitivo (D. P.), se pueden colocar prácticamente en cualquier punto de la subestación; sin embargo, generalmente se colocan TP's en interruptores y en los módulos para conexión de cables.

El transformador de potencial, puede contar hasta con dos devanados secundarios y algunos fabricantes ofrecen un tercer devanado para conexión en delta abierta. Las terminales secundarias están conectadas a una caja de conexiones localizada en el exterior de la subestación.

En las S. E. AIS, se emplean con preferencia por razones técnicas, Transformadores de Potencial Inductivos, los cuales generalmente van montados en conjunto, los tres TP's inductivos, en una caja, formando así un módulo independiente. Cada transformador de potencial esta formado



básicamente por un núcleo de hierro, uno o más devanados secundarios montados en un soporte y el devanado primario.

Cada transformador de tensión consta en esencia de:

- Un núcleo de hierro.
- Uno o varios arrollamientos secundarios en un soporte.
- El arrollamiento primario.

La conexión de alta tensión con la subestación se establece a través del conductor primario; las conexiones secundarias están conducidas a través de una placa a la caja de bornes.

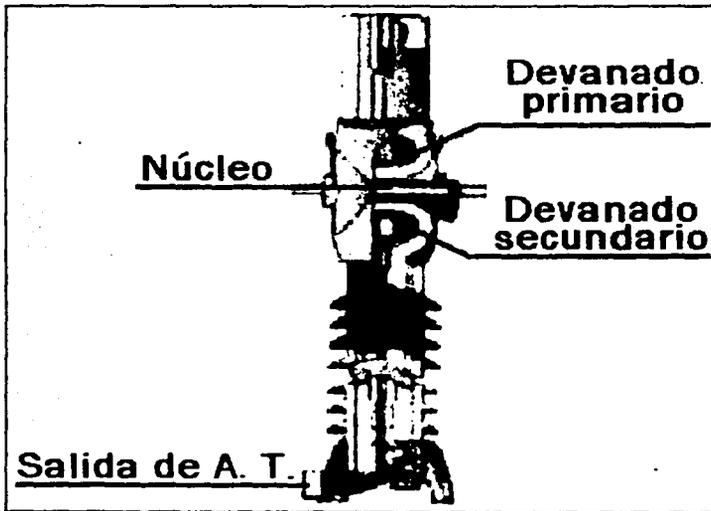


FIGURA 2.13
TRANSFORMADOR DE POTENCIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO 3

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ENCAPSULADA EN SF₆ (GIS)

3.1 DESCRIPCIÓN

Las Subestaciones Aisladas con Gas SF₆, también tipo GIS (Gas Insulated Substation), ocupan solamente una parte pequeña de área y volumen requerido por las Subestaciones Convencionales Aisladas con Aire. Para aplicaciones en zonas de alta densidad de carga eléctrica, especialmente en ciudades y centros industriales, la Subestación Aislada con gas SF₆ es la solución segura y económica.

El programa de suministro de los fabricantes para Subestaciones de Alta Tensión enteramente Encapsuladas en SF₆ cubre la gama completa de tensiones desde 72.5 kV hasta 800 kV con corrientes de cortocircuito de 25 kA hasta 63 kA. Las subestaciones del tipo GIS cumplen con las exigencias de las normas internacionales. Las ventajas características de las Subestaciones Aisladas en SF₆ de son las siguientes:

- Demanda reducida de superficie y volumen construido.
- Aislamiento independiente de las influencias del medio ambiente.
- Posibilidad de construir instalaciones interiores incluso para tensiones de servicio elevadas.
- Tiempos de construcción y de montaje reducidos permite disminuir los costos y aportan ventajas operacionales.



- A pesar de sus elevados costos de los aparatos, la rentabilidad de las instalaciones de SF₆ es superior a la de las convencionales.
- Una larga vida de servicio esperado así como ideal contra movimientos telúricos de hasta 4.5°R

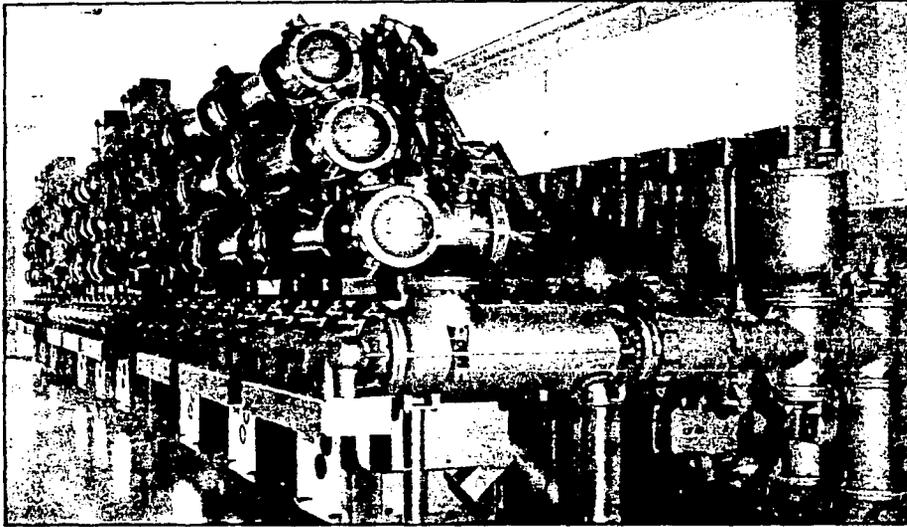


FIGURA 3.1
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA ENCAPSULADA EN GAS SF₆ (GIS)

3.2 EL GAS HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF₆)

Como todos los gases utilizados normalmente, el SF₆ existe en todos los países del mundo. Entre las numerosas aplicaciones, el SF₆ se emplea como gas trazador y permite realizar pruebas de hermeticidad en los campos petroquímico y nuclear. Se emplea también para aplicaciones muy diversas: microscopio electrónico, acelerador de partículas, etc. A continuación se dan a conocer sus principales características:

TESIS DE
FALLA DE ORIGEN



- **UN GAS NO TÓXICO.** El uso de este gas en los aparatos eléctricos preserva, en todos los casos, la seguridad de personas e instalaciones. Decenas de millares de aparatos de corte en SF₆ en servicio en el mundo lo demuestran en condiciones severas de funcionamiento.
- **UN GAS ININFLAMABLE.** El SF₆, gas inerte, no mantiene la combustión.
- **UN GAS MUY ESTABLE.** La alta estabilidad del gas SF₆ se debe a los 6 enlaces covalentes de su molécula.
- **UN GAS AISLANTE.** La rigidez dieléctrica del SF₆ es superior a la mayoría de los medios conocidos, alcanzando 5 veces la del aire a una presión de algunas decenas de Mpa.
- **UN GAS DE CORTE.** El SF₆ se impone para el corte ya que acumula el máximo de cualidades:
 - alta capacidad para conducir el calor producido por el arco que se enfría de manera extraordinaria por convección durante el arqueo.
 - alta conducción térmica radial y alta capacidad de captura de los electrones.
- **UN GAS REVERSIBLE.** La descomposición de la molécula del SF₆ es reversible y es siempre la misma masa de gas que opera, lo que convierte al aparato autónomo durante toda su vida.



FIGURA 3.2
GAS SF₆, ATRAVESANDO LA TOBERA DE UNA CÁMARA DE CORTE

3.3 BARRAS COLECTORAS

La componente más sencilla de una GIS es el conjunto de las barras colectoras. Las barras colectoras están formadas por un tubo conductor de aluminio o de cobre, de unos 15 cm de diámetro, soportado por medio de aisladores repartidos en forma espaciada a lo largo de una cubierta tubular de aluminio, a prueba de fugas, de 30 a 50 cm de diámetro exterior, conectado a tierra de tramo en tramo. El volumen entre el conductor y la cubierta se llenan con gas SF₆ a presión. Todas las juntas de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



la cubierta de aluminio están soldadas y forman una sección. Las secciones se van conectando entre sí por medio de bridas selladas y atornilladas, hasta formar el conjunto de barras de la subestación.

Los conductores internos unen una sección con la siguiente por medio de contactos con dedos de tipo tulipán, que permite una buena presión de contacto, absorben la expansión térmica entre secciones y ligeros desalineamientos angulares, y así evitan en esta forma la transmisión de esfuerzos a los aisladores. Para soportar las barras conductoras se utilizan 2 tipos de aisladores:

- Tipo disco para tensiones menores a 230 kV
- Tipo cónico para tensiones mayores a 230 kV

Ambos tipos son de resina ciclo - alifática, que no forman guías carbonizadas, en caso de producirse algún arqueo, durante las pruebas de equipo.

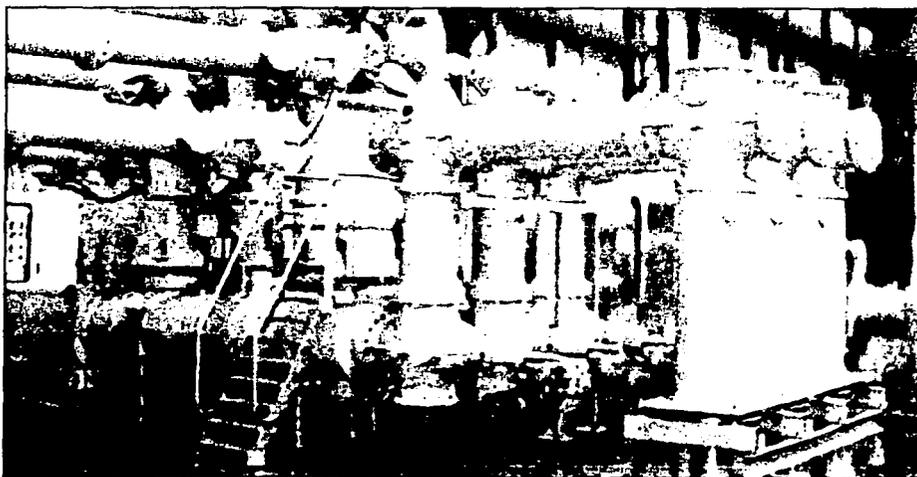


FIGURA 3.3
BARRAS COLECTORAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

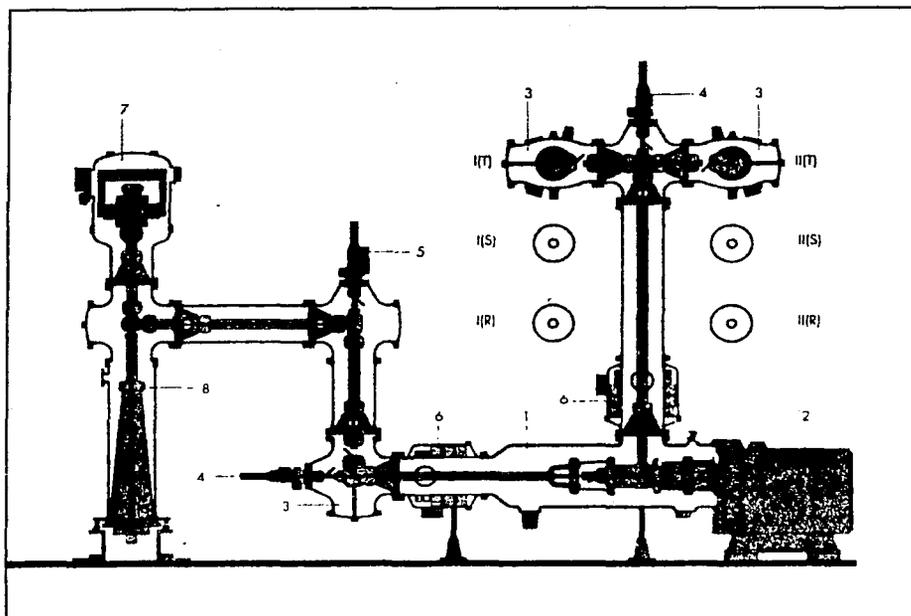


FIGURA 3.4
CELDA TÍPICA CON DOBLE JUEGO DE BARRAS

1. Disyuntor sin resistencia de cierre.
2. Mecanismo hidráulico.
3. Seccionador.
4. Seccionador de puesta a tierra con cierre lento.
5. Seccionador de puesta a tierra con cierre brusco.
6. Transformador de corriente.
7. Transformador de tensión.
8. Terminal de cable ata tensión.

3.4 SECCIONADOR

Los módulos del seccionador con contactos deslizantes están ubicados en el encapsulado modular. Los tres polos están mecánicamente

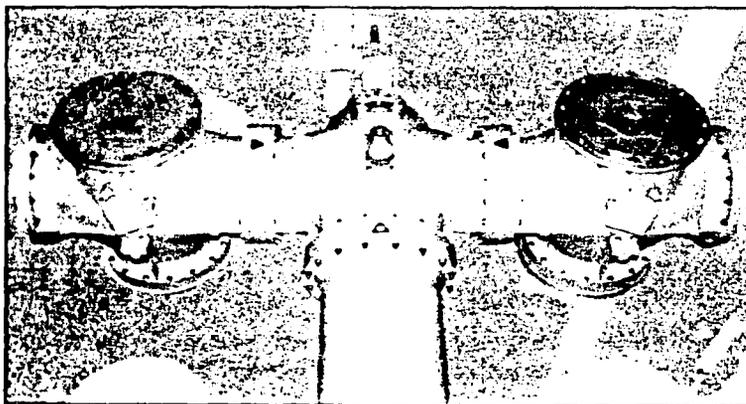
ESTE CON
FALLA DE ORIGEN



unidos y conectados con los indicadores de posición, mientras que el accionamiento eléctrico se ubica sobre uno de los polos. El seccionador en una instalación en SF₆ es concebido para realizar un desplazamiento axial. Los tres polos de un seccionador están conectados con un mando único, por un varillaje exterior. Las partes activas del seccionador están soportadas por aisladores cónicos de tipo abierto o estanco. Además, estas envolventes permiten integrar dos seccionadores de puesta a tierra, con o sin poder de cierre.

Estos seccionadores permiten una desconexión fiable de las corrientes capacitivas que se producen cuando las diferentes secciones de la instalación encapsulada son energizadas o desenergizadas así como de las corrientes de conmutación debido a la transferencia de carga entre barras.

Contactos de tipo deslizante idénticos a los de los conductores de unión se utilizan para evitar, del mismo modo, cualquier desgaste mecánico. El seccionador está equipado con indicadores ópticos mecánicamente conectados al árbol de transmisión y claramente visible desde el nivel del suelo.



NINGUNO DE ESTOS
TEXTOS CON
NOO SISSE

FIGURA 3.5
VISTA REAL DE UN SECCIONADOR

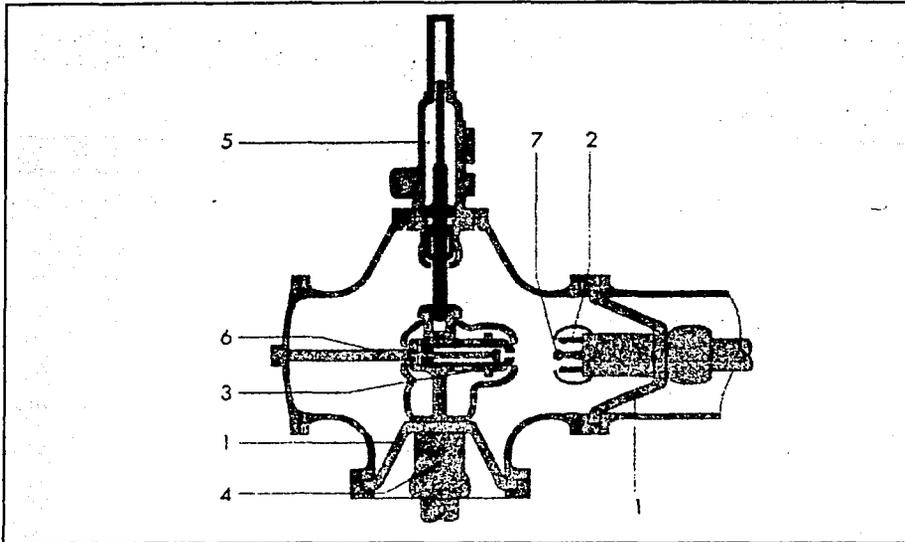


FIGURA 3.6
SECCIONADOR

1. Placa de descarga.
2. Absorbente.
3. Envoltente.
4. Montaje del seccionador de puesta a tierra.
5. Contacto hembra del seccionador de puesta a tierra.
6. Contacto principal.
7. Densímetro.
8. Barra giratoria aislante.
9. Cáster del contacto deslizante.
10. Sistema de maniobra.
11. Aislador troncocónico.
12. Contacto deslizante.

El seccionador (figuras 3.5 Y 3.6) comprende el contacto principal (6) y el cáster de contacto deslizante (9), dentro del cual se encuentra el elemento de acoplamiento del contacto deslizante (12). El conductor está

TIENE COMO
FALLA DE ORIGEN



conectado a ambos contactos por contactos de láminas. El contacto deslizante (12) se maniobra trifásicamente por el sistema de maniobra (10), que consta de palancas y bielas, y de la barra giratoria aislante (8) con mecanismo de maniobra motorizado.

Cada seccionador puede contener 1 o 2 dispositivos de puesta a tierra (4) de mantenimiento o rápido. Los contactos hembra de puesta a tierra (5) se montan en los cárteres de los contactos principal y deslizante (6,9). El compartimento del gas del seccionador, unido a la mayoría de las veces a otras partes de la instalación, se encuentra delimitado por la envolvente (3) y se vigila mediante densímetros (7). La palanca de descarga (1) protege la envolvente contra una sobrepresión excesiva, y el absorbente (2) se encarga de mantener seco el gas.

Cada seccionador posee una mirilla de observación de la posición de los contactos, que sirven igualmente para vigilar el estado de estos últimos. Los seccionadores sólo deben abrirse para realizar trabajos de revisión. Para trabajos de mantenimiento o de ampliación de la instalación, los seccionadores se pueden enclavar mecánicamente en la posición de fin de carrera deseado y bloquear mediante un candado. El enclavamiento con respecto a los interruptores automáticos, otros seccionadores e interruptores de puesta a tierra se realizan eléctricamente.

3.5 SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA

Los seccionadores de puesta a tierra (figuras 3.7 Y 3.8) se diseñan como elementos incorporables, que pueden aplicarse como conectadores a tierra de trabajos tripolares, de accionamiento eléctrico, o unipolar de accionamiento manual. Tres seccionadores a tierra forman una unidad tripolar montada en la instalación, juntamente con el accionamiento.

El seccionador de puesta a tierra con poder de cierre, se compone de tres polos, cada uno conectado con un mando unipolar. El seccionador de puesta a tierra sin poder de cierre de tipo se compone de tres polos



conectados con un mando tripolar. A continuación se describe el funcionamiento del seccionador de puesta a tierra.

Durante una maniobra de cierre, la varilla de contacto móvil en translación se junta con el contacto fijo montado en el elemento vecino (polo de seccionador o cruz de derivación). La posición de los contactos principales se encuentra claramente visible a partir del nivel de explotación gracias a un indicador óptico. El seccionador de puesta a tierra con poder de cierre, también tiene un muelle que sirve para proporcionar la energía suficiente para garantizar el cierre en caso de cortocircuito. Los seccionadores de puesta a tierra se pueden aislar eléctricamente de las envolturas para facilitar el reglaje de los relés de protección, el control de la resistencia de los conductores principales o de las características de los transformadores de corriente.

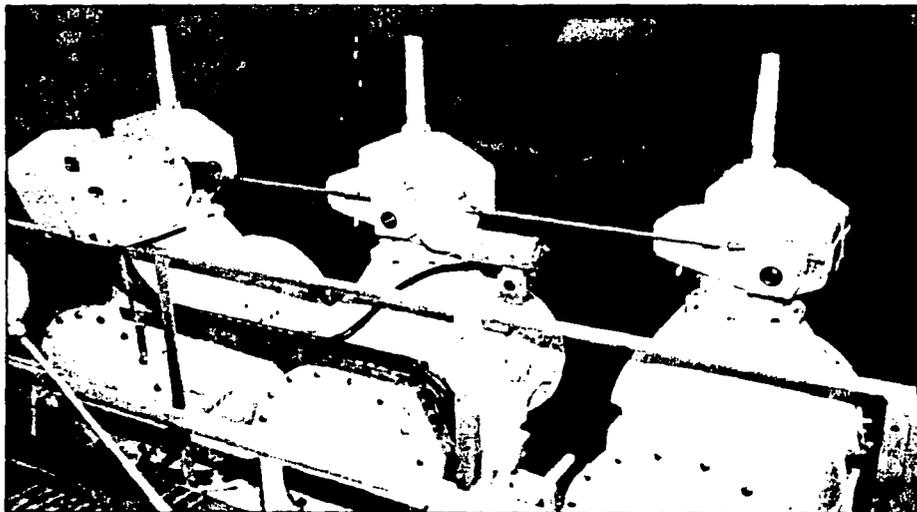


FIGURA 3.7
MONTAJE DEL SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA

TESIS CON
FALLA DE CONTACTO

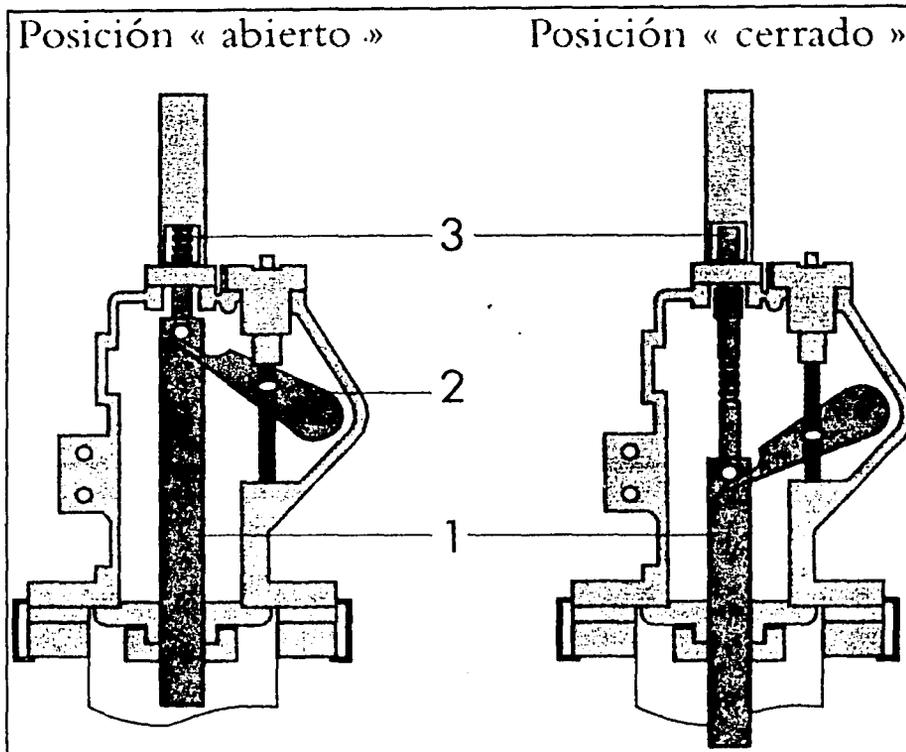


FIGURA. 3.8
SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA

1. Varilla de contacto.
2. Palanca de maniobra.
3. Indicador de posición.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.6 SECCIONADOR RÁPIDO DE PUESTA A TIERRA

Los seccionadores rápidos de puesta a tierra (figuras 3.9 Y 3.10) sirven para poner a tierra partes de la instalación en condiciones normales de explotación. Su mecanismo de maniobra tripolar es apto para cerrar el



aparato sobre cortocircuito. Durante la maniobra de cierre, el resorte de enganche (10) se tensa por el varillaje (6) y la palanca de maniobra (5), mediante el mecanismo de maniobra motorizado. Una vez tensado el resorte, el trinquete (11) libera la palanca de maniobra (9) y la varilla de maniobra (2) se cierra a gran velocidad por mediación de la varilla de acoplamiento (8), por el eje y las bielas. El contacto hembra (1) forma parte del equipo estándar de los aparatos, del mismo modo que en el seccionador de puesta a tierra de mantenimiento en el aparato correspondiente.

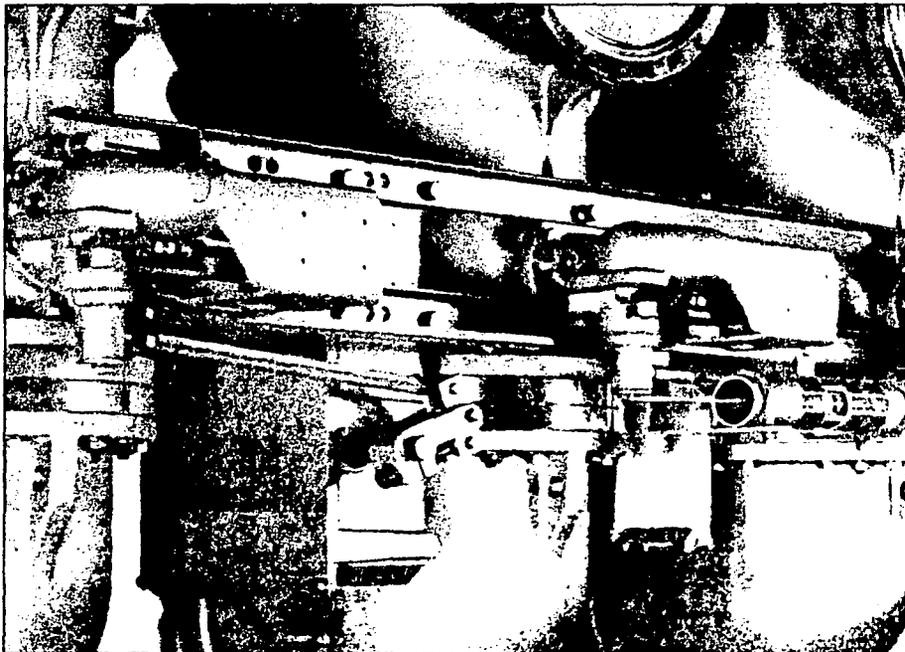


FIGURA 3.9
VISTA REAL DE UN SECCIONADOR RÁPIDO DE PUESTA A TIERRA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

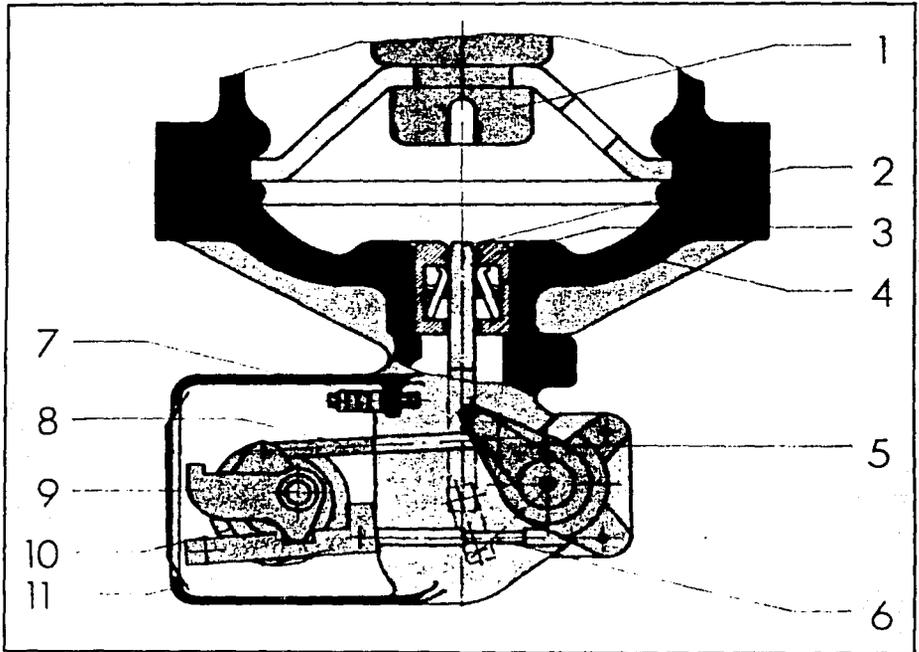


FIGURA 3.10
SECCIONADOR RÁPIDO DE PUESTA A TIERRA

1. Contacto hembra.
2. Varilla de maniobra.
3. Contacto deslizante.
4. Tapa.
5. Palanca de maniobra.
6. Varillaje.
7. Amortiguador.
8. Varilla de acoplamiento.
9. Palanca de maniobra.
10. Resorte de cierre.
11. Trinquete.

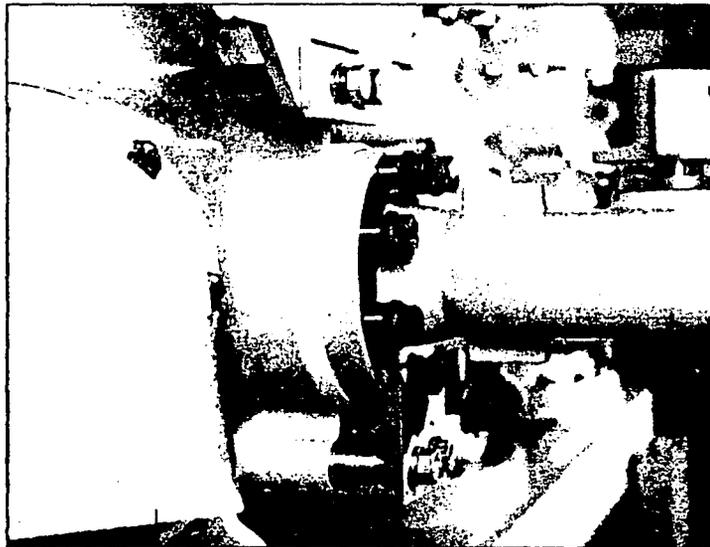
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.7 SECCIONADOR AISLADO A TIERRA

Con el seccionador aislado a tierra integrado a la instalación GIS, existe la posibilidad adicional de efectuar mediciones, o sea que pueden transmitirse desde afuera, una corriente de medición al interior (el conductor) con el conector a tierra conmutado. La diferencia con el seccionador a tierra montado normalmente, consiste solamente en la forma de ejecución de la parte de las bridas del cárter del conector a tierra, del material de sujeción (tornillos, placas de apoyo, etc.) así como de la empaquetadura de la brida.

Esta última es confeccionada con una mezcla de hules especiales de resistencia eléctrica elevada. Para la medición se precisan dos seccionadores de puesta a tierra, uno de ellos unipolar, aislado para la alimentación de la corriente de medida y la otra para el retorno de la corriente por el blindaje.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 3.11
PUESTA A TIERRA AISLADA

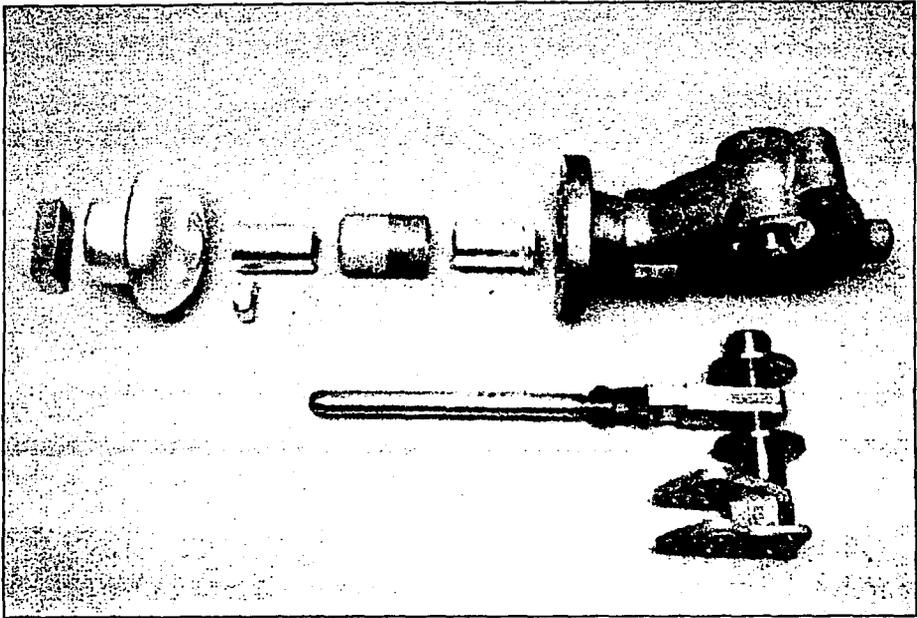


FIGURA 3.12
COMPONENTES DE LA PUESTA A TIERRA

3.8 TRANSFORMADORES DE MEDIDA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los transformadores de medición deben siempre responder a los requerimientos para los cuales son diseñados, considerando los múltiples elementos del equipo de red, así como los sistemas de protección y de medida. Por consiguiente, la parte activa deberá alojarse en envolventes estandarizadas para ser colocados en un punto cualquiera de la instalación. Los sistemas aislados en SF₆ comprenden transformadores de tensión inductivos o capacitivos y transformadores de intensidad inductivos.

El transformador de tensión inductivo tiene un núcleo magnético sobre el que está dispuesto el arrollamiento secundario en el interior y el



arrollamiento primario en el exterior. El arrollamiento primario está aislado por hojas impregnadas en SF₆ y el electrodo forma una pantalla del lado de alta tensión. La conexión de alta tensión conecta el arrollamiento primario al de la instalación.

Los arrollamientos secundarios llegan a la caja de bornes desde la que parten los cables. Con su tapa, La envolvente constituye un compartimiento de gas perteneciente a la parte activa, vigilado por un densímetro, protegido por la placa de descarga de sobrepresión y provisto de un absorbente para mantener el gas en estado seco. En el transformador de tensión capacitivo, el núcleo y sus arrollamientos han sido reemplazados por un condensador de alta tensión alojado en la envolvente y acoplado a un amplificador electrónico que suministra las señales a los equipos de protección y medición.

El transformador de intensidad consta de núcleos anulares, individuales. El conductor por el que circula la corriente por medir atraviesa los núcleos anulares en su centro y sirve como arrollamiento primario. El arrollamiento secundario está dispuesto sobre el núcleo y conectado a la caja de bornes con los conductores de medida. Los núcleos pueden construirse según las exigencias de las clases de medida o protección, los últimos incluso linealizados. La relación de transformación, la potencia de precisión y el comportamiento transitorio puede adaptarse a todas las condiciones y normas conocidas. Es posible la conmutación de la relación de transformación por el lado secundario. Los núcleos están alojados en un cárter de fundición de aluminio y apantallados con el tubo interior con respecto al conductor primario, lo que limita simultáneamente el compartimiento del gas. También se pueden utilizar transformadores de intensidad de primario en cable para medir la corriente.

3.8.1 Transformador de corriente

El devanado primario está constituido por el conductor principal. Los devanados secundarios de los transformadores de corriente, instalados



alrededor de la envoltura, se componen de núcleos incrustados dentro de una resina sintética que garantiza una excelente protección mecánica. Una pieza aislante impide que la corriente de retorno circule dentro de la virola soporte.

Unos puentes de derivación de aluminio, colocados al exterior de los toros, garantizan la continuidad eléctrica. La presencia de una brida desmontable facilita el desmontaje de los núcleos. El número y las características de los núcleos se adaptan en cada situación a las necesidades del cliente.

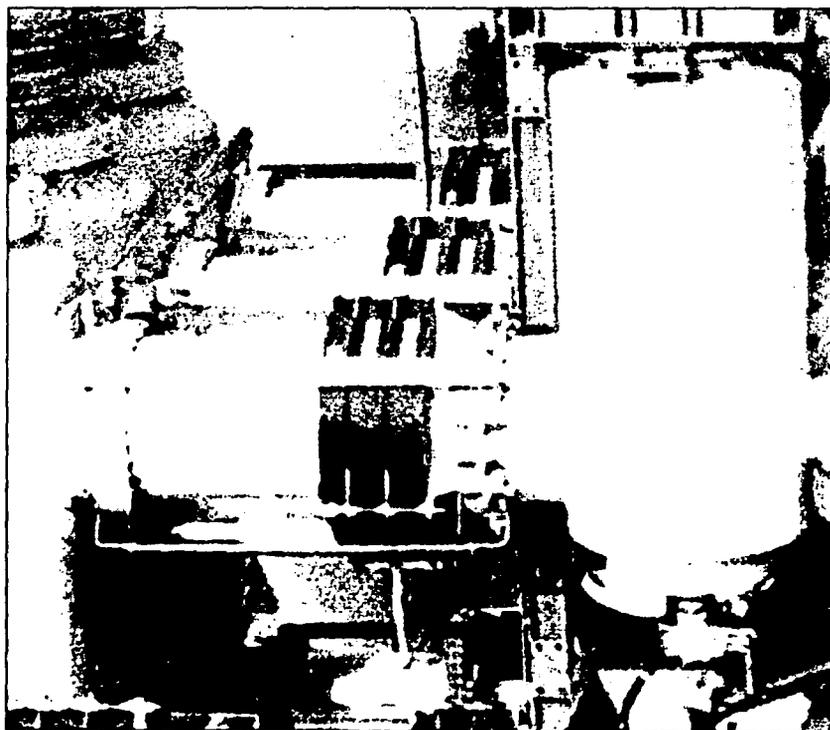


FIGURA 3.13
VISTA REAL DE UN TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

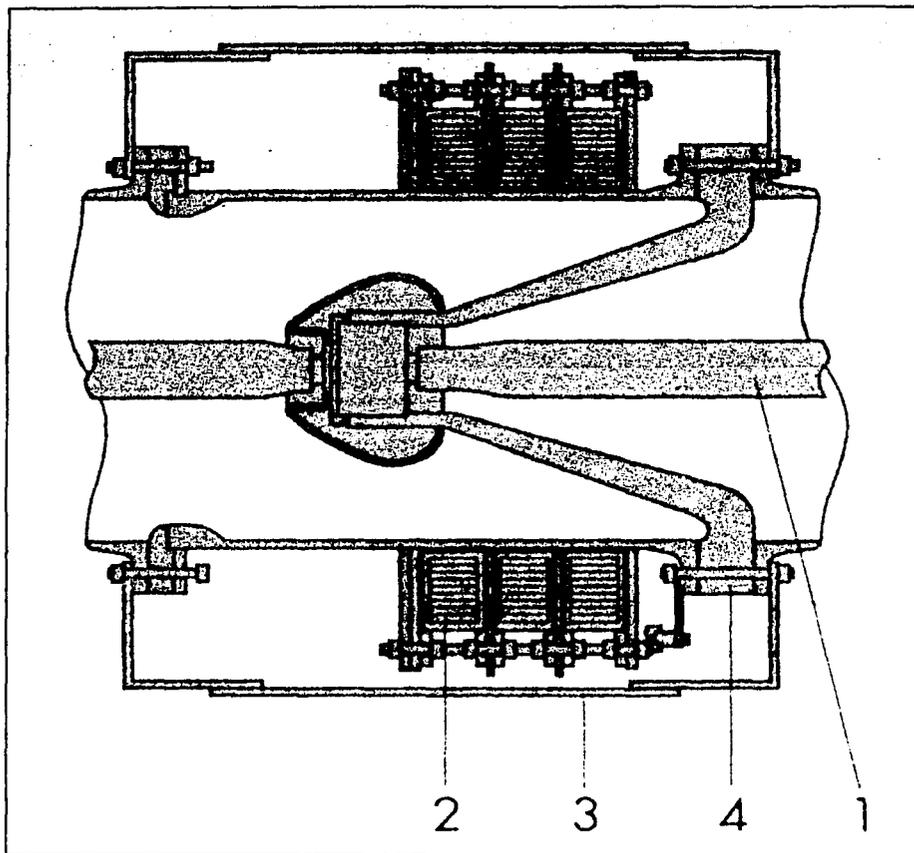


FIGURA 3.14
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

1. Conductor principal.
2. Devanado secundario.
3. Puente de derivación.
4. Pieza aislante.

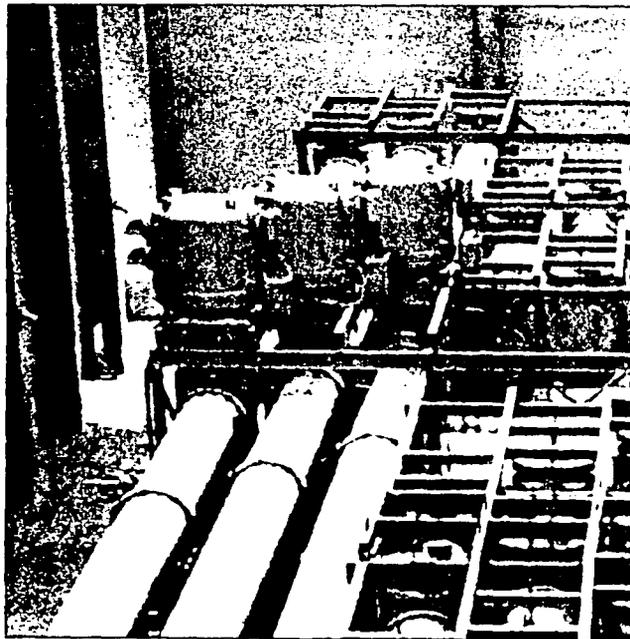
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.8.2 Transformador de tensión

La parte activa del transformador de tensión esta incluida en una envoltura de aluminio llena de SF₆. El corazón está constituido por un núcleo rectangular compuesto de chapas magnéticas en el que se encuentran colocados el o los devanados secundarios y el devanado de alta tensión. El devanado primario está realizado según el principio del bobinado en capas largas antirresonante.

Una película sintética garantiza el aislamiento entre las capas del devanado primario. En ciertos casos, se puede conectar en paralelo en el circuito secundario un dispositivo de amortiguamiento. Estos transformadores se pueden instalar en cualquier parte de la subestación.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 3.15
VISTA REAL DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

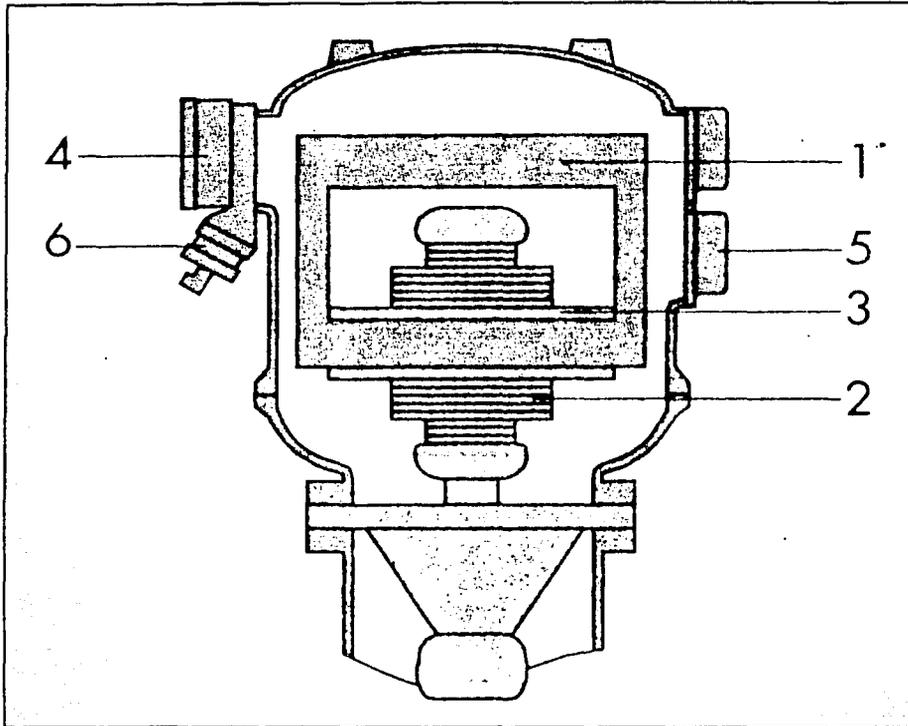


FIGURA 3.16
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

1. Circuito magnético.
2. Devanado primario.
3. Devanado secundario.
4. Caja de bornes.
5. Disco de ruptura.
6. Modulo de servicio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.9 INTERRUPTOR

El interruptor está equipado normalmente con dos o tres bridas de conexión idénticas. Puesto que se puede conectar directamente todos los otros módulos a estas bridas, es asegurado por medio de una ingeniería apropiada que se obtiene disposiciones muy compactas y por supuesto muy económicas.

El interruptor requiere muy poco mantenimiento y opera según el principio del soplado térmico asociado al proceso de autosoplado con una cámara de corte por polo. Con esta técnica, la energía necesaria para la desconexión del aparato es más de 40% inferior a la que sería necesaria utilizando solamente el proceso de autosoplado.

La instalación horizontal de los polos permite una accesibilidad máxima para el montaje y el mantenimiento de los aparatos. Esta disposición permite también retirar fácilmente las partes activas para una inspección o una operación de mantenimiento (figuras 3.17 y 3.18).

La cámara extintora usada en este interruptor es la misma que para el interruptor convencional, la cual fue ensayada bajo las condiciones más severas. Se distingue por la separación estricta de los contactos de corriente de carga y de los contactos auxiliares para la extinción.

Inspecciones y trabajos de mantenimiento se pueden prácticamente prescindir por la larga vida útil de los contactos auxiliares y por la falta de erosión de los contactos principales. El pistón de soplado es unido con la tobera de contacto, generando un flujo de gas SF₆, imprescindible para la extinción del arco. Al contrario del interruptor con pistón soplado común; el interruptor de autosoplado es dotado de un volumen de soplado de dos etapas. Estos dos volúmenes en parte son separados entre sí por una válvula de retención de libre movimiento. El gas SF₆ es comprimido durante el movimiento de desconexión en el volumen de compresión de tal modo, que el flujo de gas extingue los arcos por corrientes de servicio y pequeños corrientes de cortocircuito. El volumen



de compresión y la geometría de los contactos han sido optimizados asegurando así un comportamiento de extinción suave, sin sobretensiones mayores.

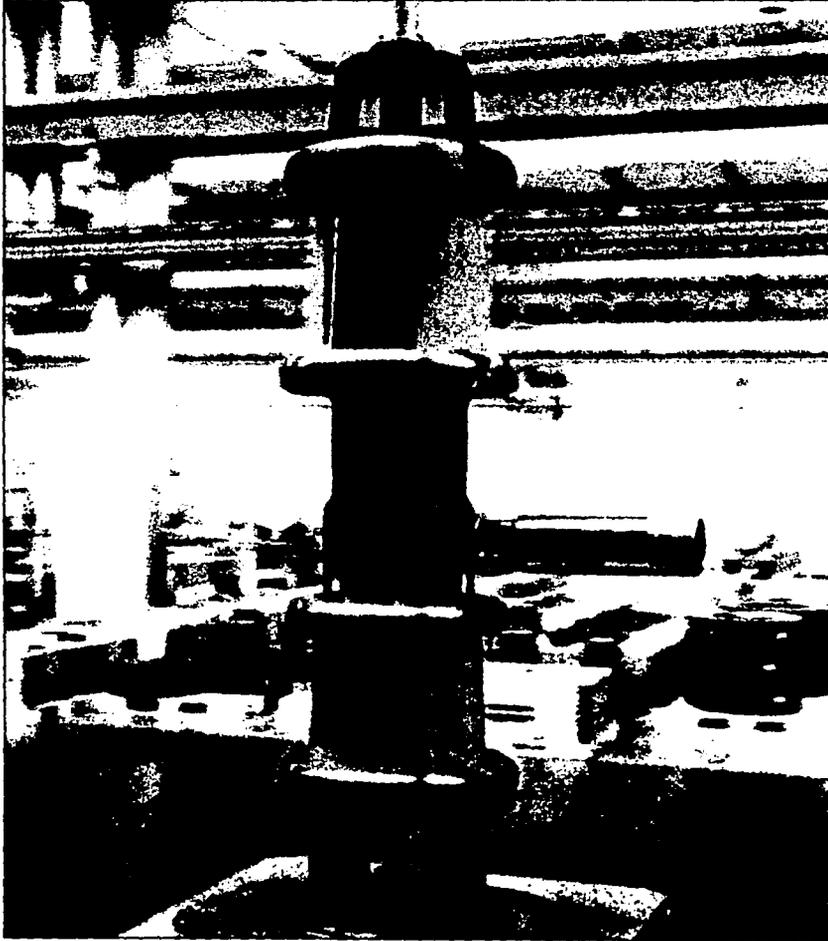


FIGURA 3.17
CORTE DE INTERRUPTOR VERTICAL

FALLA DE ORIGEN

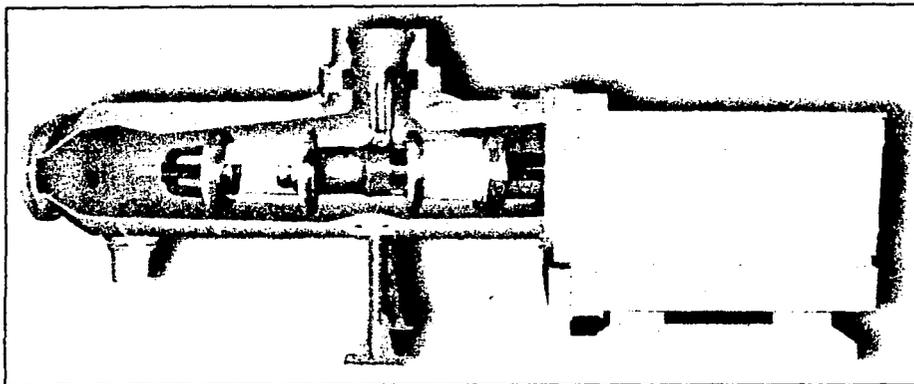


FIGURA 3.18
CORTE DE INTERRUPTOR HORIZONTAL

En el volumen de calentamiento la energía del arco de cortocircuito es utilizada para calentar el gas SF₆. La presión originada de éste fenómeno es empleada para la extinción de los arcos de corriente de cortocircuito hasta la corriente nominal de ruptura. Esto significa que el trabajo de compresión para la extinción de arcos no es llevado a cabo por el accionamiento del interruptor. Por este motivo es posible emplear un accionamiento simple, robusto y confiable; el accionamiento de resorte (interruptores automáticos).

Los interruptores automáticos son unos aparatos robustos y de construcción simple, del tipo, del tipo monopresión, con mecanismo de maniobra mecánico (figuras 3.19 y 3.20). La disposición horizontal del interruptor automático, de altura favorable para un montaje rápido y para la accesibilidad necesaria durante trabajos de mantenimiento, facilita la realización de instalaciones compactas. En estos interruptores automáticos los elementos de corte se prevén en instalaciones exteriores clásicas: el arco se encuentra sometido en ellas a un doble soplado axial. El modo de maniobra tripolar usual para este nivel de tensión permite obtener un ancho de celda de 1.5 m solamente.

TESTEON
PALLA DE ORIGEN

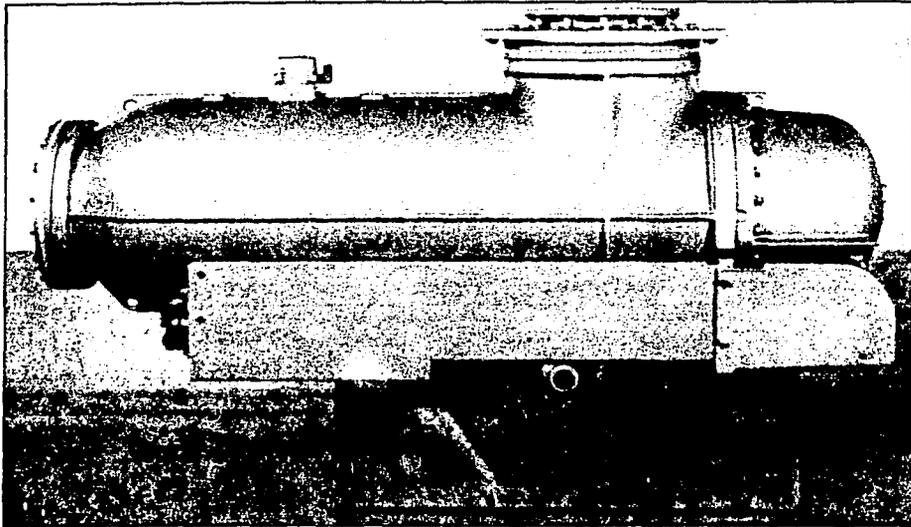


FIGURA 3.19
VISTA REAL DE UN INTERRUPTOR

Las figuras 3.19 y 3.20 representan a un interruptor automático para una tensión de hasta 245 kV. En la envoltura del polo (2), el aislador troncocónico (1) soporta el contacto fijo principal (5) que va unido al cárter de expansión (3). El otro aislador troncocónico (1) leva, en su eje vertical, un contacto de pinza (8) que une el elemento de corte a la parte fija de la instalación, permitiendo al mismo tiempo, para finalidades de inspección y revisión, el desenchufado y la extracción de la parte activa fijada a la tapa por 2 aisladores cilíndricos (9). La energía para generar el flujo de extinción en el cilindro de soplado (7) y tobera (6) se transmite con la transmisión (14) y la biela aislante de tracción (11). El densímetro (4) vigila el compartimiento del gas del polo, protegido contra una sobrepresión excesiva por una placa de descarga (12).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

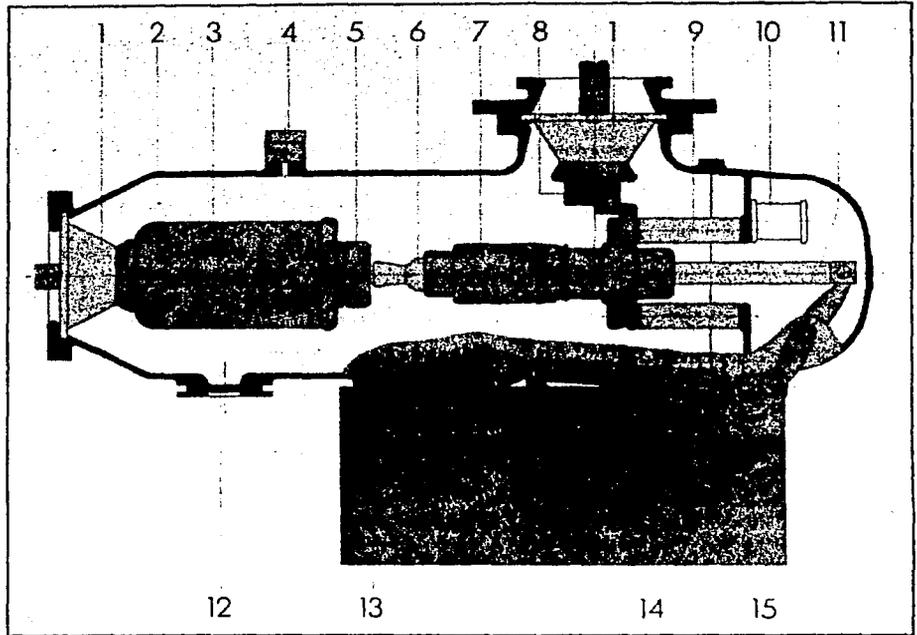


FIGURA 3.20
INTERRUPTOR

1. Aislador - soporte troncocónico.
2. Envoltente de interruptor automático.
3. Recinto de expansión.
4. Densímetro.
5. Contacto principal fijo.
6. Tobera.
7. Cilindro de soplado.
8. Contacto de pinza.
9. Aislador - soporte.
10. Absorbente.
11. Biela aislante.
12. Placa de descarga.
13. Muelle de desconexión.
14. Transmisión.
15. Mecanismo de maniobra por resortes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



Los interruptores automáticos han sido concebidos para largos intervalos de mantenimiento, pero, no obstante, son fáciles de mantener, gracias a la disposición favorable y a su construcción realmente simple.

Básicamente, el interruptor-seccionador de corte en carga es un interruptor automático monopresión simplificado. Domina todas las maniobras de acoplamiento que puedan presentarse en la red, incluso el cierre sobre corto circuito. El contacto fijo y contacto deslizante con el sistema de soplado de arco se encuentran dentro de una envolvente de aluminio. En el momento de la apertura, un cilindro-pistón produce el flujo necesario de gas para la extinción. El interruptor -seccionador de corte de carga está provisto de un mecanismo de maniobra por resortes tripolar motorizado. Como en el caso del interruptor automático, cada uno de los polos constituye un compartimiento de gas separado. Los interruptores seccionadores de corte en carga se utilizan a menudo como seccionadores longitudinales de juego de barras o como seccionadores de salida. En caso de ampliación de la instalación, pueden reemplazarse por interruptores automáticos.

3.9.1 Corte del arco

Las cámaras de corte que equipan los interruptores de la GIS son del tipo auto soplado térmico y funcionan de la siguiente forma (figura 3.21):

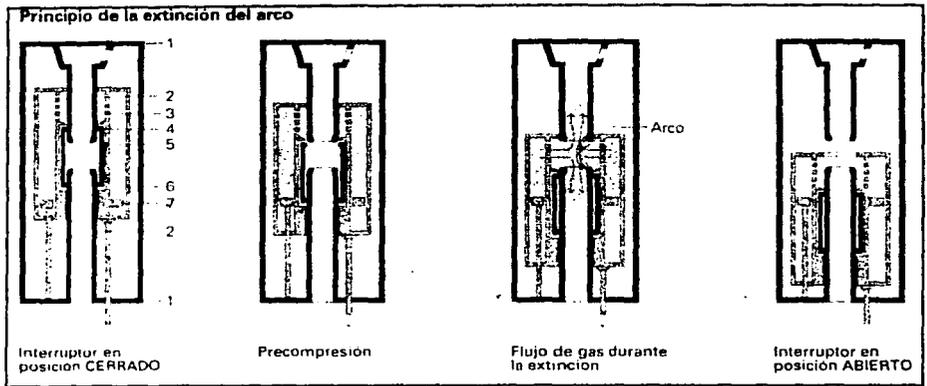


FIGURA 3.21
PRINCIPIO DE LA EXTINCIÓN DEL ARCO

1. Placa de conexión.
2. Tubo de contacto fijo.
3. Rejilla de soplado.
4. Contacto móvil.
5. Toberas de extinción.
6. Cilindro de soplado.
7. Pistón.

- INTERRUPTOR EN POSICIÓN "CERRADO". Los tubos de contacto fijos están unidos por medio del contacto móvil cuando está cerrado el interruptor. El contacto móvil y el cilindro de soplado-conjuntamente con un pistón anular situado entre ambos -forman la parte móvil de la cámara del interruptor. Estos componentes son accionados mediante una barra de maniobra.
- PRECOMPRESIÓN. Con la maniobra en movimiento se incrementa la presión del SF₆ entre el pistón y el cilindro de soplado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- **FLUJO DE GAS DURANTE LA EXTINCIÓN.** Cuando se separan los contactos se establece un arco entre la tobera de extensión y el contacto móvil. A medida que discurre la operación el arco pasa a ambas toberas. Al mismo tiempo, el contacto móvil, que actúa como una válvula de cierre, alivia la presión del SF₆ comprimido entra en el espacio entre los contactos, extingue al arco y sale a través de las toberas.
- **INTERRUPTOR EN POSICIÓN "ABIERTO".** Con ello el interruptor alcanza la posición ABIERTO.

3.10 MECANISMOS DE MANIOBRA (ACCIONAMIENTO POR RESORTES)

Cada polo del interruptor automático está comandado por un accionamiento por resortes puramente mecánico. Este accionamiento que dispone de muy pocas piezas móviles, requiere de un mínimo mantenimiento y proporciona una larga vida de servicio. La energía requerida para dos operaciones de APERTURA y una de CIERRE, se almacena permanentemente y sin pérdidas en los resortes. El sencillo diseño del accionamiento asegura una alta fiabilidad (figuras 3.22 Y 3.23).

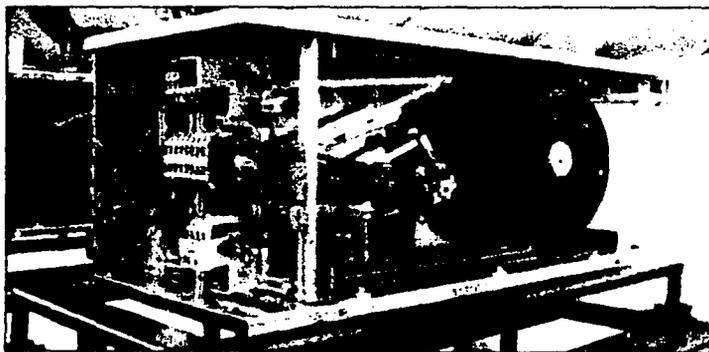


FIGURA 3.22

MECANISMO DE MANIOBRA (ACCIONAMIENTO POR RESORTES)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Los módulos de maniobra se encargan del control de los aparatos de acoplamiento y emiten las señales necesarias para el mando y el enclavamiento. Únicamente se utilizan sistemas de maniobras mecánicos (figura 3.22) para garantizar un máximo de fiabilidad con el mínimo posible de trabajos de mantenimiento. Los mecanismos de maniobra por resortes de los interruptores automáticos así como los de motor con reductor de los seccionadores y de los seccionadores de puesta a tierra son adaptables a las tensiones auxiliares disponibles para los motores y las bobinas. La naturaleza y el número de los contactos auxiliares permiten prever la retroalimentación y las señalizaciones exigidas por el utilizador. El mecanismo de mando por resortes (figura 3.23) comprende el resorte en espiral (3) como acumulador de energía.

El motor (1) con reductor (2) arma el resorte (3). El trinquete de cierre (4), libera el resorte en espiral (3) y hace girar la leva (5). Esta mueve la palanca de rodillo (6) dispuesta sobre un eje independiente, así como el resorte (8) y los elementos de acoplamiento a la posición de cierre. El trinquete de apertura (7) mantiene entonces el sistema de apertura en esta posición. El motor de rearmado arranca inmediatamente para tensar de nuevo el resorte de cierre. En pocos segundos, se dispone de la energía requerida para reenganches rápidos. El proceso de apertura se libera por el trinquete de apertura (7) y se ejecuta con la energía acumulada en el resorte de apertura (8). Los interruptores auxiliares, están acoplados a la palanca de rodillo (6), y, por consiguiente al elemento de acoplamiento. En ellos reproducen claramente la posición de interruptor. El mecanismo de mando motorizado maniobra los seccionadores y los seccionadores de puesta a tierra. El motor, de corriente alterna o continua arrastra un husillo con una transmisión de engranajes, que actúa sobre el varillaje de los aparatos de acoplamiento. Los interruptores auxiliares y el indicador de posición están acoplados. El mecanismo de maniobra es universal para todos los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de las instalaciones de SF₆ y posee una manivela de maniobra para cada emergencia.

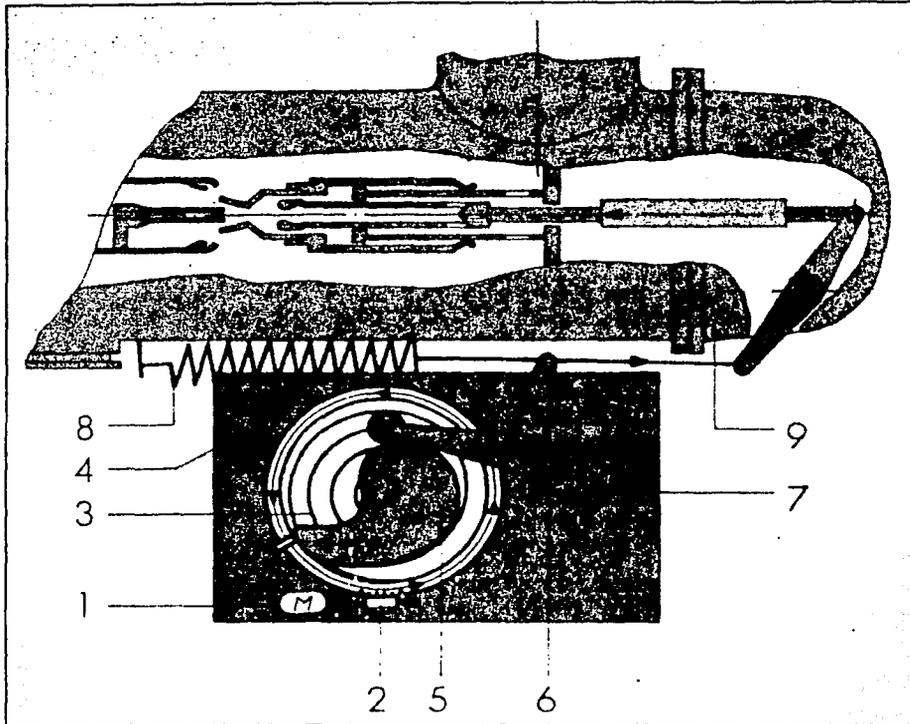


FIGURA 3.23
MECANISMO DE MANIOBRA

1. Motor de rearmado de resortes.
2. Engranaje.
3. Resorte en espiral.
4. Trinquete de cierre.
5. Leva.
6. Palanca de rodillos.
7. Trinquete de apertura.
8. Resorte de apertura.
9. Polo de interruptor automático.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.11 INTERFASES DE ALTA TENSIÓN

Las subestaciones blindadas tipo GIS pueden ser directamente conectadas a los cables de alta tensión, a los transformadores o a las líneas aéreas.

3.11.1 Salida por cable de alta tensión

Todos los cables pueden conectarse a la GIS, cualquier que sea su tipo de aislamiento (papel impregnado, de aceite, o sólido tipo XPLE), o a la sección del conductor de hasta 2000mm².

La extremidad del cable está instalada dentro de un aislador estanco al SF₆, en conformidad con el estándar IEC 589, ampliamente conocido. Durante la realización de las pruebas dieléctricas, se aísla la subestación de los cables de alta tensión quitando el nudo de conexión (1) y la barra móvil (2). Se asegura una perfecta seguridad poniendo a la tierra la cabeza del cable a través del acceso (3), en paralelo con el cierre del seccionador de puesta a tierra del lado del cable (figuras 3.24 y 3.25).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 3.24

VISTA REAL DE UN MODULO DE CONEXIÓN DE CABLE DE A. T.

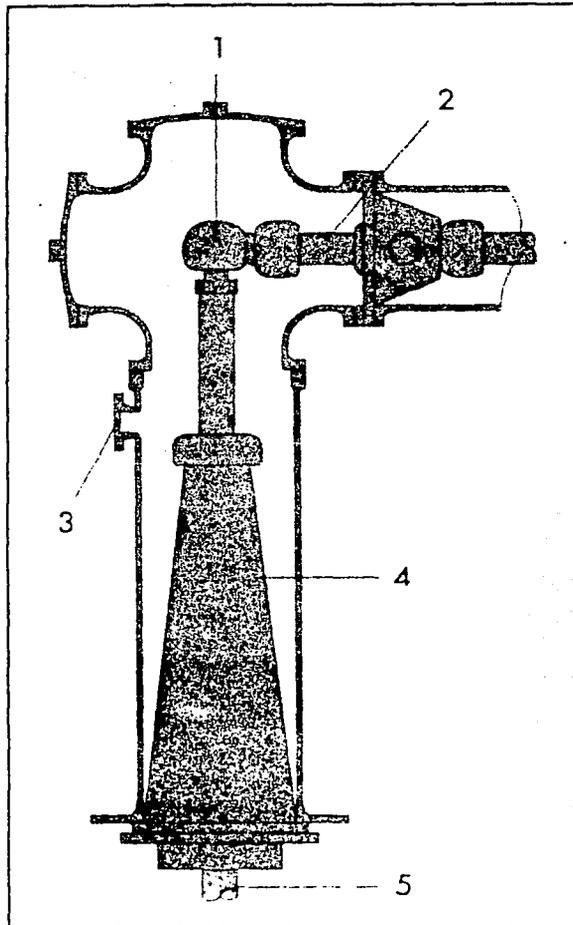


FIGURA 3.25
MODULO DE CONEXIÓN DE CABLE DE A. T.

1. Nudo de conexión.
2. Barra de conexión móvil.
3. Acceso para varilla manual de tierra.
4. Aislador estanco.
5. Cable de alta tensión.

1000
L. 1000
FALLA DE ORIGEN

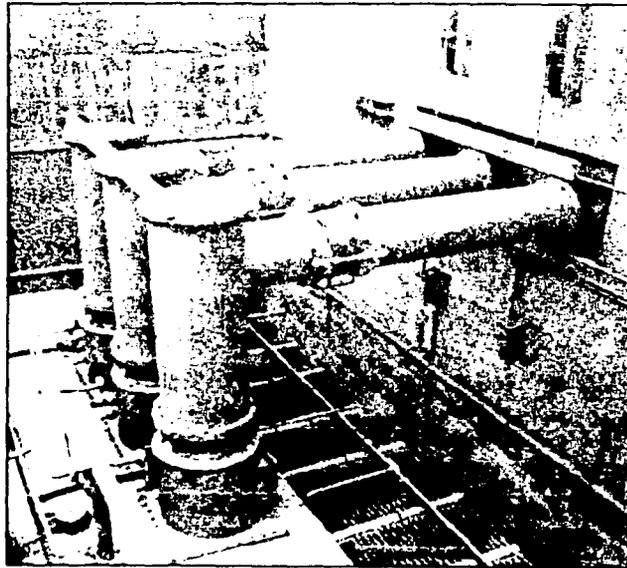


3.11.2 Salida directa hacia transformador de potencia

La pasatapa del transformador está encapuchada con una envolvente llena de SF₆ del lado de la subestación: esta materializa el límite entre los dos medios separando el gas SF₆ de aislamiento de aparataje, del aceite de aislamiento del transformador.

Este tipo de conexión permite todas las ventajas del equipo GIS como seguridad, fiabilidad, compacidad, etc. cualquiera que sea el modo de aislamiento de la pasatapa estanca suministrada con el transformador y su intensidad nominal.

Si es necesario, un fuelle puede ser suministrado para poder adaptarse con amplias tolerancias en el emplazamiento del transformador. Un nudo de conexión (1) y la barra móvil (2) permite también de aislar la subestación para los ensayos dieléctricos (figuras 3.26 y 3.27).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 3.26
VISTA REAL DE LA SALIDA HACIA TRANSFORMADOR

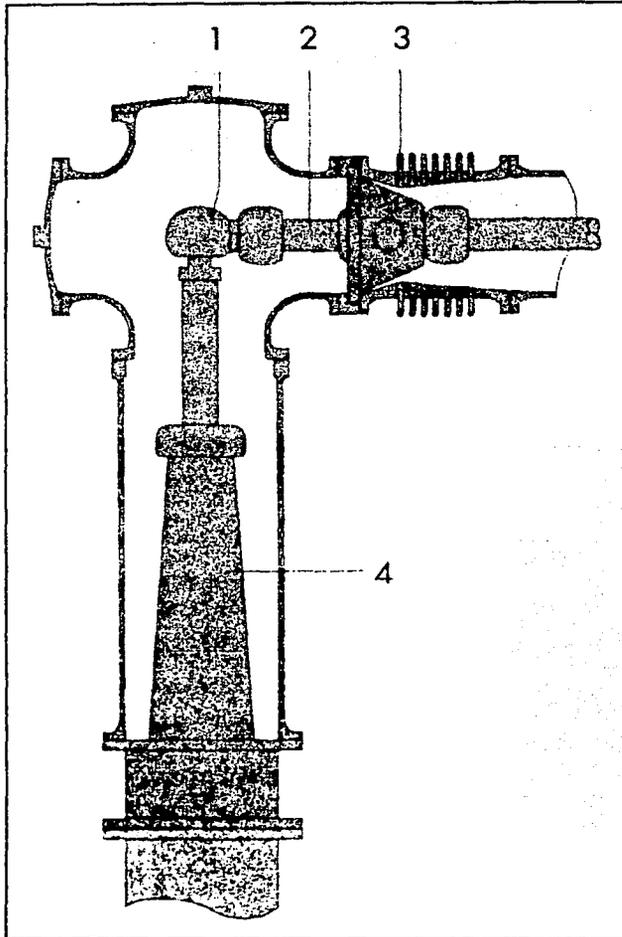


FIGURA 3.27
SALIDA HACIA TRANSFORMADOR

1. Nudo de conexión.
2. Barra móvil.
3. Fuelle.
4. Pasa tapas estanca.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.11.3 Salidas por línea aérea (conexión SF₆-aire)

El modulo de conexión SF₆-aire forma la transición entre la subestación tipo GIS y los componentes aislados por aire o líneas aéreas. Este modulo combina un modulo en ángulo y una boquilla SF₆-aire. La longitud, la forma de apantallamiento y la distancia de fugas de la boquilla SF₆ -aire se define de acuerdo a la coordinación del aislamiento, distancia mínima y grado de polución. El modulo de conexión SF₆-aire sirve para establecer conexiones aisladas por aire entre la subestación y:

- líneas aéreas
- boquillas de transformadores a la intemperie o bobinas de reactancia
- copas terminales para intemperie de cables de alta tensión.

El aislamiento lo realiza directamente el gas SF₆, a la presión nominal de la subestación, sin recurrir a ningún aislante orgánico. Así se evita el riesgo de envejecimiento del aislante en el tiempo.

Se utiliza el reparto natural del campo eléctrico ya que el comportamiento frente a las sobretensiones atmosféricas es muy bueno. Una selección adecuada de varios aisladores permite adaptar las longitudes de las líneas de fuga a las necesidades particulares de los usuarios. Las tapa tapas pueden colocarse en posición vertical o inclinada para optimizar el trazado de las conexiones aéreas (figuras 3.28 y 3.29).

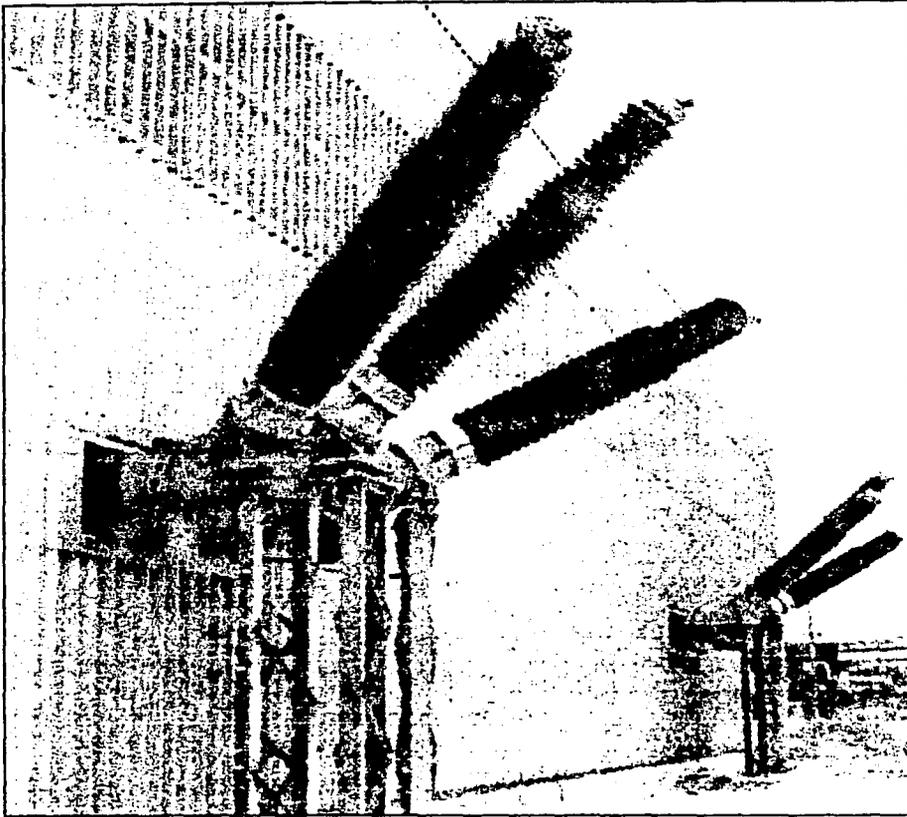


FIGURA 3.28
VISTA REAL DE LA SALIDA POR LÍNEA AÉREA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

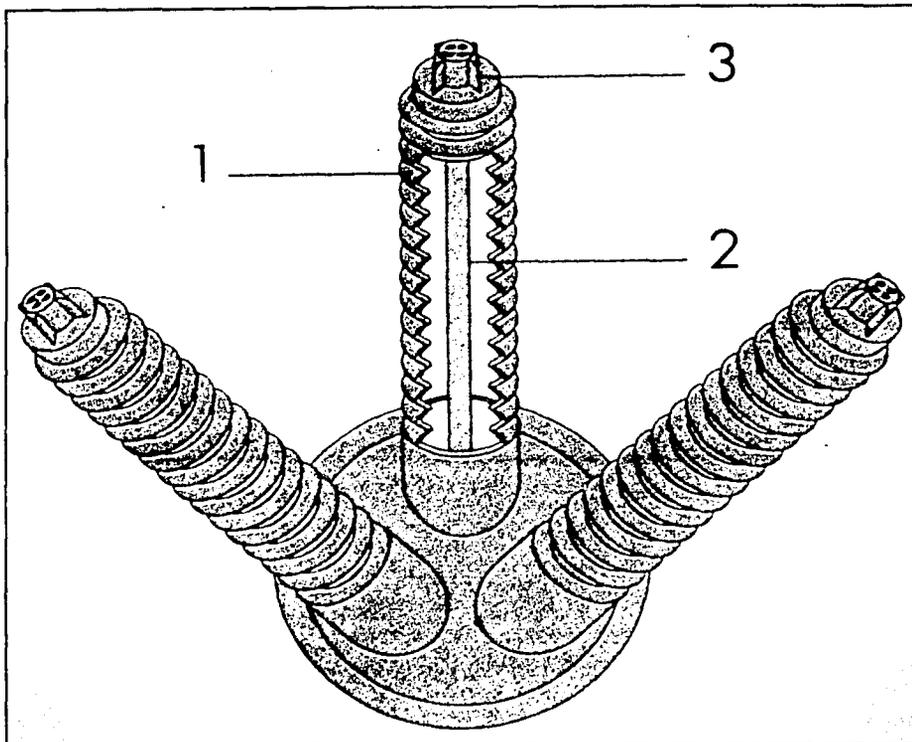


FIGURA 3.29
SALIDA POR LÍNEA AÉREA

1. Aislador.
2. Conductor.
3. Toma de corriente de A. T.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.11.4 Pararrayos

Las subestaciones blindadas en SF₆ pueden equiparse con un pararrayos aislado con SF₆, el cual hay que colocarlo lo más cerca posible del aparato que hay que proteger, por ejemplo un transformador de



potencia, sin necesidad de ninguna conexión aérea. Esto permite optimizar la instalación global y economizar sitio.

La parte activa de los pararrayos está constituida por resistencias no lineales de óxido de zinc, sin descargadores, ensamblados en forma de pilas. Para unas capacidades de absorción elevadas se utilizan columnas de resistencias montadas en paralelo. El gas SF₆ aislante también asegura la refrigeración de las pilas de resistencias después de descargas repetidas. Se mantiene una buena distribución del campo dentro de las envolturas mediante electrodos. Una borna aislada facilita la medida de la corriente de fuga o la conexión a un contador de descargas (figuras 3.30 y 3.31).

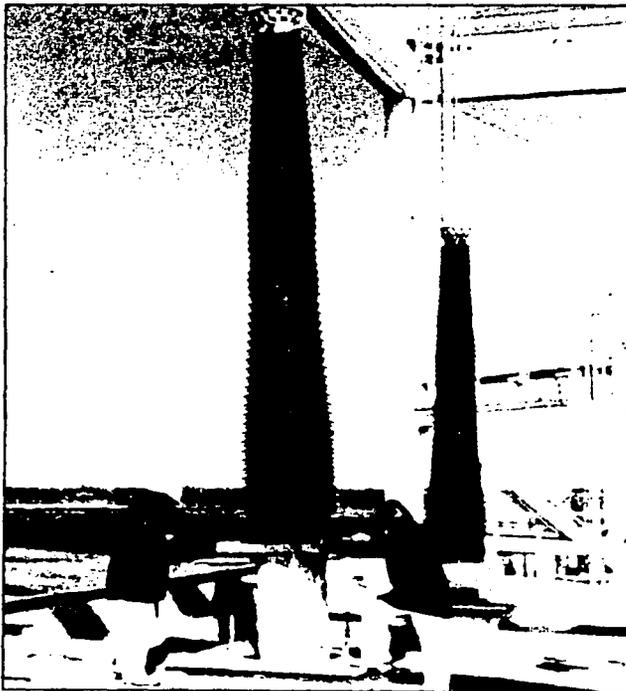


FIGURA 3.30
PARARRAYOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

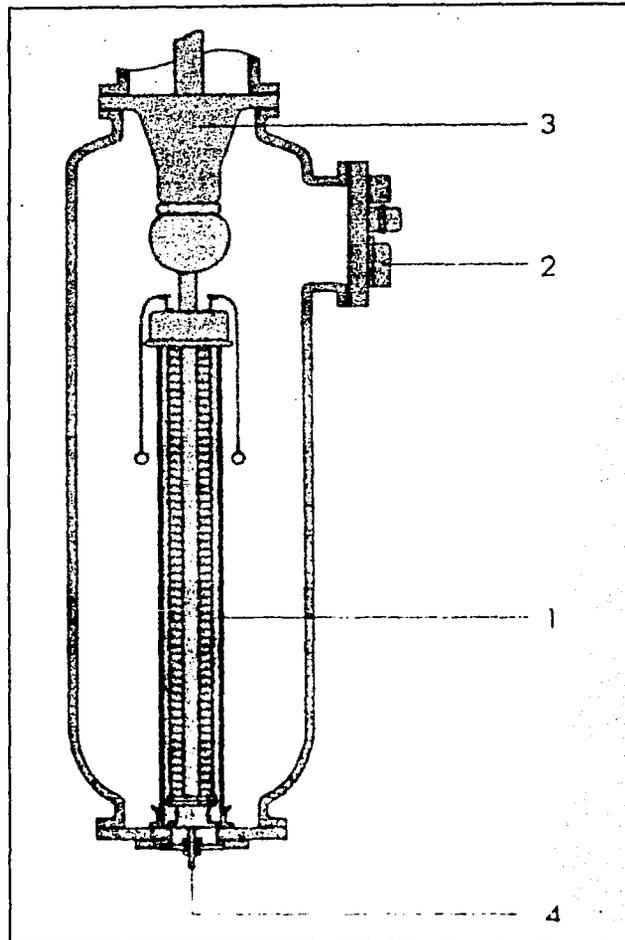


FIGURA 3.31
PARARRAYOS

1. Resistencia ZnO.
2. Tapa de vigilancia SF₆.
3. Cono aislante.
4. Borne aislado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.12 ELEMENTOS DE INTERCONEXIÓN

Los diversos componentes de la Subestación Eléctrica GIS se ensamblan con ayuda de unas bridas normalizadas que se atornillan entre sí. Estos elementos de interconexión se componen de envolventes de aluminio y conductores separados por conos aislantes.

Los elementos de acoplamiento telescópicos (por ejemplo en las barras), se utilizan para la conexión de selecciones adyacentes de la Subestación Eléctrica en gas (figura 3.32).

Los elementos de expansión con fuelles metálicos, absorben los ciclos de contracción / expansión mecánicas debidos a la variación de temperatura y a las tolerancias de posicionamiento tanto longitudinal como transversalmente (figura 3.33).

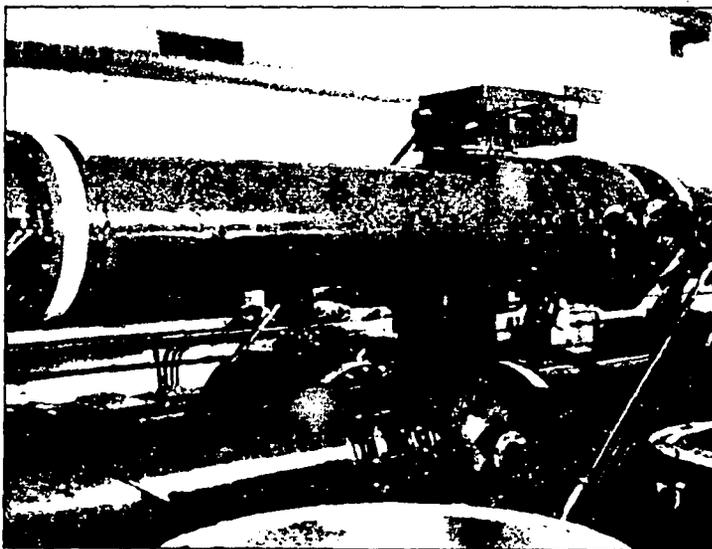


FIGURA 3.32
ELEMENTO DE ACOPLAMIENTO TELESCÓPICO

TRAYECTORIA
FALLA DE ORIENTACIÓN

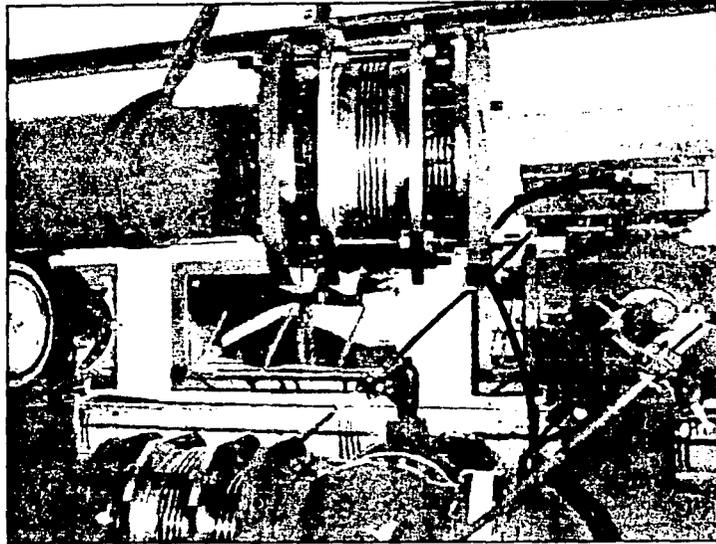


FIGURA 3.33
ELEMENTO DE EXPANSIÓN

3.13 ARMARIO DE MANDO LOCAL

El armario de mando local de cada celda asegura principalmente las funciones siguientes:

- Mando de los aparatos.
- Vigilancia de la densidad del gas SF₆ en el interior de los compartimientos.
- Bloqueo eléctrico entre los aparatos.
- Interfase entre el control centralizado y la aparata blindada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Dichas funciones pueden realizarse con tecnología clásica, con réle, o con tecnología numérica alrededor de un calculador de celda integrado en el armario local.

En esta última tecnología, es posible reagrupar los medios de cálculos y todas las informaciones necesarias para el control de mando de la celda así como para el monitoring de la apamenta. La integración de las funciones aparamenta y control mando / monitoring a nivel de la celda, evita así duplicaciones inútiles de calculadores y minimiza el cableado.

Un sinóptico que reagrupa las funciones de mando local y la señalización de defecto es accesible en la parte delantera del armario.

Todas las conexiones entre aparatos y armario de mando local están realizadas con cables blindados para liberarse de perturbaciones electromagnéticas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

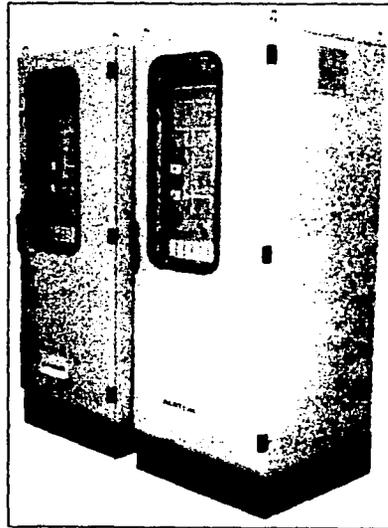


FIGURA 3.34
ARMARIO DE MANDO LOCAL



FIGURA 3.35
INSPECCIÓN DEL ARMARIO DE MANDO LOCAL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.14 VIGILANCIA DEL GAS SF₆

La separación sistemática de las fases de la instalación se conservo para la vigilancia del gas. Así se evita el riesgo de avería debido a una instalación complicada de tuberías de gas. Cada uno de los compartimentos de gas tiene su propia boquilla para llenado de gas, está asegurado por un dispositivo de descarga de presión, vigilado por un densímetro que controla el gas y protegido, mediante un cartucho absorbente ampliamente dimensionado, contra la humedad residual y eventuales productos de descomposición de SF₆ (figuras 3.36, 3.37 y 3.38).



Los densímetros tienen normalmente 2 puntos de trabajo: hacia el 93% de la densidad nominal de gas aparece la señal "rellenar", y hacia el 90%, es decir, al valor mínimo admisible de servicio, aparece la alarma "maniobrar y bloquear". Sobre demanda, también se puede prever un tercer nivel de señalización hacia el 110% de sobrepresión. La experiencia en explotación ha probado que es posible mantener sin dificultad pérdidas de gas inferiores al 1% al año, por lo que resulta superfluo prever un rellenado automático de gas.

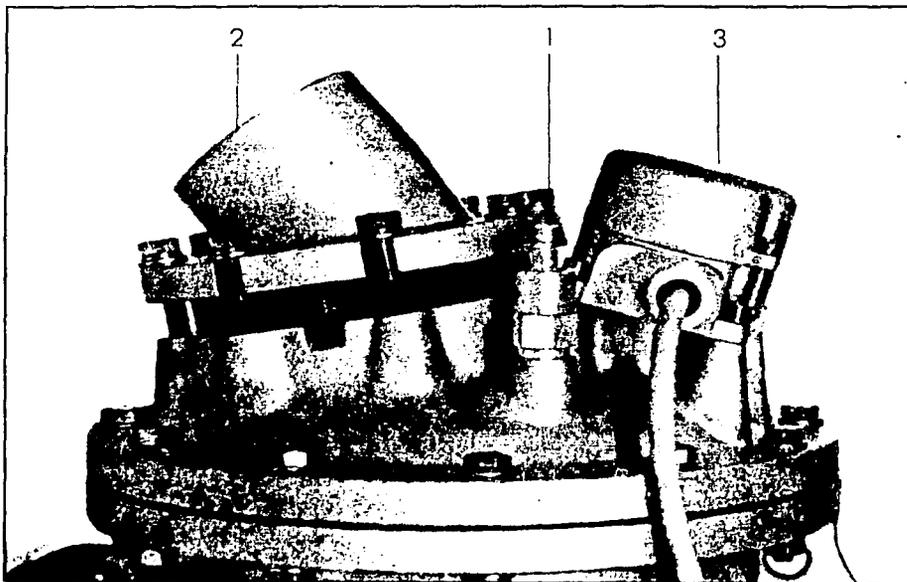


FIGURA 3.36
ELEMENTOS DE VIGILANCIA DEL GAS SF₆

1. Boquilla con acoplamiento rápido.
2. Dispositivo de descarga por sobrepresión.
3. Densímetro.

TIENE CON
FALLA DE ORIGEN

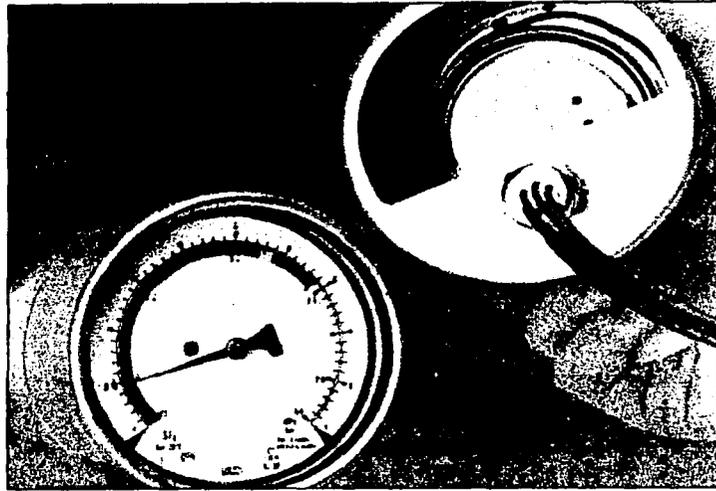


FIGURA 3.37
VISTA REAL DE UN DENSÍMETRO

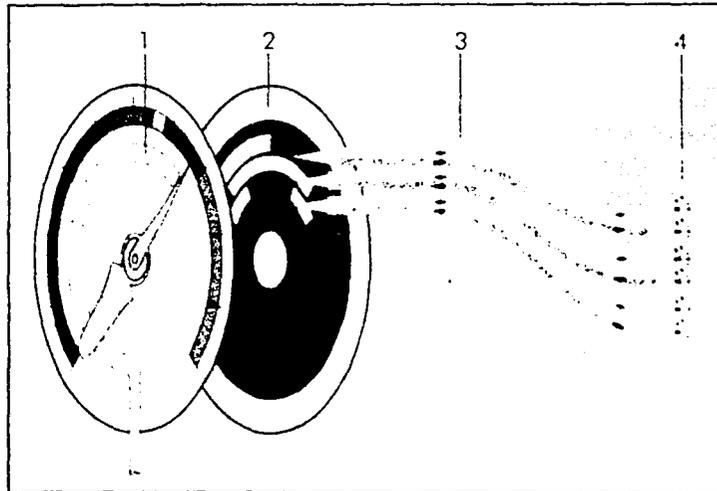


FIGURA 3.38
DENSÍMETRO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



3.15 BLINDAJE DE LA SUBESTACIÓN

3.15.1 Características del blindaje

El objetivo principal del blindaje de una subestación aislada en gas SF₆ es contener un bajo valor determinado de presión al gas aislante, evitando al mismo tiempo su fuga al medio ambiente. Este blindaje está formado por una envoltura metálica aterrizada, que limita la interacción de la subestación con el medio que la rodea. Los fabricantes de esta clase de subestaciones utilizan diferentes diseños de blindajes, consistiendo la diferencia tanto en el material (*acero o aluminio*) como el tipo (*monofásico o trifásico*).

Los diferentes diseños de blindaje que han utilizado los fabricantes son indicados en la siguiente tabla:

DISEÑO DE BLINDAJES PARA SUBESTACIONES ENCAPSULADAS		
BARRAS COLECTORAS	ALIMENTADORES	MATERIAL
Monofásico	Monofásico	Aluminio (Al)
Trifásico	Monofásico	Aluminio - Acero (Al - Fe)
Trifásico	Monofásico	Acero
Trifásico	Trifásico	Acero - Aluminio (Fe - Al)

3.15.2 Material de blindaje

Desde el desarrollo experimental de las envolventes de S. E. hasta años recientes, se utilizó el Acero como material principal para el blindaje, ya que proporcionaba una alta resistencia a las presiones internas y a los esfuerzos dinámicos durante los fenómenos eléctricos, pero tenía varios problemas, ya que se forman corrientes parásitas en voltajes de rango de



245 a 800 KV, ya que actuaban como núcleo dentro del campo eléctrico, esto se contrarrestaba con cinturones de cobre conectados a tierra; en adición del peso de la SE completa.

En consecuencia se trató de remplazar al Acero por el Aluminio, el cual presentaba el problema de la porosidad, que al someterse a la presión del gas SF₆, se tenían fugas considerables, esto se evitó realizando fundiciones de Aluminio de mayor calidad libre de porosidades. En la figura 3.39 se muestra los niveles de porosidad que puede tener una fundición de Aluminio.



FIGURA 3.39
COMPARACIÓN ENTRE UNA PIEZA DE ALUMINIO Y UNA
ALEACIÓN DE ACERO / ALUMINIO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Como se mencionó anteriormente los materiales utilizados en la fabricación del blindaje son el *aluminio y acero*. Una comparación de ambos materiales debe de incluir los siguientes puntos:

- a) RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.
- b) RESISTENCIA AL ARCO.
- c) RESISTENCIA A LA PRESIÓN Y HERMETICIDAD.
- d) RIGIDEZ DIELECTRICA.
- e) PESO.
- f) DIMENSIONES.
- g) COSTO.

3.15.3 Tipos de blindaje

Como se verá más adelante, tanto el blindaje monofásico como el trifásico presentan ventajas y desventajas. Algunos fabricantes de S. E. tipo GIS han seleccionado como diseño único el blindaje monofásico, y otros, dependiendo del voltaje nominal, una combinación de los dos tipos es hoy en día una solución bastante común.

En la comparación de los tipos de blindajes se consideran los siguientes criterios básicos:

- **CONFIABILIDAD DIELECTRICA.** La confiabilidad dieléctrica del blindaje monofásico es mayor que el trifásico, debido a la sencillez del campo eléctrico y el menor valor de sobrevoltaje por maniobra. Con respecto al campo eléctrico, el tipo monofásico presenta un campo eléctrico cilíndrico concéntrico debido a que sólo existe un sistema con dos electrodos (fase y tierra), con lo que se obtiene una distribución de campo más simple y por lo tanto se tiene mayor facilidad y precisión en el cálculo del mismo. En lo referente al sobrevoltaje por maniobra, se ha demostrado mediante pruebas, que éstas entre fases tienen un valor mayor que las ondas entre fase y tierra, lo que implica que el aislamiento de un blindaje trifásico debe ser reforzado.



- **FALLAS INTERNAS.** La probabilidad de que ocurra una falla dentro de una S. E. tipo GIS es menor que en una S. E. tipo AIS sin embargo, en caso de ocurrir fallas, las consecuencias son diferentes en cada uno de los blindajes.

La envolvente monofásica presenta la ventaja de eliminar la posibilidad de una falla trifásica, pero presenta el problema de que si una falla entre la fase y la envolvente no es liberada rápidamente, se corre el riesgo de que la envolvente sea perforada por el arco. Ahora, la envolvente trifásica disminuye la posibilidad de perforación de la envolvente ya que una falla monofásica se transforma en una falla trifásica; sin embargo, una falla trifásica es más severa que una monofásica.

Por otro lado, con la envolvente monofásica se limitan los daños durante una falla interna ya que esta no se extiende a otros elementos ni a las demás fases.

- **CORRIENTES PARÁSITAS.** En las envolventes trifásicas los campos eléctricos generados por los conductores prácticamente se compensan, por lo que las corrientes que inducen en la envolvente son nulas y se eliminan las pérdidas por este concepto.
- **ESFUERZOS DINÁMICOS.** Debido a que el arreglo trifásico las corrientes de corto circuito son mayores y las distancias entre conductores son reducidas, los esfuerzos dinámicos sobre los aisladores sólidos son mayores; por lo que el arreglo monofásico se aumenta la vida útil de los mismos y se reduce la posibilidad de una descarga por reducción de las características dieléctricas del aislador.
- **ESPACIO.** Normalmente los arreglos trifásicos son más compactos que los monofásicos; sin embargo para grandes unidades el diseño se hace muy voluminoso y dificulta su manejo.
- **MANTENIMIENTO.** Por un lado, la ejecución trifásica simplifica el mantenimiento ya que su arreglo físico es más claro, el diámetro de la



envolvente facilita el acceso al equipo y se reduce el número de partes. Por otro lado, la ejecución monofásica reduce el peso y el volumen de cada comportamiento, lo cual permite una mejor maniobrabilidad reducción en tiempo de reparación.

- FUGAS. La envolvente trifásica reduce la posibilidad de fugas al reducirse el área total de la envolvente, bridas, válvulas, relevadores de monitoreo, etc. La decisión de usar un tipo específico de envolvente o una combinación de ellos, depende de la importancia de cada proyecto específico. Una evaluación completa, deberá incluir el costo inicial de las inversiones cual variará con cada fabricante.

Algunos diseños de las envolventes, definen en cierta manera la disposición de los equipos, así como la tecnología de cada uno de los fabricantes, es decir, para diferenciar el desarrollo tecnológico de cada empresa fabricante, se investigan algunas variantes de los diseños comunes, por ejemplo, la mayoría de los fabricantes tiene por norma instalar los interruptores de potencia con las cámaras interruptivas en la posición horizontal, el cual hace que la S. E. tenga menor esfuerzo al piso o a las cimentaciones al momento de aperturas. Como desventaja tiene que es mucho más amplia el área que ocupa, en cambio algunos optan por montar los interruptores de potencia de posición vertical, el cual se ve que el área ocupada es menor, ya que la S. E. se expande hacia arriba, pero encarece lo relacionado con la Obra Civil, ya que se tiene que reforzar la cimentación de la S. E. así como tener módulos de expansión más robustos, ya que los esfuerzos que tienen que soportar son de 1.6 a 2 veces mayores a los de interruptores con disposición Horizontal.

3.16 MONTAJE, TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Los conjuntos unipolares preensamblados en la fábrica, con todas las garantías, de ensayos mecánicos, dieléctricos y de estanqueidad, reúnen las condiciones óptimas de montaje rápido y seguro de una instalación



encapsulada en gas SF₆. El orden de sucesión de montaje de las celdas deberá fijarse en conformidad con las condiciones locales.

3.16.1 Montaje

Las operaciones sucesivas de montaje de comprenden:

- Instalar los interruptores automáticos sobre los armazones ajustables y nivelar la brida del interruptor automático para formar la base de la instalación blindada (figuras 3.40 Y 3.41).
- Montar los componentes de los aparatos con la ayuda de un puente grúa de construcción ligera que tenga una fuerza portante del orden de 1.5 toneladas y montar las conexiones del juego de barras entre las celdas, así como las salidas de líneas (figura 3.42).
- Hacer vacío y llenar la instalación con gas SF₆ con la ayuda de aparatos simples (figura 3.43) que forman parte del equipo normal.
- Instalar el sistema de mando. Los cables preparados en fábrica, sus conectores, para los mecanismos de maniobra y los densímetros simplifican este trabajo.
- La verificación de la instalación completa se limita a:
 - Verificación funcional de los densímetros durante el llenado.
 - Verificación funcional de los aparatos junto con el sistema de mando.
 - Verificación de estanqueidad de todas las bridas de unión.
 - Medida de la presión y del contenido de humedad de compartimentos.
 - Ensayo de alta tensión de la parte primaria, con tensión alterna, mediante un transformador de ensayo blindado incorporado en la instalación (figura 3.44).



- El montaje y el ensayo de los cables de alta tensión por el suministrador de los mismos solo se realizan, preferentemente, después del ensayo de alta tensión de la parte de alta tensión de la instalación. Las conexiones entre la instalación y las cajas de extremidad del cable han sido concebidas de manera que se obtengan una conexión desmontable, fácil de restablecer tras el ensayo de los cables con tensión continua. La ventaja de ello consiste en permitir este ensayo de tensión continua con la caja de extremidad de cable montada en posición normal. También es muy fácil volver a la disposición de ensayo cuando sea preciso repetirlo.

- El escalonamiento de las actividades de montaje principales comprende las fases siguientes:
 1. Montaje de las estructuras y soporte de los interruptores automáticos.
 2. Montaje de los componentes modulares de los aparatos.
 3. Hacer vacío y llenado de gas.
 4. Montaje del mando local.
 5. Ensayos y entrega de la instalación al cliente.
 6. Montaje final del terminal del cable.

La duración propiamente dicha del montaje depende de diversos factores, a saber: tamaño de la instalación, personal de montaje, construcción del edificio. Por término medio se puede prever dos semanas por celda entre la fecha a disposición del edificio y la puesta en servicio.



FIGURA 3.40
NIVELACIÓN DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

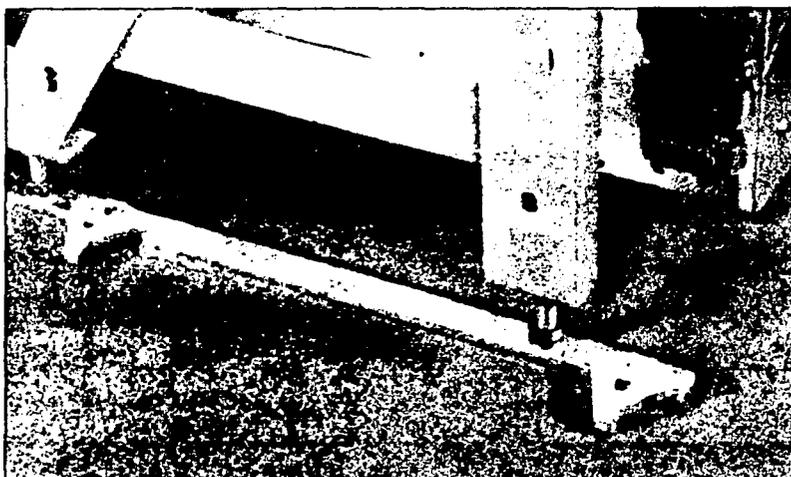


FIGURA 3.41
ANCLAJE SOBRE EL SUELO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

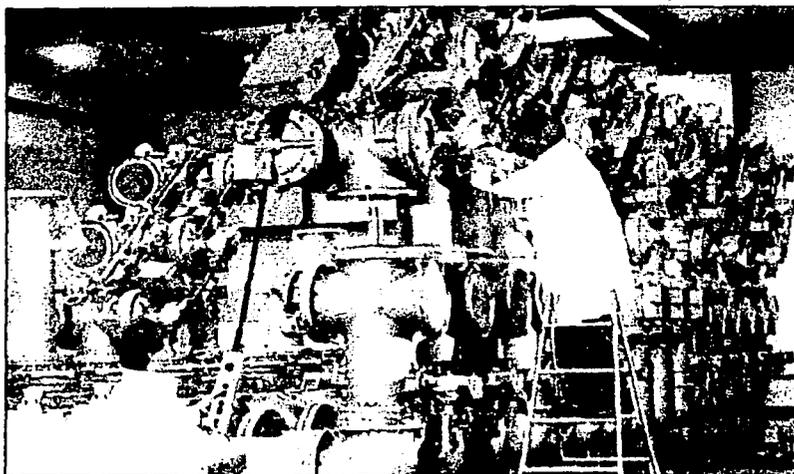


FIGURA 3.42
MONTAJE DE LOS COMPONENTES DE SECCIONADORES TRIPOLARES

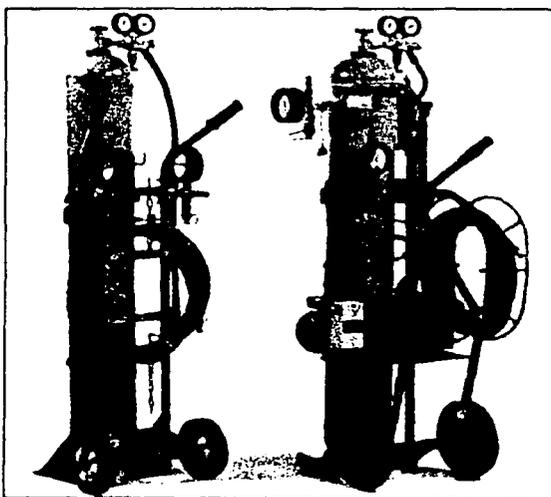


FIGURA 3.43
CARRO DE LLENADO DE GAS SF₆

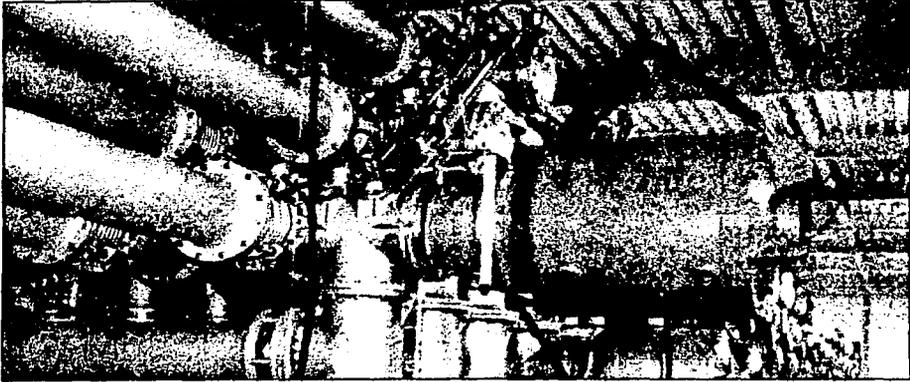


FIGURA 3.44
TRANSFORMADOR DE ENSAYO DE ALTA TENSIÓN,
INCORPORADO DIRECTAMENTE EN LA INSTALACIÓN DE SF₆

3.16.2 Transporte

Los medios y vías de transporte, así como la accesibilidad en los edificios de la instalación, han determinado la repartición óptima siguiente en unidades de transporte de los componentes de instalaciones encapsuladas en gas SF₆:

- Componentes de interruptor automático unipolar o tripolar con su mecanismo de maniobra.
- Componentes de seccionadores y de seccionadores de puesta a tierra acoplados en un grupo tripolares, con sus mecanismos de maniobra.
- Piezas de unión unipolares y conexiones, así como transformadores de corriente y de tensión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



La siguiente tabla indica el peso total y las dimensiones de los embalajes de unidades de transporte típicas de tensiones de 230kV para subestaciones encapsuladas en SF₆.

Unidad de transporte	Ancho de celda 2m
Interruptor automático	850kg, 2.8 x 0.8 x 1.8m
Conjunto de seccionador tripolar para doble juego de barras	1050kg, 2.6 x 1.8 x 1.0m
Seccionador de salida tripolar	650kg, 1.9 x 1.5 x 1.2m
Pasatapas, juego tripolar	1300kg, 3.0 x 1.8 x 0.8m
Armario de mando	900 kg, 2.3 x 0.9 x 2.5 m
Estructuras - Soporte, Tornillos y tuercas, Pequeño Material, En Cajas De	1000kg, 1.6 x 1.0 x 1.2m

PESO BRUTO Y DIMENSIONES DEL EMBALAJE DE UNIDADES DE TRANSPORTE TÍPICAS PARA UNA CELDA DE 230 KV



FIGURA 3.45
UNIDADES DE TRANSPORTE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



FIGURA 3.46
LA CELDA SE LLEVA RODANDO HASTA SU LUGAR DE INSTALACIÓN

3.16.3 Mantenimiento

A título de mantenimiento preventivo, se recomienda una inspección cada 20 años. *Las operaciones de mantenimiento no necesitan la apertura de los componentes.* Consisten esencialmente en la comprobación de los componentes mecánicos y el engrase de los varillajes de los mandos de seccionadores y de seccionadores de puesta a tierra. Se recomienda también cada 3 años revisar la presión del gas SF₆ y las juntas de cabinas. Las inspecciones de disyuntores, seccionadores y seccionadores de puesta a tierra deberían intervenir en las etapas siguientes:

- Para el disyuntor después de 5000 maniobras mecánicas o cuando se alcanza el límite de desgaste eléctrico.
- Para seccionadores después de 3000 maniobras mecánicas

RECIBIDO EN
FALTA DE ORIGEN
1990 08/11



- Para seccionadores de puesta a tierra, después de 1000 maniobras o después de dos operaciones de cierre en cortocircuito.

3.17 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD

La estanqueidad entre bridas está asegurada gracias a dos juntas concéntricas de elastómero sintético (EPDM). La estanqueidad de las juntas se puede controlar fácilmente gracias a un conducto perforado dentro de la brida que comunica con el exterior y esta cerrado normalmente por un tapón estanco; las otras. Gracias a este dispositivo se puede controlar la estanqueidad de las dos juntas interiores al conectar un aparato de detección de gas en el lugar del tapón.

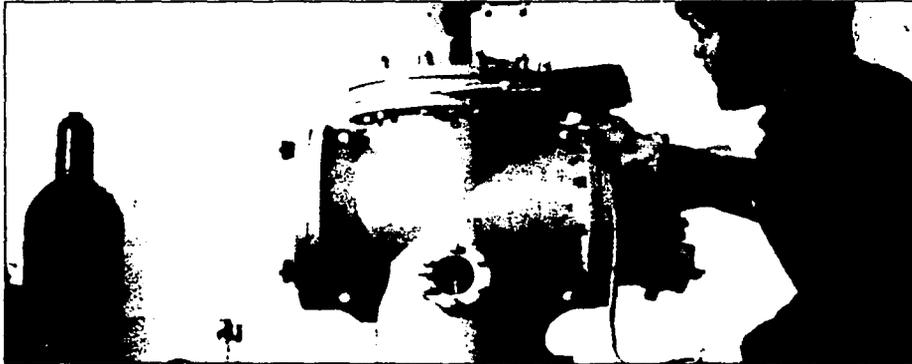


FIGURA 3.47
ENSAYO DE ESTANQUEIDAD TRAS EL MONTAJE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

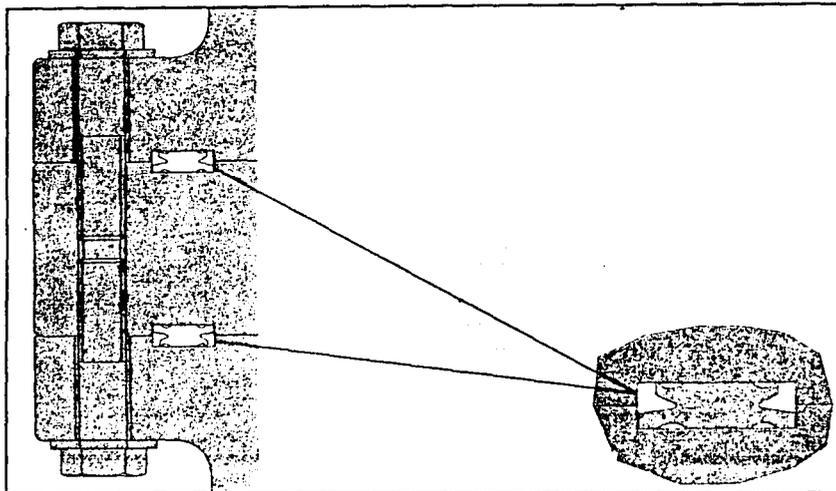


FIGURA 3.48
JUNTAS DE ESTANQUEIDAD

REVISOR
FALLA DE ORIGEN

3.18 DIVISIÓN EN COMPARTIMENTOS

Cada compartimiento está equipado con un absorbedor para eliminar la humedad y los productos de descomposición del gas. También incluye un disco de seguridad, un densímetro compensado en temperatura para medir la densidad del gas y una válvula de llenado. El control de los umbrales de los densímetros se puede realizar sin poner el compartimiento principal fuera de presión, o sea manteniéndolo en explotación natural.

3.19 VIGILANCIA DE ESTADO

Los sistemas de vigilancia de estado instalados a la demanda particular del usuario que tiene como objetivos principales:



- Predecir fallas.
- Generar alarmas avanzadas.
- Seguir la evolución del material en asociación con los sistemas numéricos de control y mando.
- Reducir los costos de explotación gracias a un mantenimiento preventivo.
- Mejorar globalmente la disponibilidad de la aparamenta.

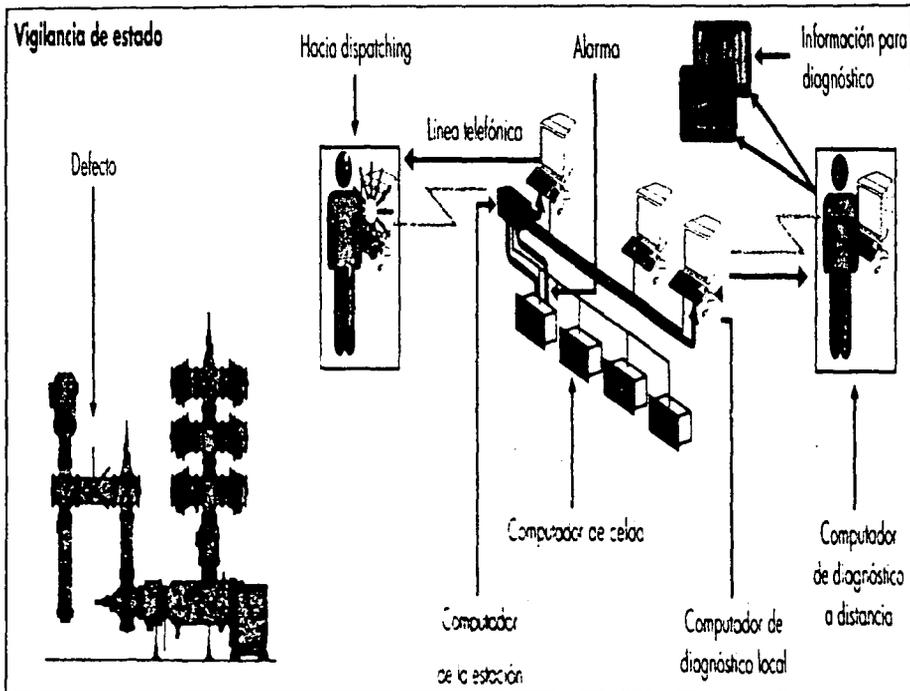


FIGURA 3.49
VIGILANCIA DE ESTADO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPITULO 4

COMPARACIÓN DIMENSIONAL Y TÉCNICA

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se expondrán las comparaciones dimensionales y técnicas de las Subestaciones en estudio (S. E. AIS y S. E. GIS). De acuerdo con lo que se ha mostrado en los anteriores capítulos (capítulo 2 y capítulo 3), acerca de las características y componentes de cada una de las Subestaciones Eléctricas en estudio. Primero trataremos de mencionar una comparación dimensional partiendo de algunos ejemplos. En dichos ejemplo se realizará un análisis técnico-dimensional, de acuerdo al tipo de instalación y con características diferentes (en cada instalación). Después se dará esta comparación mediante el estudio de una sola bahía de cada una de las subestaciones a una tensión de 230 kV, al final se darán las diferencias técnicas que existen entre las Subestaciones.

4.2 COMPARACIÓN DIMENSIONAL

Una de las ventajas que ofrecen las Subestaciones Eléctricas Encapsuladas en gas SF₆ (tipo GIS) sobre las Subestaciones Eléctricas Convencionales (tipo AIS), es el espacio ahorrado que, en un buen porcentaje de área, proporcionan estas Subestaciones tipo GIS.

Para poder entender más esto, es necesario observar las dimensiones que ocupan cada una de ellas, y esto es mediante ejemplos. Los siguientes ejemplos mostrarán las dimensiones y características de cada una de las Subestaciones Eléctricas que se describen.



4.2.1 Algunas instalaciones de S. E. Convencionales en aire (AIS)

Las figuras que se muestran más adelante, pertenecen a unas Subestaciones Eléctricas convencionales (AIS), las cuales representan diferentes arreglos eléctricos y en consecuencia diferentes distancias para el corte del arco eléctrico. Estas subestaciones eléctricas tienen como el medio aislante del corte del arco eléctrico al aire.

Las figuras 4.1 y 4.2 representan Subestaciones Eléctricas tipo AIS, que tienen, dentro de su equipo, desconectadores o interruptores de tipo giratorio, dichos desconectadores están alineados uno detrás del otro paralelamente longitudinal al eje del bus. En estos equipos es preferible tener como conductores los de tipo alambre o los de tipo tubular. Los de tipo tubular son usados solamente en las líneas de los arreglos tipo intemperie, para las necesidades del sistema, se requieren solamente de dos conductores, siendo con ello preciso. En caso de duplicarse los buses - como es el caso de la figura 4.1-, el segundo bus es adaptado en arreglo tipo "U" en forma recíproca al primer bus, es posible adaptar los alimentadores de ida en ambos lados fuera del bus. Los buses tipo alambre -en el caso de la figura 4.2- se localizan en la parte alta del arreglo, este arreglo permite a los conductores ser colocados fácilmente por encima de los interruptores y la bahía. El sistema también funciona con tres conductores, pero es relativamente caro.

La figura 4.3, es un arreglo que tiene interruptores de tipo pantógrafo, están localizados diagonalmente a los alimentadores del bus. En la figura 4.4 se muestra un arreglo de $1 \frac{1}{2}$ interruptor.

Como podremos apreciar todas estas Subestaciones presentan arreglos muy seguros, pero que ocupan mucho espacio, es así que por este tipo de problema se diseñaron, después de varios años de investigación, Las SUBESTACIONES ELÉCTRICAS ENCAPSULADAS O AISLADAS EN GAS SF₆ (tipo GIS).

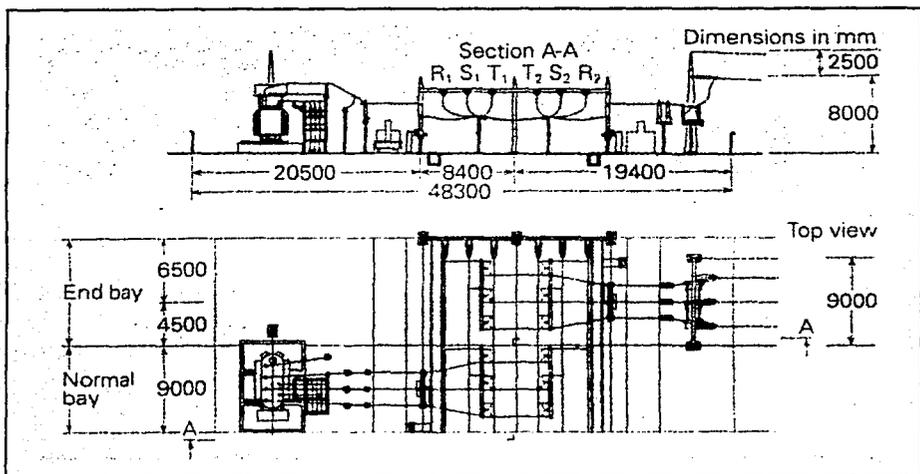


FIGURA 4.1
S. E. TIPO AIS CON DESCONECTADORES GIRATORIOS A 170 KV

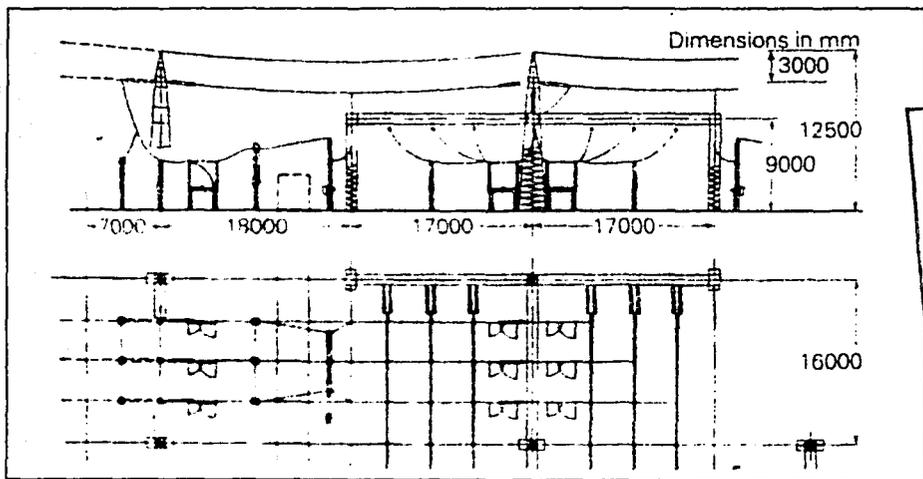


FIGURA 4.2
S. E. TIPO AIS CON DESCONECTADORES GIRATORIOS A 245 KV

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

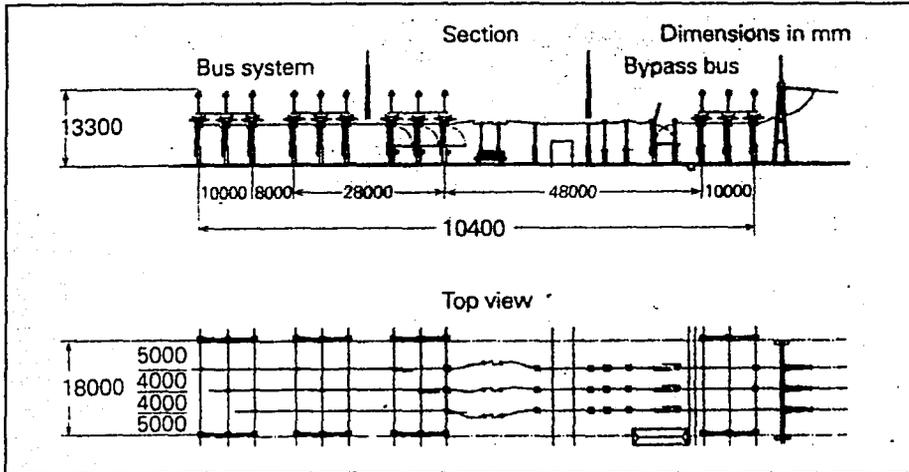


FIGURA 4.3

S. E. TIPO AIS CON DESCONECTADORES DE PANTOGRAFO A 245 KV

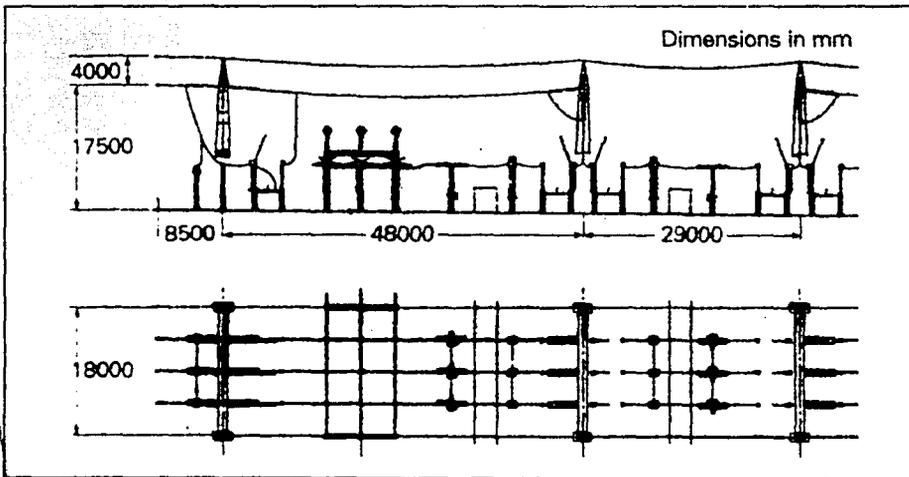


FIGURA 4.4

S. E. TIPO AIS CON DESCONECTADORES DE PANTOGRAFO A 245 KV

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



4.2.2 Algunas instalaciones de S. E. Encapsulada en SF₆ (GIS)

En la siguiente figura se muestra una Subestación Eléctrica tipo GIS. Esta figura representa una instalación con un disyuntor y medio, arreglo parecido al de la Subestación Eléctrica tipo AIS, el se representa en la figura 4.4.

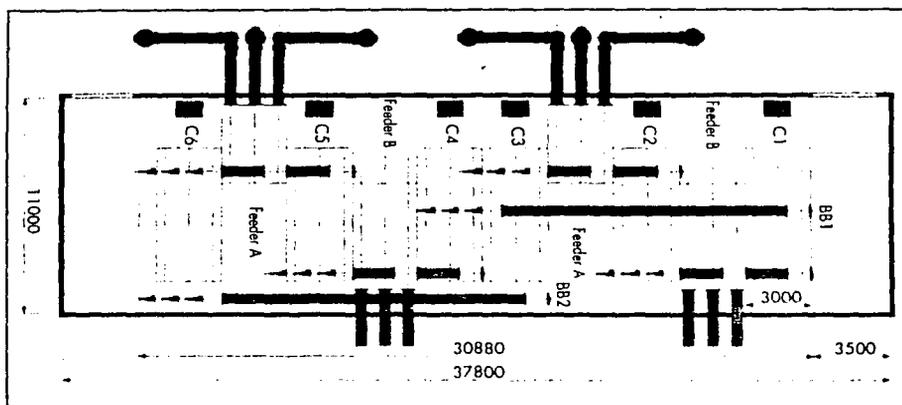


FIGURA 4.5
S. E. TIPO GIS (VISTA EN PLANTA), ESQUEMA CON UN
DISYUNTOR Y MEDIO DE 240 kV, TIPO B142

Comparando ambas figuras (figuras 4.4 y 4.5), y analizando, desde el punto de vista dimensional, concluimos que el espacio ahorrado si se considera una instalación GIS va del orden del 73 % (área de la S. E. AIS = 1539 m² y área de la S. E. GIS = 415.8 m²).

Ahora representaremos un ejemplo de una instalación de una subestación eléctrica tipo GIS con doble juego de barras, en donde también veremos su diagrama unifilar.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

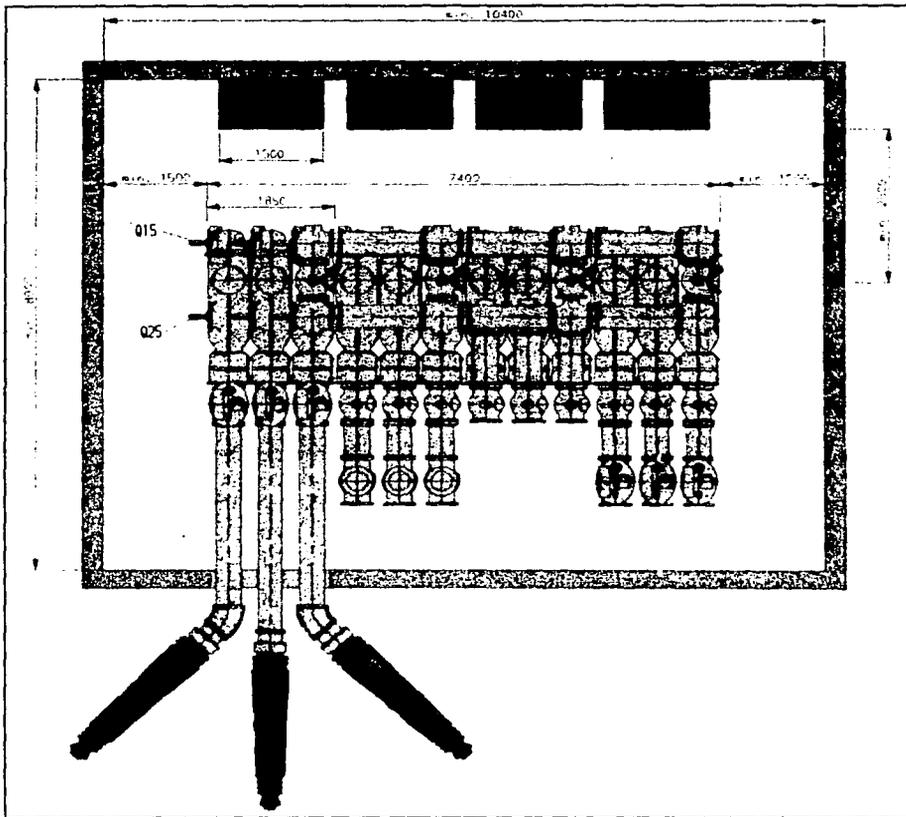


FIGURA 4.6

S. E. TIPO GIS CON DOBLE JUEGO DE BARRAS A 245 kV, TIPO B105

Como podemos observar, en este arreglo solamente se ocuparía de un área de 83.2 m², también podemos observar que tiene cuatro celdas que representan, eléctricamente hablando una función específica, es por eso que debemos ver el diagrama unifilar y los cortes laterales de cada una de las celdas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

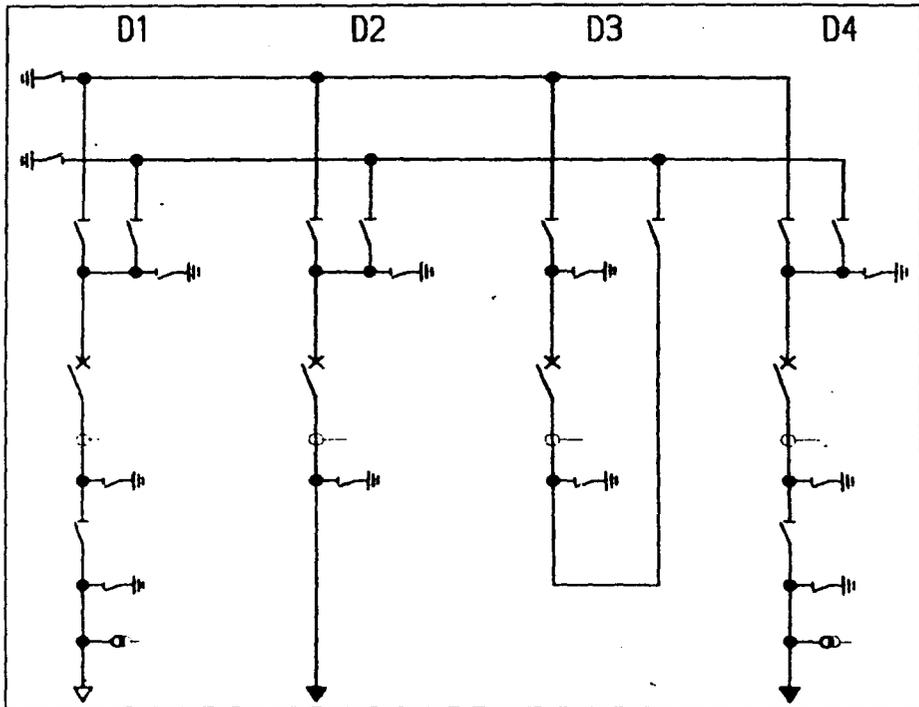


FIGURA 4.7
DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA INSTALACIÓN GIS CON
DOBLE JUEGO DE BARRAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

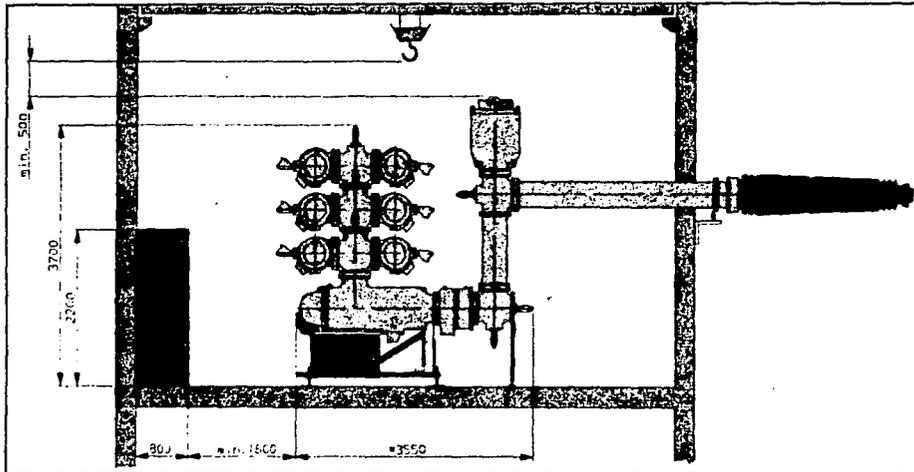


FIGURA 4.8
CELDA DE LÍNEA CON TERMINAL SF₆ - AIRE

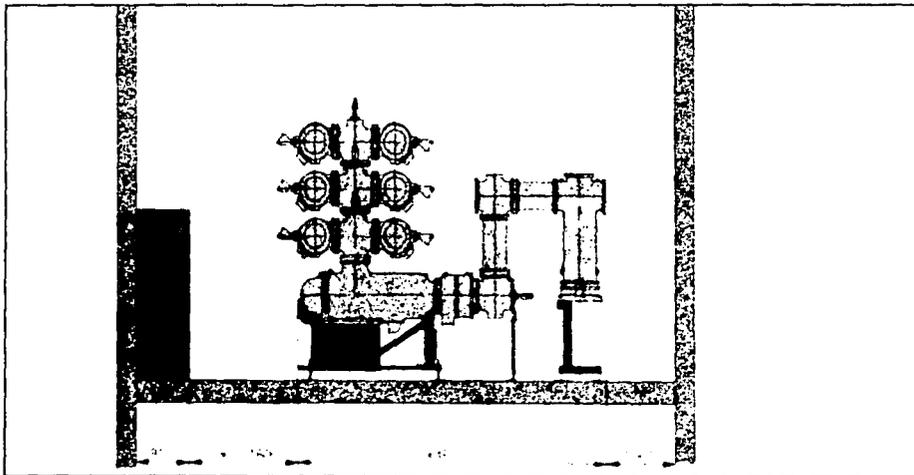


FIGURA 4.9
CELDA DE TRANSFORMADOR CON CONEXIÓN POR CABLE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

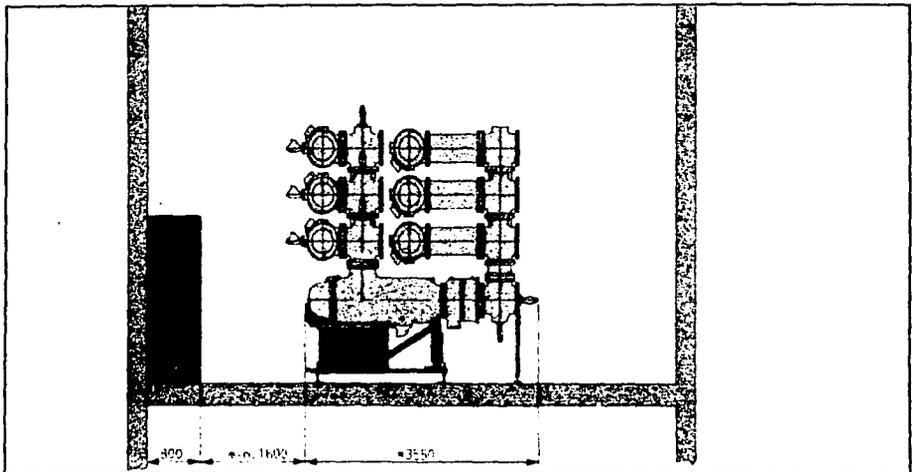


FIGURA 4.10
CELDA DE ACOPLAMIENTO ENTRE BARRAS

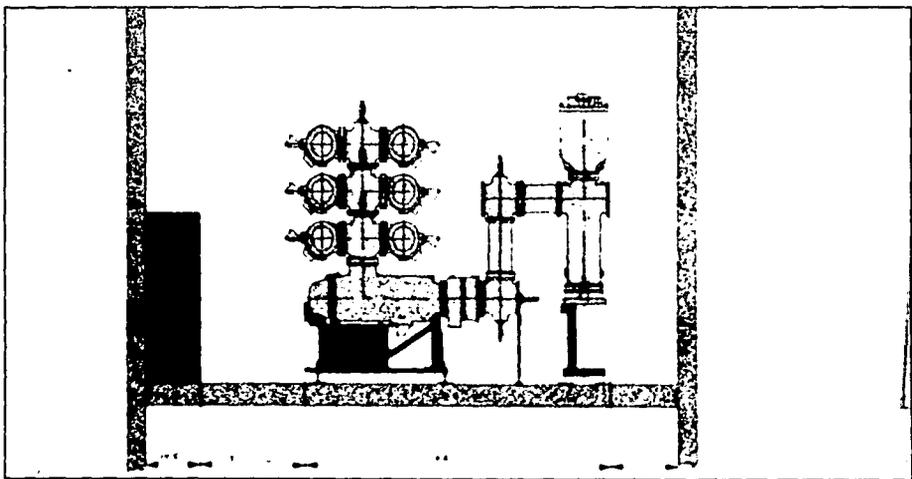


FIGURA 4.11
CELDA DE LÍNEA CON CONEXIÓN POR CABLE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Todas las figuras anteriores, muestran los cortes laterales de cada una de las partes que componen a la Subestación Eléctrica tipo GIS con doble juego de barra y en el cual podemos definir claramente las ventajas dimensionales de la Subestación Eléctrica tipo GIS contra una del tipo AIS.

Para poder establecer con mayor claridad veamos las dimensiones que tienen las bahías individuales de cada una de las Subestaciones Eléctricas en alta tensión (230 KV).

4.2.3 Dimensiones de una bahía (GIS contra AIS)

En las figuras anteriores se mostraron diagramas esquemáticos de los dos tipos de Subestaciones Eléctricas en estudio. Estas figuras nos muestran las dimensiones reales que ocupan cada una de ellas, pero para llegar a un análisis más indicado, y partiendo por medio de bahías, analizaremos las dimensiones que ocupan las bahías a 230 KV.

4.2.3.1 Dimensiones de una bahía AIS

En la siguiente figura se nos muestran las medidas que tiene una bahía, a 230 KV, de una subestación eléctrica convencional.

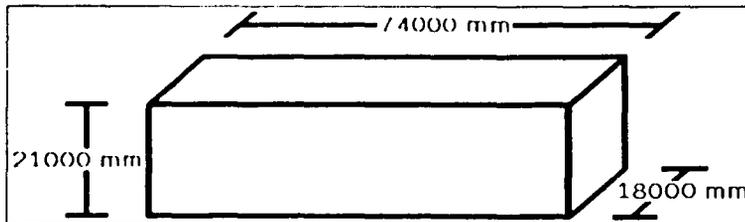


FIGURA 4.12
ESQUEMA QUE REPRESENTA LAS DIMENSIONES REALES DE
UNA BAHÍA AIS A 230 KV

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Partiendo de aquí podemos decir que la bahía de la subestación eléctrica tipo AIS de 230 KV ocupa aproximadamente 1332 m² y 21 m de altura.

4.2.3.2 Dimensiones de una bahía AIS

Ahora observemos en la siguiente figura las dimensiones de la bahía perteneciente a la subestación eléctrica tipo GIS.

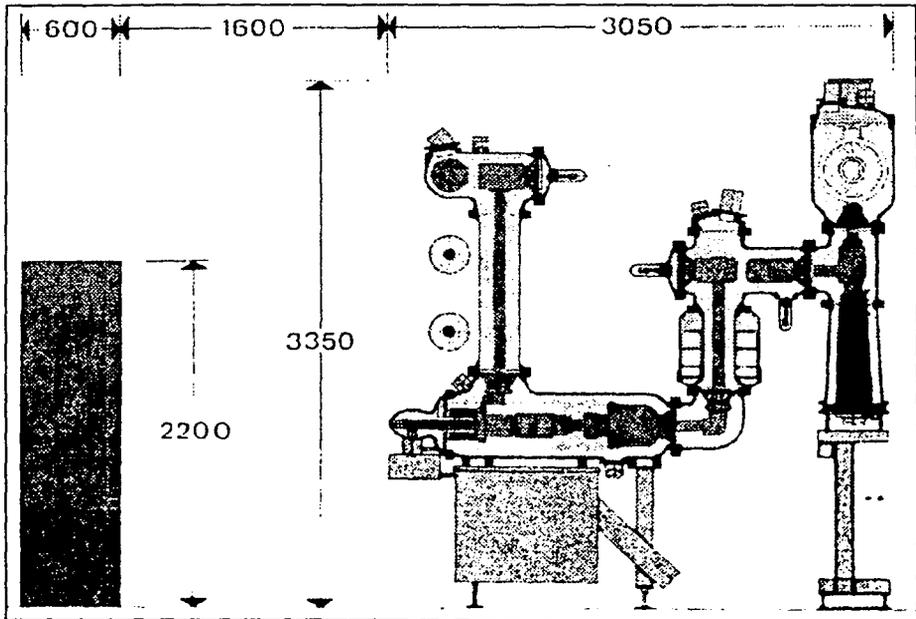


FIGURA 4.13
ESQUEMA QUE REPRESENTA LAS DIMENSIONES REALES DE UNA
BAHÍA GIS A 230 KV

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Como se puede observar un dato adicional sería el ancho de la bahía el cual es de 2 metros. Por lo tanto la bahía de la subestación eléctrica tipo GIS mide 10.50 metros cuadrados de área, mientras que de altura ocupa 3.35 metros.

Todo este análisis representa el 99.21 % de ahorro de área y un 84.05 % en altura, si se considera colocar una subestación eléctrica tipo GIS.

El resultado anterior nos indica la diferencia REAL del espacio (área y altura) ahorrado, al comparar las dos subestaciones en estudio; pero habrá que analizar también, las necesidades y prioridades de cada proyecto, ya que basándonos en eso se determinará la selección de la subestación.

4.3 ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DE UNA SUBESTACIÓN GIS VS. UNA SUBESTACIÓN AIS

Como se mencionó en los capítulos anteriores, la instalación de subestaciones tipo GIS se ha generalizado por las ventajas que ofrece contra las subestaciones tipo AIS. Una comparación exacta solo se puede hacer sobre diseños específicos, ya que la evaluación depende de varios factores como el arreglo de las barras colectoras, el voltaje nominal, el equipo a utilizar, etc. Sin embargo, en forma general, las ventajas que presentan se describen a continuación.

4.3.1 Espacio requerido

Una subestación tipo GIS requiere menos espacio tanto en área como en volumen que una subestación tipo AIS. Este ahorro de espacio depende de diversos factores como son el fabricante, el arreglo que va a tener el equipo, el tipo de instalación, etc. En general se puede decir que dicho ahorro de espacio es del orden del 90 %. La reducción considerable



en las dimensiones de la subestación se debe a la mayor rigidez dieléctrica del SF₆ comparada con la del aire, lo cual reduce considerablemente las dimensiones del aislamiento para un voltaje dado.

4.3.2 Contaminación

Una subestación tipo GIS elimina o disminuye la interacción de la misma con el medio que lo rodea, lo cual permite su instalación bajo cualquier condición de operación. La atmósfera controlada del gas SF₆ y el blindaje que rodea a sus elementos activos eliminan la influencia externa, por lo que elementos climatológicos como la Humedad, Temperatura, Presión o elementos contaminantes como Polvo, Humo, Gases o Sales, tiene nulo efecto sobre la subestación. De igual forma, la influencia de la subestación sobre el medio ambiente se reduce considerablemente al no contaminarlo y disminuir el nivel de ruido y la radio interferencia.

4.3.3 Vibraciones o sismos

El diseño compacto de la Subestación tipo GIS, proporciona al diseño mayor resistencia a vibraciones o sismos, en caso de que el sitio donde será emplazada la S. E. tengan valores altos de sismicidad, arriba de 0.5 grados. Deberá de considerarse sistemas de amortiguamiento antisísmico tanto en las cimentaciones como en los puntos de apoyo de la propia SE encapsulada.

4.3.4 Montaje

Las Subestaciones tipo GIS se fabrican en forma modular con el fin de tener mayor flexibilidad en el diseño de los diferentes arreglos. Esto permite que varios elementos individuales se ensamblen previamente en la planta y se transporten en conjunto hasta el sitio donde se instalarán, facilitando y disminuyendo el tiempo de montaje, lo cual trae consigo un ahorro en el costo total de la inversión.



4.3.5 Seguridad

Todos los elementos de la subestación tipo GIS, se encuentran dentro de una envolvente metálica aterrizada, evitando así cualquier contacto accidental de las partes energizadas. Esto protege tanto al personal de posibles descargas eléctricas, como a la subestación de impactos mecánicos externos durante la operación normal.

4.3.6 Mantenimiento

Las subestaciones tipo GIS están diseñadas y fabricadas para obtener un balance óptimo entre diseño, materiales usados y requisitos de mantenimiento. Las envolventes selladas herméticamente hacen que la subestación precise muy poco mantenimiento; bajo condiciones normales de operación, los conjuntos pueden considerarse como libre de mantenimiento. Cada 5 años se precisan inspecciones visuales. Tal operación se realiza celda por celda; así puede continuar funcionando la subestación y no es necesario abrir los compartimientos de gas. La primera revisión es necesaria una vez transcurridos 25 años.

4.3.7 Nivel de ruido

Las subestaciones tipo GIS reducen considerablemente el nivel de ruido durante la operación de dispositivos de maniobra (Interruptores, Seccionadores, Cuchillas, etc.) gracias a las excelentes características del gas SF₆ como aislante acústico. Otro factor que contribuye a reducir el ruido es que no existe liberación de gas a la atmósfera durante la maniobra del equipo.



4.3.8 Inflamabilidad

Como se explicó antes, el gas SF₆ no es inflamable, lo cual hace que las subestaciones que utilizan dicho gas como medio aislante o como medio de extinción del arco sean adecuadas para la instalación subterránea o dentro de un local cerrado, ya que la instalación queda prácticamente fuera de peligro de incendio.

4.3.9 Radio interferencia

Las subestaciones tipo GIS, se encuentran perfectamente blindadas, con lo cual se evitan radiaciones de alta frecuencia, que puedan producir radio interferencia.

4.3.10 Flexibilidad

La modularidad de las subestaciones tipo GIS, así como la estandarización de las dimensiones externas de los elementos, dan gran flexibilidad no solo en el diseño del arreglo de la subestación, sino también en la extensión o ampliación a futuro de la misma.

4.3.11 Confiabilidad

La independencia de los factores externos de la subestación tipo GIS, hace que tenga un alto grado de confiabilidad; se ha comprobado que las subestaciones tipos GIS son más confiables que las tipo AIS. El acceso a las piezas bajo tensión está protegido por las envolventes. Los efectos corona y de radiointerferencia perjudiciales quedan prácticamente eliminados. En zonas contaminadas, la limpieza de los aisladores bajo tensión, que representa una necesidad importante de mantenimiento para subestaciones tipo AIS, no se aplica en el caso de componentes de subestaciones tipo GIS.



Por otro lado, las subestaciones blindadas aisladas en gas SF₆, presentan la desventaja de que el costo de la inversión aparentemente es mayor (se analizará en el siguiente capítulo), ya que en costo inicial, además de la propia subestación, es necesario considerar el costo del gas, del equipo de llenado y de regeneración. Sin embargo, en la evaluación deben considerarse otros aspectos que vienen a favorecer este tipo de subestaciones como:

- Reducción del costo de terreno.
- Reducción del costo de las estructuras.
- Reducción en el costo de las cimentaciones y acondicionamiento del terreno.
- Reducción en el costo del mantenimiento.
- Reducción en el costo de servicios auxiliares (alumbrado, red de tierras, cableado de control y energía, buses, herrajes, conectores, aisladores, etc.).

En México se presenta otra gran desventaja, que es la carencia de tecnología propia y personal técnico especializado, lo cual obliga a recurrir a compañías extranjeras para el suministro del equipo, asistencia técnica y reparaciones.



CAPITULO 5

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se plantea el desarrollo de una nueva subestación, la comparación económica entre una instalación tipo AIS y una tipo GIS es una de las decisiones más importantes que deben llevar a cabo los ingenieros encargados de cualquier proyecto de tipo eléctrico. En la mayoría de los casos, el usuario opta por la compra y utilización de la versión GIS; esto se atribuye al factor de que sólo se preocupará por el costo inicial de adquisición que relativamente es un poco más que todos los gastos que involucran a una versión AIS, y considerando a que al corto o mediano plazo, la inversión se puede recuperar.

Nuestro estudio de tesis esta basado en precios promedio con respecto al mercado estadounidense. Esta comparación puede ser fácilmente adaptada a diferentes condiciones como por ejemplo: mano de obra barata, altos costos de mantenimiento realizados por el personal externo a la instalación, material defectuoso, diferentes costos de construcción en cada país, etc.; todo esto se simplifica sustituyendo el tipo de moneda y costo en cada país de la mano de obra con los que más adelante se mostraran.



5.2 COMPARACION DEL COSTO DE LOS EQUIPOS

Como mencionamos al final del capitulo anterior, las subestaciones eléctricas tipo GIS presentan un alto costo en la inversión del equipo, pero se tienen otros ahorros en otros rubros.

Para poder observar este análisis se ha investigado el costo que generan cada unos de los equipos en comparación, pero para establecer toda comparativa de costos se debe seleccionar las características necesarias que debe da ocupar el diseño o la solución del problema que se presenta.

A lo anterior se ha elegido un equipo reductor; de alta tensión (230 kV), a mediana tensión (23 kV). Este equipo se tomara como comparativa en cuestión del costo de cada una de las partes que componen a cada subestación Eléctrica.

Así que se tomara como comparativa las siguientes tablas, que se muestran a continuación. Las cuales representa la comparación en la adquisición de los dos tipos de subestaciones, como las partes necesarias que componen a cada una de las Subestaciones Eléctricas, así como las maniobras necesarias para su correcta instalación.



5.2.1 Costo de un equipo AIS

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO AIS				
No.	Descripción	Cantidad / Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Transformador de potencia 230/23 KV. Potencia nominal 25/30 MVA, enfriamiento OA/FOA.	2 piezas.	427,500.00	855,000.00
2	Interrupor de potencia 230 KV, 2000 A, 40 KA.	5 piezas.	105,400.00	527,000.00
3	Cuchillas desconectadoras 230 KV, 2000 A, 40 KA, con cuchillas de puesta a tierra.	10 piezas.	20,500.00	205,000.00
4	Cuchillas desconectadoras 230 KV, 2000 A, 40 KA, sin cuchillas de puesta a tierra.	5 piezas.	14,500.00	72,500.00
5	Transformador de corriente 230 KV, relación 400-800 / 5-5-5-5.	15 piezas.	8,400.00	126,000.00
6	Transformador de potencial 230 KV, relación 1200-1200 / 1-1.	12 piezas.	7,800.00	93,600.00
7	Apartarrayos de 230 KV, tensión nominal de 190 KV.	12 piezas.	3,500.00	42,000.00
8	Tablero de control, protección y medición.	1 lote.	213,512.00	213,512.00
9	Equipo de servicios propios de la S. E. (banco y cargador de baterías, tableros de distribución)	1 lote.	35,800.00	35,800.00
10	Materiales para el sistema de tierras.	1 lote.	57,500.00	57,500.00
11	Materiales para el bus de alta tensión (conductores, herrajes, conectores y aisladores)	1 lote.	98,600.00	98,600.00
12	Materiales para el alumbrado (interior y exterior)	1 lote.	38,250.00	38,250.00
13	Materiales para el cableado de control y fuerza	1 lote.	48,850.00	48,850.00
14	Estructuras metálicas para soporte de equipos y bus de alta tensión	184 toneladas	1,630.00	299,920.00
15	Ingeniería civil y electromecánica	1 lote.	58,700.00	58,700.00
16	Obra civil para la S E (terraceras, cimentaciones, cuarto de control, trincheras, etc.)	1 lote.	783,200.00	783,200.00
17	Montaje electromecánico	1 lote.	589,850.00	589,850.00
18	Pruebas y puesta en servicio	1 lote.	35,500.00	35,500.00
INVERSION			\$ 4' 210,782.00 USD	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



5.2.2. Costo por un equipo GIS

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO GIS				
No.	Descripción	Cantidad / Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Transformador de potencia 230/23 KV. Potencia nominal 25/30 MVA, enfriamiento OA/FOA.	2 piezas.	427,500.00	855,000.00
2	S. E. encapsulada en gas SF ₆ de 230 KV. Nominal 2000 A. Con arreglo de doble barra con las siguientes bahías: 2 bahías de LT en 230 KV. 1 Bahía de enlace de barras. 2 bahías de transformador de potencia. Todas las bahías cuentan con un interruptor de potencia. Cuchillas desconectoras, transformadores de corriente y potencial.	1 lote.	4' 250,000.00	4' 250,000.00
3	Apartarrayos de 230 KV, tensión nominal de 190 KV.	12 piezas.	3,500.00	42,000.00
4	Tablero de control, protección y medición.	1 lote.	213,512.00	213,512.00
5	Equipo de servicios propios de la S. E. (banco y cargador de baterías, tableros de distribución).	1 lote.	35,800.00	35,800.00
6	Grúa viajera para montaje de S. E. Encapsulada de 5 toneladas.	1 lote.	12,300.00	12,300.00
7	Materiales para el sistema de tierras.	1 lote.	12,700.00	12,700.00
8	Materiales para el bus de alta tensión (conductores, herrajes, conectores y aisladores).	1 lote.	18,300.00	18,300.00
9	Materiales para el alumbrado (interior y exterior)	1 lote.	11,500.00	11,500.00
10	Materiales para el cableado de control y fuerza	1 lote.	14,250.00	14,250.00
11	Estructuras metálicas para soporte de equipos	18 toneladas	1,630.00	29,340.00
12	Ingeniería civil y electromecánica.	1 lote.	30,200.00	30,200.00
13	Obra civil para la S E (terraceras, cimentaciones, cuarto de control, trincheras, etc.)	1 lote.	783,200.00	783,200.00
14	Montaje electromecánico	1 lote.	589,850.00	589,850.00
15	Pruebas y puesta en servicio	1 lote.	35,500.00	35,500.00
INVERSION			\$ 6' 074,840.00 USD	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



5.3 COMPARACIÓN DEL COSTO DEL TERRENO

En el capitulo anterior se realizo un estudio comparativo dimensional entre las Subestaciones Eléctricas en estudio, el cual arroja un ahorro dimensional de entre el 80 y el 90 %, a favor de la Subestación Eléctrica tipo GIS.

Si consideramos este ahorro, entre el 80 y 90 %, y si tenemos que el costo del terreno característico en las inmediaciones de la Ciudad de México (área metropolitana) para zonas industriales es de \$ 2,000.00 por m².

Si retomamos el ejemplo del capitulo anterior, en donde la bahía de la subestación eléctrica tipo AIS ocupa 1332 m² de área, mientras que la bahía de la subestación eléctrica tipo GIS ocupa 10.50 m², entonces tendremos un ahorro del 99 % de valor real del terreno que ocupa la subestación eléctrica tipo AIS.

Recordando que el ahorro del terreno es de un rango del 80%, como consecuencia, tenemos el mismo porcentaje de ahorro monetario, que también puede variar para cada caso específico o particular que este ahorro monetario se determinara por la ubicación en donde se encontrara la Subestación Eléctrica, es decir en donde se instalará, por tal motivo debemos mencionar que los precios del terreno quedan establecidos por la Entidad, Municipio y Ciudad o Ejido donde se tenga que instalar.



5.4 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos por operación y mantenimiento para ambas Subestaciones Eléctricas son de mucha importancia para nuestro estudio, ya que con estos, también, determinaremos las diferencias económicas de una con otra.

La siguiente tabla también muestra, las diferentes maniobras de operación y mantenimiento que se les realizan con el tiempo, así como a los diferentes componentes que estructuran a ambas Subestaciones Eléctricas.

Aquí se incluyen todas las demandas como son alimentadores en operación, agua, luz, calefacción, etc., así como las diversas actividades de mantenimiento especificadas por los alimentadores. Los gastos mostrados son el resultado de diversos años de experiencia. Los costos de operación y de mantenimiento son los siguientes:



COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS SUESTACIONES ELECTRICAS

DESCRIPCIÓN	EQUIPO (S. E.)		EJECUCION	TIEMPO (HRS)		COSTO (USD)	
	AIS	GIS		AIS	GIS	AIS	GIS
1. Inspección completa de la instalación.	X		Cada 1 año	150		147,000.00	-----
2. Medidas infrarrojas en instalación AIS.							
3. Chequeo del aceite del transformador.							
4. Cableado DC.							
5. Sistema de control.							
6. Limpieza.							
7. Prueba del equipo.							
8. Calefacción, agua, etc.							
1. Inspección de interruptores.	X		Cada 3 años	180		57,200.00	-----
2. Pruebas al equipo.							
1. Chequeo de la batería	X		Cada 4 años	30		5,000.00	-----
1. Seccionador y seccionador de puesta a tierra.	X		Cada 5 años	320		53,000.00	-----
2. Sistema de control del transformador.							
3. Interruptores de 85 KV.							
4. Cargadores de batería.							
5. Mantenimiento del edificio.							
6. Compra de herramientas y material.							
1. Inspección de sistema de tierras	X		Cada 6 años	40		5,000.00	-----
1. Inspección del equipo de 230 KV.	X		Cada 8 años	50		4,300.00	-----
2. Prueba de equipo							
1. Transformadores de instrumento (solo AIS)	X		Cada 10 años	100		7,200.00	-----
2. Apartarrazos							
1. Reemplazo de batería	X		Cada 12 años	300		32,500.00	-----
2. Servicio a los interruptores de 230 KV (solo AIS)							
3. Inspección de tierras							
4. Compra de herramientas y material							
Total en la S E tipo AIS				1170	1	\$ 311,200.00 USD	
Total en la S E Tipo GIS					0	\$ 0.00 USD	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



En esta tabla no se incluye el mantenimiento al transformador, que es cada 20 años, ya que se efectúa el mismo trabajo, como consecuencia de que se trata del mismo transformador a utilizar en ambos casos. Este servicio al transformador se realiza en fabrica y tiene un costo de 36,500.00 USD.

En la tabla se representa las horas que se necesitan invertir para poder realizar los trabajos de operación y mantenimiento. Las horas-hombre se fijan en un precio de 50 USD por hora.

5.5 CONCLUSIÓN

Podemos definir que los costos generados por una Subestación Eléctrica tipo AIS, son altas, en comparativa con la Subestación Eléctrica tipo GIS, aunque para la adquisición del equipo tipo GIS se genera un gasto mayor.

Para poder afirmar lo anterior con mayor claridad, retomaremos los resultados de las tablas del costo total de cada una de los equipos.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA AIS		SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GIS	
INVERSION INICIAL	4' 210.782 00	INVERSION INICIAL	6' 074.840.00

Como podemos observar la Subestación Eléctrica tipo GIS genera un gasto aproximado al 44.27 por ciento arriba de la Subestación Eléctrica tipo AIS, pero en otros rubros (como el de los gastos por operaciones y mantenimientos por el paso del tiempo) las Subestaciones Eléctricas tipo GIS generaran un gasto por debajo de la Subestación Eléctrica tipo AIS.

Todos los gastos generados por ambas Subestaciones Eléctricas, se presentará en el siguiente capitulo, simulando para ello una situación de adquisición por parte de un cliente, y también se hará mención de los pasos a seguir para una licitación pública.



De acuerdo con los Costos por operación y Mantenimiento, la Subestación Eléctrica Encapsulada en Gas SF₆ (GIS), no requiere mantenimiento ni operaciones dificultosas, por lo menos en los 12 años de gastos que han generado las Subestaciones Convencionales (AIS).

Y como se menciona a cerca del mantenimiento del transformador, que se efectúa cada 20 años, este gasto es igual para ambas Subestaciones Eléctricas, a consecuencia de esto no se ha incluido este gasto en la comparación.

También es importante hacer notar que la seguridad que proporcionan las Subestaciones Encapsuladas en Gas SF₆, son determinantes, también, para poder concluir los gastos que se generan, ya que al estar encapsuladas las partes vivas del equipo, podrán sufrir un menor deterioro, debido a que no están expuestas al medio ambiente. Es por eso que en la siguiente tabla hacemos notar los trabajos de inspección que se realizan (en tiempo) por una Subestación Eléctrica tipo GIS, y los cuales los pueden realizar por gente especializada del suministrador (para algunos casos) o por el mismo personal de la empresa que adquirió el equipo.



**RESUMEN DE LOS TRABAJOS DE INSPECCIÓN EN UNA
S. E. TIPO GIS**

	1 AÑO	5 AÑOS	8-10 AÑOS	15-20 AÑOS	MANIOBRAS DE CORTO CIRCUITO	MANIBRAS MECANICAS BAJO CARGA
GAS SF₆	-----	VERIFICACIÓN	-----	-----	-----	-----
INTERRUPTOR AUTOMATICO	VERIFICACIÓN	VERIFICACIÓN	VERIFICACIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN
SECCIONADOR	-----	VERIFICACIÓN	-----	-----	-----	REVISIÓN
SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA	-----	VERIFICACIÓN	-----	-----	-----	REVISIÓN
SECCIONADOR RAPIDO DE PUESTA A TIERRA	-----	VERIFICACIÓN	-----	REVISIÓN	-----	REVISIÓN
SECCIONADOR BAJO CARGA	VERIFICACIÓN	VERIFICACIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN	-----	REVISIÓN

VERIFICACIÓN. - Personal capacitado para el mismo (sin costo para el usuario).

REVISIÓN. - Por parte del fabricante o personal del comprador bajo la dirección del fabricante.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CAPITULO 6

DICTAMEN DEL TIPO DE SUBESTACIÓN A INSTALAR

6.1 SOLICITUD DE COTIZACIÓN A UNA EMPRESA PRIVADA

Para la realización de una cotización es necesario tener ya definidos los parámetros eléctricos y documentos técnicos los cuales debemos de entregar a la compañía que realizará la cotización; estos se enlistan a continuación y se ilustran mediante un ejemplo.

Una empresa llamada ACEROS AYOTLA, requiere de una subestación de Alta Tensión para alimentar su carga y solicita a una compañía (llámese ABB, ALSTOM, SIEMENS, etc.) la cotización de una subestación con dos alternativas, una S. E. tipo intemperie y una tipo encapsulada de gas SF₆; ya que por estar ubicada en una zona conurbada en el Estado de México, y en un área que es determinada por Zona Industrial, en el municipio de Ixtapaluca. Teniendo esta empresa problemas de espacio.

Para poder elaborar la cotización y el estudio de comparación, que este es nuestro fin, se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

- **LOS DATOS TÉCNICOS DE REQUERIMIENTO**
- **COSTOS**

Como comentarios adicionales, se menciona que esta empresa necesita una ampliación general en sus naves y plantas para ser más competitiva.



6.1.1 Datos técnicos

Los datos técnicos que envían son los siguientes:

1. POTENCIA NECESARIA	50 MVA
2. TENSION NOMINAL PRIMARIA	230 KV
3. TENSION NOMINAL SECUNDARIA	23KV
4. ARREGLO DE LA SUBESTACIÓN	2 barras en AT
5. BAHÍAS DE ACOMETIDA	2 en 230 KV
6. BAHÍAS DE BANCOS DE TRANSFORMADORES	2
7. BAHÍAS DE TRANSFERENCIA	1

En adición a los datos anteriores, se anexa el diagrama unifilar simplificado que ilustra más claramente las necesidades.

Este diagrama unifilar representa el esquema de una subestación encapsulada de un disyuntor y medio.

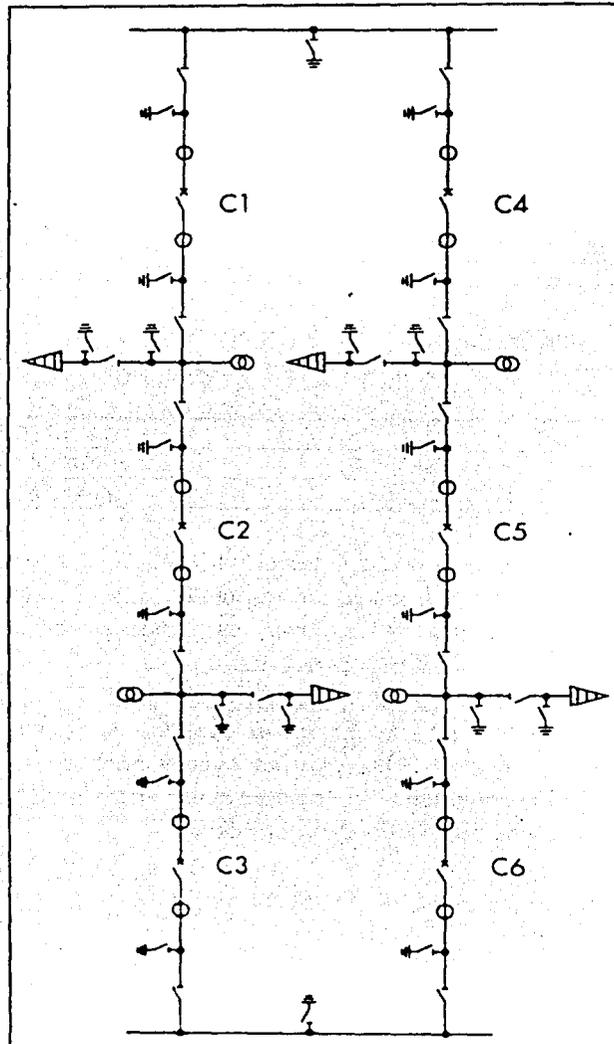


FIGURA 6.1
DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA de 230 kV



6.1.2 Costos

Para poder elaborar los costos monetarios, primero se tomará la oferta que se realizó, en el capítulo 5, para los dos tipos de subestaciones, a fin de que el cliente (ACEROS AYOTLA) note claramente ventajas y desventajas de una con otra.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA AIS		SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GIS	
INVERSION INICIAL	\$ 4' 210,782.00	INVERSION INICIAL	\$ 6' 074,840.00

Como se puede apreciar en la tabla comparativa y en base al siguiente resumen los precios de las subestaciones son:

S. E. TIPO INTEMPERIE	\$ 4' 210,782.00 USD
S. E. TIPO ENCAPSULADA EN GAS SF ₆	\$ 6' 074,840.00 USD
DIFERENCIA EN COSTO EN EQUIPO	- \$ 1' 864,058.00 USD

Lo cual corresponde a una diferencia del 44.27 % sobre el costo de la S. E. AIS. Pero en la inteligencia de las áreas que ocupan cada una de ellas se ilustran en las siguientes figuras, las cuales sirven para comparar de otro punto de vista estas dos propuestas.

Con las figura que se expuso en el capítulo 4 de las Subestación Eléctrica tipo AIS (figura 4.4) y con las dimensiones de la Subestación Eléctrica tipo GIS, haremos la comparación de la dimensión para determinar las diferencias en el costo del mismo.

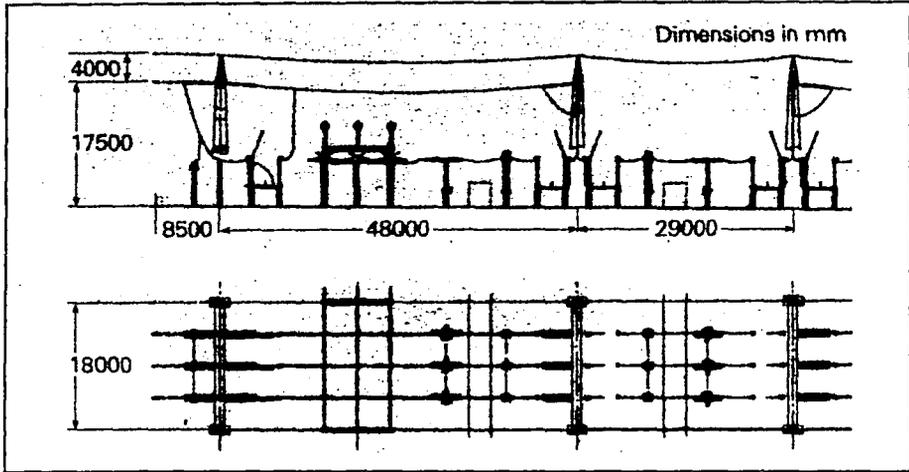


FIGURA 6.2
ÁREA DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO AIS A 230 kV

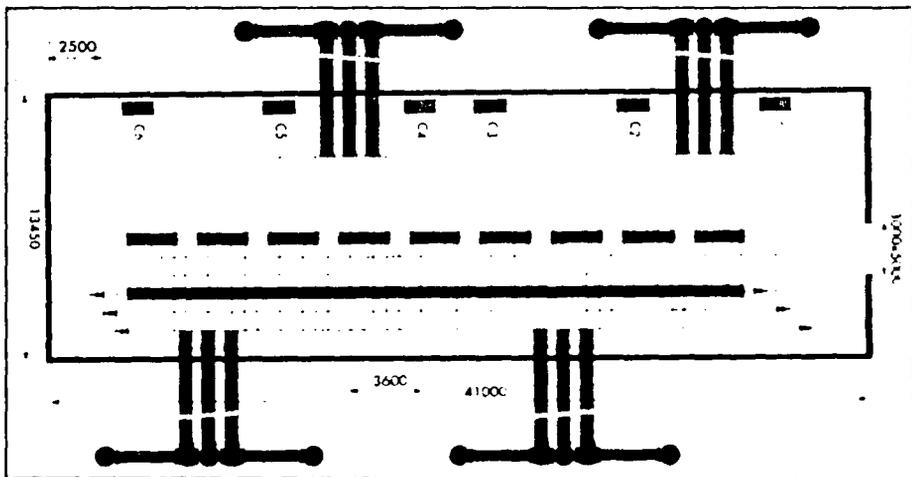


FIGURA 6.3
ÁREA DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TIPO GIS A 230 kV TIPO T115

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ÁREA DE UNA S. E. TIPO AIS		ÁREA DE S. E. TIPO GIS	
Largo	85.50 mts.	Largo	41.00 mts.
Ancho	36.00 mts.	Ancho	13.45 mts.
ÁREA TOTAL	3,078 m²	ÁREA TOTAL	551.45 m²

El ancho de la Subestación Eléctrica Tipo AIS, es el doble del que se muestra en la figura, ya que se requieren de dos bahías.

En base a la comparación de las áreas totales que ocupan cada tipo de subestación eléctrica, podemos notar que la diferencia de áreas, aproximada, que existe es de 82.08 %.

Estas tablas comparativas (la económica -de los equipos- y la dimensional) nos permiten hacer un análisis más detallado para poder tener una comparativa general entre los dos tipos de subestaciones. En base a las tablas se puede concluir lo siguiente:

Si el problema básico de la empresa ACEROS AYOTLA es el terreno disponible S. E. ya que tiene la necesidad de ocupar parte del terreno destinado para la producción. Lo anterior nos hace llevar a cabo el siguiente análisis.

6.1.2.1 Costo económico

Tomando en consideración que para poder instalar la S. E. tipo AIS es necesario tener un área de 3,078 m² los cuales también pudieran servir a futuro para hacer crecer la empresa y tener un almacén para una nave de trituración; llegamos a dos conclusiones:

1. Instalar la S. E. tipo AIS ahorrándonos los costos de 1'864,058 USD sacrificando el área que a meses después sería productiva. Lo anterior se podrá ver a futuro ya que es necesario definir las prioridades y establecer las necesidades a corto y mediano plazo.



2. Instalar la S. E. tipo GIS tomando en consideración un cálculo para poder justificar los costos de diferencia con respecto a la S. E. tipo AIS. Este cálculo de **COSTO-BENEFICIO** se puede argumentar por el costo del área que se deje libre para poder ampliar la planta productiva; (que sería de aproximadamente de 2,526 m²).

Para poder justificar lo anterior, y según datos el metro cuadrado de terreno promedio en el municipio de Ixtapaluca, en la Zona Industrial tiene un costo de 2,000 pesos, lo que equivale a 210.53 USD (si tomamos en cuenta que pagamos aproximadamente 9.5 pesos por dólar) por tomaremos en consideración lo siguiente:

TIPO DE SUBESTACIÓN	AREA QUE OCUPA	COSTO POR m ²	COSTO TOTAL DEL TERRENO A OCUPAR
S E. Tipo AIS	3,078 m ²	210.53 USD	\$ 648,011.34 USD
S E. Tipo GIS	551.45 m ²		\$ 116,096.77 USD

De lo anterior realizamos la resta matemática de las diferencias de los costos, tanto de la S. E. tipo GIS, como del terreno lo cual nos da como resultado:

S E TIPO INTEMPERIE	\$ 648,011.34 USD
S E TIPO ENCAPSULADA EN GAS SF ₆	\$ 116,096.77 USD
DIFERENCIA EN COSTO EN TERRENO	\$ 531,914.57 USD

Este saldo sale a favor de la subestación eléctrica tipo GIS. Si analizamos esto mediante una suma matemática de cada una de las subestaciones, es decir la suma de los costos, tendremos que:

S E TIPO INTEMPERIE	\$ 4' 858,793.34 USD
S E TIPO ENCAPSULADA EN GAS SF ₆	\$ 6' 190,936.77 USD
DIFERENCIA EN COSTO TOTAL	- \$ 1'332,143.43 USD

El resultado anterior nos indica la diferencia REAL de los costos; pero habrá que analizar también, las necesidades y prioridades de cada proyecto, ya que en base a eso se determinará la selección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



6.1.2.2 Tiempo de entrega del proyecto

En adición a los puntos anteriores es necesario analizar otro de los conceptos de importancia en la ejecución de un proyecto, como lo es el tiempo de entrega. Lo anterior quiere decir, que es muy importante, al menos para este caso el tiempo que se tarde la compañía seleccionada para el desarrollo del proyecto ya que de acuerdo al siguiente cronograma se define el tiempo de ejecución del proyecto. Cabe mencionar que se trata de un proyecto de los denominados "Llave en Mano".

TIEMPO PARA PONER EN MARCHA UNA S. E. TIPO AIS	
LABORES A EJECUTAR	TIEMPO ESTIMADO
1. Ejecución de ingeniería	04 meses
2. Suministro de equipo primario	10 meses
3. Ejecución de la obra civil	06 meses
4. Ejecución del montaje	04 meses
5. Puesta en marcha	02 meses
Tiempo de ejecución del proyecto completo	12 meses

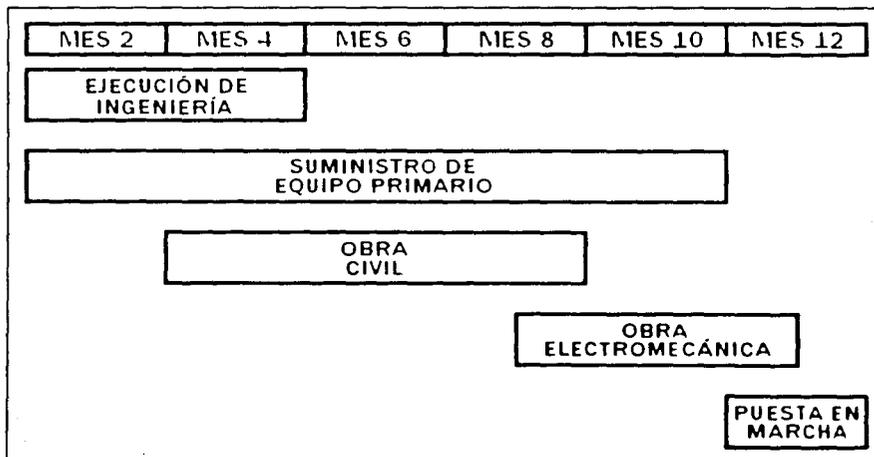
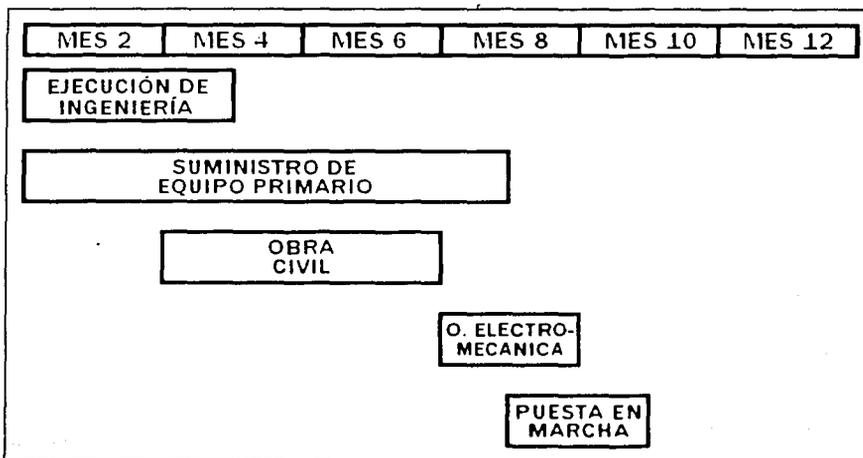


FIGURA 6.4
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA PARA UNA S. E. TIPO AIS



TIEMPO PARA PONER EN MARCHA UNA S. E. TIPO GIS	
LABORES A EJECUTAR	TIEMPO ESTIMADO
1. Ejecución de ingeniería	03 meses
2. Suministro de equipo primario	07 meses
3. Ejecución de la obra civil	04 meses
4. Ejecución del montaje	02 meses
5. Puesta en marcha	02 meses
Tiempo de ejecución del proyecto completo	09 meses



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FIGURA 6.5
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA PARA UNA S. E. TIPO GIS

De acuerdo a las dos comparativas para los tiempos de ejecución de los proyectos se desprende que debido a que una S. E. tipo AIS, es necesario hacer una ingeniería mas detallada, ya que es necesario adecuar diferentes equipos primarios a esa ingeniería de detalle; lo que nos ocasiona de entrada un mes más en el desarrollo de la Ingeniería Electromecánica y Civil. Y así se nos va atrasando el proyecto como indican los cronogramas.



Por el contrario, en el cronograma de ejecución del proyecto para una S. E. GIS, se observa que debido a que la mayoría de los equipos primarios (con excepción de los Apartarrays y los Transformadores de Potencia), se constituyen dentro de un suministro, nos permite acortar los tiempos de ejecución en los siguientes conceptos:

- Ingeniería Electromecánica y Civil.
- Fabricación y Suministro.
- Construcción de la Obra Civil.
- Reducción en el período de Montaje.

En base a lo anterior, podemos manifestar que, para las necesidades específicas de esta empresa (ACEROS AYOTLA), la cual en esos momentos tiene la necesidad de abrir una fabrica en la zona Industrial de Ixtapaluca, para así poder incrementar su producción. Las razones para instalar una S. E. tipo GIS, se les hacia cada vez más viable, dado que las condiciones de PRECIO estaban justificadas por el área que se podía ocupar para la propia producción, así como el tiempo de entrega, lo cual representaban tres meses de producción adicional al total de la planta.

6.1.2.3 Conclusión

En base al ejemplo anterior, se puede llegar a las siguientes conclusiones, tomando en consideración este ejemplo, así como también los tres puntos anteriormente analizados:

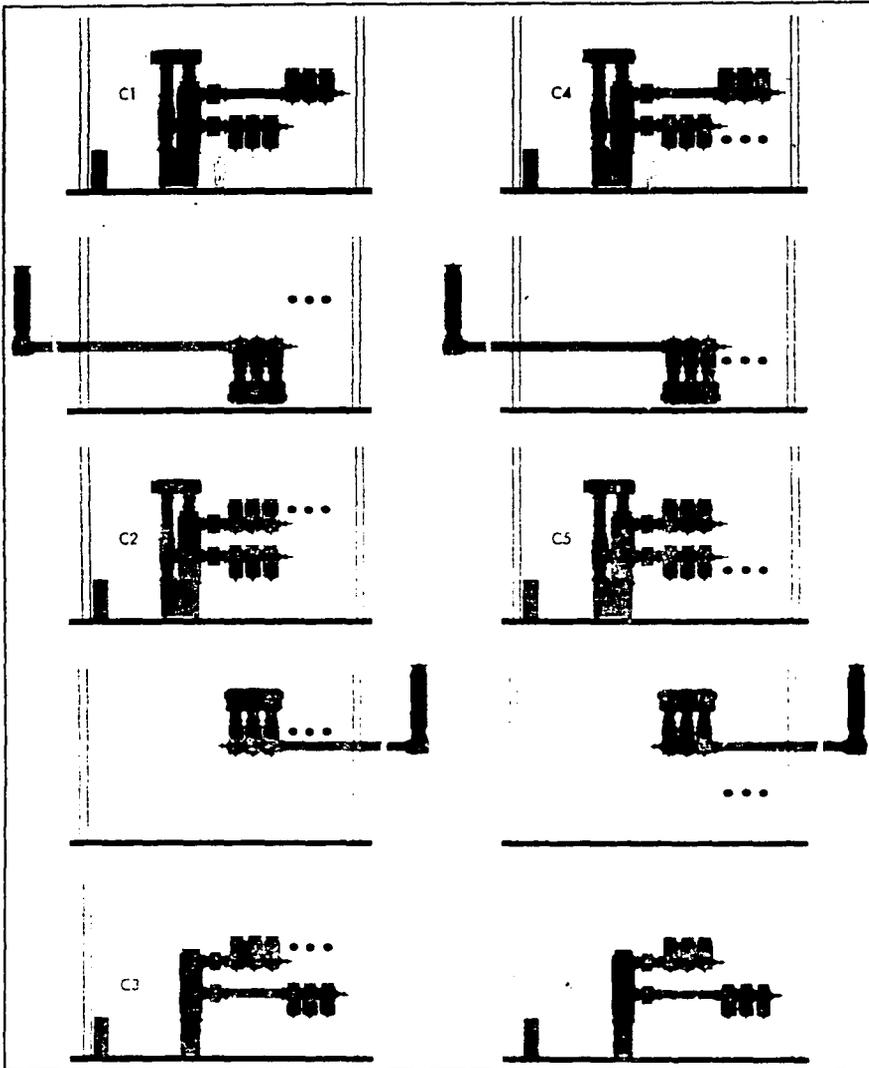
- Análisis de Costos.
- Análisis de Tiempos de Ejecución del Proyecto.



Obviamente se debe considerar que se tomó para este proyecto en particular, el cual como base principal y como prioridad se tiene los siguientes conceptos que se deben tomar en consideración para la selección de una de las alternativas ya sí poder seleccionar la opción que presenta las mejores condiciones para el cliente, quién al final de cuentas es el que debe tener conocimiento claro de las expectativas, así como de la proyección de su empresa a corto, mediano y largo plazo.

Adicionalmente es importante hacer notar que la inversión que representa instalar una Subestación de Alta Tensión del tipo que sea, AIS o GIS, es una inversión costosa, pero si se enfocan en la instalación GIS se tendrá una inversión que por su naturaleza se recuperara en un lapso de tiempo relativamente corto, el cual esta estimado en la dependencia que se tiene con las diferencias de mantenimiento y los costos a mediano plazo o del terreno, lo cual representa finalmente la base para poder tomar esta decisión, así como al totalidad de los aspectos que se han analizado a lo largo de este capítulo. Es importante hacer notar los aspectos comparativos desde el punto de vista económico, ya que desde el punto de vista técnico se han comparado en los capítulos anteriores a este.

Además, como se observaron en las figuras 6.2 y 6.3, la diferencia de altura que representa la Subestación Eléctrica GIS también es considerable, es por esto que en la siguiente figura se muestra (de varios ángulos) como queda la instalación tipo GIS, que como otra ventaja que trae consigo es la de la seguridad para el personal de mantenimiento.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 6.6
ESQUEMA DE UNA S. E. ENCAPSULADA EN GAS SF₆



6.2 SOLICITUD DE COTIZACIÓN A UNA EMPRESA PÚBLICA

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, puede considerarse como una solicitud de cotización de una empresa de tipo industrial privada, pero cuando se trata de una entidad paraestatal o de un sector que depende directamente del gobierno, dependiendo de las leyes de cada país, en particular de acuerdo a la ley de obras públicas vigentes en México, para poder sacar a licitación cualquier proyecto, se deben de cumplir las siguientes condiciones:

1. Estar aprobado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
2. Lanzar una convocatoria pública en el Diario Oficial de la Federación.
3. Establecer claramente las especificaciones de la licitación, tanto Técnicas, Comerciales y Legales.

6.2.1 Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Anterior al año de 1995 la Secretaría de Programación y Presupuesto (actualmente desaparecida), era la que se encargaba de realizar la convocatoria de licitación pública.

Actualmente la Secretaria de Hacienda y Crédito Público se encarga de regular los gastos que se realizaran, estos son denominados por la miscelánea y el ejercicio fiscal del año en turno. Así que la encargada de realizar la licitación pública correspondiente, le pertenece a la dependencia que solicitara el bien o servicio a adquirir, pero esta regulada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.



6.2.2 Convocatoria de licitación pública.

Para poder establecer un ejemplo de este tipo de licitación pública internacional, a continuación, se presenta un ejemplo en el cual se convoca por parte de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro a los interesados a la compra de las bases de licitación, toda esta información se publica en el Diario Oficial de la Federación así como en diferentes diarios de circulación nacional y también, por tratarse de una licitación internacional en algunos diarios del extranjero.

6.2.2.1 Datos de la entidad

Todos estos datos los incluimos en el Apéndice 3 de este trabajo, debido a que es muy amplio y de que se esta realizando una cita textual.

6.2.3 Especificaciones de la licitación

Como en el anterior punto lo especificado aquí se encuentra en el Apéndice III de este trabajo.

Esta licitación pertenece a Luz y Fuerza del Centro, la cual va adquirir una Subestación Eléctrica Encapsulada en gas SF₆. Donde esta S. E. será instalada en la Subestación de Zaragoza, ubicada en Nezahualcoyotl, Estado de México.

6.2.4 Planos

Anexamos los plano del proyecto, el cual hasta el momento no se ha llevado a cabo.

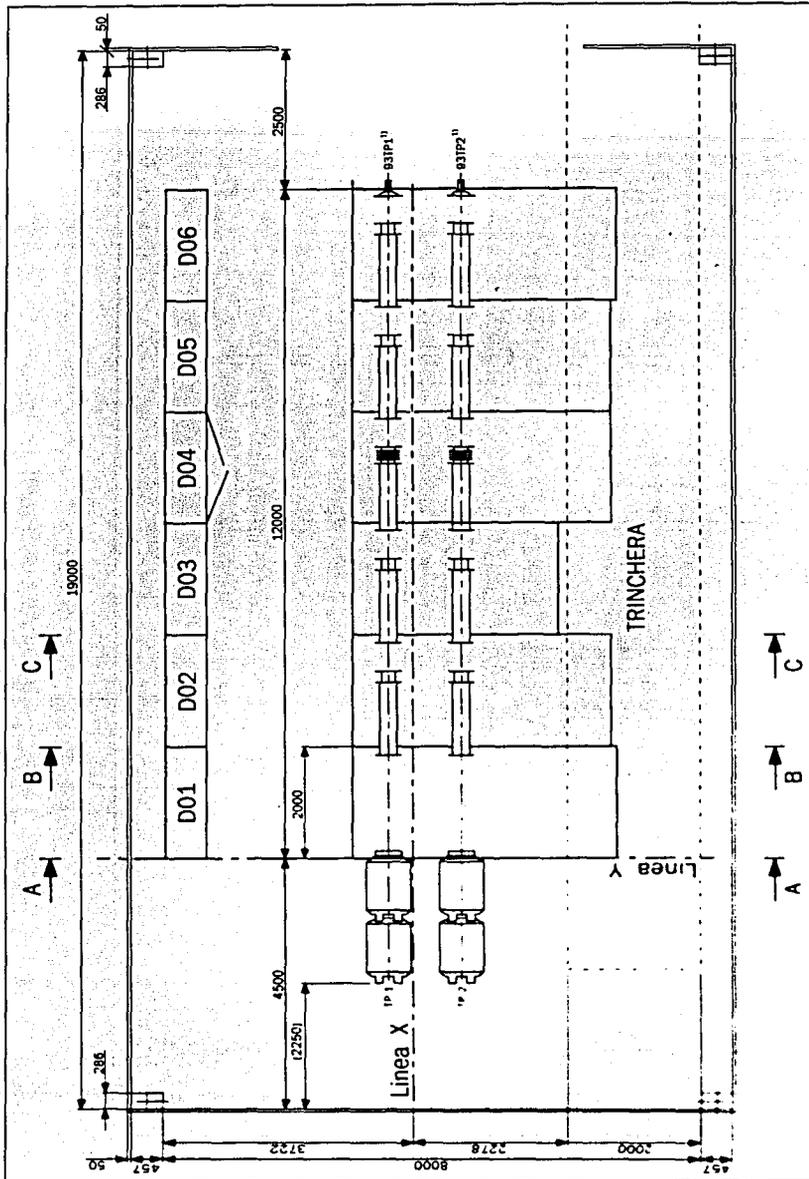


FIGURA 6.7
DIMENSIONES DE LA S. E. ENCAPSULADA EN GAS SF₆ A INSTALAR EN ZARAGOZA

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

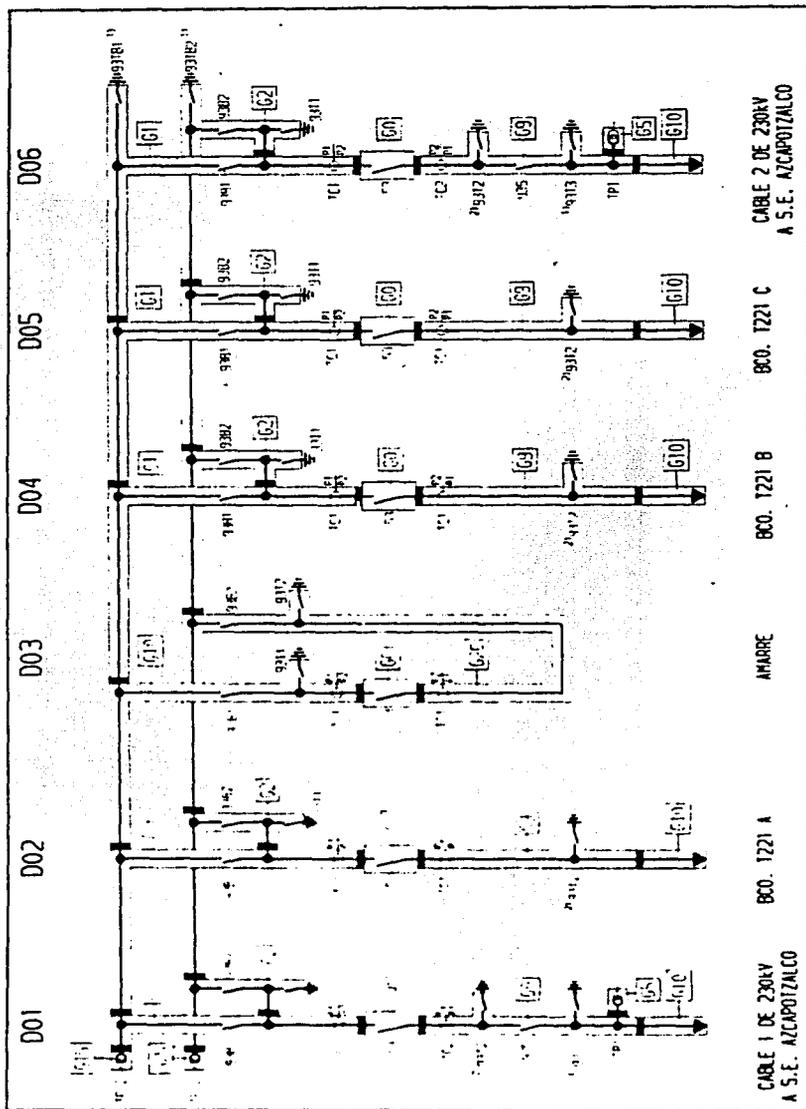


FIGURA 6.8
DIAGRAMA UNIFILAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Del diagrama unificar anterior se presenta la siguiente tabla

	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL
TP-1	TENSIÓN NOMINAL PRIMARIA DE DISEÑO (240 / 3 ^{1/2}) RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 1200 : 1 POTENCIA Y CLASE DE PRECISIÓN 3P 75 VA
TP-2	TENSIÓN NOMINAL PRIMARIA DE DISEÑO (240 / 3 ^{1/2}) RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 1200 & 1200 & : 1 POTENCIA Y CLASE DE PRECISIÓN 75VA CLASE 0.2 / 3P 75VA / 3P 75 VA
TC1	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE A-400 / 800 / 1200 : 5A ; 50VA CLASE 10P20 A-400 / 800 / 1200 : 5A ; 50VA CLASE 10P20
TC2	A-400 / 800 / 1200 : 5A ; 50VA CLASE 10P20 B-400 / 800 / 1200 : 5A ; 50VA CLASE 0.2

NOTAS:

- 1) CUCHILLAS A TIERRA RÁPIDA
- 2) CUCHILLAS A TIERRA AISLADA

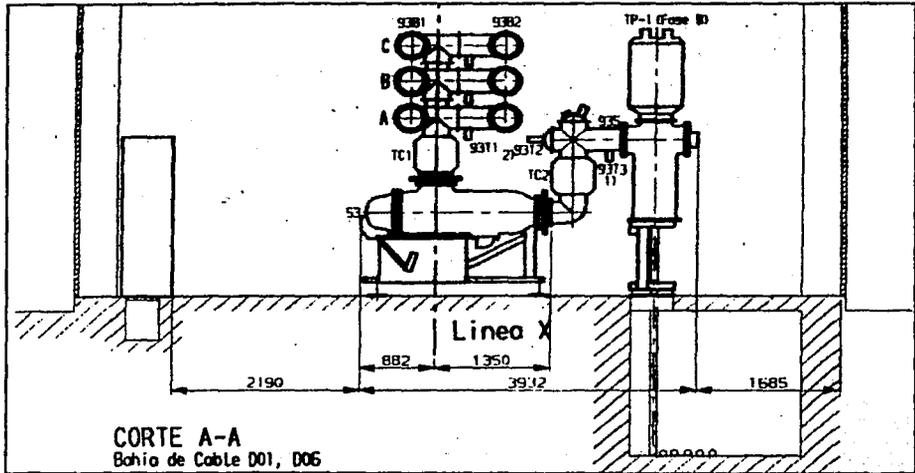


FIGURA 6.9
CORTE A-A

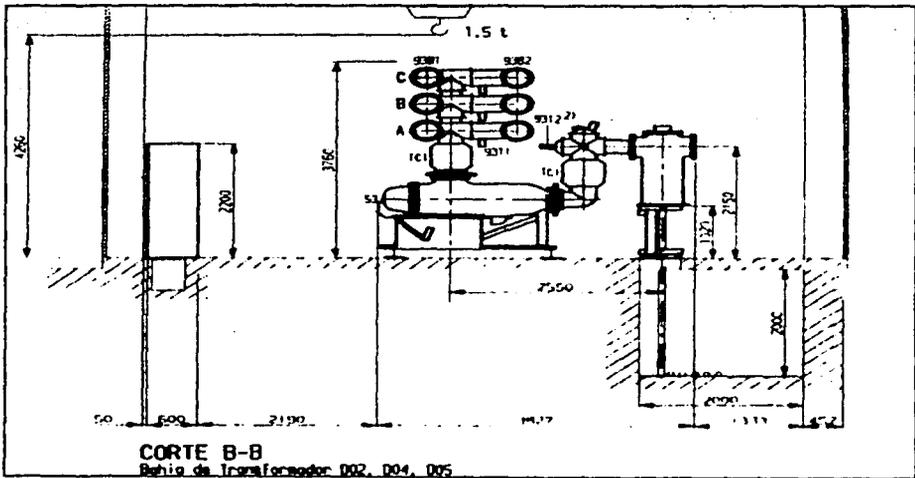


FIGURA 6.10
CORTE B-B

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

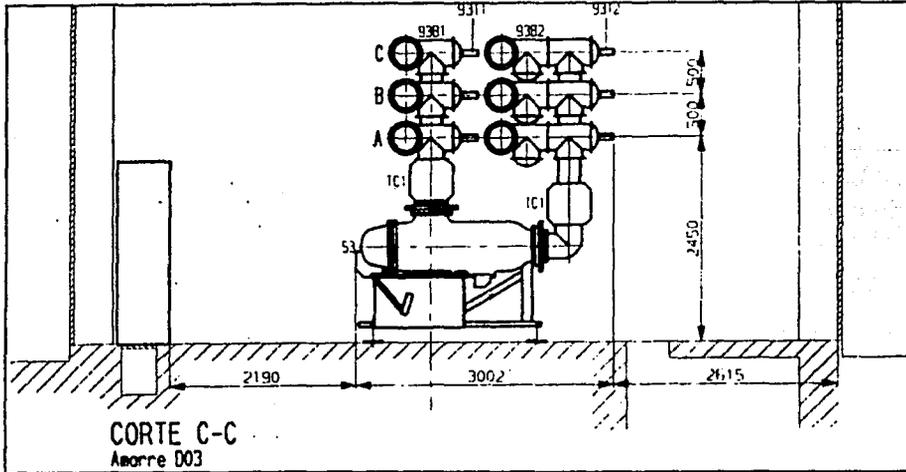


FIGURA 6.11
CORTE C-C

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO S.E. ZARAGOZA 230kV SF6-GIS, TYPE B212/6 DISPOSICION	For use in the design of the switchgear, the following conditions shall be used for the switching mechanism etc. Tout les données portant le nombre de la note ci-dessus de conditions sont applicables pour le mécanisme etc. Only drawn up according to the number of the drawing, conditions of order are binding for the material etc.		
	REF. DE DISEÑO 1:50	FECHA DE DISEÑO 05-10-95	FECHA DE REVISIÓN 05-10-1999
	ALSTOM LTD High Voltage Equipment Oberentfelden, Switzerland	D	H99K194031000100

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FIGURA 6.12
PIE DE PLANO



Todas las figuras anteriores (6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11 y 6.12) muestran el plano completo del proyecto de la Subestación Eléctrica Zaragoza.

Esta licitación, como se pudo observar en el pie de plano (figura 6.12), la ganó la empresa **ALSTOM** y la cual presenta las siguientes características que tendrá la Subestación Eléctrica.

ALSTOM		
Tipo	B 212/4	
Año de fabricación / Número de Comisión	2000	19432-1000
Tensión nominal / número de fases	kV	230 / 3
Frecuencia nominal	Hz	60
Corriente permanente nominal	A	2000
Corriente de conexión de corto circuito (cresta)	kA	100
Corriente sostenida de corto circuito 1seg.	kA	40
Nivel de aislamiento al impulso por rayo (BIL) 1.2/50 µs	kV	950
Nivel de aislamiento a baja frecuencia 60 Hz 1 min	kV	395
Presion nominal de gas en el interruptor max./min. a 20°C	bar	6.4 / 5.7
Presion nominal de gas en los demás compartimientos max./min. a 20°C	bar	5.7 / 5.0
Presion de disencl del compartimiento del interruptor / resto del equipo	bar	10.9 / 7.7
Norma aplicable Contrato No	IEC 517	
ALSTOM LTD HIGH VOLTAGE EQUIPMENT OBERENTFELDEN SWITZERLAND		

FIGURA 6.13
CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CAPITULO 7

CONCLUSIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

Desde un panorama más breve, y en sustento a los estudios, investigaciones y análisis que se desarrollaron en la elaboración de este trabajo, se puede dar razón a una nueva concepción en la tecnología de Subestaciones Eléctricas. Este avance tecnológico se conserva dentro de una aplicación en la vida cotidiana y residencial, así como las razones básicas a las que enfrentan las industrias, tanto las fabricas y comercializadoras de estos equipos como las consumidoras de los mismos. Para los últimos la instalación de una Subestación Eléctrica encapsulada en gas SF₆ representa una clara disminución en inversión a largo plazo en comparación a una Subestación Eléctrica convencional, así como la justificación misma de su costo dentro de un propio sistema de producción y competitividad, el cual redundo en una optimización de los recursos técnicos, naturales, económicos y humanos, en donde cabe señalar que las Subestaciones Eléctricas tipo GIS tiene un alto grado de seguridad, tanto los recursos humanos, como los recursos técnicos y materiales. Para todo esto no se puede dejar al margen las necesidades de adaptarse al medio ambiente sin afectar a este, basándose en un concepto de protección y conservación ecológica de nuestro entorno.

A todo lo anterior y en forma breve se dan las siguientes recomendaciones, según nuestro criterio:

- Es importante hacer de gran notoriedad que las Subestaciones Eléctricas tipo GIS, son el resultado de muchos años de investigación y desarrollo científico, el cual en la actualidad tienen



un gran avance, es decir que no se han detenido las investigaciones; se continua en un perfeccionamiento técnico tanto de los materiales utilizados en las envolventes, así como en el gas SF₆. Para optimizar los diseños y llegar al objetivo común en todas estas etapas de investigación y desarrollo y la cual es en definitiva el objetivo de la construcción de estas Subestaciones Eléctricas. Disminuir aún más las dimensiones y las distancias entre fases y cualquiera de ellas contra la tierra y así hacer cada vez más pequeña una instalación de maniobras. Al fin de cuentas esta tecnología se sitúa a la par de la electrónica, con el fin común de ahorrar áreas de terreno que se pueden destinar para otras utilidades: para la producción, reservas ecológicas, jardines, etc.

- En otro cuestionamiento la tecnología gana cada vez más terreno en la automatización, por lo que la tendencia de automatizar las Subestaciones Eléctricas tipo GIS, teniendo como finalidad el desatiendo de las Subestaciones Eléctricas, logrando con esto la minimización de los errores humanos y establecer la reducción de los costos originados por el personal capacitado.
- De acuerdo a los diferentes campos de aplicación de la energía eléctrica, ya sea en sistemas de distribución urbana, industrial o rural, las Subestaciones son interconectadas por sistemas de subtransmisión de energía complejos, que en muchas ocasiones ocupan áreas en zonas urbanas, las cuales pueden ser aprovechadas para proyectos de producción, viviendas, sitios públicos o industriales. Con la instalación de una Subestación Eléctrica tipo GIS, se tendrá soluciones de carácter de espacio.
- En las empresas abastecedoras de energía eléctrica, en la industria, en instituciones comerciales, en los hospitales o en amplios barrios residenciales con abastecimiento de energía propia -en todos los lugares se exige de las Subestaciones Eléctricas de alta tensión una alta seguridad y fiabilidad. Así, las Subestaciones Eléctricas tipo GIS, dispone de ventajas en contra de una Subestación Eléctrica



tipo AIS. La Subestación Eléctrica tipo GIS ofrece la máxima protección contra deterioros espontáneos, así como para brindar un suministro de energía con la mayor calidad, sin variaciones de tensión y frecuencia y sin interrupciones del fluido eléctrico.

7.2 LAS VENTAJAS DE UNA S. E. TIPO GIS

7.2.1 Alta seguridad de servicio

El proyecto de ingeniería y diseño de las Subestaciones Eléctricas encapsuladas en gas SF₆, se realiza según criterios que mantienen las perturbaciones electromagnéticas hacia el exterior y el interior dentro de los límites tolerables para evitar, ya en sus comienzos, sobre tensiones y tensiones perturbadoras. Este diseño mantiene un acreditado sistema de empaquetaduras que limita, ya de firma comprobada, la pérdida de gas a menos de 1 % por cada cámara de gas al año.

7.2.2 Seguridad para el personal de servicio

Las carcazas, o cámaras de blindaje, disponen de una resistencia mecánica extraordinariamente alta, así como de una excelente resistencia a los arcos voltaicos, cálculos y pruebas múltiples, realizadas bajo condiciones extremas, dieron como resultado valores superiores a los exigidos por las normas IEC. Diafragmas de seguridad, con una dirección de descarga prefijada y dispuestos en cada uno de los recintos de gas, se encargan de dirigir la salida del gas SF₆, en caso de un aumento inadmisibles de la presión.

Economía, seguridad y ayuda al cliente y personal de operación son las características de las Subestaciones Eléctricas tipo GIS, existentes para tensiones nominales de 72.5 hasta 800 kV. El alto estándar de estos productos y servicios es el resultado de una extensa experiencia adquirida



durante el montaje y la instalación de más de 26,000 celdas de maniobra en 2,750 Subestaciones Eléctricas de alta tensión así como en más de 65 años de servicio de las celdas de maniobra.

Los últimos resultados de las más modernas investigaciones se incluyen permanentemente en la técnica de las Subestaciones Eléctricas, garantizándose así una técnica a un máximo nivel -esto es lo que origina la economía de estas Subestaciones Eléctricas.

7.2.3 Gastos de inversión mínimos

Así, por ejemplo, una Subestación Eléctrica tipo GIS para 72.5 - 115 kV, la más pequeña de las Subestaciones Eléctricas de alta tensión para tensiones nominales de 72.5 hasta 170 kV con un ancho de las celdas de sólo 1.2 metros y su correspondiente armario de mando integrado requiere únicamente un 5 % del espacio que requieren Subestaciones comparables, aisladas por aire, es decir Subestaciones Eléctricas tipo AIS.

Debido al poco peso de su blindaje de aluminio y acero, estas Subestaciones pertenecen al grupo de construcciones sumamente ligeras. Lo cual significa una máxima reducción del espacio necesario, fundamentos y cimentaciones sencillas y, por lo tanto, menos gastos de inversión y un mejor aprovechamiento de los recursos, tanto materiales, económicos y humanos; durante la etapa de construcción y de operación de la Subestación Eléctrica.

7.2.4 Funcionamiento seguro y casi libre de mantenimiento

Gracias a su alto nivel de rendimiento y calidad, las subestaciones de alta tensión no requieren prácticamente trabajos de mantenimiento. Las carcazas y envolventes son resistentes a la corrosión y los accionamientos motrices disponen de una lubricación propia para toda su vida. Los contactos principales de los interruptores de potencia, de los



seccionadores y de los interruptores de puesta a tierra están dimensionados para largos tiempos de servicios; la primera revisión no es necesaria hasta después de unos 20 años de servicio. Lo que significa pequeños gastos de operación con una disponibilidad extraordinariamente alta y una gran seguridad de sus inversiones.

7.2.5 Tiempos de montaje y de suministro cortos

Gracias al gran desarrollo tecnológico alcanzado en el ramo de diseño basado en la electrónica, las herramientas de ingeniería, ayudadas por computadora, y a nuestra logística flexible hoy en día se está en condiciones de diseñar, construir, montar y poner en operación Subestaciones Eléctricas de alta tensión, bajo la modalidad "llave en mano", en un tiempo mínimo. Así, por ejemplo, el transporte de una subestación eléctrica tipo GIS, con sus módulos de envío ya montados y probados en la fábrica simplifica el transporte rápido y sencillo de las mismas, con ello se reducen los trabajos de montaje a sólo unas pocas conexiones, con un mínimo de personal y equipo necesario.

7.2.6 Soluciones hechas a la medida

Solo con unos pocos pero diferentes módulos constructivos se puede llevar a cabo cualquier alternativa deseada. Así se está en condiciones de ofrecer soluciones hechas a la medida para edificios ya existentes, así como para la ampliación de las Subestaciones Eléctricas existentes del tipo intemperie, considerando para ello una ejecución del tipo híbrida. Por otro lado también se pueden ajustar a las necesidades de modernización de las subestaciones eléctricas ya obsoletas, utilizando de manera óptima el área de operación y la calidad de la instalación, lo cual significa más flexibilidad y economía.



7.2.7 Proyectos individuales y según necesidades específicas

Varias empresas que se dedican a la fabricación de este tipo de subestaciones, ofrecen un asesoramiento y una ayuda concomitantes con el proyecto, y esto es desde las primeras conversaciones sobre el planteamiento de la red hasta la puesta en servicio de una Subestación Eléctrica, la cual pueden entregar bajo la modalidad de "llave en mano", según los propios requerimientos del cliente. De acuerdo con esto también efectúan la instrucción del personal de mantenimiento del cliente. De forma competente y eficaz hacen que su personal de servicio se familiarice con el servicio y las particularidades de una Subestación tipo GIS de alta tensión. Los trabajos de mantenimiento no son, así lo mismo, necesariamente de su incumbencia. Las Subestaciones aisladas en gas requieren un mantenimiento mínimo, lo que significa que, si fuese necesario, que el personal de la empresa que vendió el equipo este a entera disposición del cliente que compro el mismo. Así mismo también cuando llegue la hora de tener que deshacerse de sus instalaciones.

Las instalaciones encapsuladas para el margen de tensiones nominales de 72.5 a 500 kV cumplen todas las condiciones exigidas hoy a las instalaciones de maniobra modernas, orientadas al futuro en cuanto a rendimiento, calidad y fiabilidad.

Ventajas iniciales:

- Ahorro de espacio.
- Peso mínimo.
- Blindaje seguro.
- Flexibilidad gracias a su configuración modular.



- Transporte económico y montaje sencillo a bajos costos de servicio.
- Alta disponibilidad.

7.2.8 Construcción compacta y económica

El ahorro de espacio ha sido desde siempre uno de los principios básicos en el desarrollo de instalaciones con Subestaciones Eléctricas tipo GIS. En este punto. Las Subestaciones Eléctricas blindadas y aisladas en gas SF₆ están a la vanguardia con una división de celdas de tan solo 1.20 metros y el armario de mando local integrado en la celda, solo ocupa el 19 % del espacio requerido por instalaciones blindadas similares. Esto se ha obtenido gracias al blindaje monopolar de las partes activas y a la construcción optimizada de las celdas, en las cuales el interruptor de potencia se aloja en la posición horizontal y constituye el elemento soporte.

7.2.9 Blindaje simple y seguro

Las instalaciones con Subestaciones Eléctricas tipo GIS ofrecen no solo la mejor protección, contra las influencias ambiente y todo tipo de daños, que las instalaciones de maniobra a la intemperie, sino que garantizan además el más alto grado de seguridad para el personal de operación.

Con la instalación de este tipo de Subestaciones Eléctricas se ha logrado juntar el peso reducido y la resistencia a la corrosión del blindaje de aluminio, a nuestras altas exigencias de seguridad. Gracias a la aplicación de modernas técnicas de fabricación y al diseño optimizado, según herméticos al gas que cumplen las condiciones dieléctricas requeridas, garantizando al mismo tiempo un alto grado de seguridad.

El sistema de cierre de interruptores de potencia, que ha sido probado en interruptores tipo intemperie se utiliza en la instalación de la



subestación eléctrica y garantiza que las pérdidas de gas sean menores al 1 % por año y compartimentos de gas. Gracias al reducido peso del aluminio, la instalación de maniobra es una de las construcciones más ligeras de su tipo.

7.2.10 Sistema modular claro y flexible

En las nuevas instalaciones de maniobra, se ha adoptado un sistema modular y se han configurado de forma más clara y sencilla, los arreglos de las Subestaciones Eléctricas tipo GIS son adecuadas a las necesidades y tomando en cuenta el impacto visual en su entorno.

Con pocos módulos diferentes, se forma, con mayor facilidad, cualquier tipo de circuito que se requiera. Así se han uniformado las bridas y contactos, y normalizado la mayor parte de las dimensiones. Ello garantiza en la fabricación un alto grado de calidad constante.

7.2.11 Emplazamiento favorable al medio ambiente y sin limitaciones

El mínimo espacio requerido, la emisión de ruidos extremadamente baja y hermeticidad al gas, garantizan que la instalación de maniobra esté armonizada con el medio ambiente. Además, por su alto nivel de seguridad, se puede instalar también sin riesgo alguno en entornos sensibles, zonas residenciales y centros urbanos.

7.2.12 Transporte

Para facilitar al máximo el transporte e instalación en el lugar de uso, las Subestaciones Eléctricas se envían en unidades fácilmente manipulables del mayor tamaño posible. No obstante, restricciones en las dimensiones de transporte hacen necesario dividir cada bahía en varias



unidades de transporte. Al hacer la subdivisión se consideran los medios de transporte, las rutas y las posibilidades de manipulación disponibles en lugar de obra.

Todas las unidades se suministran probadas mecánica y dieléctricamente. En las unidades de transporte que contienen aparatos de maniobra, todos sus elementos de accionamiento adosados se ajustan en fábrica antes del envío. Las juntas de unión de dichas unidades están protegidas contra corrosión y selladas con cubiertas de transporte. Los componentes se empacan de acuerdo al medio, duración y ruta del transporte y también tomando en cuenta la naturaleza y duración de su almacenamiento. Los envíos dentro de Europa se realizan normalmente por vía terrestre. Las Subestaciones Eléctricas suministradas a países fuera de Europa se envían dentro de embalajes sellados, aptos para transporte marítimo y una duración conjunta de transporte y almacenamiento de hasta 12 meses. En casos especiales, el embalaje sellado puede diseñarse para un período más largo.

7.2.13 Instalación

Como las bahías se suministran en unas pocas unidades de transporte fácilmente manipulables, se reducen considerablemente los esfuerzos requeridos para la instalación en el lugar de uso. Además se tiene ventaja de que los bastidores de transporte del interruptor de potencia sirven también como estructuras de soporte de la bahía en el lugar de obra, lo que permite montar el interruptor de potencia sin necesidad de grúa pesada. La unidad de control del interruptor de potencia y la unidad de monitoreo de gas de la bahía van instaladas de fábrica en el bastidor de soporte.



7.2.14 Montaje y puesta en servicio competente y racional

Las unidades de transporte de cada instalación de maniobra son montadas completamente en fábrica, probadas y cargadas de gas SF₆ a presión reducida. En el lugar de emplazamiento, se ajustan y se unen a través de bridas al resto de la instalación de forma hermética al gas y resistente a la presión. Las celdas de maniobra se acoplan exclusivamente mediante módulos de barras colectoras. El suministro de celdas dobles reduce el montaje a unas cuantas operaciones de unión. Luego, las pruebas mecánicas y eléctricas confirman el funcionamiento implacable de la instalación.

7.2.15 Puesta en servicio

Una vez completados todos los trabajos de montaje, se prueban todos los aparatos de maniobra y todos los circuitos eléctricos de control y monitoreo para asegurar su perfecto funcionamiento tanto en el aspecto mecánico como eléctrico. Las juntas por brida realizadas en el lugar de obra se inspeccionan para detectar eventuales fugas de gas. El resto de las juntas por brida ya han sido probadas en fábrica. Los trabajos de puesta en servicio de la sección primaria terminan con la prueba de alta tensión en el lugar de obra, destinada a verificar que todos los trabajos de instalación, también en el interior de las envolventes, hayan sido realizados correctamente.

Todas las pruebas se realizan de acuerdo a la norma IEC 517. Los resultados se documentan en informes y protocolos de prueba.



7.2.16 Mantenimiento

Las Subestaciones Eléctricas tipo GIS han sido diseñadas y fabricadas para obtener un balance óptimo entre diseño, materiales usados y requisitos de mantenimiento. Las envolventes selladas herméticamente hacen que la Subestación precise muy poco mantenimiento. Cada 5 años sólo se precisan inspecciones visuales. Tal operación se realiza bahía por bahía; la Subestación puede continuar funcionando y no es necesario abrir los compartimentos de gas. La primera revisión sólo es necesaria una vez transcurridos 25 años.

7.2.17 Amortización

Una amortización es la parte fundamental de cualquier proyecto en el cual se comparan una o más opciones como es el caso en donde estamos estudiando que tipo de subestación utilizaremos a futuro. Esto, con el fin de analizar cuidadosamente en cuanto tiempo nos es posible recuperar nuestra inversión de la Subestación GIS en comparación con la subestación tipo AIS que según es más barata.

Por último, nuestro trabajo de tesis elaboró una amortización para saber en cuanto tiempo se igualará la inversión entre una Subestación de tipo AIS y una de tipo GIS que en inicio es más cara; (pero debido a los trabajos de mantenimiento que se deben de realizar por parte de los responsables de la planta o bien, por personal altamente capacitado por parte de la compañía expedidora de la subestación) existe un momento con el pasar de los años que resultará más elevado el precio de la Subestación tipo AIS que su predecesora la Subestación tipo GIS.

La siguiente tabla nos muestra una tabla de amortización a 12 años ya funcionando la planta y tomando en cuenta que los resultados son libres de fallas.



AMORTIZACIÓN A 30 AÑOS DE VIDA POR SUBESTACIÓN (COSTO DE COMPONENTES + COSTO DEL TERRENO + MANTENIMIENTOS)		
CONCEPTO	SUBESTACIÓN AIS	SUBESTACIÓN GIS
Costo de los componentes eléctricos	\$ 4'210,782 USD	\$ 6'074,840 USD
Costo del terreno en zona industrial \$ 210.53 USD m ²	(85,50 m) x (36 m) = 3,078 m ² 3078 m ² x \$ 210.53 USD = \$ 648,011 USD	(41 m) x (13.45 m) = 551.45m ² 551.45 m ² x \$ 210.53 USD = \$ 116,096 USD
Costo Inicial por Subestación	\$ 4'858,793 USD	\$ 6'190,936 USD
Mantenimiento Año 01	\$ 147,000 \$ 5'005,793 USD	NO NECESARIA \$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 02	\$ 5'152,793 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 03	\$ 147,000 + \$ 57,200 = \$ 204,200 \$ 5'356,993 USD	NO NECESARIA \$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 5,000 = \$ 152,000	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 04	\$ 5'508,993 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 53,000 = \$ 200,000	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 05	\$ 5'708,993 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 5,000 + \$ 57,200 = \$ 209,200	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 06	\$ 5'918,193 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 07	\$ 6'065,193 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 4,300 + \$ 5,000 = \$ 156,300	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 08	\$ 6'221,493 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 57,200 = \$ 204,200	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 09	\$ 6'425,693 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 147,000 + \$ 7,200 + \$ 53,000 = \$ 207,200	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 10	\$ 6'632,893 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 1774,100	NO NECESARIA
Mantenimiento Año 20	\$ 8'406,993 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL	\$ 1774,100	MANTENIMIENTO
Mantenimiento Año 30	\$ 10'181,093 USD	\$ 6'190,936 USD
Inversión TOTAL		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Como se puede observar la inversión en la tabla anterior, los precios de los costos iniciales se igualaran en un promedio de 7 a 8 años, es decir, el mantenimiento de una Subestación Eléctrica tipo AIS es muy costoso, y este y se va incrementando, ya que hay que hacer diferentes mantenimientos por cada periodo de tiempo.

Mientras la Subestación Eléctrica tipo AIS gasta 2'422,111 USD por cada diez años (sin considerar los incrementos por las economías mundiales), la Subestación eléctrica tipo GIS no tendrá mantenimiento, sino hasta 30 años, y el costo será reducido.

Esta recuperación de la inversión, considerando que el que va hacer una inversión monetaria para poder incrementar su producción (de la cual depende básicamente de la Energía Eléctrica, y en donde las Subestaciones juegan un papel muy importante), no es exclusivo del mantenimiento en la comparación del costo de los equipos inicialmente, sino que además dependerá de la producción de la empresa que adquirió el equipo.

A lo anterior podemos concluir que una empresa que tenga más maquinaria para poder llevar sus tareas de producción podrá recuperar la inversión más cómodamente, es decir, el espacio ahorrado si se tomo la decisión de tener una instalación GIS, esta área podrá ser ocupada para otro tipo de actividad.

7.3 Recomendaciones

Durante los últimos años del siglo XX e inicios del XXI, la industria eléctrica ha desempeñado un papel de suma importancia en la economía mexicana y mundial. Basta voltear alrededor y analizar que últimamente todas las innovaciones tecnológicas están ligadas a l sector eléctrico por ejemplo, celulares, PCs (de escritorio y portátiles), juguetes, cámaras, equipos de audio y video, etc. funcionan con energía eléctrica.



Es por ello, que la distribución juega un papel de primera calidad en el mundo entero, para ello han sido creadas las SUBESTACIONES. Otro problema que enfrenta gravemente nuestro planeta es la densidad de población (cosa que no se resuelve fácil) pues hoy en día es difícil encontrar terreno libre para poder vivir tranquilamente.

Debido a este y otros tantos problemas más (como la seguridad y la estética) se ha desarrollado una tecnología que hoy en día no puede pasar inadvertida en el sector eléctrico y son las Subestaciones Encapsuladas en Gas SF₆ (GIS por sus siglas en inglés) las cuales son ampliamente confiables en zonas subterráneas, zonas conurbanas, desiertos, zonas glaciares, etc. y todo tipo de terreno en el cual antes era inimaginable vivir debido a la falta de este valioso recurso.

Con esta tecnología de encapsulado (usada en Europa desde 1968) la distribución de la energía eléctrica es cada día más segura y confiable; además de que a nivel económica tenemos un ahorro de dinero considerable a siete y medio años de vida útil de la Subestación.

Las Subestaciones tipo GIS es la mejor opción para cualquier tipo de proyecto, llámese pequeña industria, mediana industria y gran industria ya que por su estética, mínimo espacio terrestre, seguridad, poco mantenimiento y sobre todo su confiabilidad será el proyecto ideal en cualquier parte que se quiera llevar a cabo un proyecto eléctrico.

Las Subestaciones Encapsuladas en Gas SF₆ se pueden instalar, hasta en los lugares menos pensados, y para muestra de esto y como comparación final, presentamos las siguientes figuras.

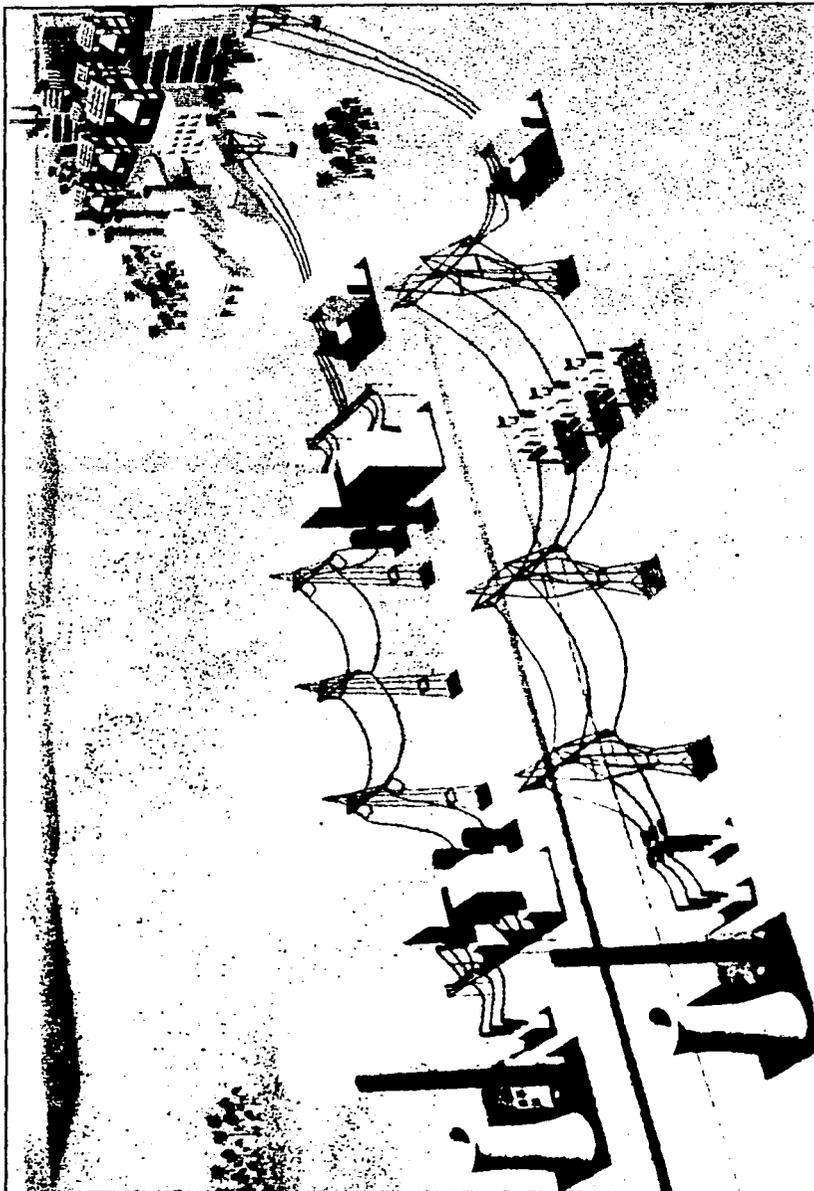


FIGURA 7.1
INSTALACIÓN AIS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

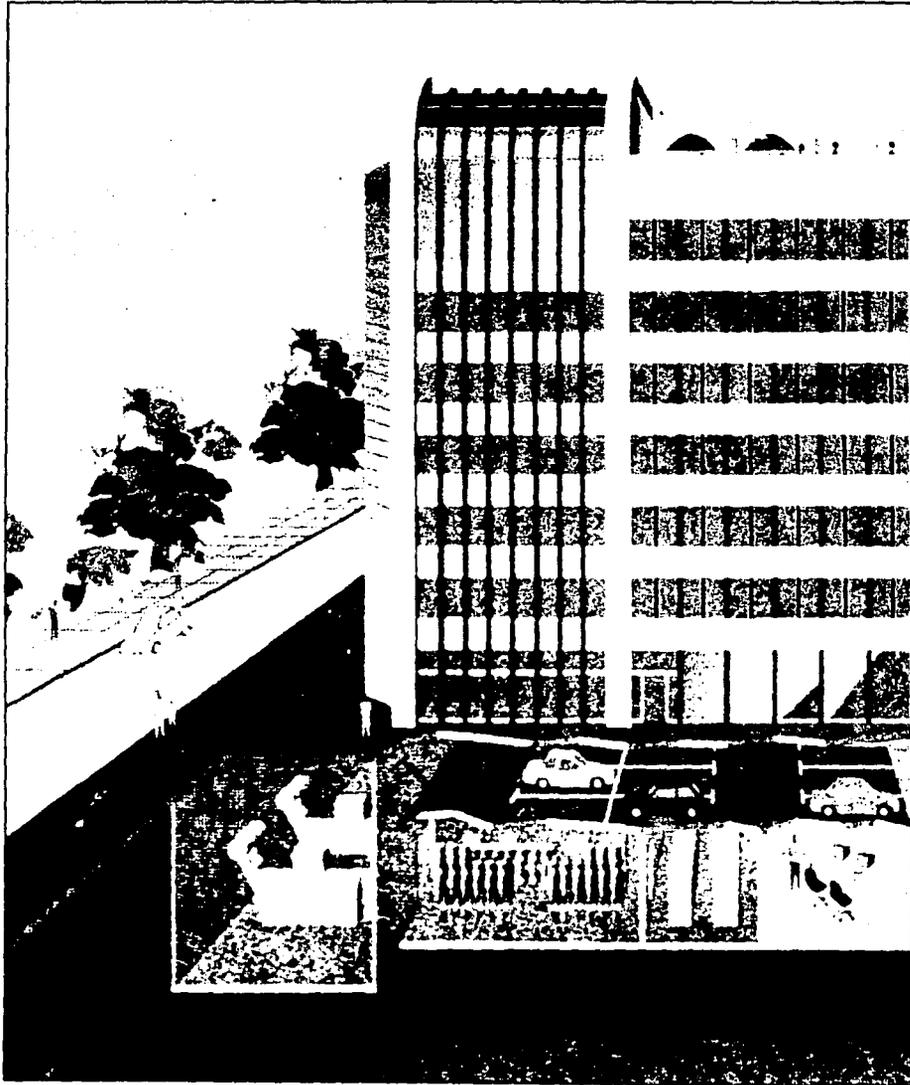


FIGURA 7.2
INSTALACIÓN GIS

TESIS QUE
FALLA DE ORIGEN



APENDICE I

DATOS ELECTRICOS

I.1 DATOS ELÉCTRICOS DE UNA S. E. EN ALTA TENSIÓN

I.1.1 Tensiones

Los valores de tensión normalizados son las que se indican en la siguiente tabla:

TESION NOMINAL (kV)	TESIÓN MÁXIMA DE DISEÑO (kV)	NIVEL MÁXIMO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO -RAYO- (kV)	NIVEL MÁXIMO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO -MANIOBRA- (kV)
115	123	550	
230	245	1050	
400	420	1300	1050

I.1.2 Corrientes nominales

Los valores de corrientes nominales para cada uno de los niveles de tensión están determinados por los límites térmicos de los conductores usados, así como en las bahías de líneas, y son los siguientes:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TENSIÓN NOMINAL (kV)	CALIBRE Y MATERIAL DEL CONDUCTOR	LÍMITE DE CORRIENTE TÉRMICO POR CONDUCTOR (Amp. A 75 °C)
115	795 MCM, ACSR	900
230	900 MCM, ACSR	975
400	1,113 MCM, ACS	1,110

Con estos valores se verifican; la capacidad térmica de los conductores; la capacidad interruptiva de interruptores; el cálculo de los esfuerzos electrodinámicos de conductores, aisladores y conectores. El cálculo de la resistencia de los efectos de arco eléctrico en las cadenas de suspensión; las corrientes de cortocircuito térmicas y dinámicas en TC's, cuchillas, trampas de onda, etc.

I.1.3 Coordinación de aislamiento en el diseño subestaciones

Las disposiciones relativas a la coordinación de aislamiento, para los distintos equipos y materiales, usados en Subestaciones Eléctricas se precisan para cada nivel de tensión normalizada los siguientes aspectos:

- Los márgenes de protección correspondientes.
- Los valores de niveles básicos de aislamiento por rayo y por maniobra de interruptores.
- Las distancias mínimas de fase a tierra en aire.
- Las distancias mínimas de fase a fase en aire.
- Las distancias mínimas al suelo.
- Las distancias horizontales de trabajo.
- Las sustancias verticales de trabajo.



I.2 DATOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

A continuación se muestra una tabla con los datos más importantes del Sistema Eléctrico Nacional, donde se indican los totales de megawatts de generación y los kilómetros de líneas de transmisión que se tienen hasta junio de 2001, estos datos fueron obtenidos de la CFE.

I.2.1 Generación

La generación de energía eléctrica en México se realiza por medio de todas las tecnologías disponibles en la actualidad, desde las tradicionales hidroeléctricas y termoeléctricas hasta modernas plantas de energía solar, eólica y nuclear.

Al cierre del primer semestre del año 2001 la CFE, incluyendo productores externos de energía, cuenta con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 36,154.9 megawatts (MW), de los cuales 9,389.8 MW son de hidroeléctricas, 21,970.2 MW corresponden a las termoeléctricas que consumen hidrocarburos; 2,600.0 MW a carboeléctricas; 827.9 MW a geotermoeléctricas; 1,364.9 MW a la nucleoelectrica y 2.18 MW a la eoloeléctrica.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA I.1
IMAGEN DE PLANTA GENERADORA PROPIEDA DE CFE



**UNIDADES GENERADORAS DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
HASTA JUNIO DE 2001**

TIPO	NUMERO DE CENTRALES	CAPACIDAD INSTALADA EN MW
Vapor	30	14,058.50
Ciclo combinado	8	3,720.90
Geotérmica	6	827.90
Turbo gas	32	1,984.30
Dual	1	2,100.00
Combustión interna	8	106.50
Combustión interna móvil	-	*18.91
Turbo gas móvil	-	*115.40
Hidroeléctrica	64	9,389.80
Nucleoeléctrica	1	1,364.90
Carboeléctrica	2	2,600.00
Eoloeléctrica	2	2.18
TOTAL	154	36,154.98

*Valores incluidos en las plantas fijas

I.2.2 Transmisión

La red de transmisión considera los niveles de tensión de 400, 230, 161 y 150 kilovolts (kV). Al finalizar junio del año 2001 esta red alcanzó una longitud de 35,697 km.

La red de distribución la constituyen las líneas de subtransmisión con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 kilovolts (kV); así como, las de distribución en niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV. Al 30 de junio del año 2001, la longitud de estas líneas fue de 40,064 km y 545,371 km, respectivamente.

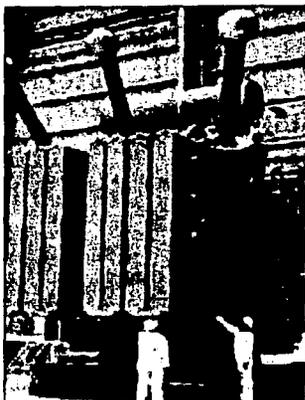


FIGURA I.2
IMAGEN DE TRANSFORMADOR PROPIEDA DE CFE

LONGITUD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN (KM)							
TIPO DE LINEA ELÉCTRICA	NIVEL DE TENSIÓN (kV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Transmisión		31,116	31,804	33,063	34,079	35,271	35,697
	400	11,337	11,908	12,249	12,399	13,165	13,166
	230	18,878	19,374	20,292	21,224	21,598	22,023
	161	456	456	456	456	508	508
	150	445	66	66	0	0	0
Subtransmisión		35,301	35,763	37,128	38,844	39,627	40,064
	138	1,171	1,171	1,176	1,018	1,029	1,051
	115	30,344	30,920	32,308	34,151	34,972	35,478
	85	220	185	185	185	186	186
	69	3,566	3,487	3,459	3,490	3,441	3,349
Distribución		484,578	503,537	516,187	528,107	539,755	545,371
	34.5	54,897	55,638	57,135	58,996	60,300	61,128
	23	20,505	22,056	22,765	23,323	23,756	24,410
	13.8	211,533	219,253	226,922	233,232	239,748	242,532
	6.6 (*)	683	688	600	587	582	582
	Baja Tensión	196,960	205,902	208,765	211,969	215,369	216,718
TOTAL		550,995	571,104	586,378	601,030	614,653	621,132

* Incluye tensiones de 4.16 y 2.4 kV
Cifras hasta el 30 de junio de 2001

TESIS CON FALTA DE ORIGEN



I.2.3 Capacidad de transformación

La transformación es el proceso que permite, utilizando subestaciones eléctricas, cambiar las características de la electricidad (voltaje y corriente) para facilitar su transmisión y distribución. Ésta ha crecido en paralelo al desarrollo de la red de transmisión y distribución, contando a finales de junio del año 2001 con 142,320 MVA, de los cuales el 77.4% corresponde a subestaciones de transmisión y el restante 22.6% a subestaciones de distribución.

CAPACIDAD EN SUBESTACIONES (MVA)						
TIPO DE SUBESTACIÓN	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Transmisión	90,953	94,519	98,462	104,543	107,846	110,104
Distribución	26,220	27,117	28,241	29,866	31,673	32,216
TOTAL	117,173	121,636	126,703	134,409	139,519	142,320

TESTS CON
FALLA DE ORIGEN



APENDICE II

EL GAS SF₆ Y PRUEBAS ELECTRICAS AL EQUIPO

II.1 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL SF₆

II.1.1 Generalidades

La síntesis del Hexafluoruro de Azufre (SF₆) por acción directa de fluor gaseoso sobre el azufre, se realizó por primera vez en 1900 en París por Moissan y Lebeau. En la misma época, Berthelot prueba la muy buena estabilidad química de este gas sometido a una chispa eléctrica, lo que prefiguraría las futuras aplicaciones en los aparatos eléctricos. Con el desarrollo de la industria nuclear en los años 50's el SF₆ aparece en cantidades importantes. Su primera aplicación fue alrededor de 1958 como medio aislante y posteriormente se utilizó como medio de extinción del arco eléctrico; características que han permitido que dicho gas se emplee en subestaciones blindadas con magníficos resultados.

El gas SF₆ se obtiene comercialmente mediante la combinación directa de sus elementos primarios. Entre los productos finales de la reacción se encuentran también los fluoruros de azufre, de menor valencia los cuales tienen un alto grado toxicidad. Como parte del proceso de fabricación se deben de retirar dichas sustancias tóxicas para posteriormente someter al gas a pruebas que garanticen su pureza y seguridad.



II.1.2 Características físicas del SF₆

El gas SF₆ en estado puro es un gas sin color, sin olor, no inflamable y no tóxico. En la tabla siguiente se muestran algunas características físicas del SF₆, así como su comparación con las características de otros gases que también son utilizados en la industria eléctrica para aplicaciones parecidas.

CARACTERÍSTICAS		UNIDAD	SF ₆	AIRE	N ₂	H ₂
Peso molecular		-	146.06	28.98	28.016	2.016
Densidad específica Edo. Gaseoso 20°C y 101 kPa		-	-	-	-	-
Punto crítico	Temperatura	°C	45.6	-140.63	-146.95	-235.95
	Presión	kPa	3 289.89	3 840.03	3 455.01	1 337.42
	Masa específica	kg/m ³	730	328	310	301
Viscosidad a 99.3 kPa y 2.1°C		gr/cm-s	1.45 x 10 ⁻⁷	1.708 x 10 ⁻⁷	1.708 x 10 ⁻⁷	835 x 10 ⁻⁷
Calor específico	A presión constante	Kcal/kg-°C	0.216	0.239	0.248	3.393
	A volumen constante		0.165	0.172	0.178	2.404
Conductividad sónica		m/s	138.5	350	325	1.310
Conductividad térmica a 300°K		W/cm°K	0.14 x 10 ⁻³	0.24 x 10 ⁻³	0.24 x 10 ⁻³	1.68 x 10 ⁻³
Coeficiente de transf. térmica		-	0.034	0.021	-	-

Como podemos apreciar en la tabla, el SF₆ tiene un peso molecular grande; es de 5 a 6 veces más pesado que el aire, por lo cual tiende a desplazarlo y acumularse en las partes bajas. Aún cuando no es tóxico, puede causar asfixia si se rebasa el límite de sofocación (una mezcla de SF₆ y 21% de oxígeno, se puede respirar en lugar de aire).

Otro dato importante lo representa la conductividad sónica, ya que el SF₆ es mejor aislante acústico que los otros gases. Con respecto a sus características de transferencia de calor, si se comparan los valores de conductividad térmica de la tabla, se puede llegar a conclusiones erróneas, ya que gracias a su gran peso molecular y a su baja viscosidad, el SF₆ transfiere calor por convección de manera más eficiente que los otros gases, lo cual lo convierte en buen refrigerante. Debido a su temperatura

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN



crítica es de 45.6 °C, el SF₆ puede licuarse por compresión a temperatura normal, lo cual permite transportarlo en estado líquido en cilindros presurizados.

II.1.3 Características químicas del SF₆

La molécula de Hexafluoruro de Azufre, como su nombre lo indica, esté formada por 6 átomos de fluor y 1 de azufre. El gas SF₆ es un compuesto que establece enlaces covalentes entre sus átomos, o sea que ambos átomos comparten equitativamente un electrón de azufre y uno de fluor, sin que dichos electrones pertenezcan exclusivamente a ninguno de ellos. Los enlaces covalentes proporcionan gran estabilidad a la molécula, por lo que se requieren condiciones muy severas para atacarlo.

El SF₆ es químicamente inerte a temperaturas de 200 °C, sin embargo, la presencia de humedad y de algunos catalizadores metálicos (acero des silicio, acero templado, acero al carbón, etc.) reduce este valor, por lo que para prevenir ataques del SF₆, se deberá limitarse la temperatura de servicio a 150 °C. A altas temperaturas, como las que se presentan durante un arco eléctrico, la molécula de SF₆ se fractura en compuestos altamente reactivos.

II.1.4 Propiedades dieléctricas del SF₆

A la presión atmosférica, la resistencia dieléctrica del SF₆ es aproximadamente igual a 2.5 veces la del aire. En realidad, este valor depende de la naturaleza del campo existente entre dos electrodos, el cual depende a su vez de la forma y configuración de los electrodos y el entrehierro que los separa. En la práctica la resistencia dieléctrica puede aumentar alrededor de 5 veces, dependiendo de la falta de homogeneidad del campo. En la figura II.1 se muestra la relación entre la resistencia dieléctrica y la presión.

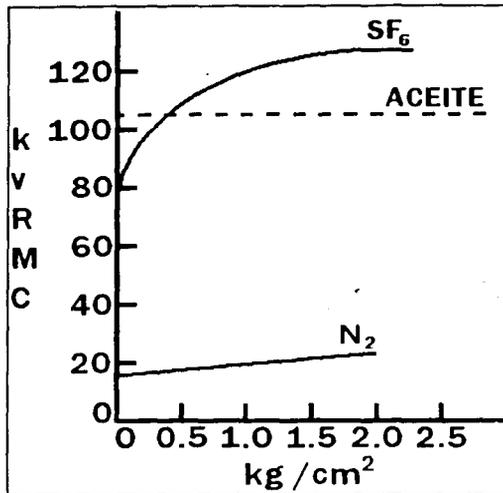


FIGURA II.1

RESISTENCIA DIELECTRICA CONTRA LA PRESIÓN: PARA AIRE, ACEITE Y SF₆.

Examinando las curvas, puede verse que la resistencia dieléctrica, que es 30% menor que la del aceite a la presión atmosférica, aumenta rápidamente al aumentar la presión. Esta alcanza un valor igual que en el aceite a una presión de 650 kg/cm², y a una presión de 1.25 kg/cm² es aproximadamente mayor.

La siguiente figura muestra el rompimiento del voltaje en relación de presión-distancia, producto entre dos electrodos de 50 y 200 mm.

Además en la figura II.2 se tienen dos electrodos que tienen cierta distancia, entre esta distancia existe gas SF₆. Si observamos detalladamente la figura, podemos concluir que como consecuencia de una mayor presión de gas SF₆ (máximo 5 bars), tendremos una reducción (mínima) de la distancia de los electrodos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

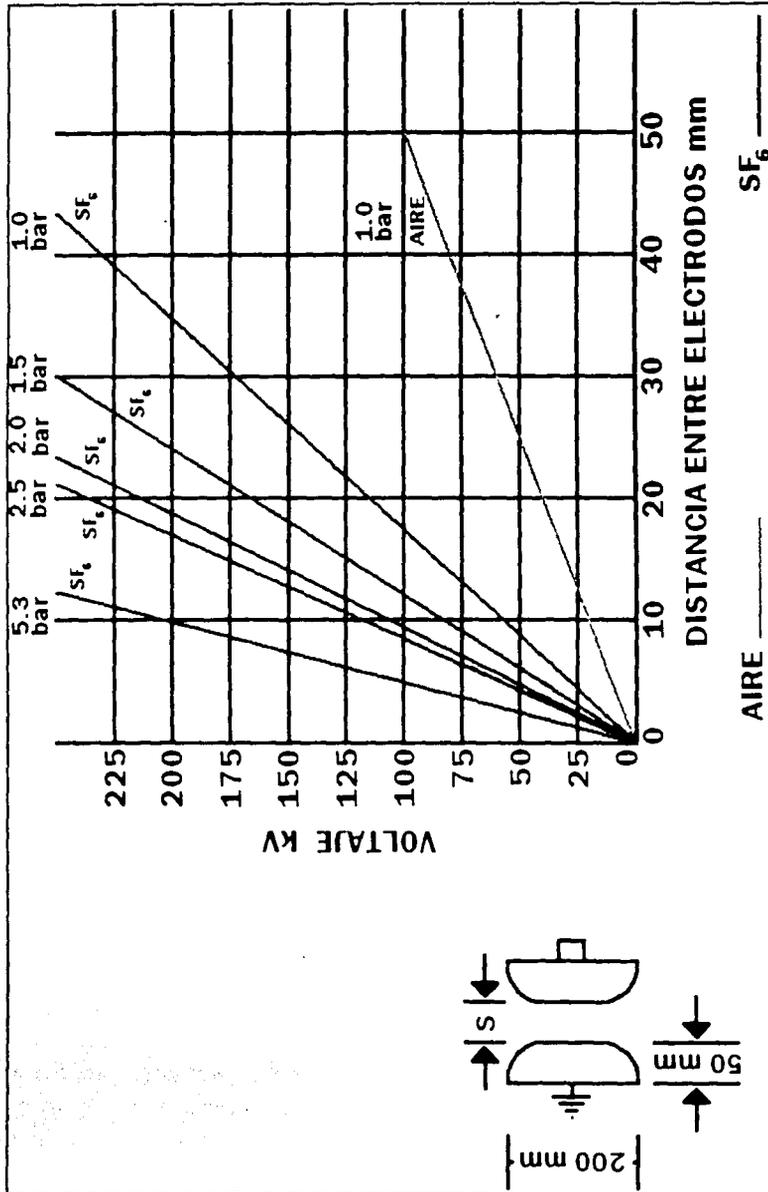


FIGURA II.2
GRAFICA DEL ROMPIMIENTO DEL ARCO ELÉCTRICO EN RELACIÓN "PRESIÓN-DISTANCIA",
Y ELECTRODOS QUE MUESTRAN LA DISTANCIA DE ROMPIMIENTO

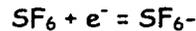
FALLA DE ORIGEN



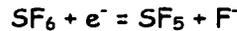
Para un aislador con altura total de 160mm, en la figura II.3 aparecen los voltajes soportados por el impulso y la frecuencia de la energía en función de la presión del SF₆. A una presión de 3.5 atmósferas, los voltajes soportados son casi iguales a lo de los portaisladores externos que miden 2100mm.

Este gas es altamente electronegativo, lo cual significa que se remueven con facilidad los electrones libres de una descarga, por la formación de iones negativos, mediando procesos por los cuales un electrón libre se adhiere a una molécula neutral de gas. La adherencia se puede realizar en dos formas:

1) Como adherencia directa



2) Como adherencia disociativa



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

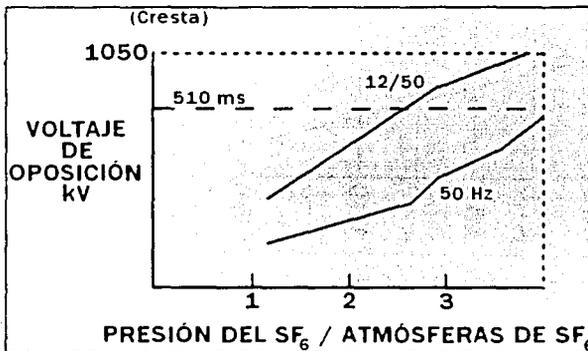


FIGURA II.3
AISLADOR EN SF₆. IMPULSO Y SOPORTE DEL VOLTAJA EN C. A.

Los iones resultantes, que son pesados y relativamente inmóviles, son, en consecuencia, inefectivos como portadores de corriente, por lo que el SF₆ tiene una resistencia eléctrica a igual densidad, tan alta como la de gases ionizados tales como el N₂.



II.1.5 Características de enfriamiento del SF₆

La extinción de un arco de C. A. en el instante del cero de la corriente es influenciada principalmente por la velocidad con la que la resistencia dieléctrica en el entrehierro de los contactos se regenera, inmediatamente antes y después del paso del cero de la corriente.

Su eficacia como medio de enfriamiento para un arco puede explicarse por la baja constante dinámica de tiempo (alrededor de 1 μ s, en comparación con aproximadamente 100 μ s en el N₂) de los arcos que se forman en él. En el caso de los arcos cilíndricos, la constante de tiempo (H) es función del cuadrado del radio del arco (r). Por lo tanto, debe mantenerse al mínimo el radio de un arco que se aproxima a cero.

Ahora bien, el SF₆ tiene una característica térmica favorable que es función de la temperatura, es decir, la conductividad térmica es baja entre 3000 ° K, mientras que es alta abajo de 3000 ° K. La constante de tiempo baja del SF₆ se debe a su capacidad para que las moléculas de este gas capturen a los electrones libres. Estos iones de SF₆ rodean al arco y forman una barrera aislante. Esta reduce el diámetro de la columna del arco y da origen, por lo tanto, a una reducción de la constante de tiempo, condición que ayuda al enfriamiento del arco. En la figura II.4 se muestran las constantes de tiempo del SF₆ y del aire como funciones de la presión.

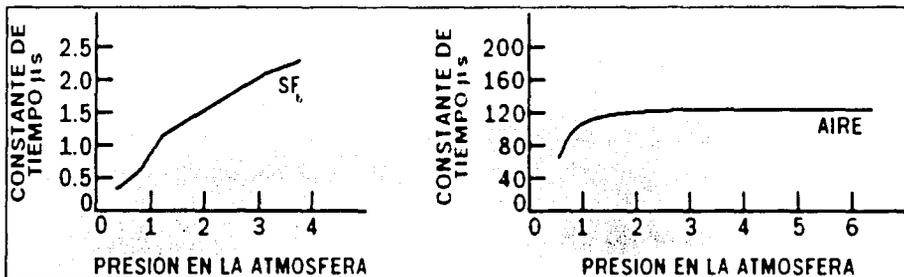


FIGURA II.4

CONSTANTES DE TIEMPO DEL SF₆ Y DEL AIRE, EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN

TESIS CON
 CALIA DE ORIGEN



Hay condiciones mucho menos favorables, como cuando el arco arde en nitrógeno. No se forma ningún núcleo delgado en el intervalo crítico de la temperatura comprendido entre 3000 ° K y 7000 ° K, debido a la buena conductividad térmica del nitrógeno. El diámetro del arco que se aproxima a su extinción permanece considerablemente mayor y, por lo tanto, su constante de tiempo que varía en razón directa del cuadrado del radio, es mucho mayor. Las regiones de frontera, abajo de la temperatura de ionización, no tienen la misma resistencia dieléctrica que el SF₆, porque el nitrógeno no es electronegativo. El SF₆ y casi todos sus productos de descomposición, son electronegativos y tienen afinidad por los electrones. Por lo tanto, durante el enfriamiento se eleva la resistencia dieléctrica del disyuntor con mayor rapidez que, por ejemplo, en el aire.

II.1.6 Comportamiento del gas SF₆ en el arco

La alta temperatura del arco hace que todos los gases moleculares, inclusive el SF₆, se descomponga en átomos, electrones y iones. Estos componentes atómicos no se recombinan completamente al enfriarse para tomar el gas SF₆, sino que forman productos gaseosos moleculares bajos, fluoruros de azufre y compuestos con los metales de los contactos, como por ejemplo fluoruros de cobre. En una extensa investigación se ha demostrado que el porcentaje de los productos de la descomposición de los gases es extremadamente pequeño. Cuando el gas se bombea de regreso al tanque de alta presión, estos productos, y cualesquiera otros productos procedentes de reacciones secundarias de los gases, se separan del circuito del gas mediante filtros que contienen óxido de aluminio activado (Al₂O₃). Los fluoruros metálicos se depositan como una delgada película de polvo fino no conductora e inofensiva.

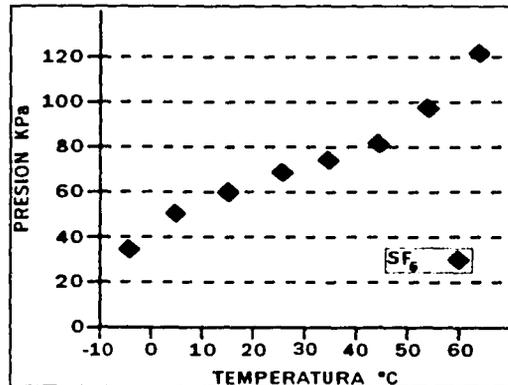
II.1.7 Aplicaciones eléctricas del SF₆

El SF₆ se utiliza en equipo eléctrico no solo como medio aislante, sino también como medio de extinción del arco eléctrico. Como medio aislante el



SF₆ tiene una rigidez dieléctrica superior a la del aire y del nitrógeno; a presiones altas, puede comparársele con la de los aceites aislantes que comúnmente se utilizan.

Sin embargo, la característica que hace superior al SF₆ sobre otros materiales, es su excelente comportamiento como medio de extinción del arco eléctrico, debido principalmente con la rapidez con que recupera su rigidez dieléctrica después de que la corriente pasa por cero. En otras palabras, un arco eléctrico puede interrumpirse en el valor cero de la corriente de corto circuito; si el medio aislante que se encuentra entre los contactos del interruptor cambia de ser un buen conductor a un buen aislante en una fracción de microsegundos. Como puede verse en la figura II.5, para reducir la conductividad eléctrica de un gas es necesario enfriarlo aproximadamente de 5000 a 1500 °C, por lo cual se requiere que el gas cuente con una conductividad térmica adecuada dentro de ese rango, como se observa en la figura II.6, el valor máximo de conductividad térmica de SF₆ se presenta entre 2000 y 3000 °K, lo cual permite enfriar rápidamente el arco eléctrico y explica sus cualidades como supresor del mismo; Así también, el enfriamiento del arco mejora considerablemente si se fuerza la circulación del SF₆.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA II.5
VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DEL GAS SF₆ EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

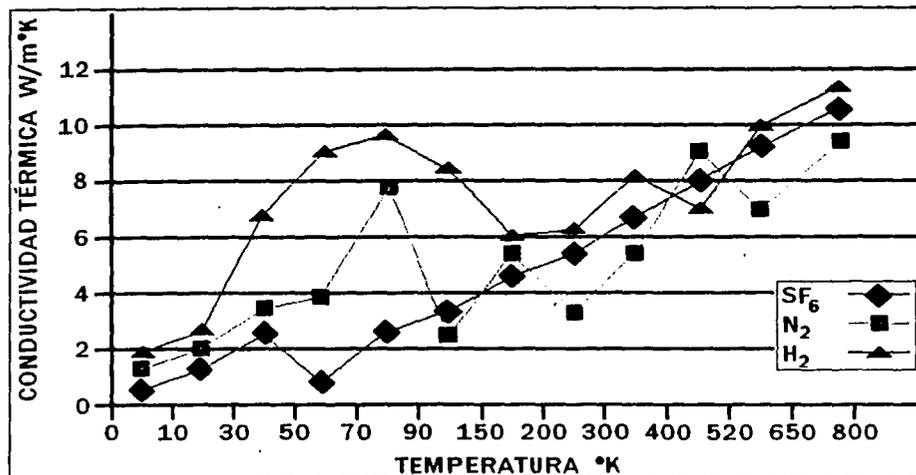
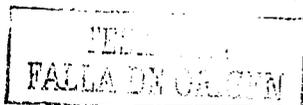


FIGURA II.6
VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DEL GAS SF₆ EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

II.1.8 Aplicaciones del gas SF₆ en la industria

En gas SF₆, también es utilizado en otras aplicaciones prácticas. Debido a su gran capacidad como aislante térmico-acústico y su gran estabilidad térmica, es muy utilizado en la industria de la construcción de edificios que prácticamente utiliza como paredes externas al vidrio, a los cuales se le coloca en medio una capa aislante de gas SF₆, que brinda la ventaja de tener un mejor aislamiento térmico y en consecuencia una reducción de consumo de energía la cual se utiliza con demasía en el aire acondicionado.

En la industria aeronáutica militar se utiliza como recubrimiento en el fuselaje de los aviones militares para evitar que se incendien en el caso de sufrir daños por ataques con armas de fuego, así como los aviones supersónicos. Para evitar la onda de choque en las puntas y cantos de las





alás se implanta una capa de gas SF₆ asimismo también para aislar los sobrecalentamientos y ruido provocado por la onda de choque.

Por lo anteriormente expuesto se puede considerar que la utilización del gas SF₆, no es exclusivamente de la Industria Eléctrica, sino que los grandes consumidores de gas SF₆ son en partes proporcionales los siguientes:

- | | |
|---|-----|
| <input type="checkbox"/> Industria militar | 48% |
| <input type="checkbox"/> Industria de la construcción | 32% |
| <input type="checkbox"/> Industria eléctrica | 13% |
| <input type="checkbox"/> Otros | 7% |

II.1.9 Tratamiento y envejecimiento del SF₆

Las impurezas del SF₆, como se menciona anteriormente, es imposible obtener SF₆ con un grado de pureza del 100%, ya que durante el mismo proceso de manufactura se producen impurezas como resultado de la reacción química del fluor con el azufre. Dichas impurezas se pueden clasificar en tres grupos principalmente:

- Las tóxicas. Dentro de las impurezas tóxicas se encuentran Fluoruros de menor valencia como el Tetra Fluoruro de Azufre (SF₄), el fluoruro de Azufre (S₂F₂), el Difluoruro de Azufre (SF₂) y el Decafluoruro de Azufre (S₂F₁₀); ésta dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, causan diversos grados de lesiones, las cuales pueden desde una irritación pulmonar hasta la muerte.
- Las que afectan la seguridad del equipo. Esta categoría incluye las impurezas que solas o la combinación pueden provocar un mal funcionamiento del equipo. Tal es el caso del Agua, el Oxígeno e



impurezas Ácidas, que de pendiendo de su combinación, pueden provocar corrosión o condensación en el equipo.

- Las que diluyen el producto. Por último, las impurezas del tercer grupo son aquellas que no se desechan porque diluye el producto o porque en forma indirecta pueden causar problemas posteriormente, como es el caso del aire que no puede estar en cantidades significativas, sin afectar considerablemente las propiedades del SF₆.
- Envejecimiento del SF₆. Como se menciona anteriormente, el SF₆ es un producto con alta estabilidad térmica dentro del rango normal de temperaturas de servicio; sin embargo se puede descomponer o causar degradación al someterlo a altas temperaturas que se originan por una descarga eléctrica: estas pueden ser causadas por efecto corona o por arqueo eléctrico durante la temperatura de interruptores; diferenciándose una de la otra por los distintos niveles de energía y temperatura que intervienen.

Los productos de descomposición pueden ser tóxicos o corrosivos, razón por la cual deben removerse para prevenir posibles fallas en el equipo y garantizar la seguridad del personal durante el mantenimiento. Es muy difícil realizar un análisis preciso de los elementos de descomposición debido a su toxicidad, a la gran cantidad de materiales que intervienen en la reacción química y a la falta de técnicas de manejo y análisis.

Normalmente, los compuestos resultantes de la fractura de la molécula del SF₆ son altamente reactivos; al desaparecerse la descarga eléctrica, estos se recombinan para formar de nuevo SF₆. Sin embargo, la presencia de humedad y otros materiales originan reacciones que generan compuestos gaseosos como:

- FLORURO DE TIONILO (SOF₂).
- FLORURO DE SULFURILO (SO₂F₂).



- **TETRAFLORURO DE CARBONO (CF₄).**
- **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂).**
- **TETRAFLORURO DE TIONILO (SOF₄).**
- **DECAFLORURO DE AZUFRE (S₂F₁₀).**

Además de los gases, también aparecen productos sólidos que acumulan en el fondo de los equipos en forma de polvo blanco muy fino. Dichos productos sólidos son principalmente Fluoruros metálicos y sulfuros metálicos los cuales no se deben inhalar.

A la fecha no se establecen límites del uso del HEXAFLORURO DE AZUFRE impuro, sin embargo el fabricante debe definir el nivel máximo de impurezas, antes de que el gas se tenga que tratar o reemplazar. El personal puede advertir claramente la presencia de productos en descomposición debido a su olor repugnante y a la irritación que causa en sus ojos, nariz y boca. En caso de que se detecten estos indicadores, el personal que se asigne para la inspección deberá contar con el equipo de seguridad adecuado.

Cuando el equipo en SF₆ se encuentre localizado en el interior de un edificio, se recomienda instalar un sistema de ventilación que garantice el suministro constante de aire fresco. El personal de mantenimiento deberá ventilar el equipo que falle. La liberación de productos en descomposición al medio ambiente no representa un grave peligro ya que al diluirse en el aire su concentración se reduce considerablemente.

Los fabricantes de equipo instalan en el interior de los interruptores en SF₆ dispositivos especiales que absorben los productos en descomposición y la humedad. Los materiales químicos que más se utilizan en dichos dispositivos son: Alúmina activada, Oxido de calcio-hidróxido de sodio, Carbón activado y Zeolitas sintéticas. El material que se utiliza con



más frecuencia es la Alúmina activada, aunque usualmente se utilizan más de un material. Una vez saturado el material absorbente, el dispositivo deberá sustituirse de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

II.1.10 Pruebas al gas SF₆ (especificaciones y pruebas de aceptación de gas SF₆)

Tanto la I. E. C. (International Electrotechnical Commission) como A. N. S. I. (American National Standards Institute) y A. S. T. M. (American Society for Testing and Materials), han formado comités encargados para normalizar las propiedades y métodos de pruebas del SF₆ nuevo y usado. En lo referente del SF₆ que se va a utilizar por primera vez en equipo eléctrico, las publicaciones aplicables son las siguientes:

- IEC - 376. Specification and acceptance of new Sulphur Hexafluoride.
- ANSI/ASTM - D2472. Standard specification for Sulphur Hexafluoride.

Estos documentos cubren los puntos de propiedades generales, límite máximo de impurezas y el tipo de pruebas aplicables en la fabricación del gas SF₆.

Con respecto a la verificación de las condiciones del gas durante la operación del equipo eléctrico con SF₆, la publicación existente es:

- IEC - 480. Guide to the Checking of Sulphur Hexafluoride Taken for Electrical Equipment.

Este documento tiene como objetivo dar una guía personal de operación y mantenimiento de las pruebas necesarias para verificar las condiciones del SF₆ usado en equipo eléctrico. Es conveniente hacer notar que el nivel máximo de utilización de gas impuro depende de gran parte del



diseño del equipo, por lo que el fabricante deberá establecer claramente el nivel máximo de impurezas al cual deberá tratarse o reemplazarse.

II.2 PRINCIPIO DEL BLINDAJE DE FASES

Uno de los factores esenciales de la alta fiabilidad de las instalaciones de SF₆ consiste en la aplicación sistemática del blindaje de fases separadas. De ello resulta una configuración de los electrodos de superficie de revolución simétrica, así como condiciones dieléctricas y electrodinámicas claramente definidas, con las siguientes ventajas:

- El ordenador permite analizar la distribución del campo eléctrico monofásico con una precisión extrema, y extrapolar a discreción el aumento geométrico deseado, permite optimizar de este modo, de manera ideal, la configuración de los electrodos (Fig. II.7) La distribución del campo en un blindaje trifásico con derivaciones complicadas representa un problema tridimensional que no puede optimizarse con tanta precisión.
- Los resultados de los ensayos dieléctricos en caso de una disposición de fases separadas son siempre fiables, dado que solo están implicados dos electrodos en una configuración fase-tierra (Fig. II.8). En cambio, el blindaje trifásico conduce a una disposición de cuatro electrodos según (Fig. II.9), susceptible generalmente de oponer 3 tensiones diferentes al potencial de la envoltura puesta a tierra. La simulación de tales condiciones supera los límites de procedimientos de ensayo económicos. La seguridad dieléctrica sólo puede probarse en el sistema monofásico y puede verificarse por ensayos realizados en la instalación terminada.
- En caso de cortocircuito, la disposición coaxial de la barra monofásica dentro de su envolvente no crea prácticamente solicitaciones dinámicas sobre los aisladores. Por consiguiente, los aisladores soporte no sufren ninguna sollicitación elevada, lo que



elimina la formación de fisuras capaces de provocar descargas eléctricas.

- Incluso en el caso poco probable de un contorneamiento interno, el resultado en un blindaje monofásico se limita a una puesta a tierra. En el gran número de redes sin puesta a tierra rígida, fluye entonces una corriente de puesta a tierra relativamente inofensiva y con un arco débil. En el sistema trifásico, cada descarga eléctrica evoluciona siempre, instantáneamente, en cortocircuito trifásico de corriente elevada.
- En el sistema monofásico, no solamente es menor la probabilidad de una perturbación por descarga eléctrica, sino que incluso la energía del arco resulta apreciablemente más pequeña. La longitud de un arco a tierra es mucho más corta que la suma de los arcos de cortocircuito trifásicos. Por consiguiente, tanto la tensión de arco como la energía
- Puesta en juego para una corriente determinada es mucho más pequeña.
- Las instalaciones GIS de fases separadas sólo requieren un volumen excepcionalmente reducido, permitiendo a pesar de ello una accesibilidad óptima para trabajos de mantenimiento y revisión o para ampliaciones.

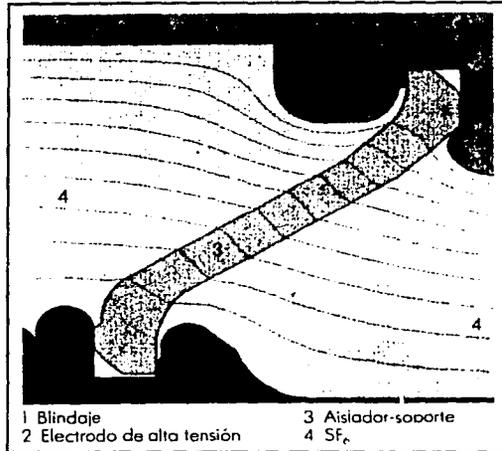
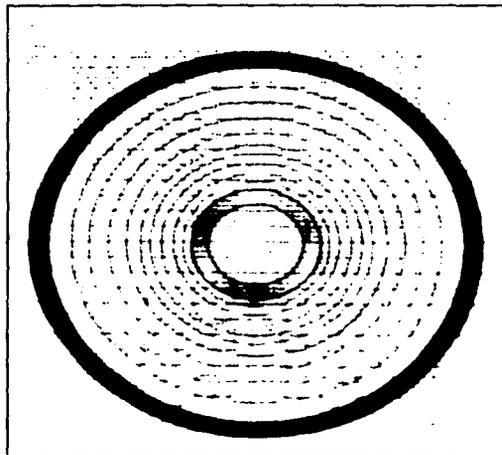


FIGURA II.7
DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO DETERMINADA CON LA AYUDA DE UN ORDENADOR (SE INDICAN LINEAS EQUIPOTENCIALES DEL 10 %)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA II.8
CONDICIONES SIMPLES DE BLINDAJE DE FASES SEPARADAS EN UNA GIS
(CIRCULOS SIEMPRE CONCÉNTRICOS, INDEPENDIENTE DE LA TENSIÓN)

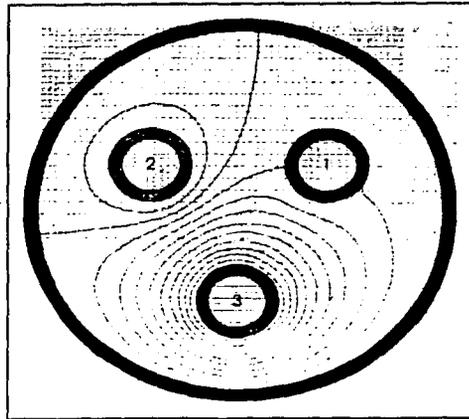


FIGURA II.9

CONDICIONES COMPLEJAS DEL JUEGO DE BARRAS EN CASO DE BLINDAJE TRIFÁSICO. TENSIÓN DE SERVICIO SOBRE 2 FASES Y UN IMPULSO EQUIVALENTE AL DE CHOQUE SOPORTADO SOBRE LA TERCERA, EN UNA ENVOLVENTE PUESTA A TIERRA (COMPÁRAR CON LA FIGURA II.11)

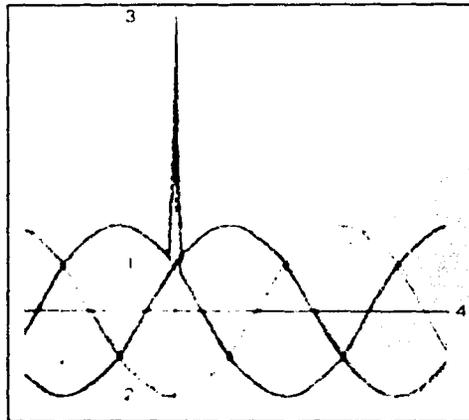


FIGURA II.10

VALORES INSTANTÁNEOS CORRESPONDIENTES A LAS FIGURAS II.9 Y II.10 DE LAS TENSIONES DE FASE 1 Y 2, TENSIÓN DE CHOQUE SOPORTADA 3 Y ENVOLVENTE 4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



II.3 ENSAYOS DE TIPO COMPORTAMIENTO FUNCIONAL APLICADOS A SUBESTACIONES TIPO GIS

Las recomendaciones de la IEC contienen las directrices aplicables a todos los ensayos de tipo: se trata de la publicación IEC 517 para los equipos de instalaciones, y de la publicación IEC 56 para los interruptores automáticos. En numerosos casos, los ensayos aplicados a todas las subestaciones han superado con mucho, en severidad, el alcance de estas prescripciones. Además, decidimos aumentar en este trabajo el "ensayo de larga duración", el cual no está prescrito por ninguna regla.

II.3.1 Ensayos de tipo dieléctricos

El nivel de aislamiento nominal de figura en la siguiente tabla, para las tensiones nominales de 72.5 hasta 245 kV. Este nivel de aislamiento, conforme a los valores especificados en la publicación IEC 517, ha sido verificado a la presión de servicio mínima sobre una fase completa montada (figura II.11) y representan, por tanto las características garantizadas. El material de aislante es utilizado para la fabricación de los aisladores troncocónicos y para otras piezas aislantes fue probado con anterioridad en ensayos de duración, durante más de doce años (figura II.13) con una intensidad de campo 1.5 a 2 veces el valor de servicio. Los ensayos de duración, así como las experiencias de explotación de instalaciones, gran parte de ellas en servicio desde hace varios años, atestiguan el alto margen de seguridad dieléctrica disponible, y ello tanto para el aislamiento a tierra como a través de las distancias de corte de los interruptores automáticos y de los seccionadores.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN DE SF ₆ EN EL RANGO DE 72.5 A 245 KV						
Tensión nominal	kV	72.5	123	145	170	245
Tipo		GIS				
Intensidad nominal	A	2,000 2,500 3,150				
Tensiones nominales de ensayo fase-tierra						
<input type="checkbox"/> Tensión alterna soportada a 50 HZ, 1 minuto	kV	140	230	275	325	395
<input type="checkbox"/> Tensión de choque soportada con onda de 1,2/50 µs	kV	325	550	650	750	950
Intensidad de cortocircuito, valor cresta	kA	100*				
Intensidad de corta duración, 1s	kA	40*				
Frecuencia nominal	Hz	50 ó 60				
Interruptor automático tipo		BHG 112				
Interruptor automático tipo		BHG 114				
Intensidad nominal de corte bajo corto circuito	kA	31,5/40*				
Valor cresta de la tensión transitoria de restablecimiento		CEI/ANSI				
Defecto kilométrico		CEI/ANSI				
Pendiente de la tensión de restablecimiento		CEI/ANSI				
Factor de oposición de fases según CEI		2... 2,5				2
Corte de corrientes capacitivas						
Duración del corte (periodos)						
Ciclos de maniobras						
Presión de servicio del gas a 20 °C (sobrepresión)						
<input type="checkbox"/> Interruptor automático	bar	5,5				
<input type="checkbox"/> Instalación	bar	3,1				4,8
Temperatura ambiente admisible	°C	-25... +40				
*Valores más elevados sobre demanda						

II.3.2 Ensayos de duración mecánicos, ensayos climáticos

La publicación IEC 517 sólo prescribe 1000 ciclos de cierre - apertura para el ensayo mecánico de la 4^{ra} duración. Cada uno de los componentes de la GIS ha asegurado 10 000 ciclos CO para justificar aplicación de solicitudes representativas que permitan garantizar largos

TEMAS COO FALLA DE ORIGEN



intervalos entre revisiones. Estos ensayos severos han sido realizados con éxito sin necesidad de mantenimiento. Gran número de celdas en servicio confirman la notable fiabilidad de los mecanismos de maniobra. El ensayo climático ha sido realizado con éxito según las prescripciones de la IEC y en toda la gamma de temperaturas. Las características de los aparatos, como velocidad de contactos o tensión mínima de funcionamiento, no han variado durante este ensayo.

II.3.3 Ensayo con arco de defecto interno

Una serie de ensayos debía probar que la instalación tipo GIS responde a las exigencias de resistencia al arco, incluso en los casos poco probables de un defecto con la corriente de cortocircuito más elevada posible, es decir, en este caso, 40 kA. Incluso con la corriente de cortocircuito, deberían de quedar satisfechas las condiciones siguientes:

- No debería estallar ninguna parte del blindaje
- Los daños deberán restringirse exclusivamente al compartimiento de gas en cuestión.
- El arco no deberá perforar el blindaje durante el primer escalón de protección.

Gran número de ensayos realizados en nuestra instalación de gran potencia han confirmado que estas condiciones se encuentran satisfechas. Cada uno de los objetos ensayados estaba constituido por una o varios componentes modulares, formando un compartimiento típico de instalación de doble juego de barras. Las membranas de seguridad se abrieron correctamente, limitando de ese modo la presión en el compartimiento ensayado. Tras 0.5 s de duración de arco, la presión en el objeto ensayado se habría reducido a un valor tan bajo que ni siquiera se produjeron rupturas en caso de una duración de arco más prolongada.

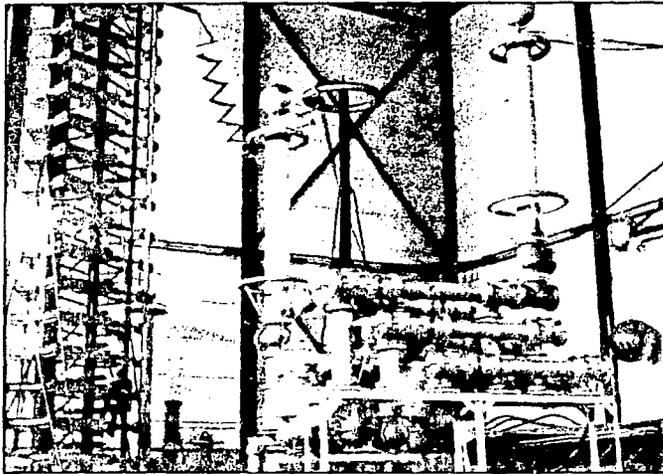
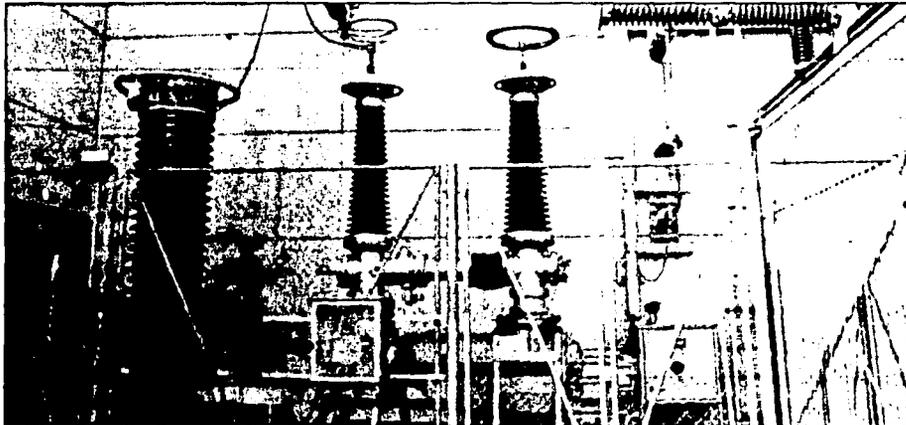


FIGURA II.11
ENSAYOS DIELECTRICOS DE UN POLO EN UNA DE LAS
MULTIPLES DISPOSICIONES ENSAYADAS



TESTES CON
FALLA DE CRICHO

FIGURA II.12
ENSAYO DE LARGA DURACIÓN DE UN POLO DE UNA INSTALACIÓN CON
AISLAMIENTO SF₆

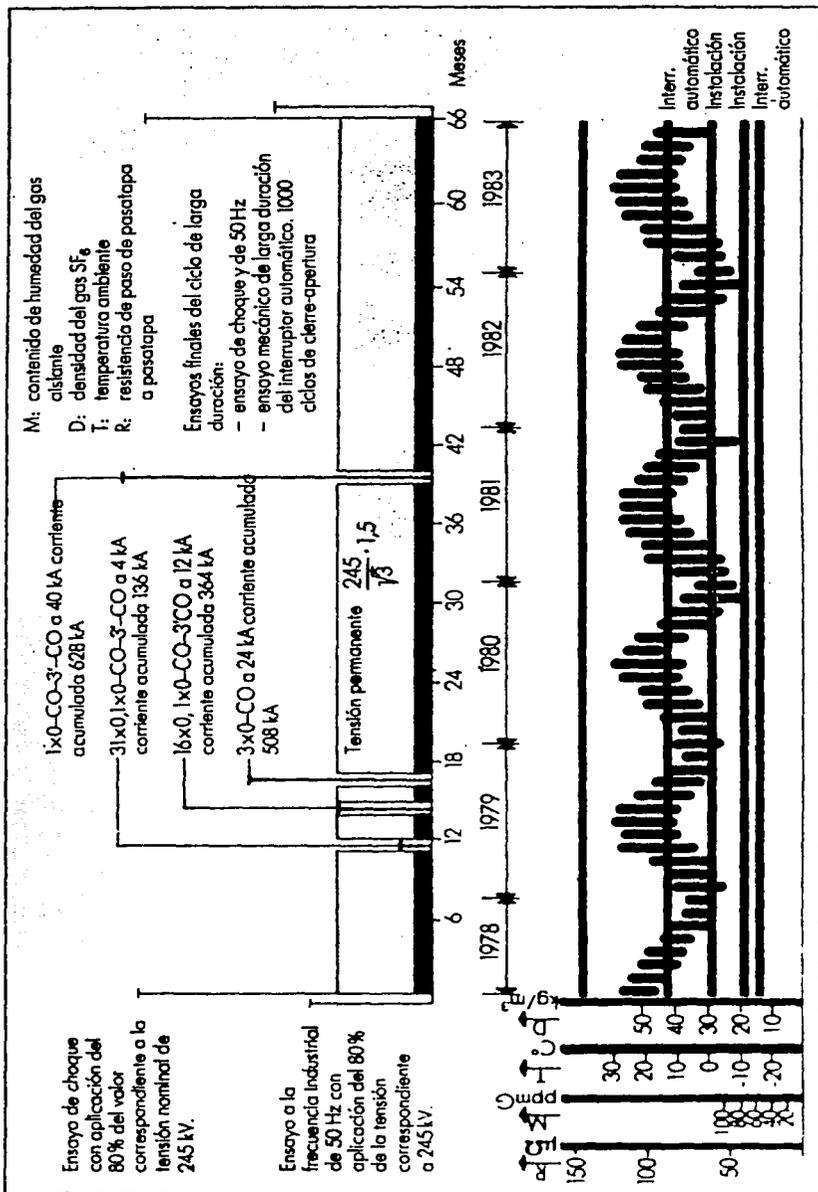


FIGURA II.13

RESULTADO DE ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN CON INSTALACIÓN DE SF₆

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



II.3.4 Ensayos de corte y de conmutación con seccionadores

En las instalaciones blindadas, los seccionadores deben hacer frente al corte de corrientes de carga capacitiva del circuito existente entre seccionador e interruptor automático, así como las corrientes de carga de partes de la instalación. Los seccionadores de instalación GIS han sido sometidos a ensayos suplementarios y han cortado con éxito corrientes capacitivas de 2.1 Amp. a una tensión de 170 kV/3 y de 1 Amp. a 245 kV/3.

En ciertas maniobras de acoplamiento, en instalaciones de juegos de barras múltiples, los seccionadores de barras deberán poder conmutar la corriente de servicio. La tensión de restablecimiento, que depende de la impedancia del bucle, es normalmente de algunos voltios. Los ensayos de conmutación, realizados con éxito, no provocaron erosión perceptible de los contactos, sino solamente trazas insignificantes debidas a la sollicitación mecánica.

II.3.5 Ensayos de corte con interruptores-seccionadores de corte en carga

Ensayado en conformidad con la publicación IEC 265 y la norma VDE 0670, parte 3, este aparato se ensayo como interruptor-seccionador de utilización múltiple y ha aprobado su capacidad de corte de acuerdo con las exigencias técnicas usuales.

II.3.6 Comportamiento de la larga duración (programa mixto)

Nada más comenzar el desarrollo de sus instalaciones de SF₆, ALSTOM estableció un programa de ensayos concentrados, con sollicitaciones mixtas, mecánicas, eléctricas, técnicas y dieléctricas, aplicadas para verificar el comportamiento de larga duración de los aparatos y de los materiales. La fiabilidad, la duración de vida y los grandes intervalos entre revisiones de los componentes de instalaciones



GIS son, en gran parte el resultado de estos ensayos. Desde 1970, algunos aparatos de 245 kV se sometieron a ensayos de larga duración. Esta serie de ensayos continuó hasta 1976. Los aisladores troncocónicos y otras piezas aislantes sufrieron ensayos de más de cuatro años de duración, con una intensidad de campo prácticamente doble del valor de servicio. Los interruptores automáticos han podido hacer frente con éxito, durante dos meses, al desarrollo de un programa mixto de larga duración. El desarrollo ulterior del sistema de las instalaciones GIS a la tensión de servicio de 245 kV ha exigido la realización de otros ensayos de larga duración (figura II.12) aplicados a aparatos de fabricación en serie: seccionadores, compensadores de dilatación, juegos de barras, pasatapas para exterior, transformadores de intensidad, interruptores automáticos BHG 114 y diversos elementos de interconexión. La figura II.13 muestra el desarrollo de estos ensayos. Son dignos de mención, en particular, los resultados siguientes:

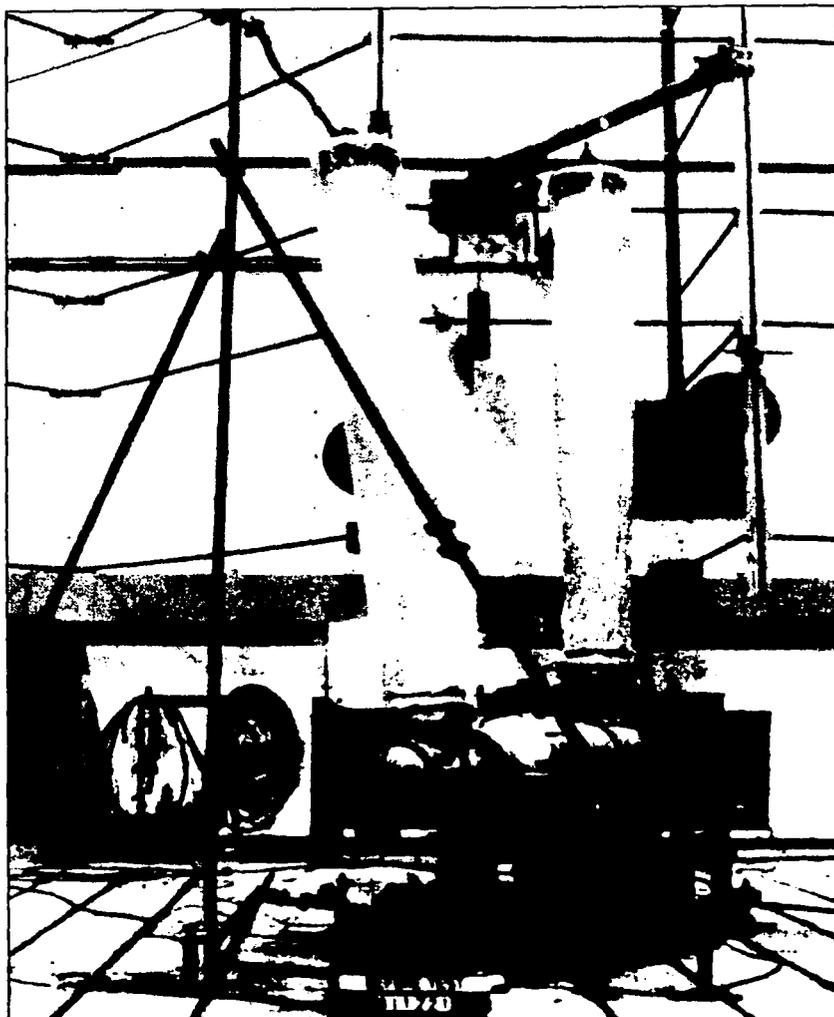
- Prueba del poder de corte de un interruptor automático con una suma de corrientes cortadas de 628 kA de 53 ciclos hasta el poder de corte nominal de 40 kA.
- Confirmación de la invariabilidad de la resistencia de contacto en todos los aparatos.
- Prueba de la conservación de las calidades dieléctricas de los aisladores troncocónicos y de otras piezas aislantes en ensayos de larga duración de 1.5 veces la tensión entre fase y tierra de una red de 245 kV. El ensayo se aplicó a los componentes de la instalación, inclusive el interruptor automático, a pesar de la contaminación interna suplementaria debida a los cortes de cortocircuito.
- Confirmación del débil contenido de humedad del gas, gracias a la capacidad adecuada del absorbente.
- Ninguna pérdida de gas digna de mención a pesar de las fluctuaciones de la temperatura ambiente entre -14 y +30 °C.



- **Confirmación de la fiabilidad mecánica del interruptor automático y de los seccionadores en condiciones similares a las de servicio.**

II.3.7 Prueba del poder de corte del interruptor automático

El desarrollo y los ensayos de los interruptores automáticos BHG 112 y 114 se han beneficiado de las mejores condiciones, dado que los elementos de corte del interruptor automático blindado son de idéntica concepción que los que hicieron sus pruebas en explotación en los interruptores automáticos de la gama HGF 100 para montaje exterior. Gracias a este sistema modular racional, las características técnicas son idénticas en el campo esencial de los elementos de corte. Los interruptores automáticos han sido sometidos a ensayos no solamente en el laboratorio de ensayos de gran potencia de ALSTOM, Arau, sino también en el de Kema, Arnhem (Países Bajos), figuras II.14 y II.15.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA II. 14
POLO DE INTERRUPTOR BH6 114, DURANTE LOS ENSAYOS DE CORTO
CIRCUITO EN BORNES Y DE DEFECTO KILOMETRICO EN LABORATORIO DE
ENSAYOS DE GRAN POTENCIA DE LA KEMA, EN ARNHEM (PAISES BAJOS)

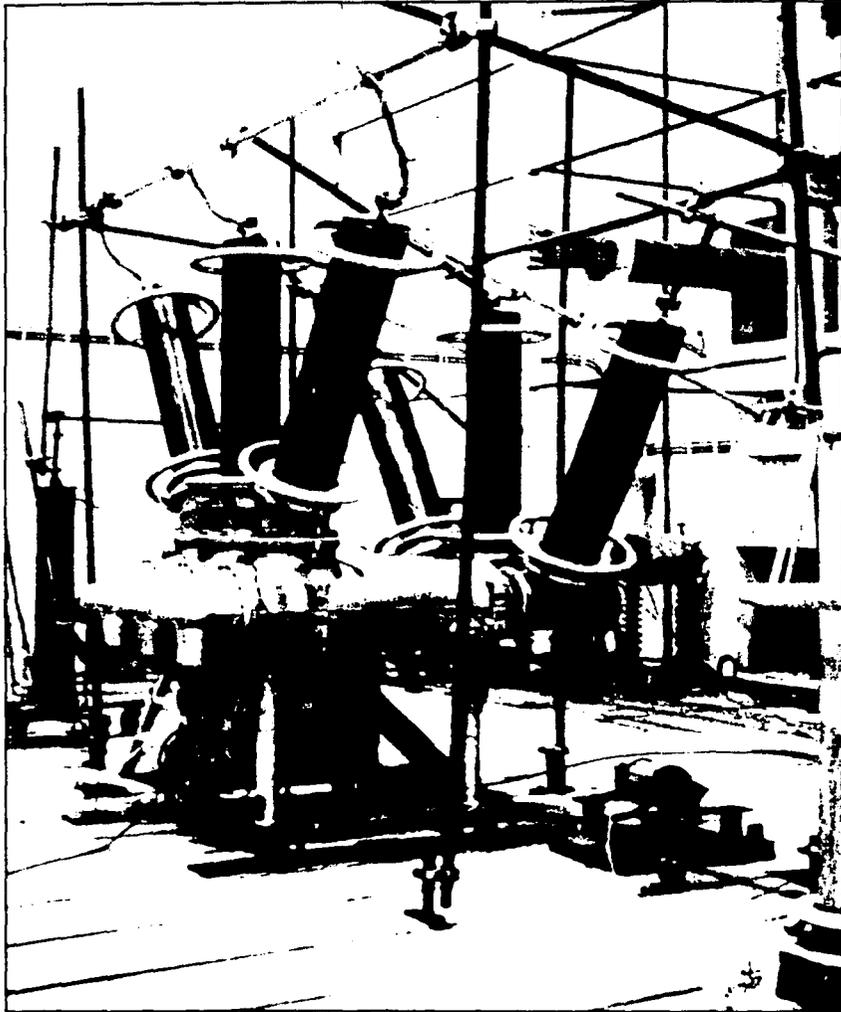


FIGURA II.15

**INTERRUPTOR AUTOMÁTICO TRIPOLAR BH6112 DURANTE LOS ENSAYOS DE
CORTO CIRCUITO EN BORNES Y DE DEFECTO KILOMETRICO, EN EL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE GRAN POTENCIA DE LA KEMA, EN ARNHEM
(PAISES BAJOS)**

TEST CON
FALLA EN ORIGEN



APENDICE III

LICITACIÓN PÚBLICA

III.1 CONVOCATORIA DE LICITACIÓN PÚBLICA

Como mencionamos en el capitulo 6, aquí presentamos la cita textual de la Licitación Pública Internacional que realizo la Compañía de Luz y Fuerza con Número 18500001-022-01, para Subestaciones en Hexafluoruro de Azufre para la S. E. Zaragoza de 230 kV.

III.1.1 Datos de la entidad

"**LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**, en cumplimiento de las disposiciones que establece el Artículo 134 Constitucional y la ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y demás, Normatividad aplicable, a través de la Gerencia de Adquisiciones y Almacenes de la Subdirección de Abastecimiento y Transportes, ubicada en la calle de Versalles Número 61 quinto piso, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, C. P. 06600, México D. F., Tel. 5592 - 3191 y 5592 - 3181, convoca a todos los interesados en participar en la **Licitación Pública Internacional Núm. 18500001-022-01**, con base en la(s) Requisición(es) Núm.(s) 01-8-015 a fin de adquirir los bienes que se describen, de conformidad con las siguientes bases de licitación."



III.2 ESPECIFICACIONES DE LA LICITACIÓN

A continuación se realiza la cita textual de la convocatoria de Licitación Pública Internacional Núm. 18500001-022-01.

"BASES DE LICITACION

I. DESCRIPCION GENERAL DE LOS BIENES.

I.1 BIENES.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
SUBESTACION EN SF ₆ PARA S. E. ZARAGOZA DE 230kV	1	Pieza

NOTA: La descripción por lote de los bienes, se encuentra indicada de forma desglosada en el ANEXO No.1 y deberán cotizar lotes completos de acuerdo con el mismo.

I.2 REQUISITOS TÉCNICOS.

a) Los licitantes deberán cumplir con las especificaciones y normas que a continuación se indican, señalando que cada lote estipulado en el listado (ANEXO 1), menciona la especificación o la norma que debe cumplir:

LFC-ING-041 Y LFC-ING-041c. REV. ABR/2001, EP-SE-SF6-ZAR-230
REV.ABR/2001 FC-SE-SF6-ZAR-230 REV MAR/2001. (ANEXO NUM.

8) Dichas especificaciones podrán pasar a recogerlas con copia de su recibo de pago o a consultarlas, en Versalles No. 61-2° Piso, Col. Juárez, C. P. 06600.

b) Los licitantes deberán anexar a su propuesta técnica, los catálogos legibles, planos y dibujos genéricos con características e información



técnica del bien que se licita, la cual deberá señalarse y relacionarse con el lote del bien ofertado.

Los catálogos, planos y dibujos genéricos e información técnica adicional deberán presentarse en idioma español o en inglés.

En el caso de que en los catálogos, planos y dibujos genéricos del bien, no incluyan toda la información o características técnicas solicitadas por la Entidad, el licitante podrá anexar a su propuesta, documento membretado del fabricante indicando dicha información o características técnicas faltantes.

En el caso de que el licitante requiera modificar o adicionar algunas características al bien que aparece en sus catálogos, planos y dibujos genéricos, o información técnica a fin de cumplir técnicamente con lo solicitado por la Entidad, deberá señalarlo en su oferta, indicando en que consiste dicha adecuación, apoyada en un documento membretado del fabricante donde manifieste esta situación.

- c) Las dimensiones deberán señalarse en medidas del Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Decimal) y las que se indican en la(s) especificación(es) técnica(s).
- d) Por ningún motivo serán aceptables para Luz y Fuerza del Centro, equipos, partes de equipos, refacciones o materiales usados, reconstruidos o reciclados.

I.3 MUESTRAS QUE ENTREGARAN LOS LICITANTES (NO APLICA).

Los licitantes deberán entregar junto con su propuesta, las muestras correspondientes a los lotes ofertados con número _____, las cuales serán devueltas a los participantes transcurridos 15 días contados a partir de la fecha que se da a conocer el fallo de la licitación.



A dichas muestras se les realizarán las pruebas indicadas (en el **ANEXO _____**) en las especificaciones técnicas y normas que corresponden a cada lote, señaladas en el punto 1.2 inciso a) y en el **ANEXO 1** de estas bases de licitación.

1.4 ASISTENCIA TECNICA Y CAPACITACION.

a) Asistencia Técnica: El licitante deberá incluir como asistencia técnica para cada una de las subestaciones de SF₆ cotizadas, la supervisión de montaje necesaria para realizar la instalación y puesta en servicio de los bienes ofertados en el momento de acuerdo al punto 15.1.2 de la Especificación LFC-ING-041Abr/2001, considerando para ello la asesoría de un supervisor de montaje, para lo cual tendrá que indicar el número de días hábiles estimados para la supervisión, tomando en cuenta que el personal de LFC que interviene en el montaje, trabaja aproximadamente 7 horas efectivas diarias.

El costo deberá ser presentado en forma desglosada, indicando los precios: por día de supervisión, de horas extras, de viáticos diarios, transportación aérea clase turista (viaje redondo) y transportación terrestre local (Ciudad de México) Este costo será tomado en cuenta para la evaluación económica.

b) Capacitación: El licitante deberá considerar en su cotización el curso de capacitación en fábrica para cada una de las subestaciones en SF₆ cotizadas, por el tiempo, número de personas y temas que se indican en el punto 19 de la Especificación LFC-ING-041 ABR/2001.

El proveedor deberá presentar en forma desglosada el costo del curso de capacitación, que además incluirá los gastos totales de los viáticos y transporte de los asistentes al curso. Este costo será tomado en cuenta para la evaluación económica.

Los gastos totales incluirán los alimentos, hospedaje, lavado de ropa, transportación aérea clase turista (viaje redondo) y transportación



terrestre local (en el lugar de destino), así como los impuestos correspondientes.

La capacitación se deberá impartir antes de la recepción de los bienes.

I.5 MANTENIMIENTO.

Los participantes deberán cumplir con lo solicitado en el punto 16 de la especificación LFC-ING-041 ABR/01.

I.6. REFACCIONES (NO APLICA).

Los licitantes deberán incluir en su propuesta técnica, un listado por separado de las refacciones que se consideren necesarias para mantener en operación los bienes ofertados durante _____ posteriores al término del periodo de garantía.

Asimismo, deberán garantizar que se cuenta con las refacciones necesarias para mantener en operación y en condiciones adecuadas de funcionamiento los bienes adquiridos, por un mínimo de _____ años a partir de la recepción de los bienes.

I.7 CALIDAD DE LOS BIENES.

- a) Se requiere que el licitante anexe a su propuesta técnica, los reportes completos de pruebas prototipo del bien que se licita, de acuerdo a lo señalado en el punto 17 de la especificación LFC-ING-041 Rev. ABR/01, los cuales deberán ser expedidos por un laboratorio acreditado, con vigencia máxima de 5 años. La vigencia puede prorrogarse siempre que el diseño el bien ofertado no se haya modificado, para lo cual el licitante deberá presentar un documento membretado, donde se manifieste tal situación.
- b) Se requiere que el licitante anexe a su propuesta técnica un documento membretado del fabricante que certifique que los bienes cumplen con



las normas y especificaciones citados en el punto 1.2 inciso a) de estas bases.

I.8 PERIODO DE GARANTIA DE LOS BIENES.

- a) El licitante deberá garantizarlos bienes que oferte por un periodo de **18 meses en operación o 36 meses después del ultimo embarque**, lo que ocurra primero.
- b) El licitante deberá manifestar a través de un documento membreado del fabricante que la vida útil del bien que oferte, deberá ser de **20 años como mínimo en condiciones normales de operación.**

Asimismo, los licitantes quedaran sujetos a lo dispuesto por el párrafo segundo del artículo 53 de la ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico.

I.9 PLAZOS DE ENTREGA.

I.9.1 DE LOS BIENES.

El plazo de entrega que se requiere para los bienes listados en el **ANEXO 1**, es de **100%** dentro de **420 a 450 días**, después de la firma y recepción del contrato respectivo.

- a) Para efectos de contabilidad y computar el plazo de entrega, se tomara como fecha de entrega el de la solicitud de informe de inspección (S. I. I.), siempre y cuando los bienes sean aprobados por Luz y Fuerza del Centro. **(NO APLICA)**
- b) Para efectos de contabilizar y computar el plazo de entrega, se tomara como fecha de entrega, su ingreso al almacén, condicionado a la aprobación de las pruebas de rutina, siempre y cuando estas sean aprobadas (por la Entidad) para la cual se le informara el área solicitante al almacén.



I.9.2 DE LOS DIBUJOS Y PLANOS.

El licitante ganador deberá entregar para cada una de las subestaciones de hexafluoruro cotizadas, los juegos completos de los planos de detalle y diagrama de control de los bienes dentro de los 30 días posteriores a la firma y recepción del contrato respectivo, Para su aprobación por parte de la Subgerencia de Factibilidad e Ingeniería Preliminar, para lo cual deberá entregarlos en Melchor Ocampo no. 171, piso 4º. Colonia Tlaxpana, México, D. F., a la atención del Ing. José Antonio Estrada Villa enviando copia del documento de entrega a la jefatura de Licitaciones, Luz y Fuerza del Centro aprobara los dibujos y planos dentro de los 30 días posteriores a su recepción.

Los juegos complementos de planos y diagramas de control que no sean aprobados en la primera revisión y tengan observaciones, podrán enviarlos una segunda vez para aprobación siempre y cuando las correcciones sean realizadas en un plazo que no exceda de 10 días naturales posteriores ha dicha entrega. Si no se aprobaran durante este periodo, se aplicaran las penas convencionales.

I.9.3 DE LOS MANUALES.

El licitante ganador, deberá entregar por cada una de las subestaciones de hexafluoruro cotizadas, en idioma español o ingles, 5 juegos de manuales de instalación, Operación y Mantenimiento de forma impresa y en C. D., de acuerdo al punto 12.1.2 inciso c) de la Especificación LFC-ING-041 Rev. ABR/01.

I.10 CONDICIONES DE ENTREGA DE LOS BIENES.

Entrega de Derechos Pagados, I. V. A., no pagado (lugar de destino convenido): Delivered Duty Paid, VAT Unpaid (Incoterms de 1990).
El I. V. A. de importación será pagado por L. F. C. mediante CETES.



I.11 LUGAR DE ENTREGA Y HORARIO DE RECEPCIÓN.

ALMACEN CENTRAL TACUBAYA
FELIPE ANGELES No 8,
COL. TOLTECAS BELLAVISTA
HORARIO DE RECEPCIÓN: DE 8:30 A 13:30 HRS.
LUNES A VIERNES DIAS HABILES
TELEFONO: 5515-2761

I.12 FORMA DE RECEPCIÓN DE LOS BIENES.

a) Para la recepción de los bienes se requiere de un documento expedido previamente por el área usuaria donde se acepte el reporte de la inspección en las pruebas de rutina efectuada por una casa inspectora o la aceptación por escrito de las pruebas de rutina presenciada por el área usuaria y aseguramiento de la calidad según sea el caso, de acuerdo al punto VI.5 de estas bases de licitación.

I.13 IDENTIFICACION DE LOS BIENES.

- a) Los bienes se deberán identificar con el número de folio que proporcionara Luz y Fuerza del Centro. **(NO APLICA)**
- b) Los bienes se deberán identificar de acuerdo con lo indicado en la especificación respectiva, la cual esta señalada en el punto 1.2 inciso a) y en el ANEXO 1 de estas bases.

I.14 EMPAQUE DE LOS BIENES.

- a) Los bienes deberán empacarse de forma adecuada para su transportación y almacenaje.
- b) Los bienes deberán empacarse de acuerdo con lo indicado en la especificación respectiva, la cual esta señalada en el punto 1.2 inciso a) y en el ANEXO 1 de estas bases.



I.15 ABASTECIMIENTO SIMULTÁNEO. (NO APLICA)

Luz y Fuerza del Centro realizará asignaciones múltiples para abastecimiento simultáneo, de conformidad a lo establecido en el artículo 39 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico, de acuerdo a los siguientes criterios.

- a) En caso de existir un licitante con una diferencia en precio en el rango del 5% con relación a la propuesta solvente mas baja, se asignara de la siguiente forma:

1er. Lugar 65% 2do. Lugar 35%

- b) En caso de existir dos licitantes con una diferencia en precio en el rango del 5% con relación a la propuesta solvente más baja, se asignará de la siguiente forma:

1er. Lugar 60% 2do. Lugar 25% 3er. Lugar 15%

- c) En caso de existir licitantes con el mismo precio y que correspondan a propuesta s adjudicatarias, se distribuirá de forma equitativa.

I.16 OTRAS OPCIONES.

- a) Para poder considerar otras opciones (ALTERNATIVAS), es requisito indispensable ofertar lo solicitado en el lote respectivo (propuesta base), cumplir técnicamente y ser la propuesta solvente más baja.

Para cada opción, el licitante deberá presentar su propuesta alternativa cumpliendo con todos y cada uno de los requisitos y condiciones solicitadas en estas bases de licitación, presentando una mayor información respecto a las características de los bienes opcionales, tales como tecnología utilizada, manuales de operación y mantenimiento, dibujos y planos, folletos y otros que considere pertinentes que sirvan para realizar una comparación entre el bien solicitado en el listado ANEXO 1 y el propuesto como opción.



I.17 OTRAS INDICACIONES.

Luz y Fuerza del Centro no se encuentra incluida en ninguno de los tratados de libre comercio que México tiene celebrados con distintas naciones, por lo que esta sujeta a tales disposiciones.

La responsabilidad del acoplamiento y buen funcionamiento del equipo o partes de fabricación nacional con equipos o de fabricación extranjera será responsabilidad única del licitante adjudicatario.

II. CONDICIONES DE PRECIO Y PAGO.

II.1 CONDICIONES DE PRECIO.

Los licitantes deberán presentar su oferta económica considerando:

- a) Precios firmes.
- b) Precios variables:
 - i) Mediante formula genérica para ajuste de precios, aplicando los índices de formulas genéricas para ajuste de precios que emite la Subdirección de Programación de la Comisión Federal de Electricidad, tomando como índice inicial el de la fecha de presentación y apertura de propuestas y como índice final el de la entrega de los bienes o la entrega pactada, lo que ocurra primero, considerando índices reales.

Se realizara el ajuste respectivo de acuerdo al índice del Grupo _____, Subgrupo _____, Clave _____ "_____".

- ii) Tratándose de los bienes sujetos a precios oficiales, el porcentaje de ajuste de precios se otorgara de acuerdo al porcentaje que se publique en el Diario Oficial de la Federación.



Asimismo, la Entidad se apegara a lo dispuesto por el artículo 44 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico.

II.2 MONEDA EN QUE DEBERAN PRESENTAR SUS PROPUESTAS.

Los licitantes deberán presentar sus propuestas en Moneda Nacional o en Dólares de Estados Unidos de América

Para efectos comparativos, se tomara el tipo de cambio correspondiente al de la fecha de celebración de la primera etapa del acto de presentación y apertura de propuestas, el cual se publica en el Diario Oficial de la Federación.

II.3 VIGENCIA DE LA PROPUESTA.

La vigencia de las propuestas de los licitantes deberá ser de 90 días.

II.4 CONDICIONES DE PAGO.

Los pagos se realizaran en moneda en que sea presentada la oferta. En el caso de que el pago se celebre dentro del territorio nacional, se realizara en Moneda Nacional al tipo de cambio vigente publicado en el Diario Oficial de la Federación, 3 días hábiles anteriores a la fecha de vencimiento del contra recibo.

La facturación se realizara en un 100% y en ella se amortizara el anticipo correspondiente

II.4.1 PARA PROVEEDORES NACIONALES.

- a) Los pagos serán efectuados en un 20% de anticipo a los 15 días después de que el licitante ganador entregue en la Subgerencia de Contabilidad, los documentos correctos y completos para su cobro, para lo cual, dicho licitante deberá entregar dichos documentos dentro de los días posteriores a la firma y recepción del contrato



correspondiente. El 80% restante, se apegara a los 30 días, fecha contra recibo.

- b) Los pagos serán efectuados en un 100% a los 30 días fecha contra recibo. **(NO APLICA)**
- c) Los pagos correspondientes a Asistencia Técnica y Capacitación serán efectuados en un 100% a los 30 días, fecha contra recibo, una vez que sean otorgados y avalados por el área usuaria.

NOTA: Luz y Fuerza del Centro podrá efectuar los pagos mediante transferencia Bancaria Electrónica o medios magnéticos, para lo cual el licitante deberá manifestarlo en su oferta, y el ganador deberá notificar a nuestra Gerencia de Finanzas los Datos de sus cuentas bancarias.

II.4.2 PARA PROVEEDORES EXTRANJEROS

- a) Los pagos serán efectuados en un 20% de anticipo a los 15 días después de que el cliente ganador entregue en la Subgerencia de Contabilidad, los documentos correctos y completos para su cobro, para lo cual, dicho licitante deberá entregar dichos documentos dentro de los 7 días posteriores a la firma y recepción del contrato correspondiente. El 65% se pagara con Carta de Crédito irrevocable a los 30 días vista contra documentos de entrega en destino, en la institución Bancaria que designe Luz y Fuerza del Centro y el 15% restante mediante Orden de pago a los 30 días fecha contra recibo.

La Carta de Crédito deberá ser solicitada por el proveedor con 30 días de anticipación al embargo de los bienes, en la Jefatura de Compras Extranjeras de la Subgerencias de Compras, la cual se encuentra ubicada en la calle de Versalles numero 61, cuarto, piso Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, Código Postal 06600 en México, D. F.



Todas las comisiones y gastos generados por la apertura de la Carta de Crédito por parte del Banco Nacional y las que generen el banco extranjero, serán por cuenta del beneficiario.

- b) Los pagos serán efectuados en un 20% de anticipo a los 15 días después de que el licitante ganador entregue en la Subgerencia de Contabilidad, los documentos correctos y completos para su cobro, para lo cual, dicho licitante deberá entregar dichos documentos dentro de los 7 días posteriores a la firma y recepción del contrato correspondiente y el 80% restante mediante Orden de Pago a los 30 días fecha contra recibo en la institución Bancaria que designe Luz y Fuerza del Centro.
- c) 100% mediante orden de pago a los 30 días fecha contra recibo. **(NO APLICA)**
- d) Los pagos correspondientes a Asistencia Técnica y Capacitación serán efectuados en un 100% mediante Orden de Pago a los 30 días fecha contra recibo, una vez que sean otorgados y avalados por el área usuaria.

NOTA: El licitante extranjero deberá indicar en su oferta económica la opción a ó b que prefiera para su pago. El hecho de no mencionarlo, será motivo de descalificación.

Si el proveedor ganador no cobra el anticipo dentro del plazo máximo de 30 días posteriores a la formalización del contrato indicado, la forma de pago será 100% a los 30 días fecha contra recibo mediante cheque expedido por la entidad y no procederá prórroga alguna.



II.5 PAGOS ANTICIPADOS.

El licitante ganador podrá optar por solicitar pagos anticipados de acuerdo con el procedimiento que la Entidad tiene establecido para tal fin, para lo cual una vez que cuente con el contra recibo correspondiente, deberá presentar su solicitud de pago anticipado por escrito, a la Gerencia de Adquisiciones y Almacenes. Este punto no aplica para aquellos proveedores que opten por el pago mediante Carta de Crédito.

II.5.1 GARANTIAS

II.5.1.1 PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO.

Deberá constituirse por el licitante ganador en la moneda en que presente su cotización, mediante fianza expedida por una institución Mexicana autorizada, por un importe de 10% del monto de cada contrato sin incluir el I. V. A., a un nombre de Luz y Fuerza del Centro.

En caso de que el licitante ganador no entregue la garantía, el contrato suscrito no surtirá los efectos legales correspondientes, aplicándose lo indicado en el artículo 46 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico sancionado de acuerdo con lo señalado en el artículo 60 de dicha Ley.

II.5.2 PARA GARANTIZAR EL ANTICIPO.

Deberá constituirse por el licitante ganador en la moneda en que presente su cotización, mediante fianza expedida por una institución Mexicana Autorizada, por un importe del 100% del monto del anticipo incluyendo el I. V. A., a nombre de Luz y Fuerza del Centro.

En caso de incumplimiento en la entrega de los bienes, en forma adicional a las penas convencionales que se apliquen por este concepto,



se aplicara el costo financiero correspondiente al anticipo otorgado de acuerdo a lo señalado en el Artículo 51 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico.

II.6 PENAS CONVENCIONALES POR ATRASO EN LAS ENTREGAS.

a) De los Bienes

Se aplicaran penas convencionales por incumplimiento en las fechas pactadas para la entrega de bienes y el otorgamiento de la Asistencia Técnica y Capacitación, las cuales quedaran sujetas al reglamento para la aplicación de Penas Convencionales por incumplimiento en los Plazos de Entrega Pactados en los Contratos, Convenios, Contratos Preparatorios o Similares, de Luz y Fuerza del Centro; y el porcentaje de Bonificación Monetaria que se aplicara será del 0.5% por día de atraso en la entrega, hasta un tope máximo del 10% sobre el importe de los bienes no entregados o surtidos como demora.

b) De los Planos, manuales, etc.

El incumplimiento en cualquier otro plazo de entrega pactados en el contrato respectivo, tales como entrega de los planos, manuales, etc.; se aplicara la penalización indicada anteriormente, tomando el importe del lote al que corresponda dicho incumplimiento.

III. REQUISITOS PARA PARTICIPAR EN LA LICITACIÓN.

Todas aquellas personas que estén interesadas en participar en la presente licitación, deberán cumplir con los siguientes REQUISITOS.

III.1 PERSONAS QUE PUEDEN PARTICIPAR EN ESTA LICITACIÓN.

a) Podrán participar personas físicas o morales de nacionalidad mexicana o extranjera, y los bienes que se oferten sean de origen nacional o



extranjero, de acuerdo a lo indicado en el articulo 28 fracción II de la Ley de Adquisiciones y Arrendamientos y Servicios del Sector Publico, así como que cumplan con los requisitos señalados en estas bases de licitación.

- b) Podrán participar todas aquellas personas físicas o morales en las que no formen parte, ni como accionista ni como trabajador, persona alguna que desempeñe un empleo, cargo o comisión en el servicio publico y que no se encuentren en alguno de los supuestos del artículo 50 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico. **(ANEXO 7)**

III.2 ACREDITAMIENTO DE EXISTENCIA Y PERSONALIDAD JURÍDICA DEL LICITANTE.

- a) Los participantes en esta licitación, deberán presentar escrito en el que el firmante manifieste, **bajo protesta de decir verdad** que cuenta con facultades suficientes para suscribir a nombre de su representada propuesta de la presente licitación.

El escrito deberá contener:

Del proveedor: El numero del registros Federal de Contribuyentes; el nombre de su apoderado o representante; su domicilio (calle y numero; Colonia, código postal, delegación o municipio, entidad federativa, teléfono, fax y correo electrónico), y tratándose de personas morales el numero y fecha de escritura publica en la que consta el acta constitutiva y sus reformas, el nombre, numero y el lugar del notorio publico ante el cual se dio fe de la misma, la relación de los accionistas y la descripción del objeto social de la empresa.

Del representante del proveedor: El numero y fecha de la escritura publica en la que consta que cuenta con las facultades suficientes para suscribir la propuesta, así como el nombre, numero y lugar del notario publico ante el cual fue otorgada.



Los participantes a su elección, podrán entregar el formato (**ANEXO 2**) debidamente requisitados (original y copia).

- b) Quien concurra en representación de una persona física o moral al acto de presentación y apertura de proposiciones, deberá presentar carta poder simple, (**ANEXO 3**) para participar en dicho acto, así como presentar original y copia de una identificación oficial.
- c) De preferencia, presentar original y copia de una identificación oficial del representante del proveedor que firma la propuesta.

NOTA: Esta documentación deberá presentarse simultáneamente con las propuestas, dentro del sobre que contenga la propuesta técnica o dentro de un tercer sobre cerrado por separado.

VI. ACLARACIONES A LAS BASES DE LA LICITACIÓN, ACTO DE REPRESENTACION Y APERTURA DE PROPOSICIONES.

IV.1 JUNTA DE ACLARACIONES A LAS BASES DE LICITACIÓN.

Para aclarar dudas que los licitantes tengan respecto a las bases de la licitación, se celebrara una **Junta de Aclaraciones**, la cual se llevara acabo el día **29 de Mayo de 2001**, a las 12:00 horas, en la sala de Licitaciones de la Gerencia de Adquisiciones y Almacenes, la cual se encuentra ubicada en la calle de Versalles numero 61, sexto piso, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, Código Postal 06600 en México D. F.

Solo podrán participar aquellas personas que hayan cubierto el costo de las bases de esta licitación, ya sea en efectivo o cheque certificado a nombre de Luz y Fuerza del Centro, en nuestras oficinas centrales, en la tesorería de la Entidad, la cual se encuentra ubicada en Melchor Ocampo no. 171, tercer piso, Colonia Tlaxpana, Delegación Miguel Hidalgo, Código Postal 11379, México D. F., de 10 a 13 horas y de 14 a 15 horas, de lunes a viernes en días hábiles; o bien a través de la institución bancaria Bancomer,



S. A., a la cuenta número 327116-0, sucursal Parque Vía o a través del sistema **COMPRANTE**.

Para poder participar en la junta de Aclaraciones deberán presentar el recibo de la compra de las bases al momento del registro, el recibo que se genere por la compra de las bases deberá venir a nombre de la empresa participante, por lo que no se aceptaran recibos con dos o más razones sociales (y/o).

La asistencia de los participantes a la Junta de Aclaraciones es optativa no obstante haber adquirido las bases de la licitación, por lo que su inasistencia será bajo su estricta responsabilidad; sin embargo podrán acudir con la debida oportunidad a la jefatura de Licitaciones, ubicada en la calle de Versalles numero 61, segundo piso, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, Código Postal 06600 en México, D. F., para que les sea entregada una copia del acta que se levante con motivo de la Junta de Aclaraciones.

Se solicita a los participantes que se entreguen sus preguntas, dudas o aclaraciones por escrito con dos días de anticipación a la fecha de la Junta de Aclaraciones, con el propósito de hacer dicha reunión más expedita, al fax. 55-92-30-63.

Luz y Fuerza del Centro, no aceptara ninguna aclaración al contenido de estas bases, que se realice posterior a la fecha prevista para la realización de la Junta de Aclaraciones.

VI.2 REGISTRO DE PARTICIPANTES Y RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS

El registro de asistentes al acto de presentación y apertura de proposiciones, así como la recepción de las propuestas de los bienes objeto de esta licitación, se efectuaran en el lapso de la hora anterior a la celebración de dicho acto, lo cual es optativo para los participantes.



Solo se recibirán las propuestas de los licitantes que hayan cubierto el costo de las bases de licitación y presenten su comprobante, las cuales se recibirán hasta en tanto no se haya concluido con la revisión de la propuesta entregada.

VI.3 ACTO DE PRESENTACIÓN Y APERTURA DE PROPOSICIONES

El acto de presentación y apertura de proposiciones se llevara acabo en dos etapas, en las cuales se abrirán los sobres que contengan la propuesta técnica y la propuesta económica respectivamente, de acuerdo a lo siguiente:

PRIMERA ETAPA:

- a) El acto de apertura de las **propuestas técnicas** se llevara acabo el día **12 de Junio de 2001**, a las **10:00 hrs.**, procediéndose ha cerrar la puerta del local donde se efectuó dicho evento y no podrá ingresar ningún participante después de la hora mencionada.

SEGUNDA ETAPA:

- b) El acto de apertura de las **propuestas económicas** se llevara acabo el día **26 de junio de 2001**, a las **10:00 horas**.

Los eventos antes señalados se llevaran acabo en la Sala de licitaciones de la Gerencia de Adquisición y Almacenes, la cual se encuentra ubicada en la calle de Versailles numero 61, sexto piso, Colonia Juárez, delegación Cuauhtémoc, Código Postal 06600 en México. D. F.

V. INSTRUCCIONES PARA ELABORAR Y PRESENTAR LAS PROPOSICIONES.

V.1 PROPOSICIONES.

Las proposiciones deberán presentarse en forma impresa, en papel membretado del licitante, en idioma español, sin tachaduras ni



enmendaduras, en dos sobres cerrados de manera inviolable, en original y de preferencia con dos copias de cada propuesta, de acuerdo a lo siguiente:

- a) El primer sobre contendrá la propuesta técnica y la documentación legal y Administrativa.
- b) El segundo sobre contendrá la propuesta Económica.

Las propuestas deberán ser firmadas con tinta por la persona que tenga las facultades suficientes para ello, conforme a lo indicado en el punto **III.2** de estas bases de licitación. Asimismo, deberán rubricarse cada una de las páginas que integren las propuestas.

Para una mejor conducción del evento, las propuestas técnicas y económicas deberán venir foliadas sin que su omisión sea motivo de descalificación.

Se sugiere que la documentación Administrativa y legal que señala en el apartado **III** de estas bases de licitación, sea entregada en un tercer sobre, con propósito de que al momento de realizar el registro de los participantes, se pueda iniciar su revisión. Lo anterior con el objeto de tener una mayor conducción del evento sin que su omisión sea motivo de descalificación.

V.2 DOCUMENTACION LEGAL Y ADMINISTRATIVA.

Los participantes deberán presentar la siguiente documentación.

- a) Escrito en papel membretado del participante, en el que manifiesten **bajo protesta de decir verdad** que los bienes que oferte, son producto en México y que cuentan por lo menos con un cincuenta por ciento del contenido nacional, de acuerdo a lo indicado en el punto **III.1 inciso a)** de estas bases de licitación (**ANEXO 5**).(NO APLICA)



- b) Escrito en papel membretado del participante, en el que manifieste **bajo protesta de decir verdad** que no se encuentran en alguno de los supuestos del artículo 50 de la Ley de Adquisición, Arrendamientos y Servicios del Sector Publico, de acuerdo a lo indicado en el **punto III.1 inciso b)** de estas bases de licitación.
- c) Escrito en el que firmante manifieste, **bajo protesta de decir verdad**, que cuenta con facultades suficientes para suscribir a nombre de su representa la propuesta de la presente licitación, de acuerdo a lo indicado en el **punto III.2 inciso a)** de estas bases de licitación.
- d) Carta poder simple de quien concurra en representación de una persona física o moral al acto de presentación y apertura de proposiciones así como presentar original y copia de una identificación oficial, de acuerdo a lo indicado en el **punto III.2 inciso b)** de estas bases de licitación.
- e) Original para cotejo y copia de una identificación oficial del representante del proveedor que firma la propuesta, de acuerdo a lo indicado en el **punto III.2 inciso c)** de estas bases de licitación.

NOTA: Los participantes presentaran con su propuesta técnica la relación de documentos requeridos para la presente licitación (**ANEXO 4**); La omisión de este documento no será motivo de descalificación.

V.3 PROPUESTA TÉCNICA.

La propuesta técnica deberá contener:

- a) Numero de la licitación, del lote, cantidad por lote y unidad.
- b) Descripción completa y detallada del bien ofertado, incluyendo marca y modelo sin precios, de acuerdo con las Especificaciones Técnicas para que cada lote corresponda según el **ANEXO 1** y el **punto I.1. y I.2 inciso a)** de estas bases de licitación.



- c) Catálogos, planos y dibujos genéricos con características e información técnica del bien ofertado debidamente relacionado con el lote al que corresponde, de acuerdo con el **punto I.2 inciso a)** de estas bases de licitación.
- d) Muestras que entregara el licitante debidamente identificadas, de acuerdo al **punto I.3** de estas bases de licitación. **(NO APLICA)**
- e) Asistencia técnica y capacitación, de acuerdo a lo solicitado en **punto I.4** de estas bases de licitación.
- f) Mantenimiento, de acuerdo a lo solicitado en el **punto I.5** de estas bases de licitación.
- g) Refacciones, de acuerdo a lo solicitado en el **punto I.6** de estas bases de licitación. **(NO APLICA)**
- h) Reportes completos de pruebas de prototipos y documento original del fabricante, de acuerdo a lo solicitado en el **punto I.7** de estas bases de la licitación.
- i) Periodo de garantía y vida útil, de acuerdo a lo solicitado en el **punto I.8 inciso a) y b)** de estas bases de licitación.
- j) Deberá indicar en su propuesta lo relativo a la identificación y empaque de los bienes, de acuerdo a lo solicitado en los **puntos I.13 inciso b) y I.14** de estas bases de licitación.
- k) Otras opciones, de acuerdo a lo solicitado en el **punto I.16** de estas bases de licitación.
- l) Cuestionario de información Técnica.
- m) Información Técnica adicional a opción del licitante.



V.4 PROPUESTA ECONOMICA.

La propuesta económica deberá contener:

- a) Numero de licitación, del lote, cantidad por lote y unidad de medida.
- b) Precio unitario
- c) Importe por lote
- d) Plazo de entrega de los bienes, conforme al punto I.9 de estas bases de licitación.
- e) Condiciones de precio, de acuerdo a lo solicitado en el punto II.1 de estas bases de licitación.
- f) Condiciones de pago, de acuerdo a lo solicitado en el punto II.4 de estas bases de licitación.
- g) Vigencia de la propuesta, de acuerdo a lo solicitado en el punto II.3 de estas bases de licitación.
- h) Condiciones de entrega de los bienes, de acuerdo a lo solicitado en el punto I.10 de estas bases de licitación.
- i) Lugar de entrega, de acuerdo a lo solicitado en el punto I.11 de estas bases de licitación.
- j) Aceptación de la forma de recepción, de acuerdo a lo solicitado en el punto 1.12 de estas bases de licitación.
- k) La propuesta deberá contener la información general solicitada en el (ANEXO 6).



- l) Aceptación o negación de aportar el 2 al millar para el Fideicomiso de Apoyo para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).
- m) Asistencia Técnica y capacitación desglosada de acuerdo a lo indicado en el punto 1.4 de estas bases de licitación.

NOTA: El impuesto al valor agregado (I. V. A.) y la aportación del 2 al millar (FIDE) no deberán incluirse en los precios unitarios.

VI. CRITERIOS

VI.1 PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS EN GENERAL.

- a) Cumplimiento con los requisitos, condiciones y requerimientos legales, administrativos, técnicos, comerciales y económicos, señalados en estas bases de licitación.
- b) Que los documentos solicitados sean originales, o copias cotejadas con el original en el caso de que así corresponda.
- c) Que los documentos no presenten tachaduras, enmendaduras o se encuentren alterados en su texto, dibujos, especificaciones, precios, etc. bajo cualquier medio.
- d) La falta de manifiesto "bajo protesta de decir la verdad", en los documentos donde se solicita, es motivo de desecamiento de la propuesta.

VI.2 PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS TÉCNICAS.

- a) Cumplimiento con los requisitos, condiciones y requerimientos técnicos de estas bases de licitación



- b) Que los bienes ofertados cumplan con lo solicitado en las Especificaciones Técnicas que para cada lote correspondan según el ANEXO 1 y el punto I.1 y I.2 inciso a) de estas bases de licitación.
- c) Verificación a través de los catálogos, planos y dibujos genéricos, características e información técnica del bien ofertado que el licitante presente y relacione con el lote que corresponda, cumpla con lo solicitado en las Especificaciones Técnicas y en estas bases de licitación.
- d) Que a través de las muestras que entregue el licitante debidamente identificadas, se apliquen las pruebas mencionadas en el ANEXO _____, para verificar que los bienes cumplan con lo solicitado en las especificaciones técnicas y las bases de esta licitación. **(NO APLICA)**
- e) Que la asistencia Técnica y Capacitación que ofrezca el licitante, se apeguen A lo solicitado por la entidad en las presentes bases de la licitación.
- f) Corroborar que la calidad de los bienes ofrecidos, sea la requerida por la Entidad, de acuerdo a lo solicitado en el punto 1.7 de estas bases de licitación, Evaluado a través de los Reportes completos de pruebas prototipo y documento Original del fabricante.
- g) Que el licitante se apegue a lo solicitado en el Periodo de Garantía y vida útil, de acuerdo a lo solicitado en el punto 1.8 inciso a) y b) de estas bases de licitación.
- h) Que el licitante cumpla con la identificación y empaque de los bienes solicitados en estas bases de licitación.
- i) Que presente los cuestionarios de información Técnica solicitados, debidamente contestados, de acuerdo a las características del bien que se licita.



- j) Que cumplan con lo dispuesto en el Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Decimal) y las que se indican en las especificaciones técnicas correspondientes.
- k) Que por ningún motivo los equipos, partes de equipos o materiales utilizados en los mismos, sean usados reconstruidos o reciclados.
- l) Para considerar y evaluar otras opciones, que se sujeta a lo indicado en el punto 1.6 de estas bases de licitación.

VI.3 PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS ECONOMICAS.

- a) Cumplimiento con los requisitos, condiciones y requerimientos comerciales y económicos de estas bases de licitación.
- b) Que cumpla con los plazos de entrega, condiciones y lugar de entrega de los bienes, así como la aceptación de la forma de entrega, solicitados en estas bases de licitación.
- c) Que se apegue a las condiciones de precio y pago, así como a la vigencia indicada en estas bases de licitación.
- d) En caso de alguna discrepancia entre el precio unitario y el importe total del lote, se tomará como correcto el Precio Unitario ofertado y la Convocante realizará los ajustes correspondientes en el importe total del lote.
- e) A los proveedores nacionales que oferten bienes producidos en el país y que cuenten con un porcentaje del contenido nacional de cuando menos un cincuenta por ciento, se les dará un margen preferencial de diez por ciento en el precio, en la comparación económica que se realice a las propuestas respecto a los bienes de importación, de acuerdo a lo establecido en el artículo 14 y 28 de la Ley de Adquisiciones y Servicios del Sector Público y al acuerdo por el que se establecen las Reglas para la aplicación del margen de preferencia en el precio de los Bienes de



origen nacional respecto a los importados, tratándose de procedimientos de contratación de carácter internacional publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de Noviembre de 2000.

- f) Que su propuesta contenga la información general indicada en el **(ANEXO 6)**.
- g) En caso de empate, se tomará en cuenta si el participante acepta aportar el 2 al millar para el Fideicomiso de Apoyo para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).
- h) Las condiciones de entrega se evaluarán D. D. P. Excluyendo el I. V. A. De importación, el cual será pagado por Luz y Fuerza del Centro mediante CETES.

NOTA: Solamente calificarán aquellas proposiciones que cumplan con todos los requisitos, condiciones y requerimientos establecidos en estas bases de licitación.

VI.4 PARA LA ADJUDICACIÓN DE CONTRATOS.

- a) Cumplimiento con lo establecido en estas bases.
- b) Resultados de las Tablas Comparativas.
- c) Resultado de la Evaluación Técnica y Económica.
- d) Adjudicación por lote completo
- e) Adjudicación mediante Contrato abierto. **(NO APLICA)**
- f) Para la adjudicación no se utilizarán mecanismos de puntos o porcentajes.



- g) La adjudicación se realizará entre aquellas propuestas que resulten solventes porque reúnen las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas por la convocante y garanticen satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones respectivas, de acuerdo a lo señalado en el artículo 36 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, y además sean las solventes más bajas.

VI.5 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION Y PRUEBAS DE CALIDAD.

Se realizará a elección del proveedor ganador de acuerdo a los incisos a) o b) siguientes, para lo cual el proveedor deberá indicar por escrito en su propuesta técnica el procedimiento de inspección seleccionado con la finalidad de establecerlo en el contrato correspondiente.

- a) El participante ganador, previo al embarque del bien, deberá contratar los servicios de una empresa inspectora certificada y notificarlo por escrito para que efectúen la inspección de los bienes y verificar que los equipos cumplan con las pruebas de rutina indicadas en las normas y especificaciones mencionadas en el punto I.2 de estas bases. El reporte de los resultados obtenidos y una copia de las pruebas efectuadas a cada equipo con numero de serie deberán ser enviados a Melchor Ocampo No. 171, 4° piso, Col. Tlaxpana, México D. F., a la atención del Ing. José A. Estrada Villa, Subgerente de Factibilidad e Ingeniería Preliminar, así como una copia de la certificación vigente que lo acredite como empresa inspectora.
- b) Previo al embarque, la inspección y verificación se realizará por personal de LFC en las instalaciones del fabricante, de acuerdo con las normas y especificaciones de LFC, mencionadas en el punto I.2 de estas bases, el proveedor deberá pagar el costo total de los viáticos y transporte para dos personas, las cuales deberá ser una por parte de Ingeniería Eléctrica y una de Aseguramiento de la Calidad.



El costo total deberá incluir los viáticos, hospedaje, lavado de ropa, alimentos, transportación aérea clase turista y transportación terrestre, según sea el caso, así como los impuestos correspondientes.

NOTA: Los tiempos utilizados para la inspección del bien y la logística, deberán estar incluidos en el tiempo de entrega de los bienes ofertados.

VII. DESCALIFICACIÓN DE PARTICIPANTES

- VII.1** Si no se cumple con alguna de los requisitos, condiciones o requerimientos especificados en estas bases de licitación.
- VII.2** Si se comprueba que algún licitante ha acordado con otro u otros elevar los precios de los bienes objeto de la licitación.
- VII.3** Si la información y características técnicas del bien ofertado presentadas por los licitantes a través de catálogos, cartas, planos y dibujos, etc., no coincide con lo indicado por él mismo en su propuesta o se contradice entre estos documentos.
- VII.4** Si la información técnica proporcionada por el licitante, es insuficiente para realizar la evaluación correspondiente o se presenta incompleta.
- VII.5** Si el licitante incluye precios en su propuesta técnica, el importe total de cada lote o el importe total de la propuesta en la misma.
- VII.6** La falta de manifiesto "bajo propuesta de decir verdad", en los documentos donde se solicita, es motivo de desecamiento de la propuesta.



NOTA: Las proposiciones que se desechen por haber omitido alguno de los requisitos, condiciones o requerimiento establecidos en estas bases de licitación, serán devueltas por esta convocante a los licitantes, transcurridos 15 días naturales contados a partir de la fecha en que sé de a conocer el fallo de la licitación.

VIII. DECLARAR DESIERTA UNA LICITACIÓN O PARTE DE ELLA.

Luz y Fuerza del Centro, procederá a declarar desierta una licitación o parte de ella, en los siguientes casos.

VIII.1 Cuando ningún proveedor se hubiera inscrito para participar en el acto de presentación y apertura de proposiciones, por lo que se expedirá una segunda convocatoria.

VIII.2 Cuando ninguna de las proposiciones presentadas reúnan los requisitos establecidos en las bases de la licitación o que sus precios no sean aceptables, previa investigación efectuada, por lo que se expedirá una segunda convocatoria.

VIII.3 Cuando una o varias partidas se declaran desiertas, la convocante procederá, dependiendo del importe de las mismas, a expedir una segunda convocatoria o bien a realizar un procedimiento de invitación a cuando menos tres personas o una adjudicación directa, según corresponda, solo respecto a esos lotes.

En el caso de que un licitante sea descalificado en una primera licitación, podrá participar en una segunda, siempre que cumpla los requisitos exigidos en las bases de esta última.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Realizada la segunda convocatoria y ésta se declare desierta, se procederá de acuerdo a lo señalado en el artículo 41 fracción VII de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

IX. SUSPENDER TEMPORALMENTE O CANCELAR LA LICITACIÓN.

IX.1 Por casos fortuitos o de fuerza mayor.

IX.2 Cuando existan circunstancias, debidamente justificadas, que provoquen la extinción de la necesidad para adquirir los bienes y de continuarse con el procedimiento de la contratación se pudiera ocasionar un daño o perjuicio a la propia Entidad.

IX.3 Por causas de interés general o por orden escrita debidamente fundada y motivada de la autoridad competente.

IX.4 Por Dumping.

X. COMUNICACIÓN DE FALLO Y FIRMA DEL CONTRATO.

X.1 COMUNICACIÓN DEL FALLO.

El fallo de esta licitación se dará a conocer a los participantes en Junta Pública que se llevará a cabo el día 03 de Julio de 2001 a las 13:30 hrs., en la Sala de Licitaciones de la Gerencia de Adquisiciones y Almacenes, la cual se encuentra ubicada en la calle de Versalles número 61, sexto piso, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, Código Postal 06600 en México, D. F., poniéndose a partir de esa fecha a disposición de los que no hayan asistido, para efectos de su notificación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Contra la resolución que contenga el fallo, no procederá recurso alguno, sin embargo procederá la inconformidad que se interponga por los licitantes en los términos del artículo n65 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

X.2 FIRMA DEL CONTRATO.

El representante del licitante ganador, deberá presentarse a firmar el contrato respectivo, dentro de los 20 días naturales contados a partir de la fecha en que se haya realizado la Junta Pública en la que se dio a conocer el fallo, en la jefatura administrativa de la Subgerencia de Compras, ubicada en la calle de Versailles número 61, planta baja, Colonia Juárez, Delegación Cuauhtémoc, Código Postal 0660 en México, D. F., con horario de atención de 9:00 a 14:30 horas.

El representante del participante ganador que firme el contrato deberá identificarse y presentar su poder notarial, en original o copia certificada para su cotejo y una copia simple para el expediente del contrato.

Dicho representante, deberá entregar en la Jefatura administrativa de la Subgerencia de Compras, la garantía correspondiente al cumplimiento del contrato.

En caso de que el licitante ganador no formalice el contrato respectivo o no entregue la garantía de cumplimiento, el contrato no surtirá los efectos legales correspondientes, aplicándose lo indicado en el artículo 46 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y será sancionado de acuerdo con lo señalado en el artículo 60 de dicha Ley.

Asimismo, el licitante nacional ganador deberá presentar el momento de firmar el contrato respectivo, Escrito **bajo protesta de decir verdad** que ha presentado en tiempo y forma las declaraciones del ejercicio por impuestos federales, excepto las del ISAN e ISTUV, correspondientes a sus tres últimos ejercicios fiscales, así como que ha presentado las

TIENE
FALLA DE ORIGEN



declaraciones de pagos provisionales correspondientes a 2000 y 2001 por los mismos impuestos. Cuando los contribuyentes tengan menos de tres años inscritos en el R. F. C., la manifestación a que se refiere este rubro, corresponderá al periodo de inscripción, así mismo, que no tiene adeudos fiscales firmes a su cargo por impuestos federales, excepto ISAN e ISTUV.

XI. INSTRUCCIONES ADICIONALES.

XI.1 Ninguno de los requisitos, condiciones y requerimientos contenidos en estas bases de licitación, así como en las proposiciones presentadas por los licitantes podrán ser negociadas.

XI.2 FALLAS EN EL SERVICIO NECESARIO O EN EL SUMINISTRO DE REFACCIONES. (NO APLICA)

En caso de que el licitante ganador falle en el servicio necesario, en el suministro de refacciones o si se comprueba que los precios cotizados para estos aspectos son elevados, Luz y Fuerza del Centro tendrá el derecho de reparar los bienes por si o por medio de terceros, así como también podrá procurarse las piezas que a su juicio sean necesarias para fines de conservación y reparación del bien adquirido, repercutiendo al licitante incumplido en su caso, los costos adicionales que por este concepto realice la Entidad.

XI.3 PATENTES, MARCAS Y DERECHOS DE AUTOR.

El licitante al que se le adjudique el contrato, asumirá la responsabilidad total para el caso en el que al suministrador los bienes a Luz y Fuerza del Centro, infrinja patentes o marcas o viole registro de derechos de autor.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



XI.4 RESCISIÓN DE CONTRATOS.

Procederá la rescisión de los contratos en caso de incumplimiento de las obligaciones contraídas a cargo del proveedor. Para tal efecto se aplicará el procedimiento previsto en el artículo 54 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

XI.5 TERMINACIÓN ANTICIPADA.

Podrán dar por terminados anticipadamente los contratos cuando concurren razones de interés general, o bien, cuando por causas justificadas se extinga la necesidad de requerir los bienes originalmente contratados, y se demuestre que de continuar con el cumplimiento de las obligaciones pactadas, se ocasionará algún daño o perjuicio al Estado.

XI.6 CESION DE DERECHOS

Los derechos y obligaciones que se deriven de los contratos no podrán cederse en forma parcial total a favor de cualquier otra persona física o moral, con excepción de los derechos de cobro, en cuyo caso deberá contar con el consentimiento expreso de Luz y Fuerza del Centro.

XI.7 DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES.

Quienes infrínjanlas disposiciones contenidas en la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, serán sancionados por la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo, de acuerdo a lo señalado en los artículos 59 y 60 de dicha Ley.

XI.8 INCONFORMIDADES.

Los licitantes podrán inconformarse por escrito ante la Contraloría Interna en Luz y Fuerza del Centro, con domicilio en Melchor Ocampo Núm. 171, tercer piso, Colonia Tlaxpana, C. P. 11379, Delegación Miguel hidalgo, en México D. F., conforme a lo indicado en el Título Séptimo, capítulo



Primero de la Ley de adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

XI.9 CONTROVERSIAS.

Las controversias que se susciten con motivo de la interpretación o aplicación de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público o de los contratos celebrados con base en ella, serán resueltas por los tribunales federales mexicanos.

XI.10 El reglamento de la ley de adquisiciones, arrendamientos y prestación de servicios relacionados con bienes muebles así como las demás disposiciones administrativas expedidas en esta materia, se seguirán aplicando en todo lo que no se oponga a la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público, en tanto se expiden las que deban sustituirlas."

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



GLOSARIO

APARAMENTA.- Equipo encapsulado. Conjunto de elementos que conforman a un equipo, y los cuales se encuentran en encerrados.

BORNE.- Botón de metal al cual se unen los hilos conductores en una Subestación Eléctrica.
Tornillo en el cual pueden sujetarse el extremo de un conductor para poder poner en comunicación el aparato en que va montado con un circuito independiente de el.

BRIDA.- Pieza metálica que sirve para ensamblar vigas o maderas fijándola con clavos o tornillos.
Reborde circular en el extremo de los tubos metálicos para acoplar unos a otros con tornillos o roblones.

CONCÉNTRICO.- Que tiene un mismo centro.

CONMUTAR.- Intercambio entre tiempos.

ELASTÓMERO.- Material con el cual se fabrican las juntas, este tiene propiedades elásticas semejantes al as del caucho.

EMBALAJE.- Guardar cualquier subestación en una caja o cubierta.



EROSIÓN.- Desgaste producido en la superficie de un cuerpo por el roce o fricción de otro.

FUELLE.- Instrumento para soplar recogiendo aire y lanzándolo con dirección determinada.

IMBRICAMENTE.- Disponer de una serie de cosas iguales de manera que estén sobrepuestas parcialmente a manera de las escamas de los peces o las tejas de las casas.

PERTIGA.- Vara larga.

PETIMETRA.- De buen aspecto, sin error alguno, casi perfecto.

POLUCIÓN.- Impurificación, contaminación de agua, aceite, gas, etc.

TOBERA.- Tubo de salida por el que termina el conducto de descarga de un fluido.

TOROIDAL.- Que tiene la forma de anillo cerrado. (Bobina o Transformador).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



BIBLIOGRAFÍA

ALSTOM POWER TRANSMISSION

Catálogo de Productos
ALSTOM, México 2001

APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

Catálogo de Productos
ALSTOM, México 2001

- **EL GAS SF₆**

Catálogo
ALSTOM, México 2001

POWER ENGINNERING GUIDE

Transmission and Distribution
SIEMENS 2001

SUBESTACIONES AISLADAS POR GAS SF₆ TIPO 8DP3

Subestaciones Aisladas por Gas de 170 kV a 300 kV
SIEMENS, México 2001

SUBESTACIONES ELÉCTRICAS COMPACTAS

Instalación y Mantenimiento
SIMENS, México 2001



SF₆ INSULATED SWITCHGEAR TYPE ENK
The Package Substation Concept
ABB Calor Emag Shaltanlagen AG

TYPE TEST REPORT THREE-PHASE METAL-ENCLOSED
SF₆ Gas Insulated Switchgear
ABB Calor Emag Shaltanlagen AG

SUBSTATION GIS TYPE EXK-01
Product Manual
ABB Calor Emag Shaltanlagen AG

SF₆ PHYSICAL AND CHEMICAL DATA
Cahiers Techniques
MERLIN GERIN, France 1995

SF₆ THE DIELECTRIC GAS
Cahiers Techniques
MERLIN GERIN, France 1995

REVIEW OF THE MAIN CURRENT INTERRUPTION TECHNIQUES
Cahiers Techniques
MERLIN GERIN, France 1995

INSTALACIONES BLINDADAS DE ALTA TENSIÓN CON
AISLAMIENTO EN GAS SF₆
SPRECHER ENERGIE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



SUBESTACIONES COMPACTAS
Manual
GE INDUSTRIAL SYSTEMS

ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA
Williams D. Stenvenson
Ed. Mc Graw Hill

LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL NÚM. 18500001-022-01
Para Subestaciones en Hexafluoruro de Azufre para la S. E. Zaragoza de
230 y 400 kV
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, México 2001

ENCICLOPEDIA ENCARTA 2001
MICROSOFT 2000

www.alstom.com
ALSTOM
Corporate Homepage

www.lfc.gob.mx
Luz y Fuerza del Centro
Pagina de Internet

www.cfe.gob.mx
Comisión Federal de Electricidad
Pagina de Internet

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**