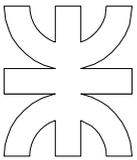


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Unidad N°3:

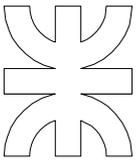
Estaciones Transformadoras



Las Redes Eléctricas están formadas por:

- Generadores,
- Líneas, cables,
- Transformadores,
- Demanda,
- Etc.

Se conectan mediante nudos formados por las barras colectoras, donde acometen las Estaciones Transformadoras (EE.TT).

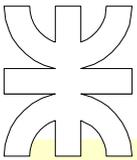


En una ET encontramos principalmente:

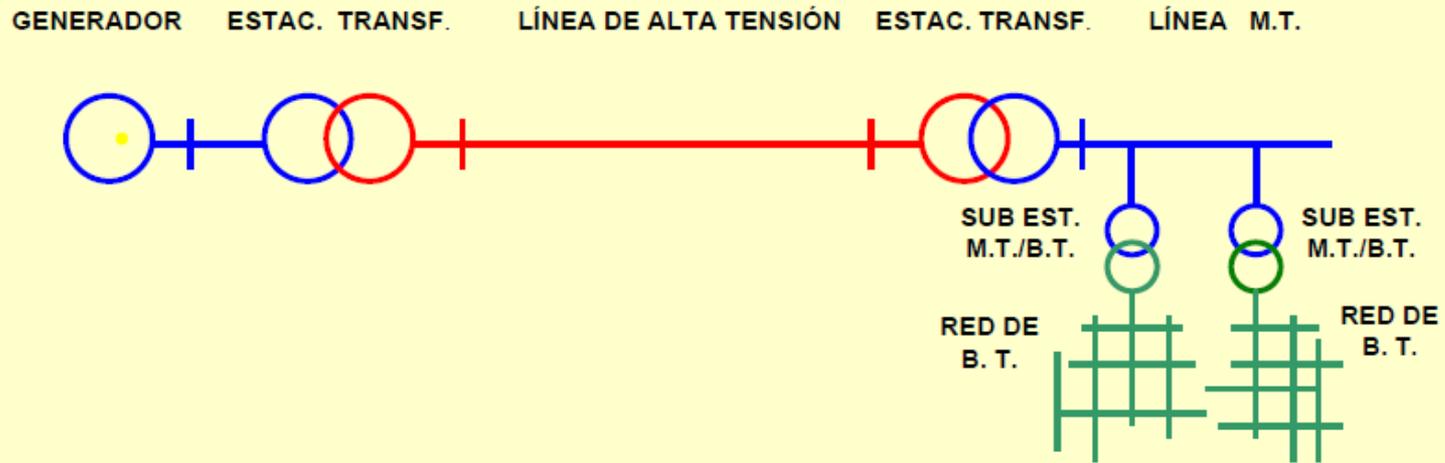
- **Barras colectoras,**
- **Campos, acometidas,**
- **Aparatos de maniobra. Interruptores y Seccionadores.**
- **Transformadores,**
- **Elementos de Compensación,**
- **Servicios Auxiliares,**
- **Reactores de puesta a tierra,**
- **Mallas de puesta a tierra,**

La ET será sede de los elementos de protección que a ella acometen

- **Sala de comando,**
- **Celdas de media tensión,**
- **Aparatos o instrumentos de medidas y los TI y TV correspondientes,**
- **Sistemas de comunicaciones,**
- **Interfaz de estados y mediciones para el telecontrol SCADA.**



ESQUEMA BÁSICO



Geográfico SADI:

- [..\Material extra\EPE\Unifilares\GEOSADI2016 03.pdf](#)

Unifilar SADI:

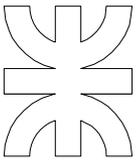
- [..\Material extra\EPE\Unifilares\UNI2016 03 PROP.pdf](#)
- [..\Material extra\EPE\Unifilares\UNI2016 03 TENSION.pdf](#)

Geográfico EPE:

- [..\Material extra\EPE\Unifilares\SANTAFE EPE-Model.pdf](#)

Unifilar EPE:

- [..\Material extra\EPE\Unifilares\UNIFILAR 2016 030316-Model.pdf](#)

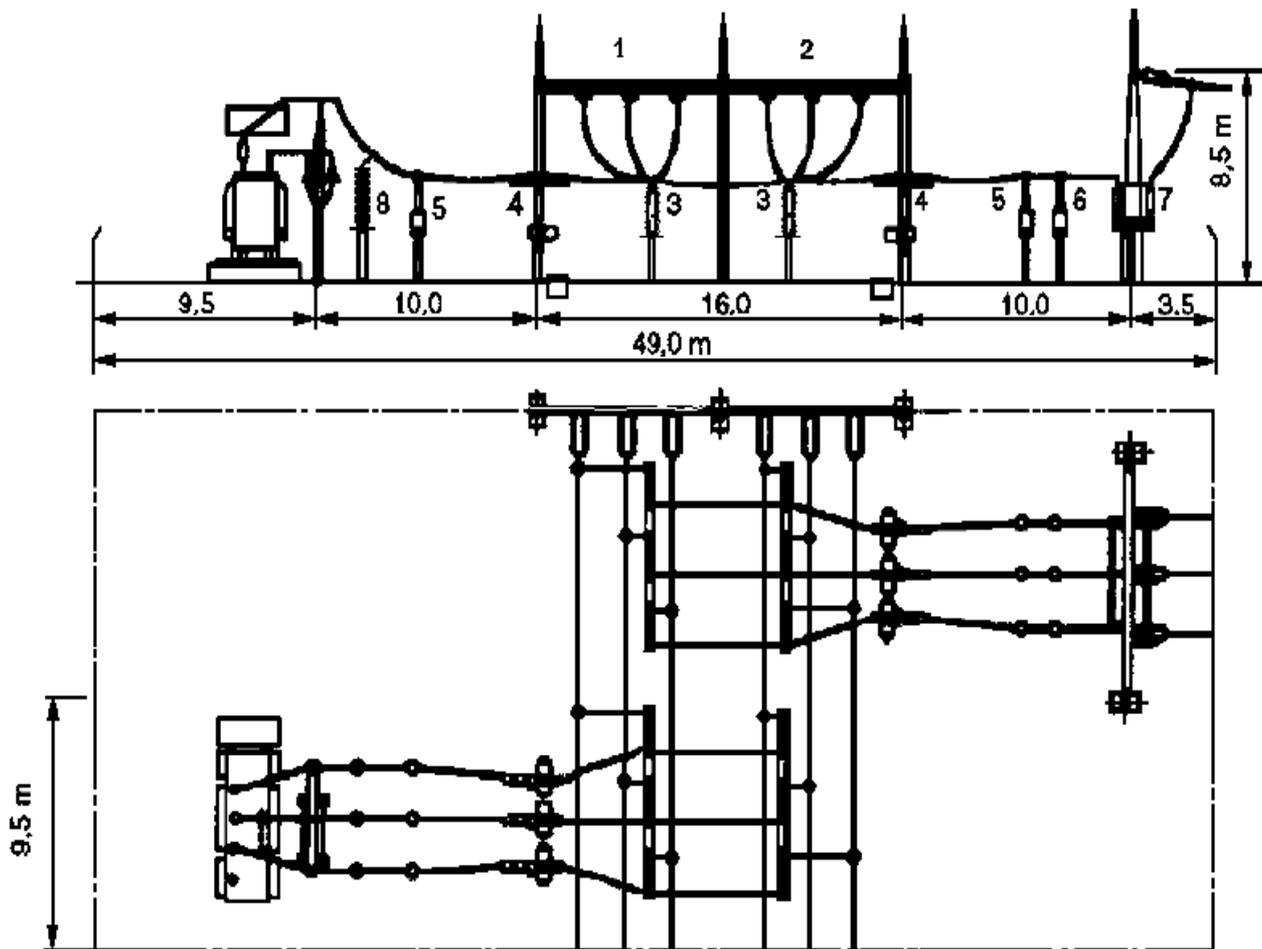


Clasificación de ET según su comportamiento en el Sistema de Transmisión:

- a) ET de Distribución o Seccionamiento (ES),**
- b) ET de Interconexión (ETI),**
- c) ET Principal o de Transformación (ETP).**

Clasificación de SET según su comportamiento en el Sistema de Distribución:

- a) Intemperie (mayoría aérea = SETA),**
- b) Nivel o Subterránea (SET),**
- c) Blindadas (GIS),**
- d) Rurales (en desuso, en pequeños poblados, cuando no es posible en intemperie)**



ET DOBLE JUEGO DE BARRAS EN EL PLANO SUPERIOR

1 y 2: JUEGO DE BARRAS.

3. SECCIONADOR DE BARRAS

4. INTERRUPTOR.

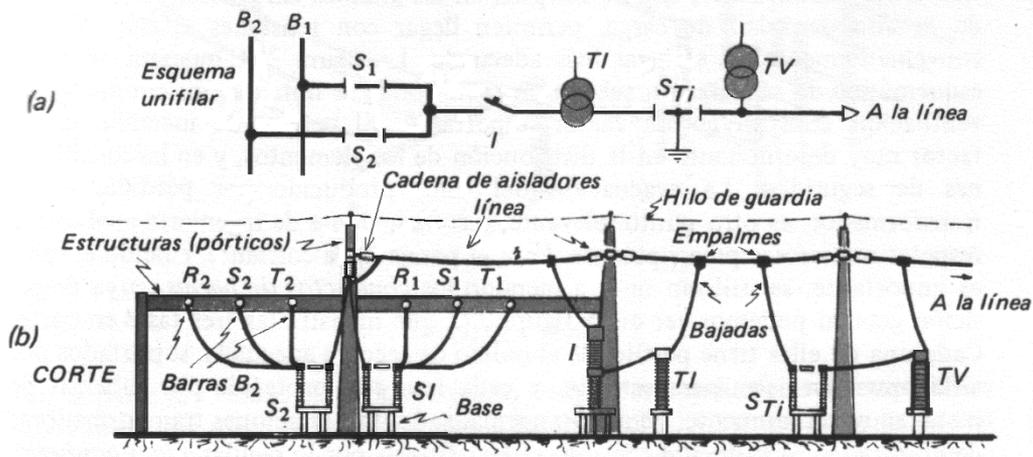
5. TI.

6. TT.

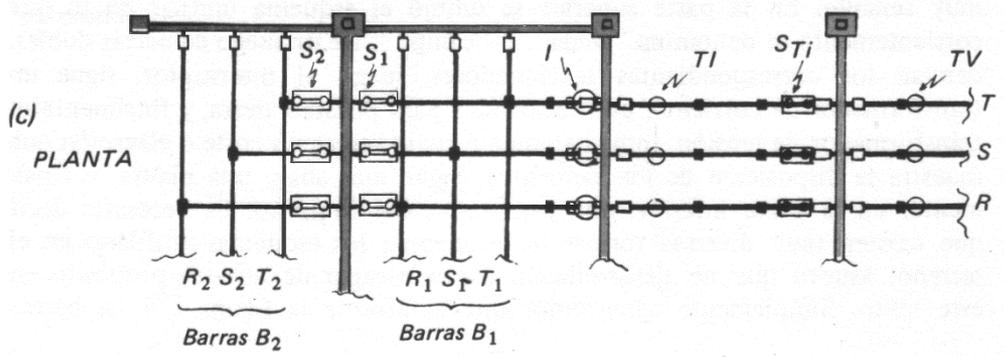
7. SECCONADOR DE SALIDA.

8. DESCARGADOR DEL TF.

Vistas en planta y elevación de Estaciones Eléctricas típicas indicando la disposición en el terreno de las barras y de las acometidas



ET DOBLE JUEGO DE BARRAS EN EL PLANO INFERIOR



B1 y B2: JUEGO DE BARRAS.

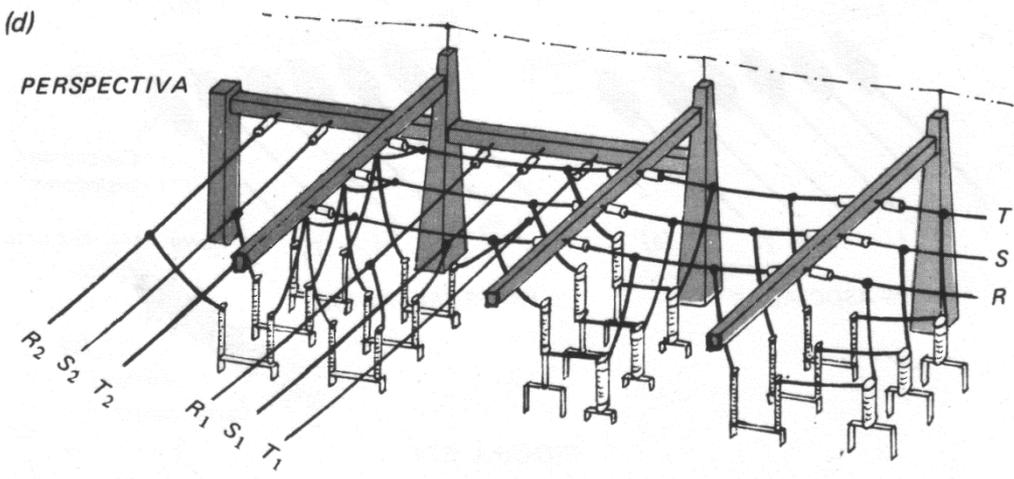
S1 y S2: SECCIONADOR DE BARRAS

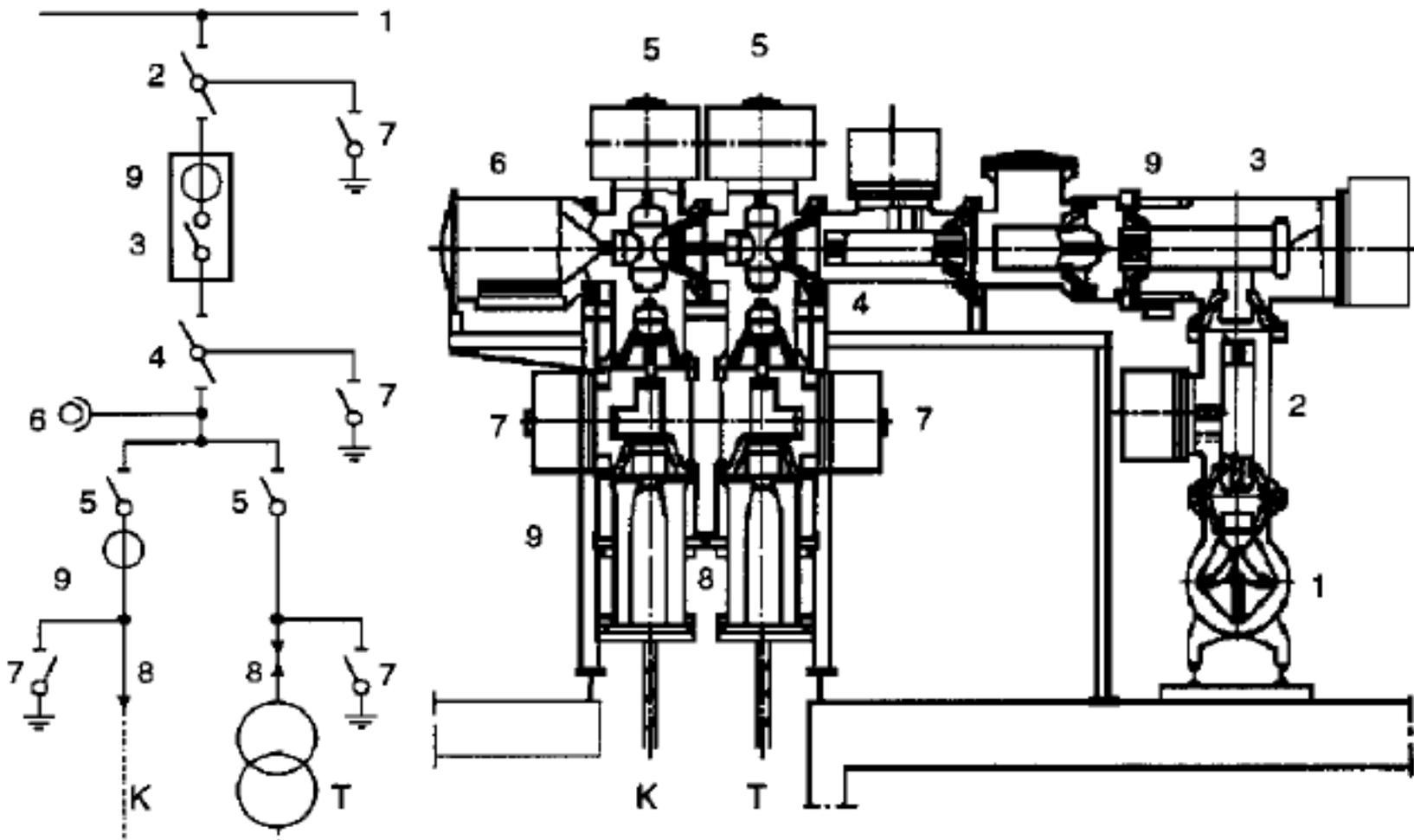
I. INTERRUPTOR.

TI. TRAFIO CORRIENTE

TT. TRAFIO TENSIÓN

S_{Ti}. SECCONADOR DE LINEA CON PAT





ESTACIÓN BLINDADA 132kV (GIS)

- 1 BARRA COLECTORA.
- 2 SECCIONADOR DE BARRA.
- 3 INTERRUPTOR.
- 4 SECCIONADOR DE SALIDA.

- 5 SECCIONADOR BAJO CARGA.
- 6 TT.
- 7 SECCIONADOR DE TIERRA.
- 8 CONEXIÓN A EQUIPO.
- 9 TI.

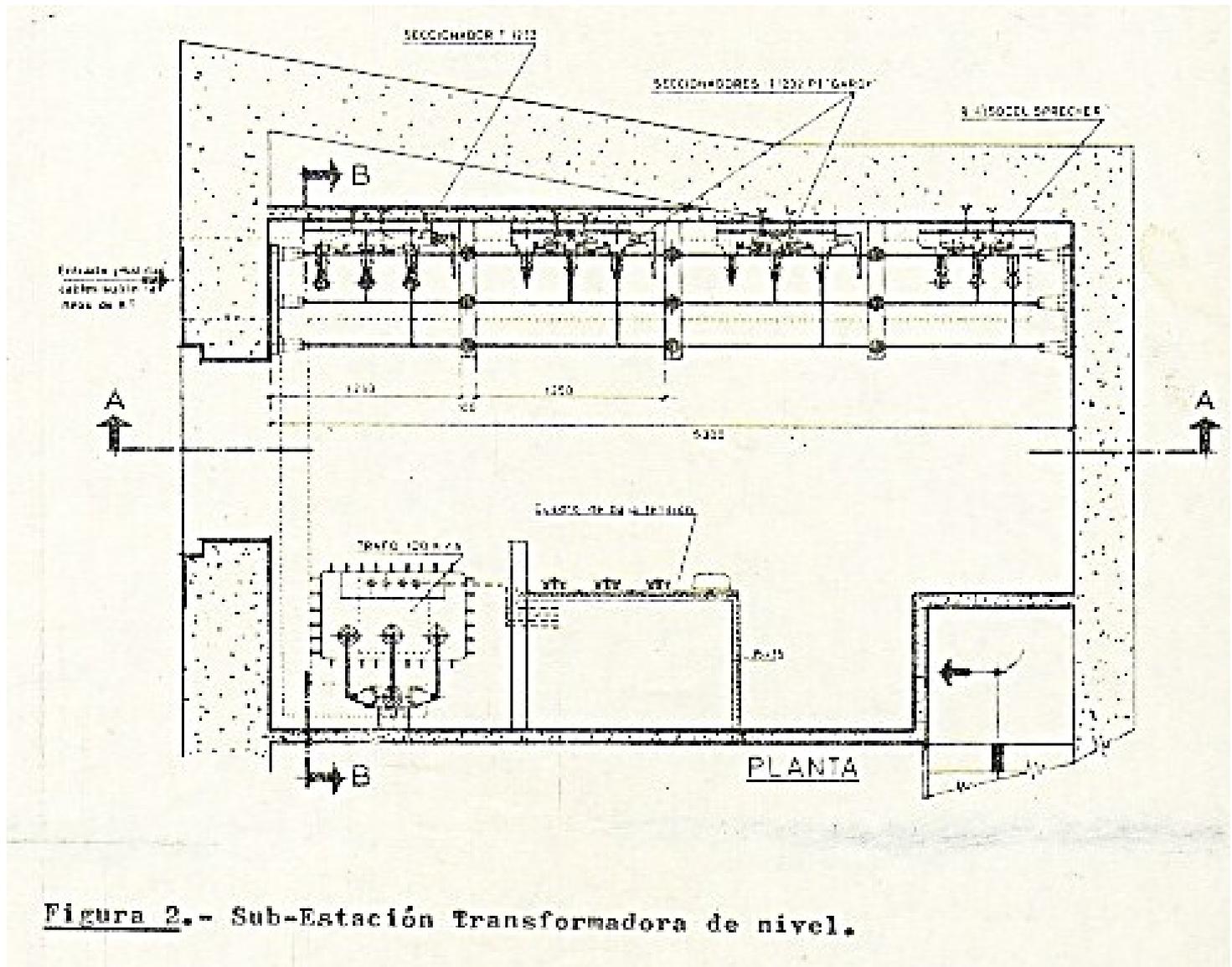


Figura 2.- Sub-Estación Transformadora de nivel.

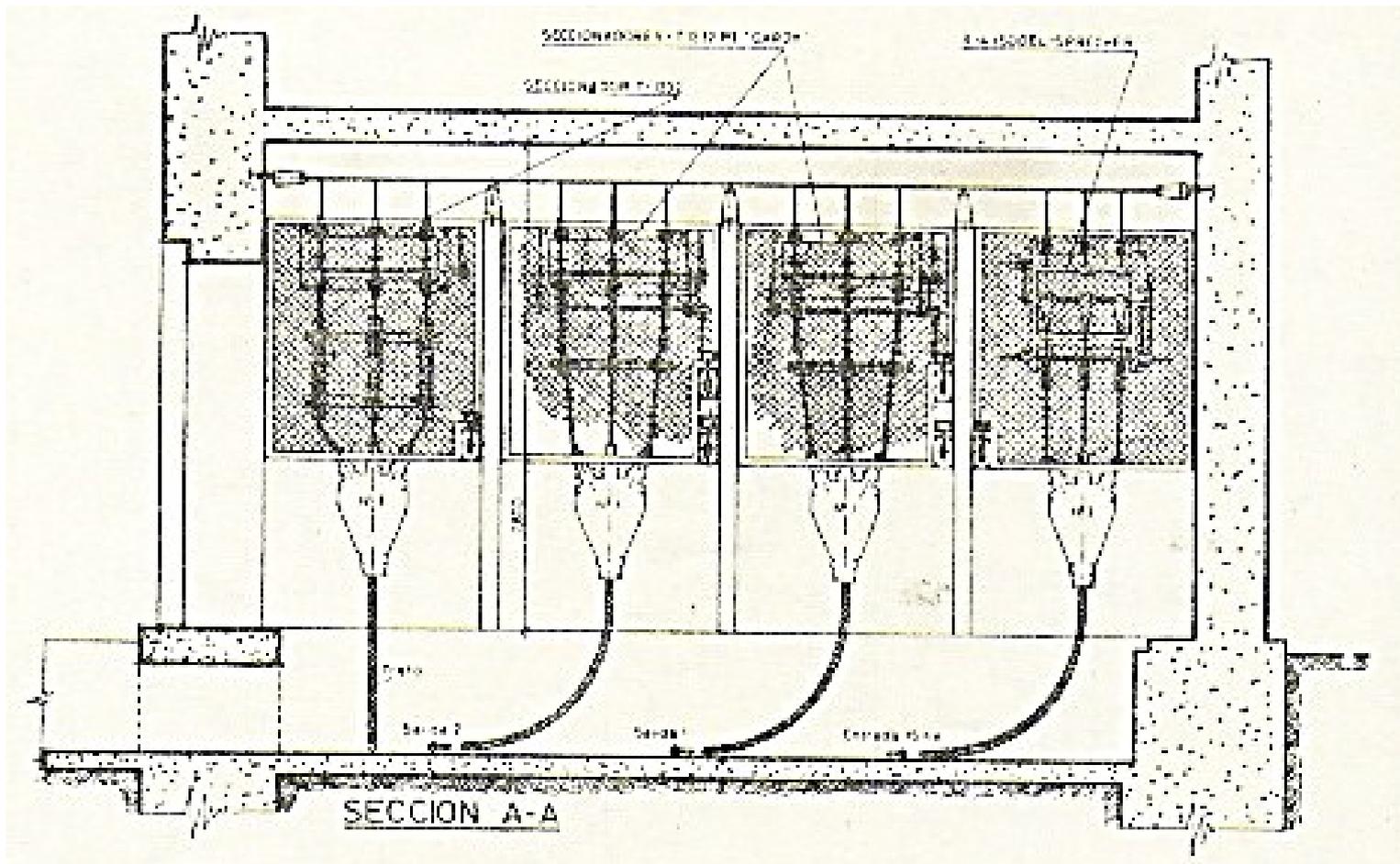


Figura 2.- Sub-Estación Transformadora de nivel.

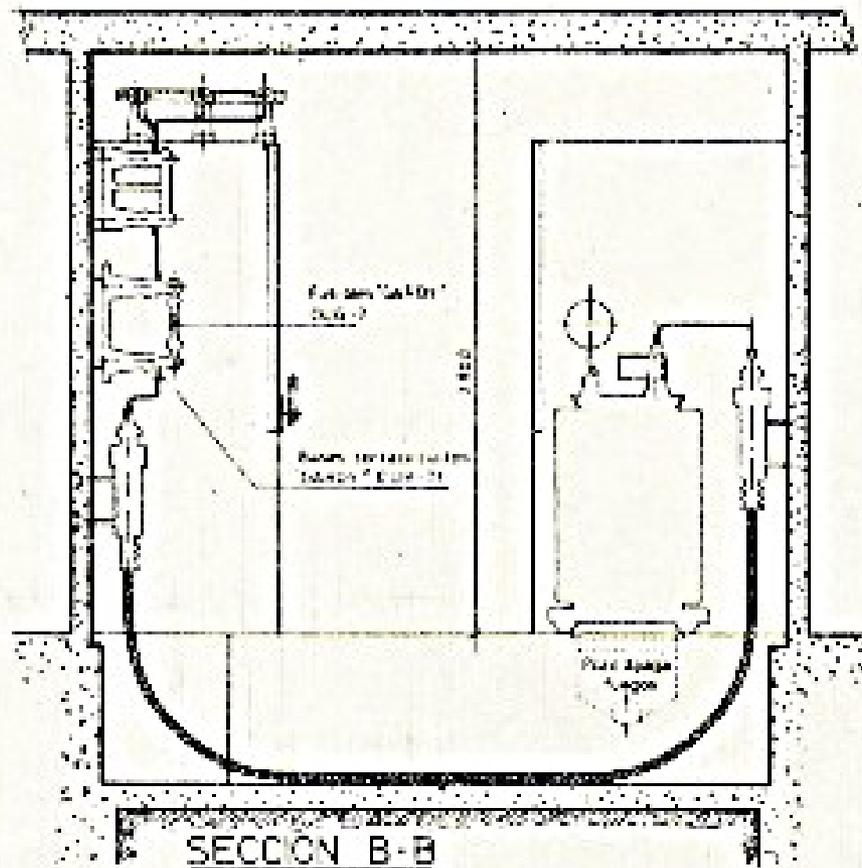
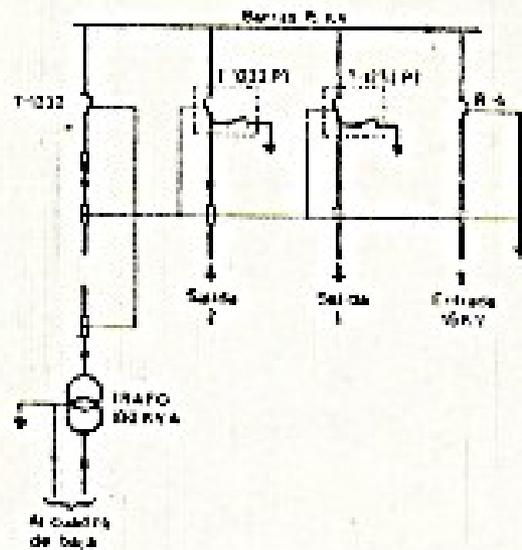


Figura 2.- Sub-Estación Transformadora de nivel.

ESQUEMA UNIFILAR



DETALLE CUERPO DE BARRA INTERIOR VISTA SUPERIOR

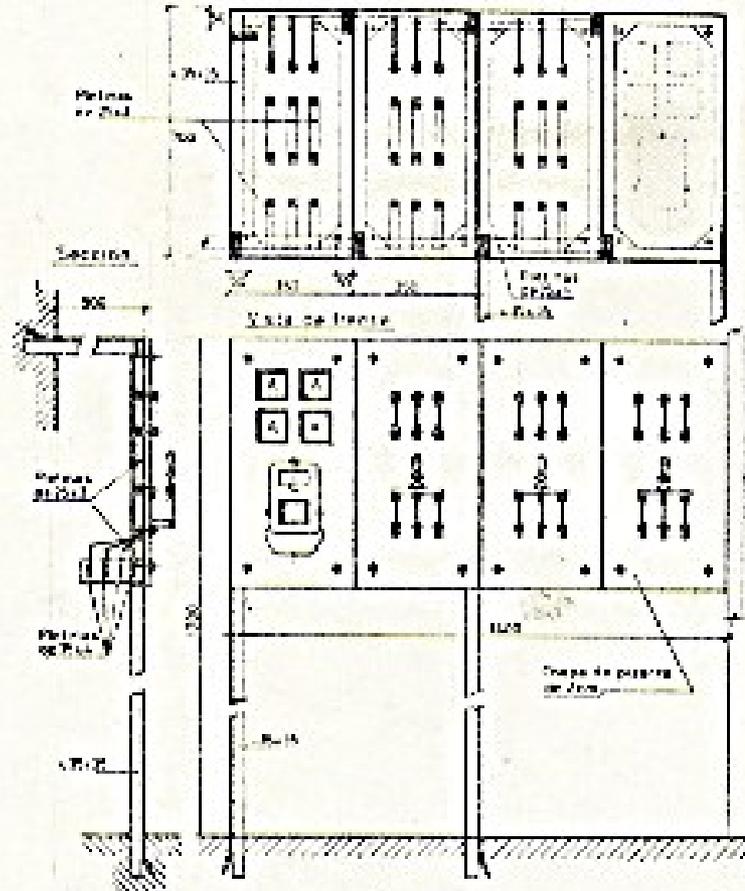
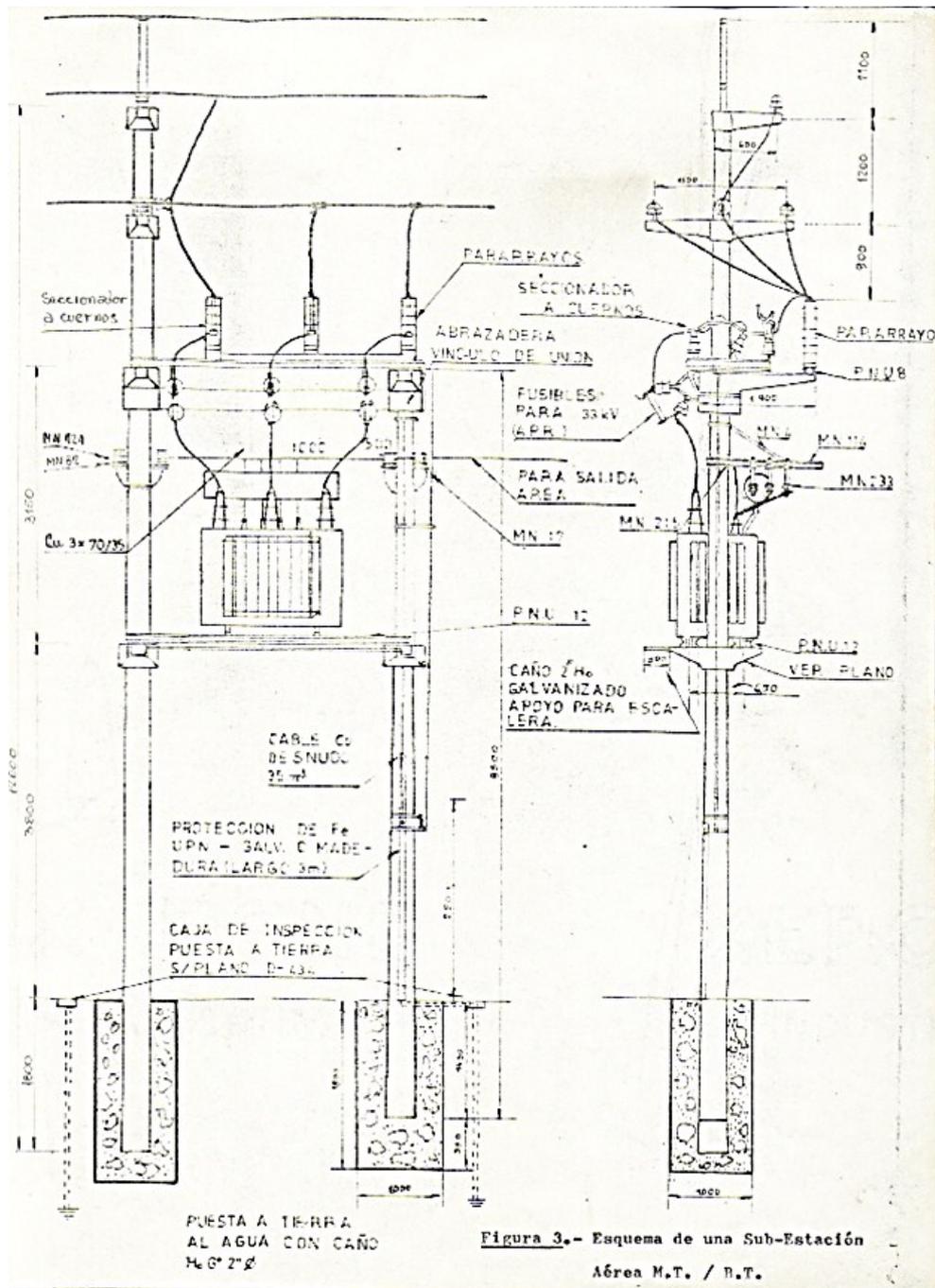
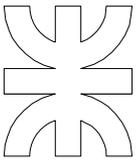


Figura 2.- Sub-Estación Transformadora de nivel.





Consideraciones Técnicas para el diseño de una ET:

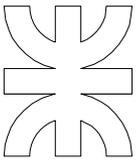
Conocer la configuración del Sistema Eléctrico existente y proyectado

1) Flujo de Potencia

- ✓ Capacidad del equipamiento
- ✓ Regulación de Trafos
- ✓ Capacidad de compensación necesaria de la red
- ✓ Protecciones

2) Cortocircuito

Niveles en barras de EE.TT. Con diferentes configuraciones de la red (barras, generación, etc.)



Consideraciones Técnicas para el diseño de una ET:

Conocer la configuración del Sistema Eléctrico existente y proyectado



3) Estabilidad (N-1)

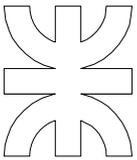
Para determinar interruptores y protecciones según tiempos de respuesta.

Recierres → sincronismo.



4) Sobretensiones

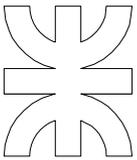
Niveles de aislamientos de equipos y de elementos de protección (relés, pararrayos, descargadores, hilos de guardia, etc.)



Diseño de una ET:

Para instalaciones Nuevas

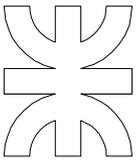
- a) Importancia**
- b) Magnitud**
- c) Confiabilidad**
- d) Espacio**
- e) Costos**
- f) Facilidad de ampliación y mantenimiento**
- g) Flexibilidad operativa**



Diseño de una ET:

Para instalaciones existentes

- a) Posibilidad de ampliaciones de circuitos principales y auxiliares**
- b) Grado de interrupción del servicio al implementar la ampliación**
- c) Grado de compromiso de las facilidades de mantenimiento, seguridad del personal, flexibilidad de la operación en la instalación existente**
- d) Grado de adaptación a la situación existente sin dañar su buen funcionamiento**



Configuración de la ET:

- Circuitos Principales
- Circuitos Auxiliares

Denominación de áreas y equipos

C_i : Campo de la ET

B_i : Barra de la ET

S_B : Seccionador de barra

I: Interruptor de línea, trafo, generador, cable, etc

S: seccionador de salida o acometida

ST: seccionador de transferencia

L: límite de la ET

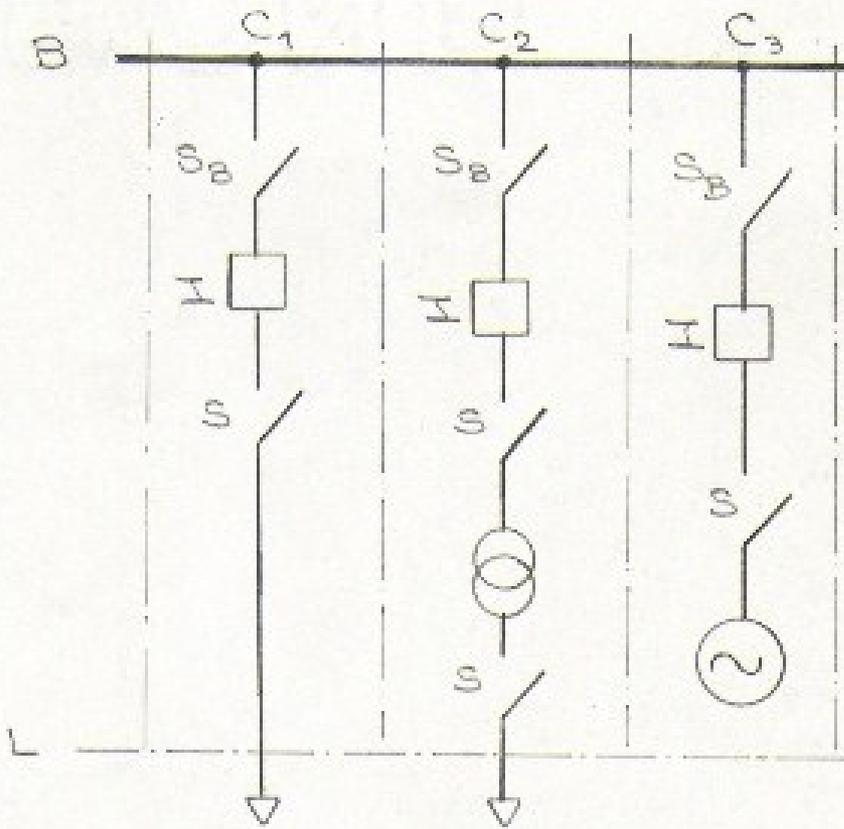
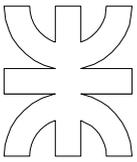


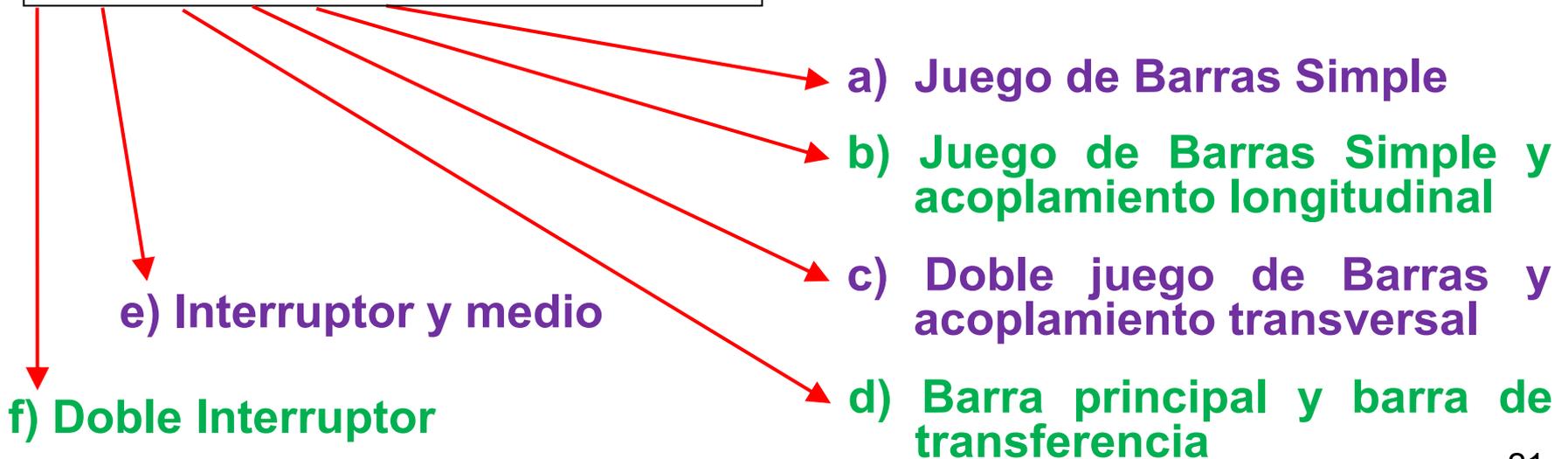
Figura 4.- Denominación de áreas y equipos.



Conexión de los circuitos principales de una ET:

- ❑ Se configura de acuerdo al tipo de servicio y flexibilidad operativa de la ET.
- ❑ Se analizan configuraciones típicas de ET (descontando posibilidad de configuraciones mixtas: aumentar seguridad, confiabilidad u operabilidad según importancia).

Esquemas de Barras de una ET





MANIOBRAS EN ESTACIONES TRANSFORMADORAS



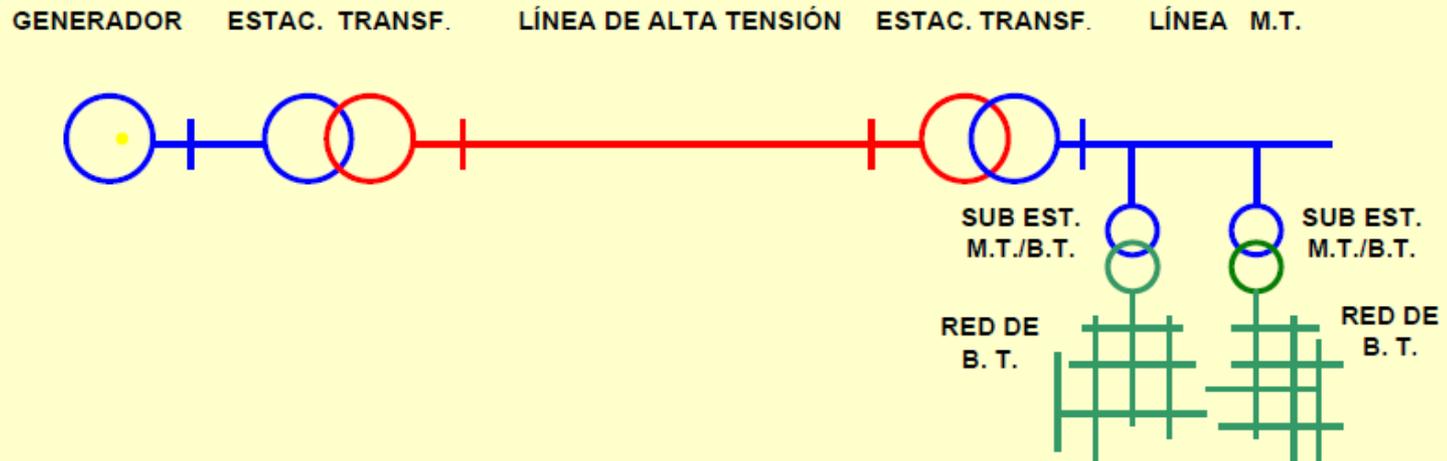
SISTEMA ELÉCTRICO – RAMAS Y NODOS

En general un sistema eléctrico está estructurado sobre la base de un conjunto de **ramas (líneas)** que se unen en forma de **mall**a y donde los puntos de convergencia de dos o más ramas constituyen un **nodo**. Dichos nodos en la mayoría de los casos lo constituyen las estaciones transformadoras.

Toda estación es en sí un punto particular del sistema. Es decir, éstas cumplen la doble función de ser lugares donde **se inyecta o extrae energía** y donde además es posible operar sobre las conexiones de las líneas para dar una configuración diferente a la topología de la red y consecuentemente una distribución distinta del flujo energético.

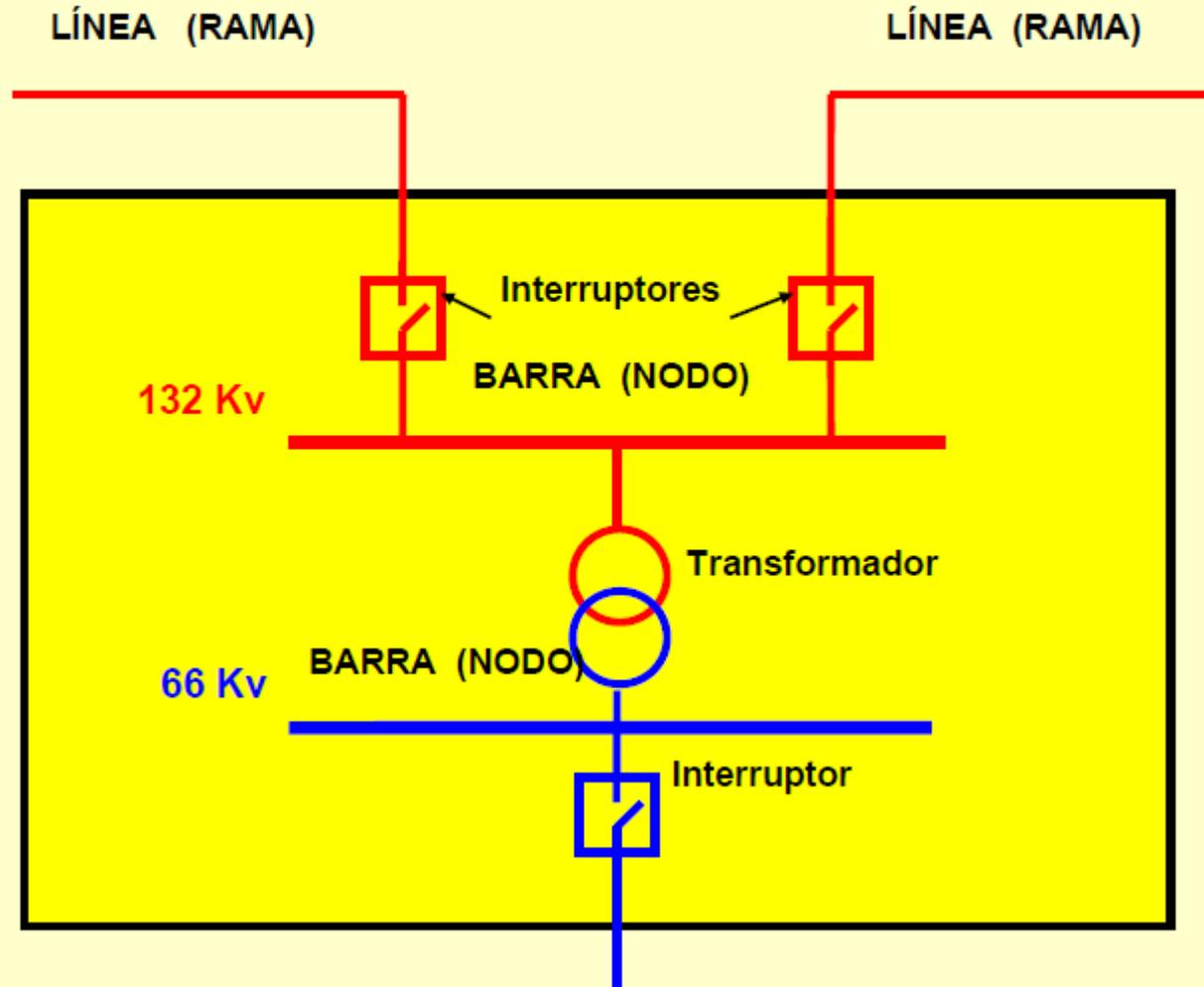


ESQUEMA BÁSICO





RAMAS Y NODOS EN EL SISTEMA





BARRAS DE LA ESTACIÓN

Las barras constituyen, el lugar eléctrico de conexión común a todos los circuitos involucrados: básicamente entradas y salidas de línea, entradas desde transformadores elevadores de generadores y salidas a, y de, transformadores reductores.

Como sirven de enlace entre los distintos circuitos convergentes, tienen una importancia fundamental en el funcionamiento de la estación y son por tanto su punto más crítico, ya que deben permanecer casi siempre bajo tensión, aún cuando por falla o por mantenimiento deba desactivarse algún circuito (salida de servicio).



EQUIPAMIENTO DE LOS ACCESOS A BARRAS

Cada circuito que se acopla a las barras, tiene un conjunto asociado de equipos que se disponen alineadamente.

La zona donde se instalan recibe el nombre de campo o vano.

Los campos son fundamentalmente de transformador, de línea y de acoplamiento de barras.

La conexión a las barras se realiza a través de un interruptor automático de potencia. Es el elemento encargado de abrir el circuito eléctrico en cualquier condición (en vacío, bajo carga, o en cortocircuito). Transformadores con o sin puesta a tierra, transformadores de medición, descargadores, etc.



LINEAMIENTOS GENERALES PARA ADOPCIÓN DE UN SISTEMA DE BARRAS (I)

Para 220 Kv

Doble barra, doble interruptor

Doble barra, interruptor y medio

Doble barra con transferencia y acoplamiento

Simple barra y barra de transferencia con acoplamiento

Para 132 Kv

Simple barra y barra de transferencia con acoplamiento

Doble barra con transferencia y acoplamiento

Doble barra y acoplamiento

Doble barra con doble interruptor

Triple barra y acoplamiento

Triple barra con transferencia y acoplamiento



LINEAMIENTOS GENERALES PARA ADOPCIÓN DE UN SISTEMA DE BARRAS (II)

La conexión en “T” no se admite en el sistema.

La conexión de simple juego de barras no se recomienda por ser muy rígida para el mantenimiento y presentar baja confiabilidad.

Para las tensiones de 33 y 13,2 kV se utilizarán los sistemas de juego simple de barras con **acoplamiento longitudinal**.

En circunstancias especiales que así lo requieran podrá utilizarse el doble juego de barras.

Para estas tensiones se seguirán las especificaciones de cada transportista en particular.

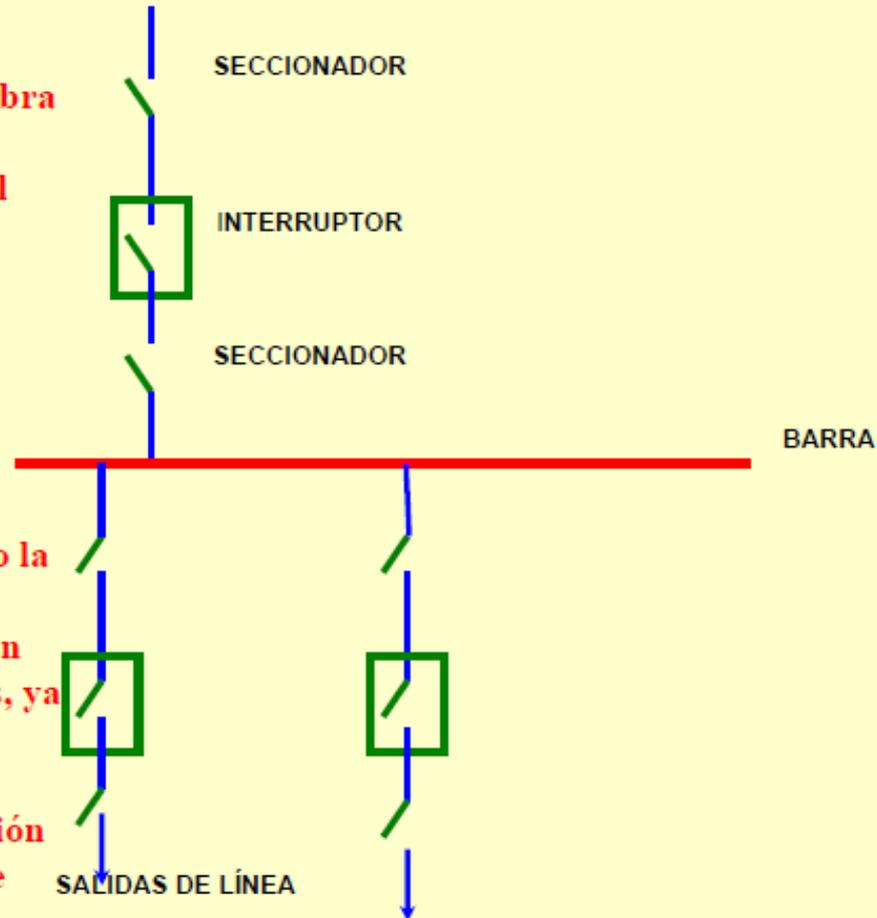


SISTEMAS DE BARRAS



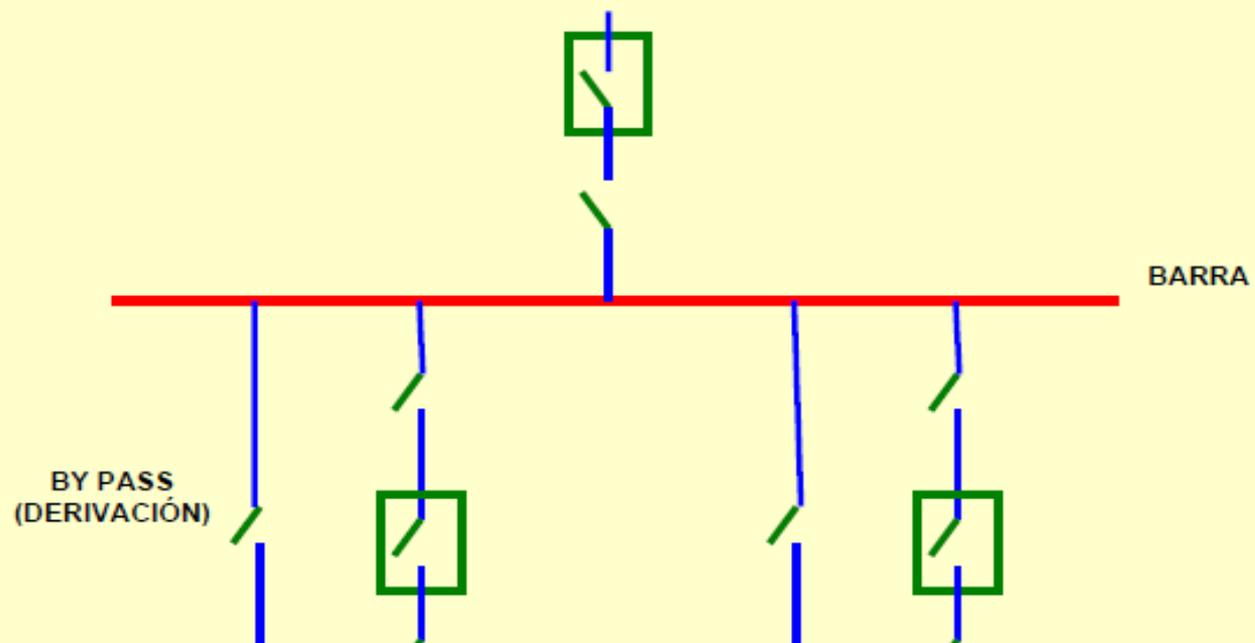
BARRA SIMPLE CON INTERRUPTOR SIMPLE

- VENTAJAS:***
- Instalación simple y de maniobra sencilla
 - Complicación mínima en el conexionado.
 - Costo reducido
- DESVENTAJAS:***
- Un avería en las barras interrumpe totalmente el suministro de energía.
 - El mantenimiento de un interruptor, elimina del servicio la salida correspondiente.
 - No es posible la alimentación separada de una o varias salidas, ya que no hay acoplamiento longitudinal.
 - Resulta imposible la ampliación de la ET sin ponerla fuera de servicio.





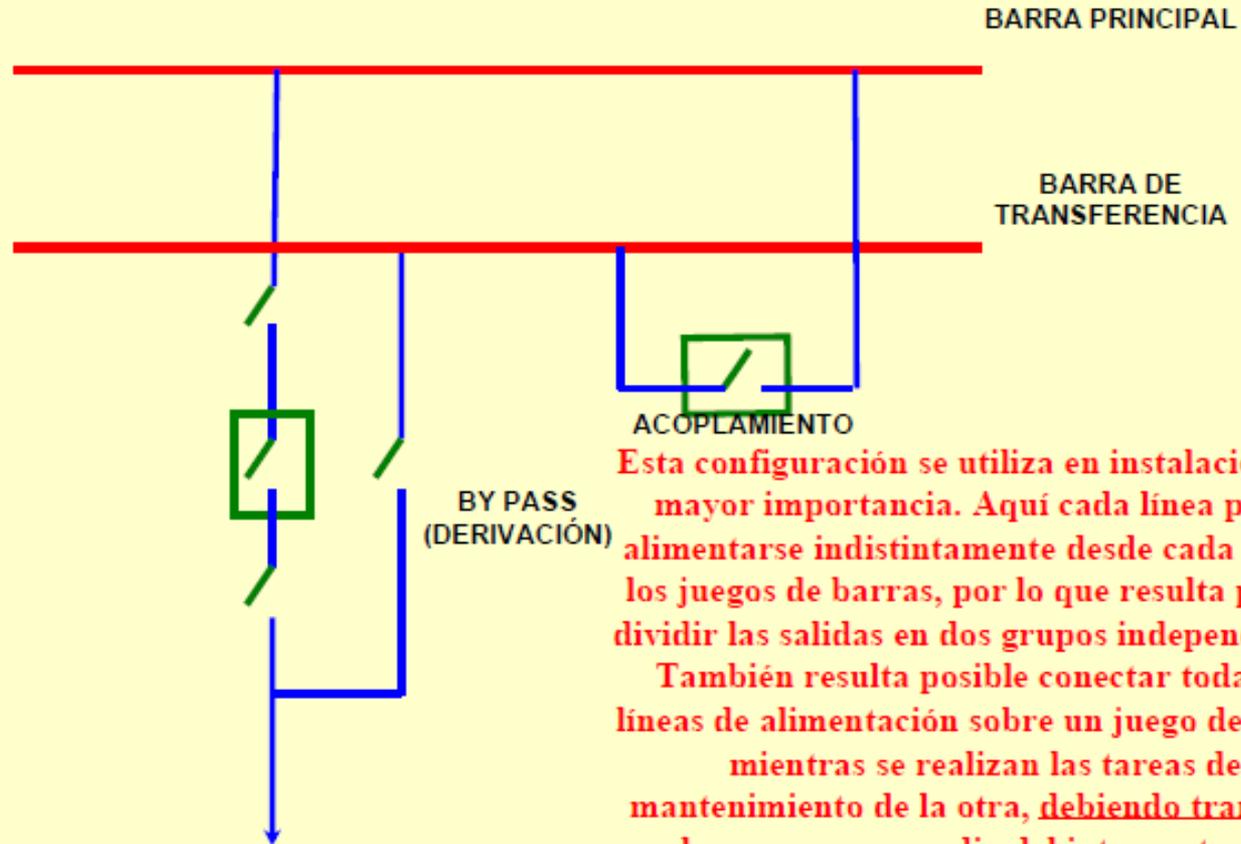
BARRA SIMPLE CON INTERRUPTOR Y SECCIONADOR EN DERIVACIÓN



Esta configuración es para evitar los inconvenientes que resultan de poner fuera de servicio las líneas de salidas por mantenimiento de interruptores, por lo que se instalan seccionadores en derivación con los interruptores, de forma tal que cerrando el seccionador en derivación y abriendo el interruptor y los seccionadores a cada lado del interruptor, la línea de salida puede permanecer en servicio (SIN PROTECCIÓN) mientras se realiza el mantenimiento al interruptor.



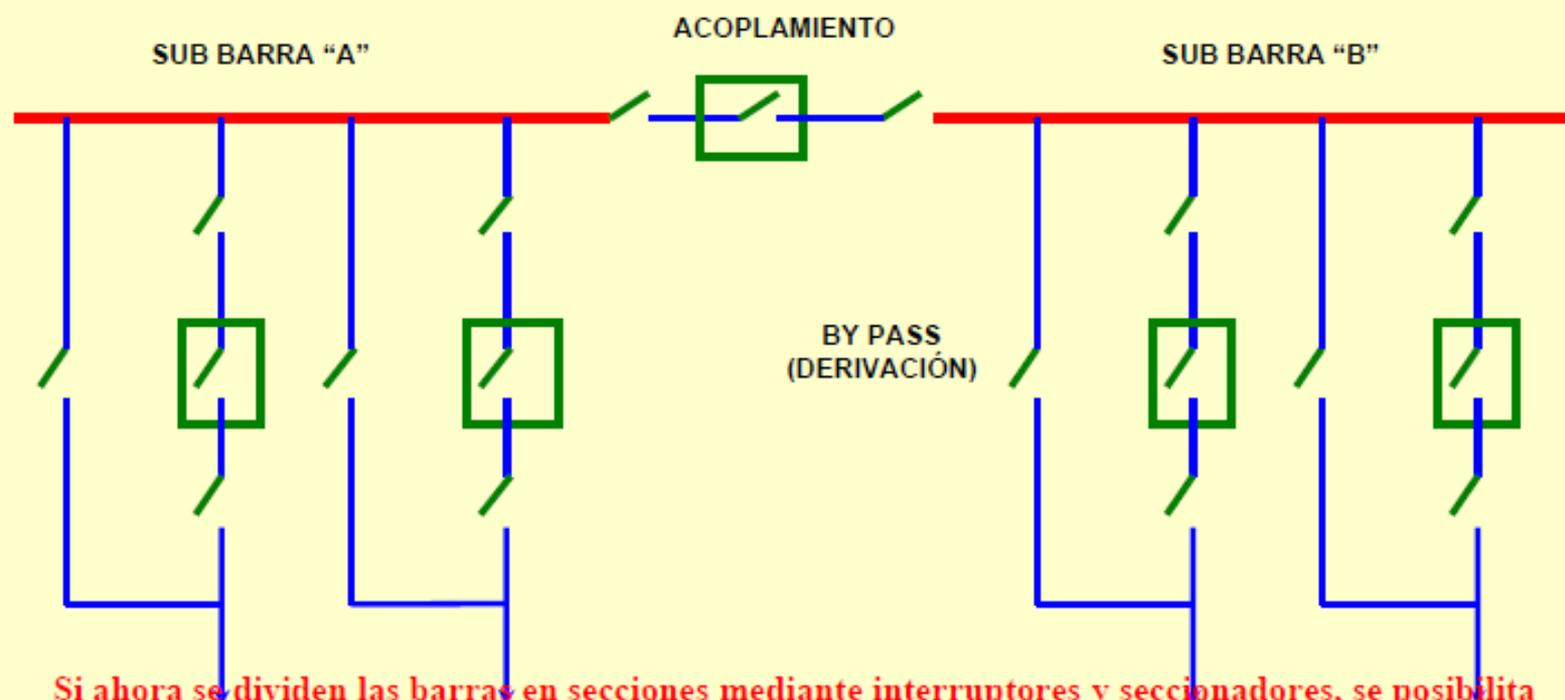
BARRA SIMPLE CON INTERRUPTOR SIMPLE, BARRA DE TRANSFERENCIA E INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO



Esta configuración se utiliza en instalaciones de mayor importancia. Aquí cada línea puede alimentarse indistintamente desde cada uno de los juegos de barras, por lo que resulta posible dividir las salidas en dos grupos independientes. También resulta posible conectar todas las líneas de alimentación sobre un juego de barras mientras se realizan las tareas de mantenimiento de la otra, debiendo transferir las cargas por medio del interruptor de acoplamiento.



BARRA SIMPLE CON INTERRUPTOR SIMPLE, E INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO

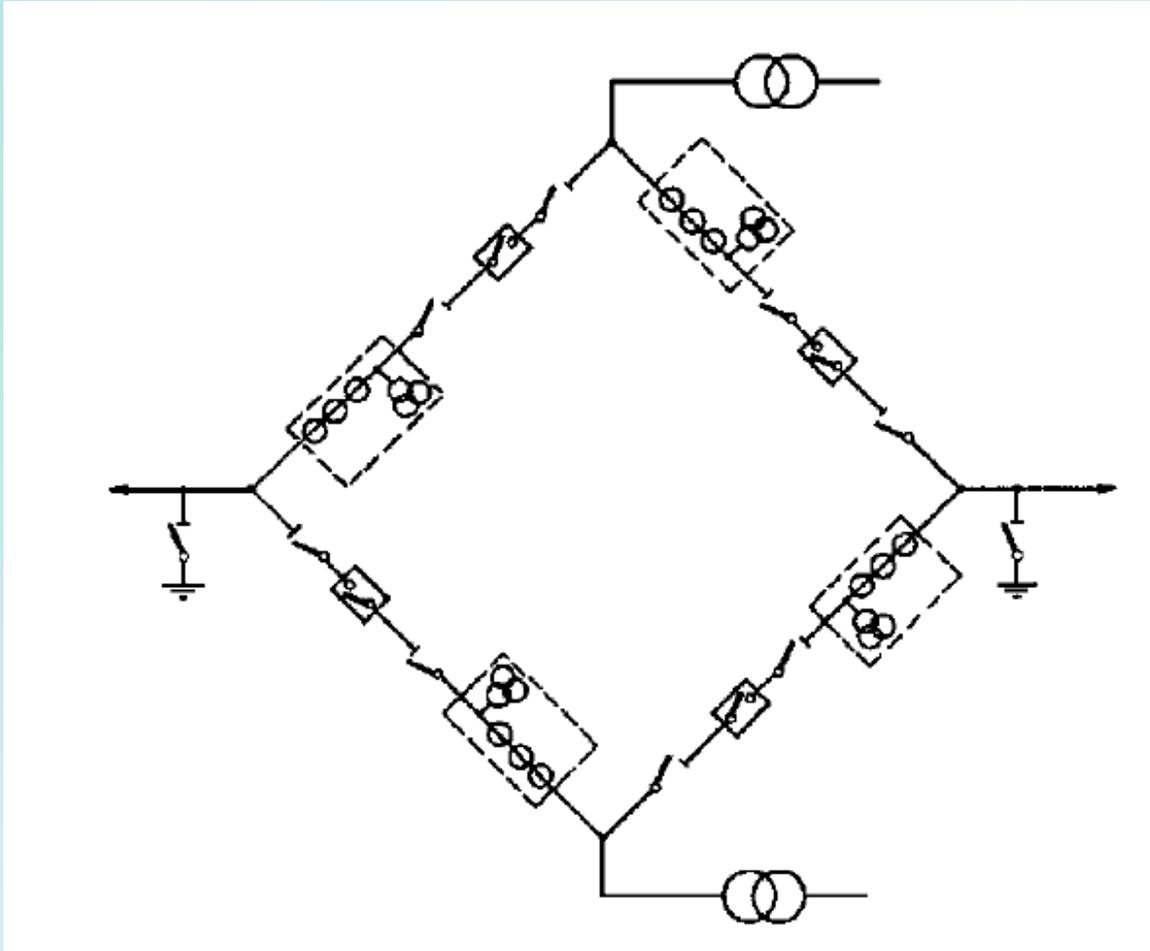


Si ahora se dividen las barras en secciones mediante interruptores y seccionadores, se posibilita que en caso de avería en las barras, quede limitada al sector afectado, quedando en servicio el resto de la instalación.

Con esta disposición es posible mayor flexibilidad en el funcionamiento de la ET especialmente para el mantenimiento.



BARRAS EN ANILLO

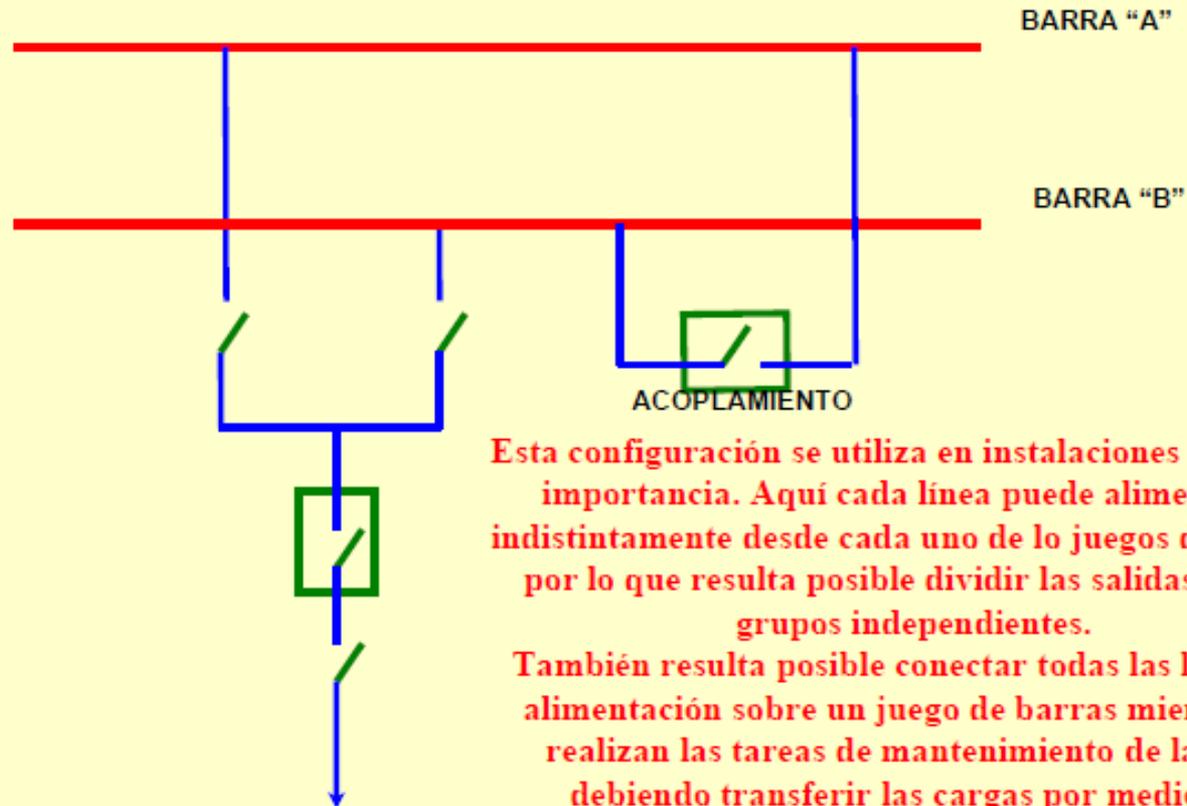


Esta disposición, ocupa el mismo terreno que una simple barra, y el mismo número de aparatos de maniobra.

Ventaja: se puede realizar mantenimiento en cualquier interruptor, sin sacar de servicio la salida.



BARRA DOBLE CON INTERRUPTOR SIMPLE, E INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO

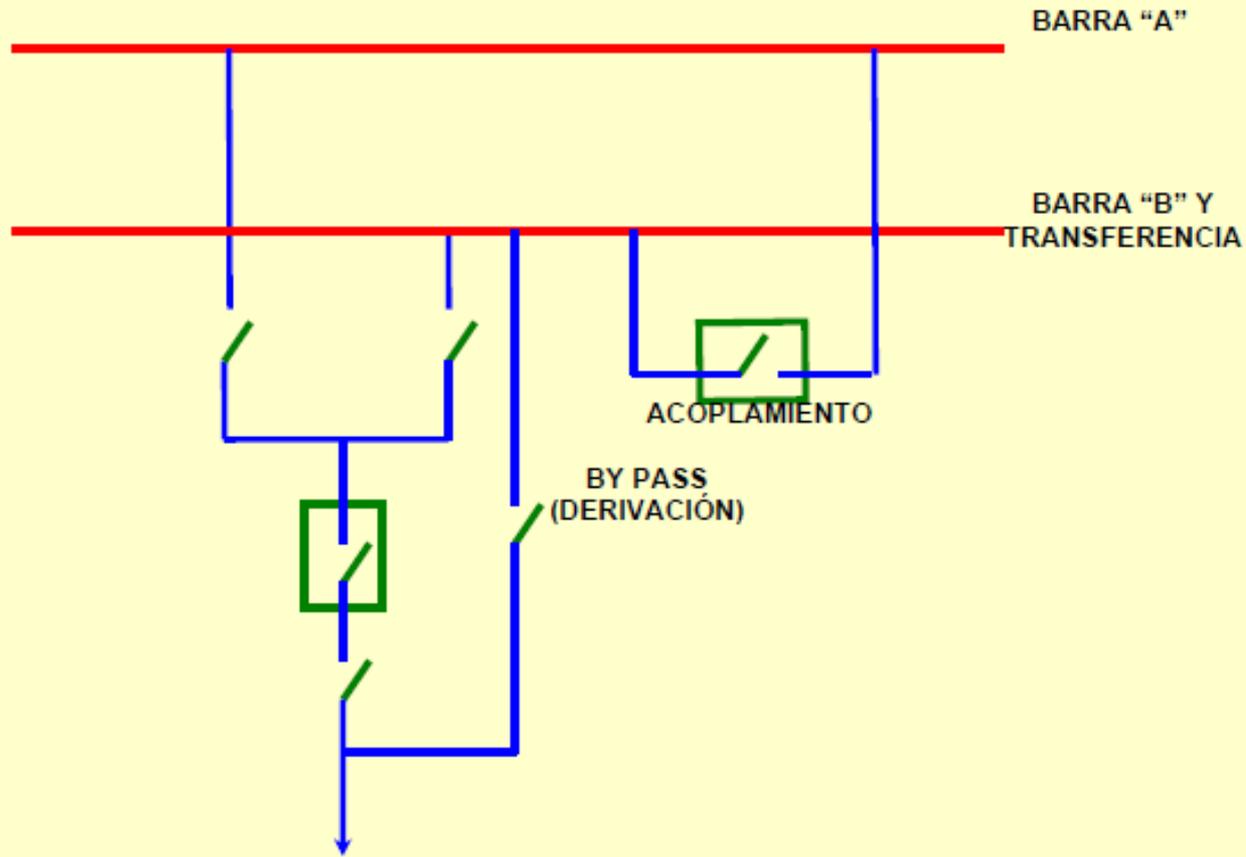


Esta configuración se utiliza en instalaciones de mayor importancia. Aquí cada línea puede alimentarse indistintamente desde cada uno de los juegos de barras, por lo que resulta posible dividir las salidas en dos grupos independientes.

También resulta posible conectar todas las líneas de alimentación sobre un juego de barras mientras se realizan las tareas de mantenimiento de la otra, debiendo transferir las cargas por medio del interruptor de acoplamiento.

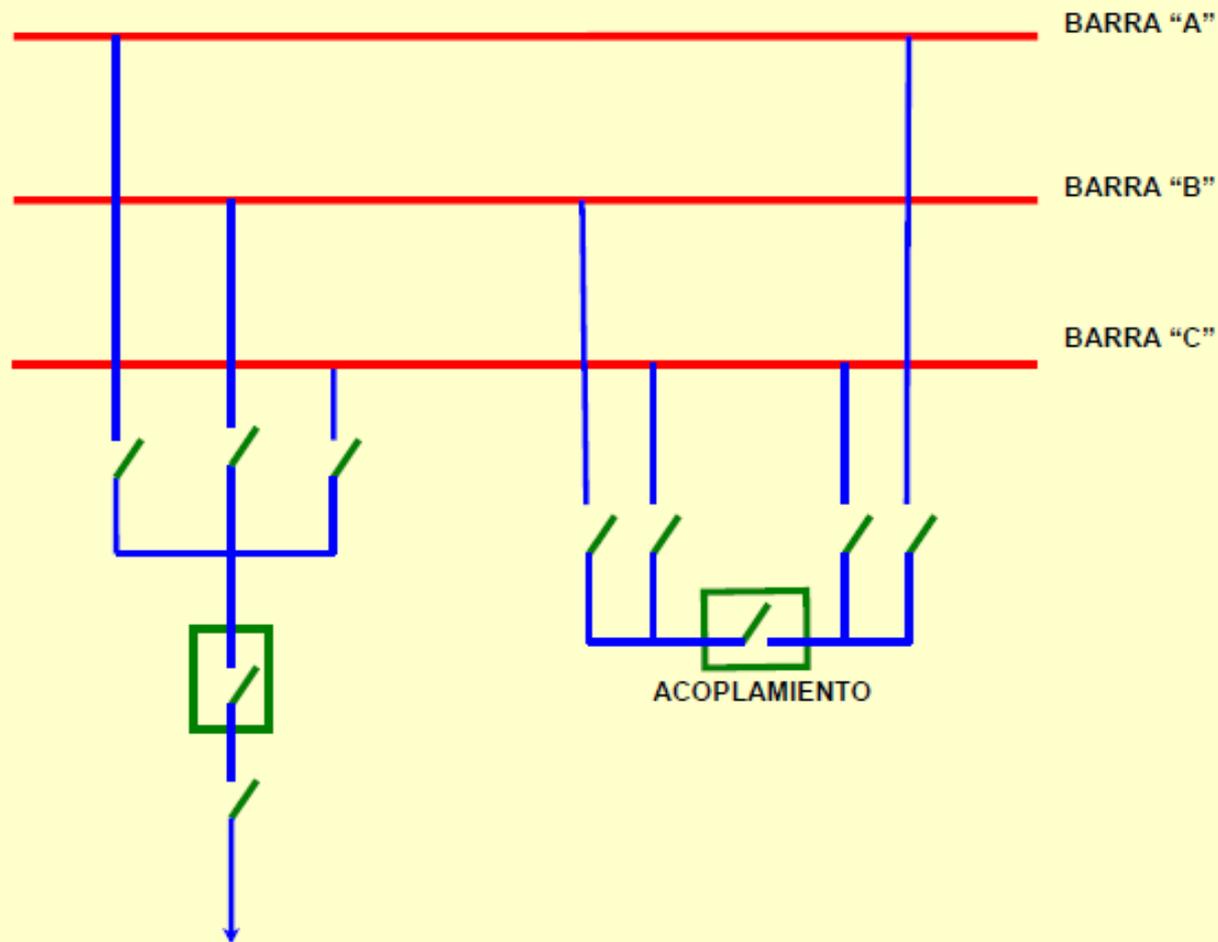


BARRA DOBLE CON INTERRUPTOR Y SECCIONADOR EN DERIVACIÓN A UNA DE ELLAS QUE HACE DE BARRA DE TRANSFERENCIA, E INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO



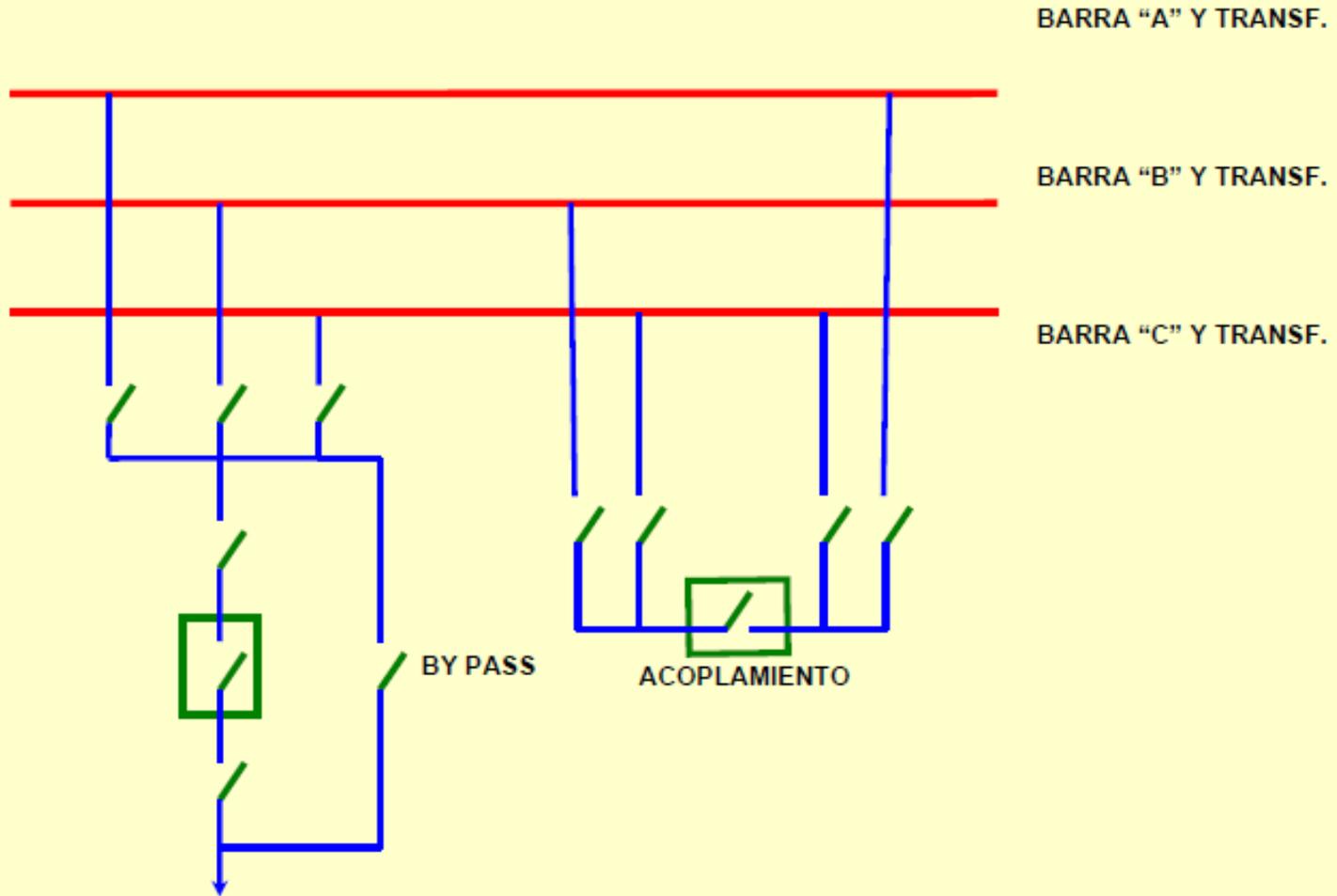


BARRA TRIPLE CON INTERRUPTOR SIMPLE Y CON INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO ENTRE LAS BARRAS



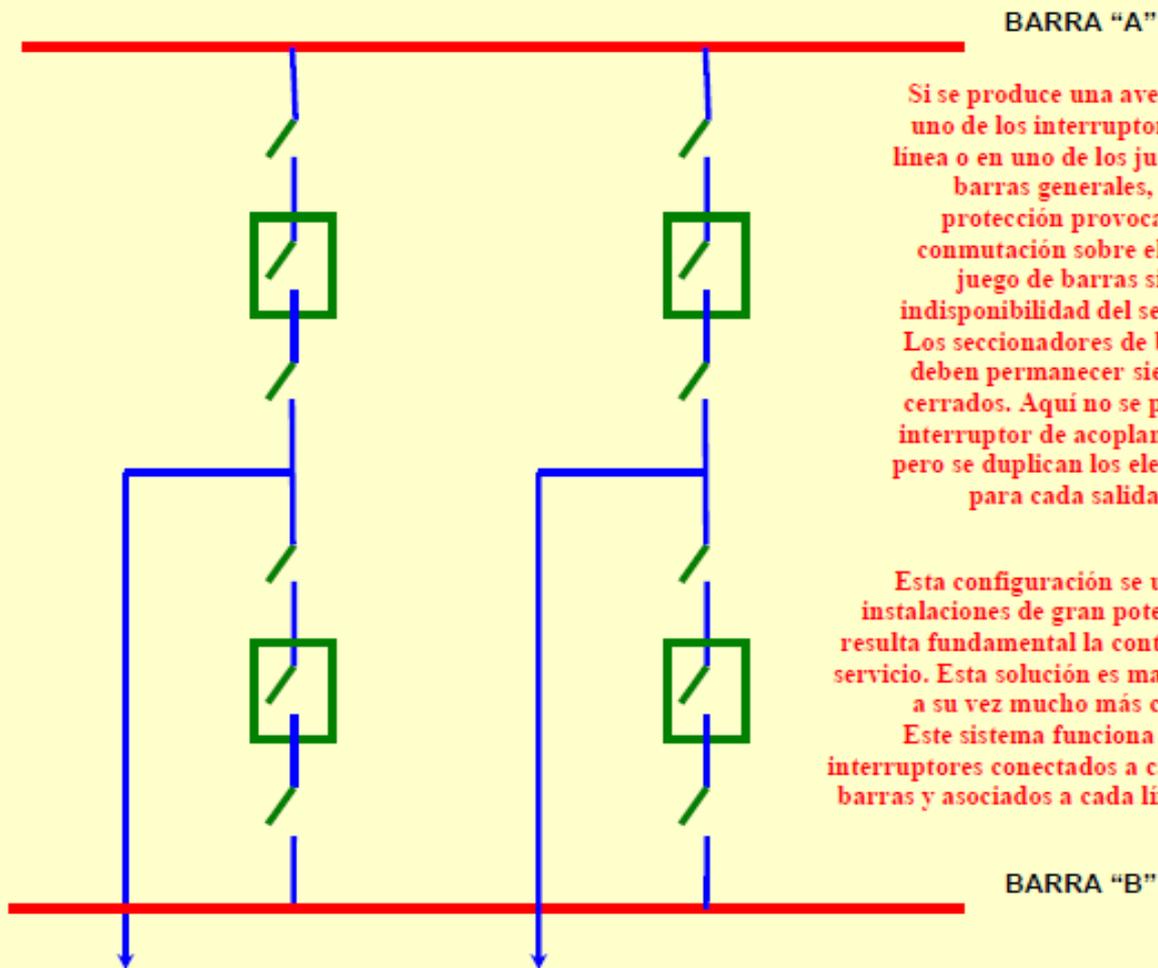


BARRA TRIPLE CON FUNCIONES DE TRANSFERENCIA EN CADA UNA, SECCIONADORES EN DERIVACIÓN E INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO





BARRA DOBLE CON INTERRUPTOR DOBLE



Si se produce una avería en uno de los interruptores de línea o en uno de los juegos de barras generales, la protección provoca la conmutación sobre el otro juego de barras sin indisponibilidad del servicio. Los seccionadores de barras deben permanecer siempre cerrados. Aquí no se precisa interruptor de acoplamiento, pero se duplican los elementos para cada salida.

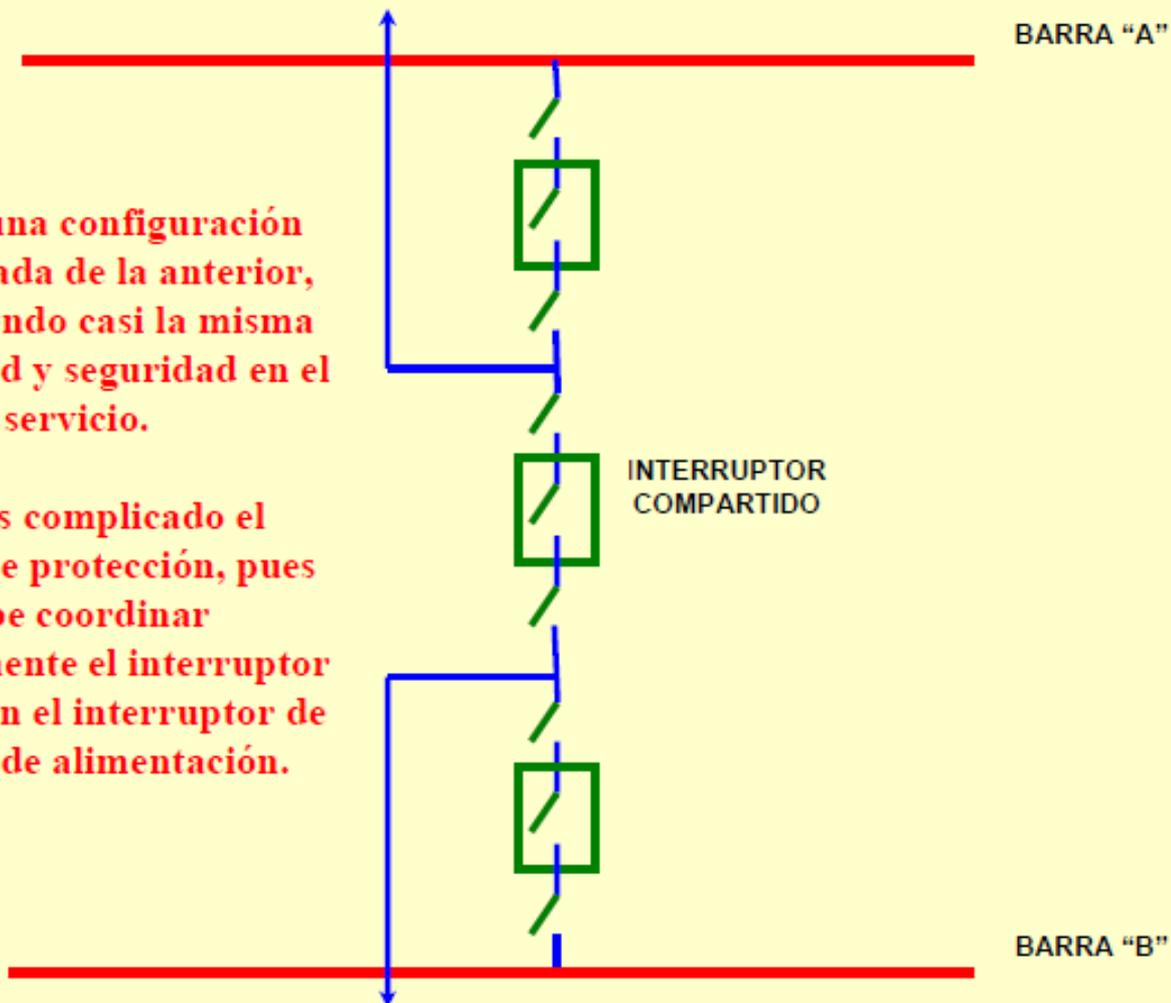
Esta configuración se utiliza en instalaciones de gran potencia donde resulta fundamental la continuidad en el servicio. Esta solución es mas segura pero a su vez mucho más costosa. Este sistema funciona con dos interruptores conectados a cada una de las barras y asociados a cada línea de salida.



BARRA DOBLE CON UN INTERRUPTOR SIMPLE Y UNO COMPARTIDO (1½)

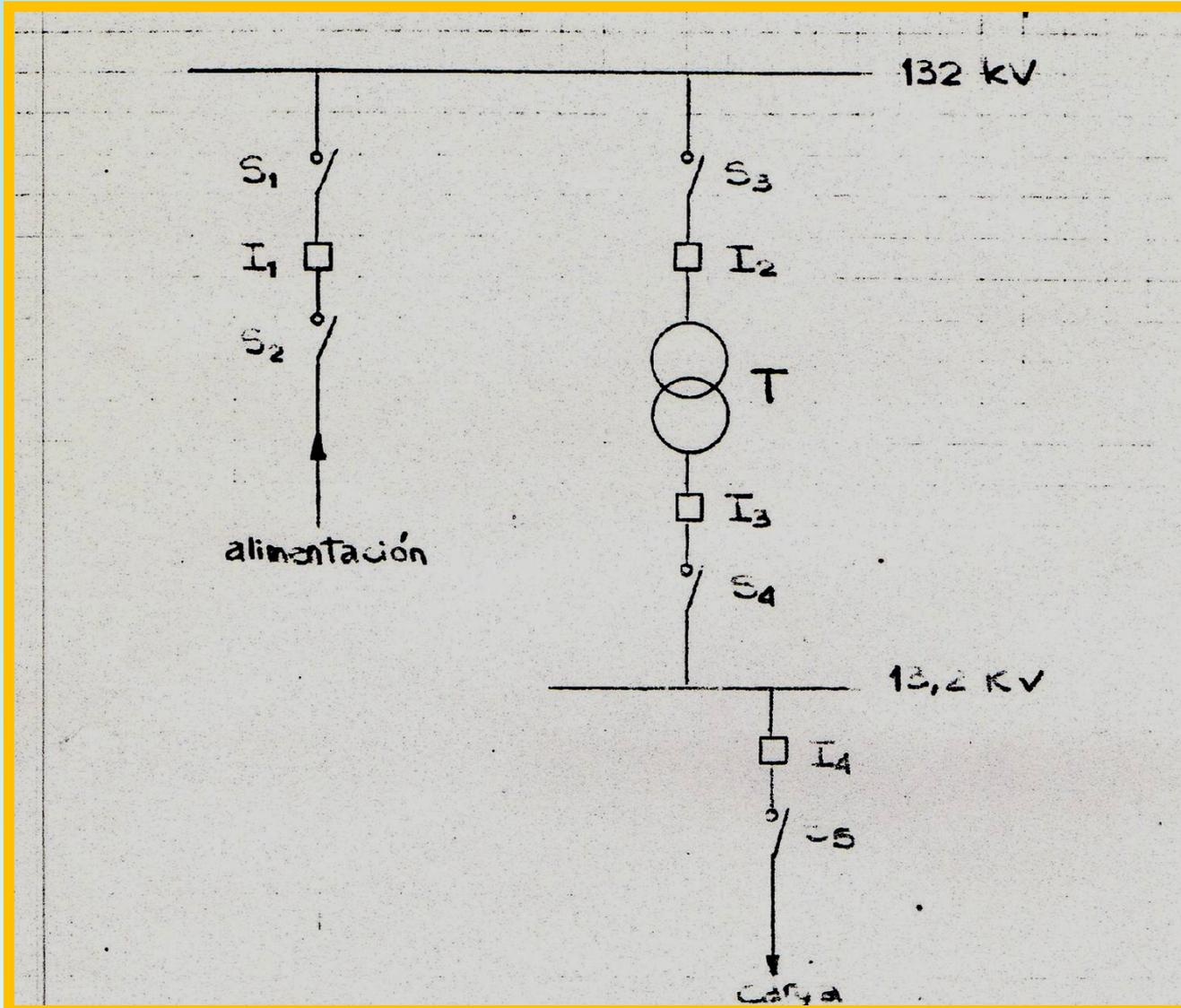
Esta es una configuración simplificada de la anterior, manteniendo casi la misma flexibilidad y seguridad en el servicio.

Es más complicado el sistema de protección, pues debe coordinar correctamente el interruptor central con el interruptor de la línea de alimentación.





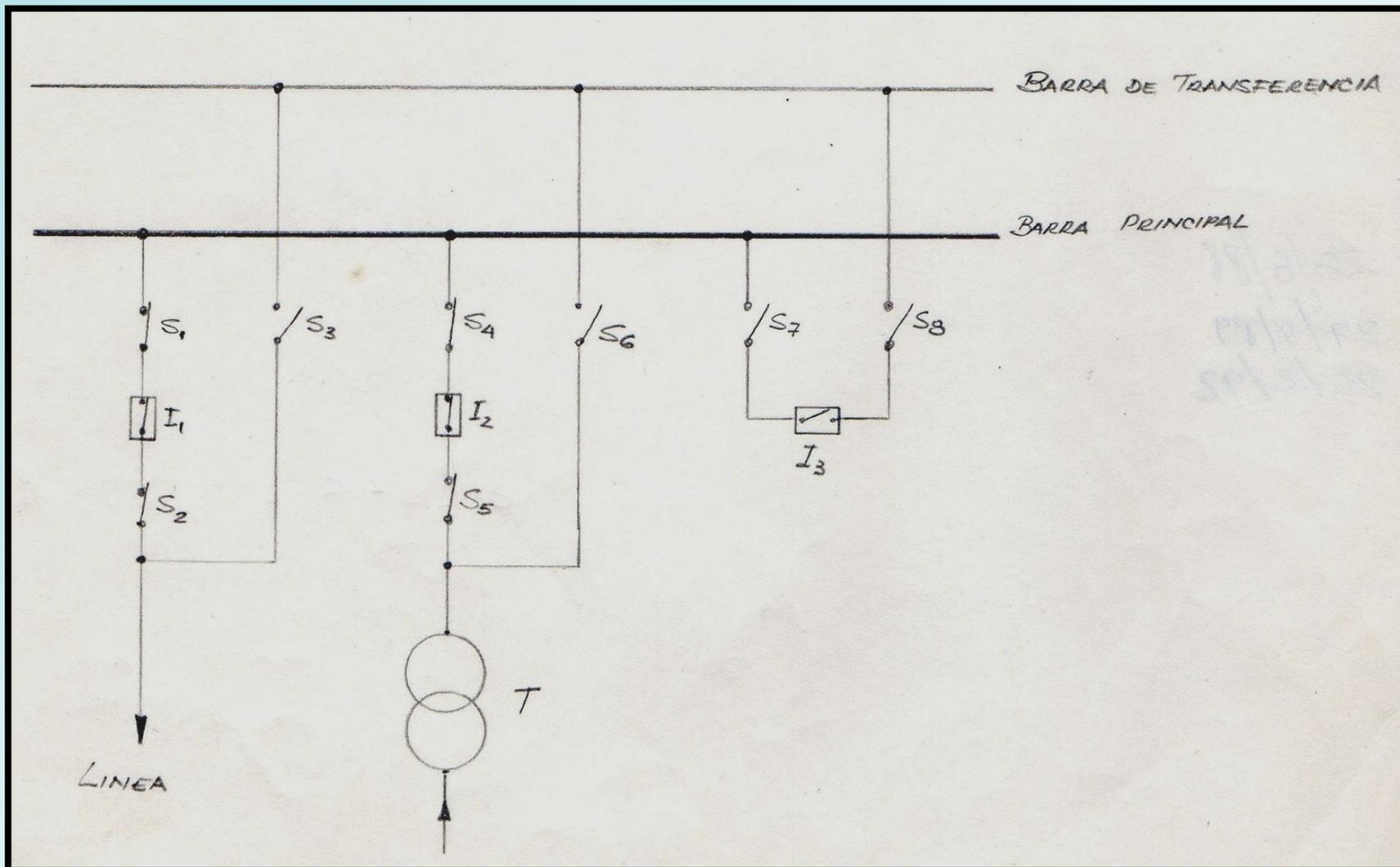
PONER EN SERVICIO LA ET.





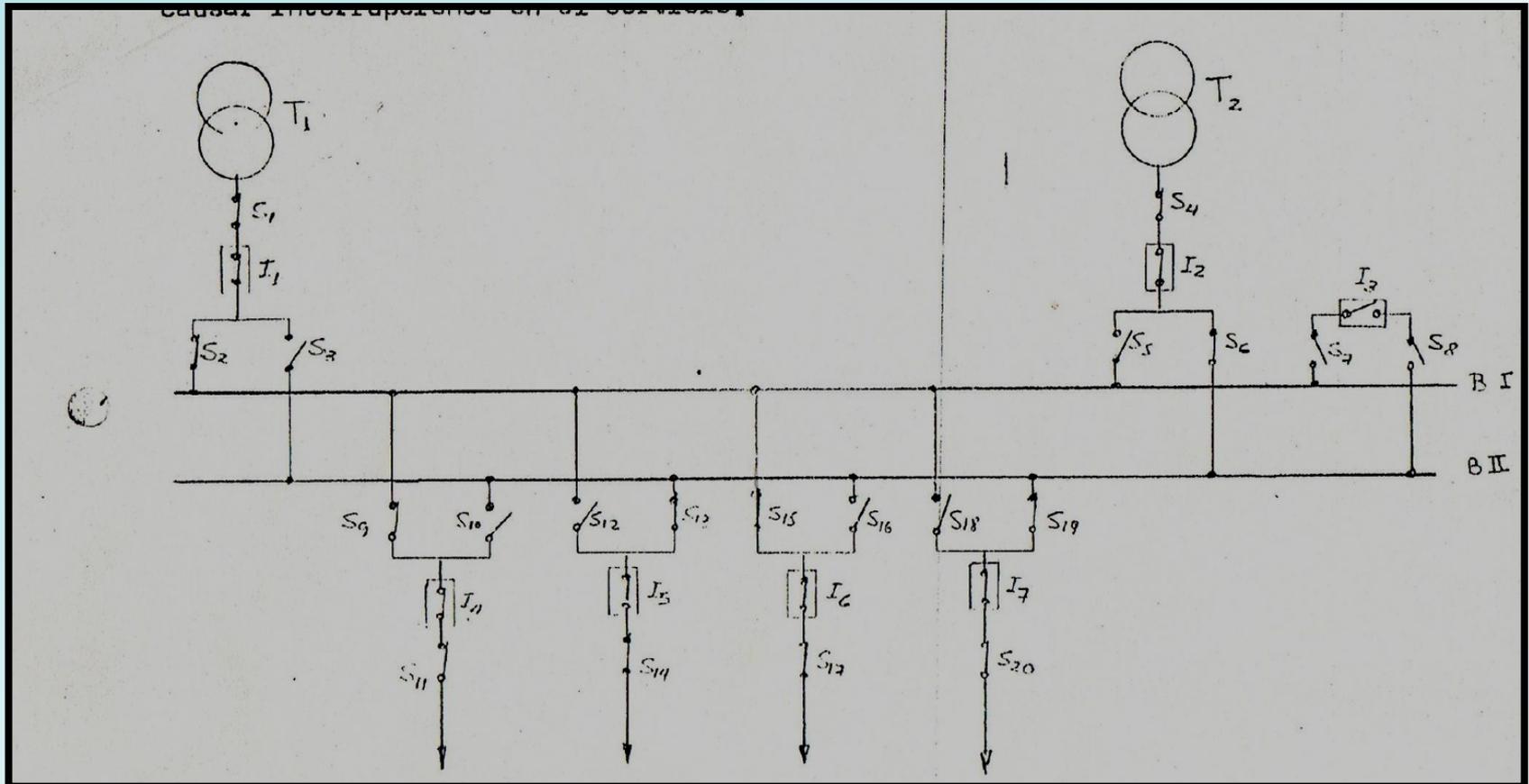
En una Estación Transformadora con barra principal y de transferencia, como se indica más abajo, se debe realizar mantenimiento en el interruptor Nro. 1. Indicar secuencia operativa.

Fundamentar

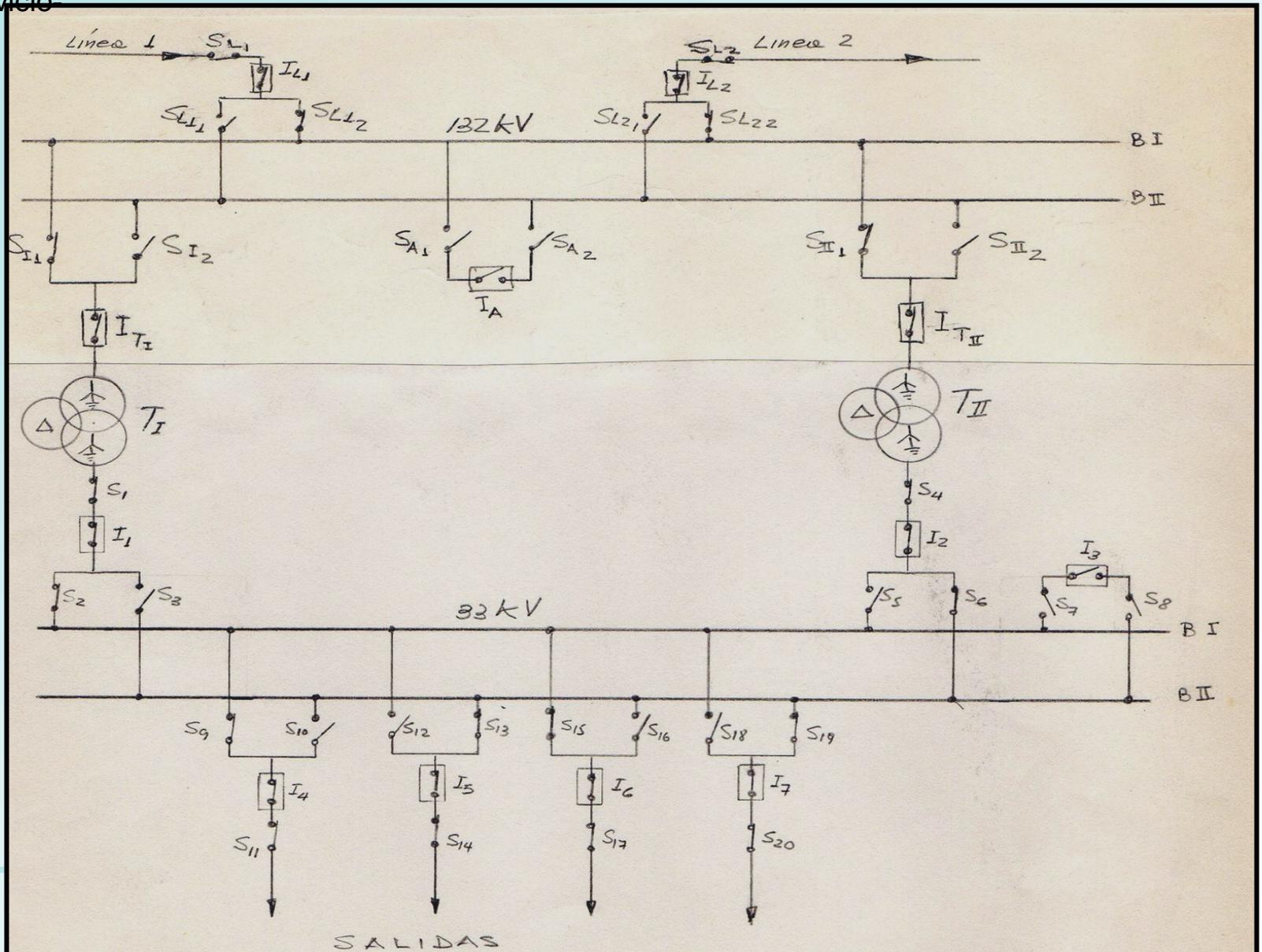




SIN CAUSAR INTERRUPCIONES EN EL SERVICIO, LIBERAR EL T1 Y LA B 1.

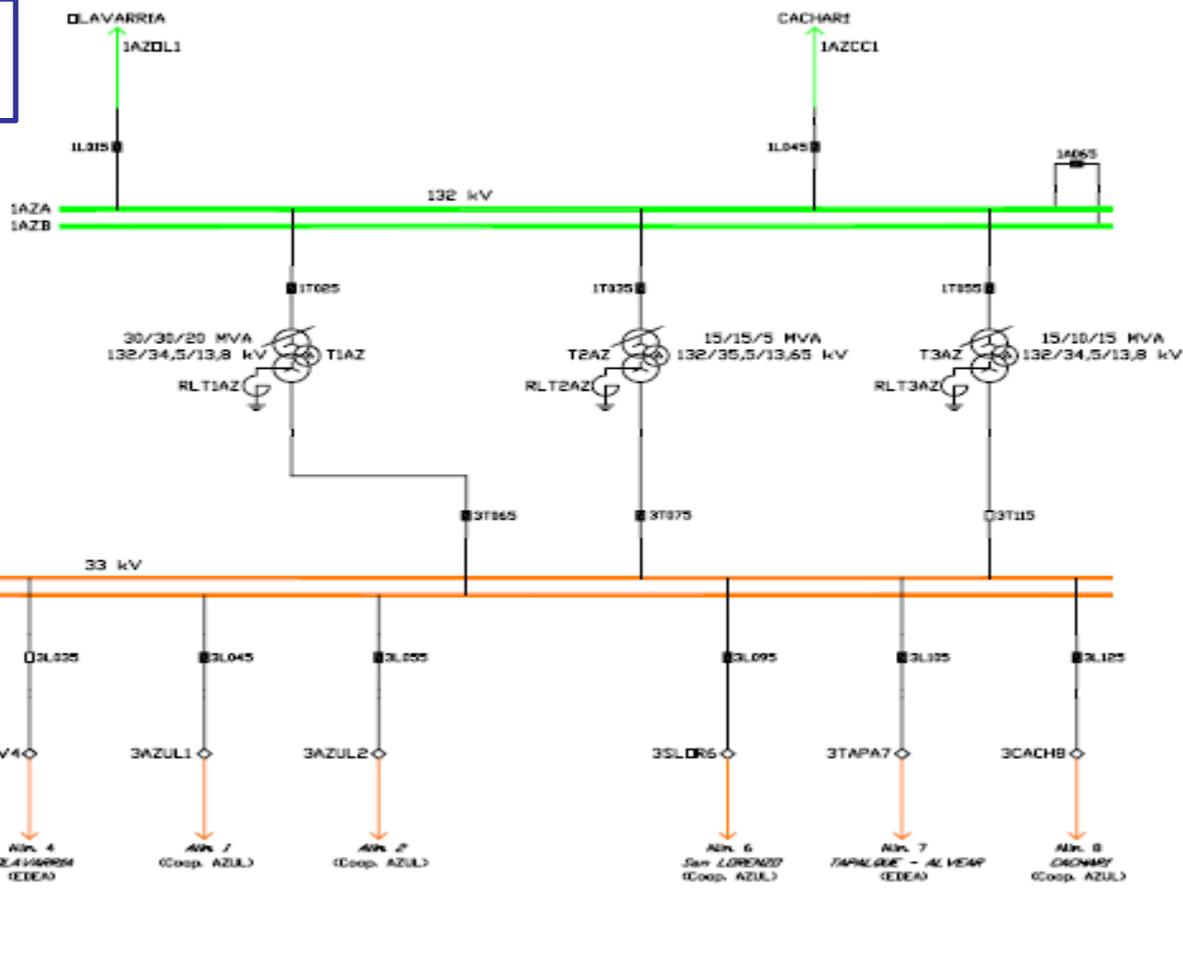


En el programa de mantenimiento de la ET de la Figura, se ha determinado trabajar sobre uno de los transformadores y una de las barras de 33 Kv. Teniendo en cuenta que cualquiera de los transformadores puede absorber toda la carga de la ET, indicar la secuencia de maniobras a realizar a fin de dejar accesibles las instalaciones respectivas, sin causar interrupciones de servicio



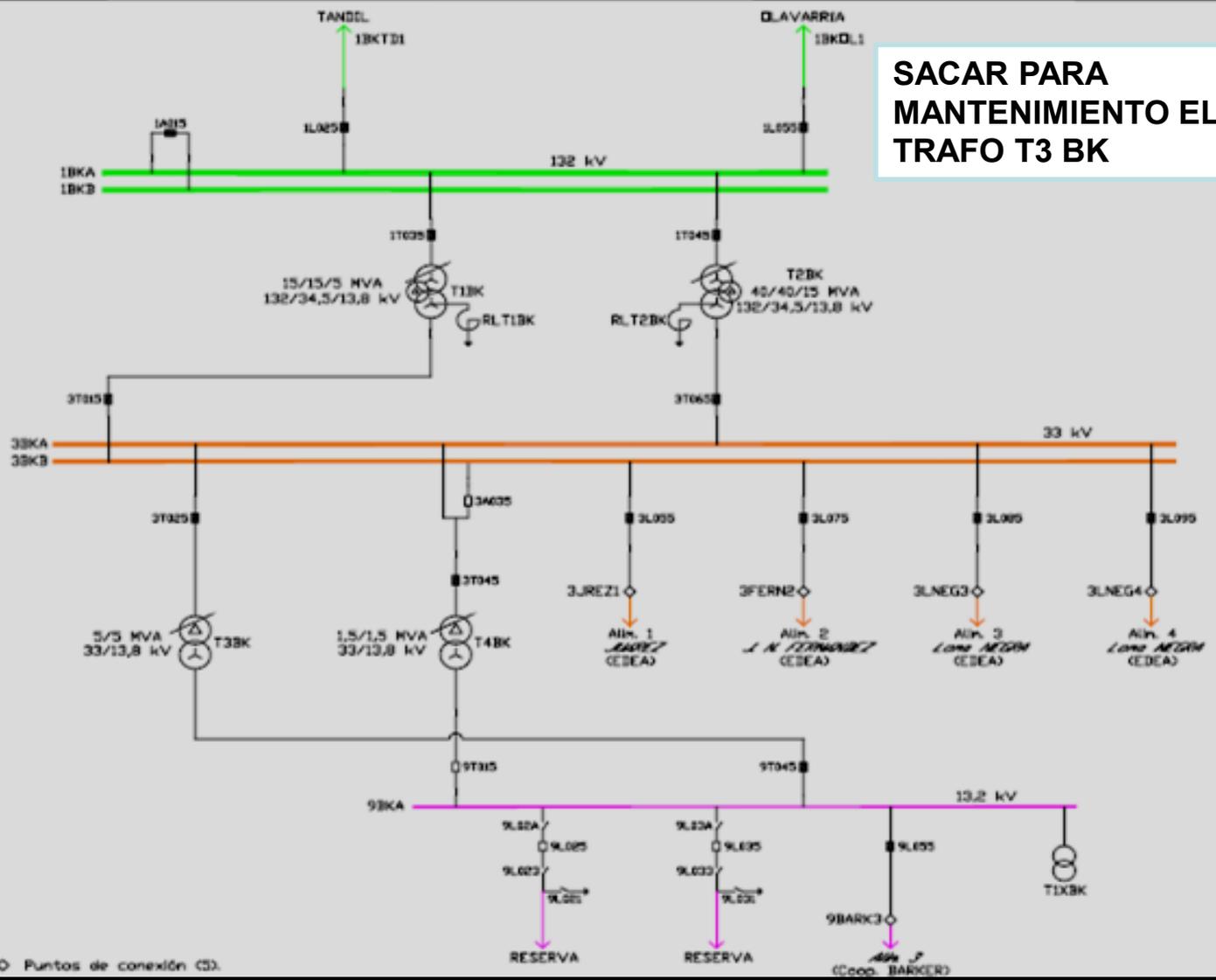


SACAR DE SERVICIO
EL T 1AZ

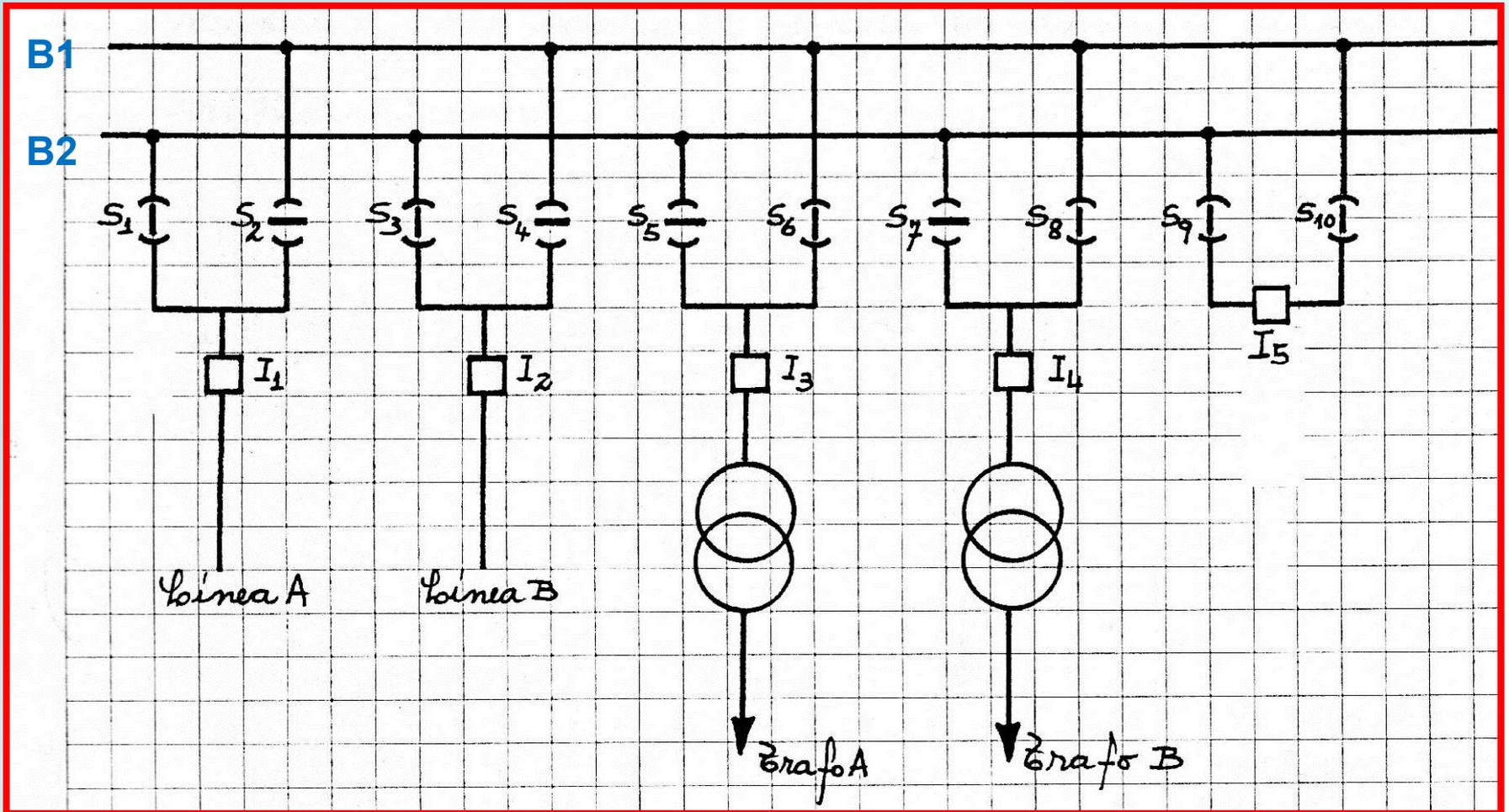




SACAR PARA MANTENIMIENTO EL TRAFIO T3 BK



REFERENCIA: ◊ Puntos de conexión (S).



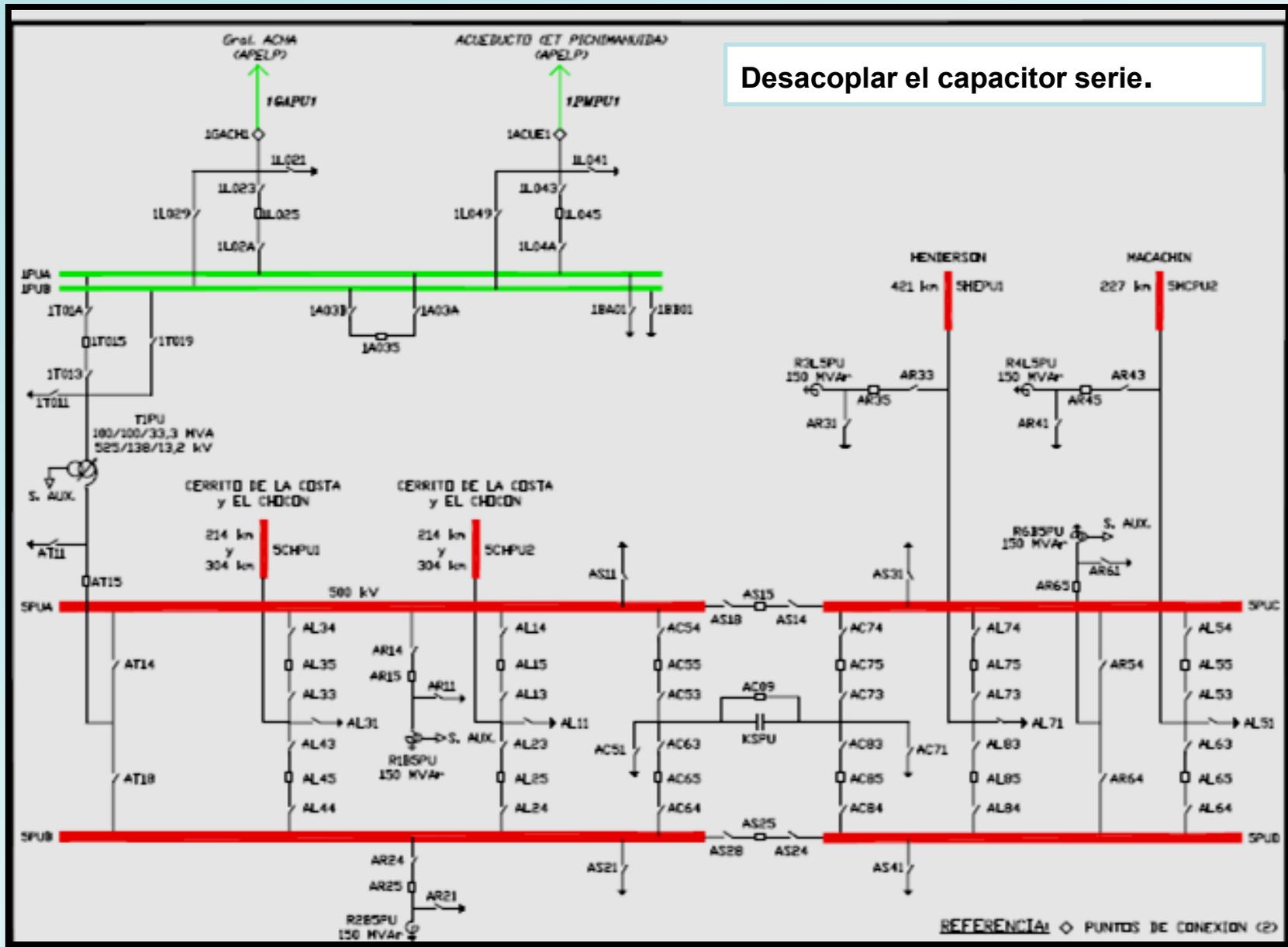
Línea A : B2
Línea B : B1
Trafo A : B1
Trafo B : B2

M1

Línea A : B1
Línea B : B2
Trafo A : B2
Trafo B : B1

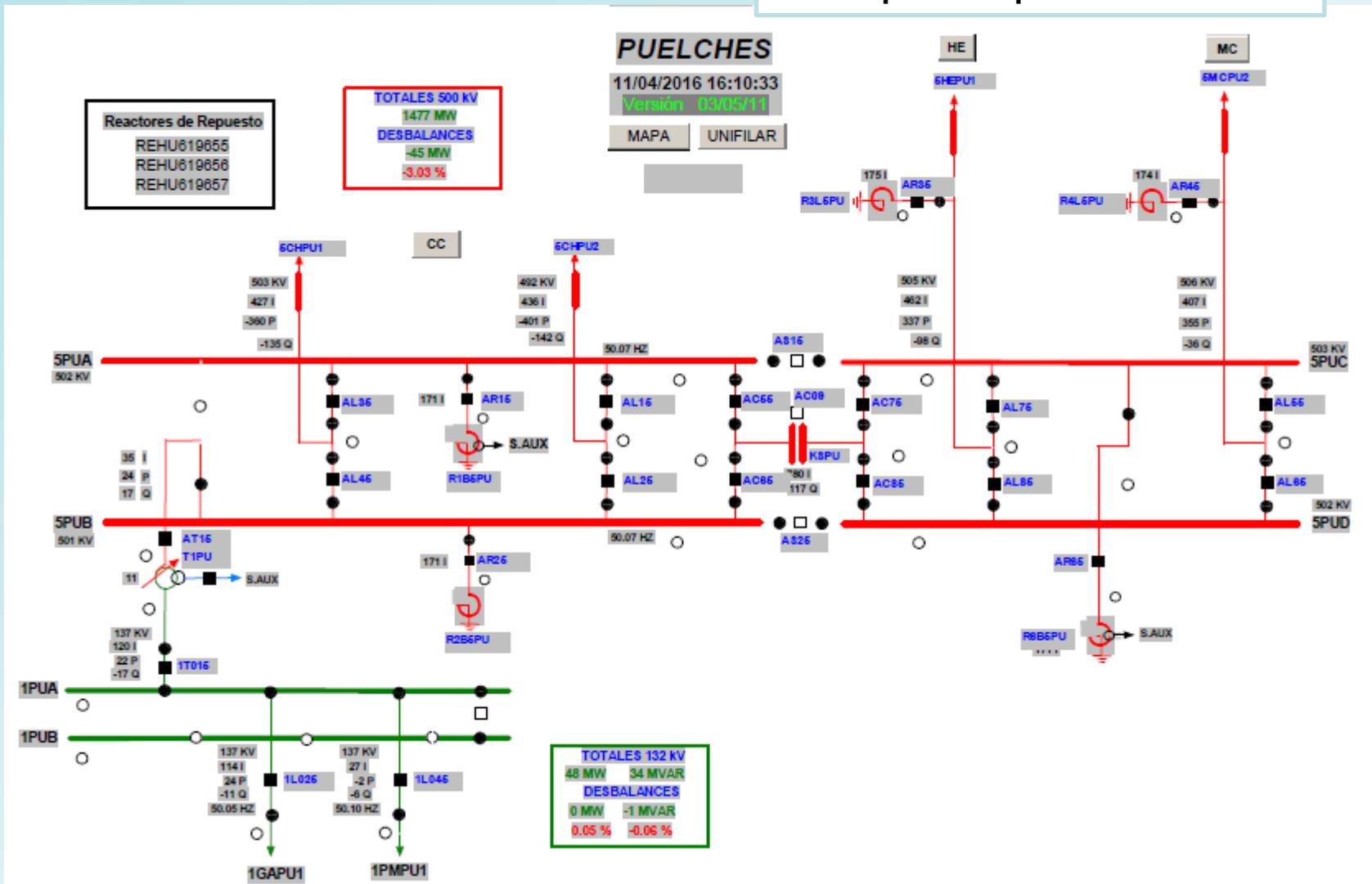
M2

Desacoplar el capacitor serie.



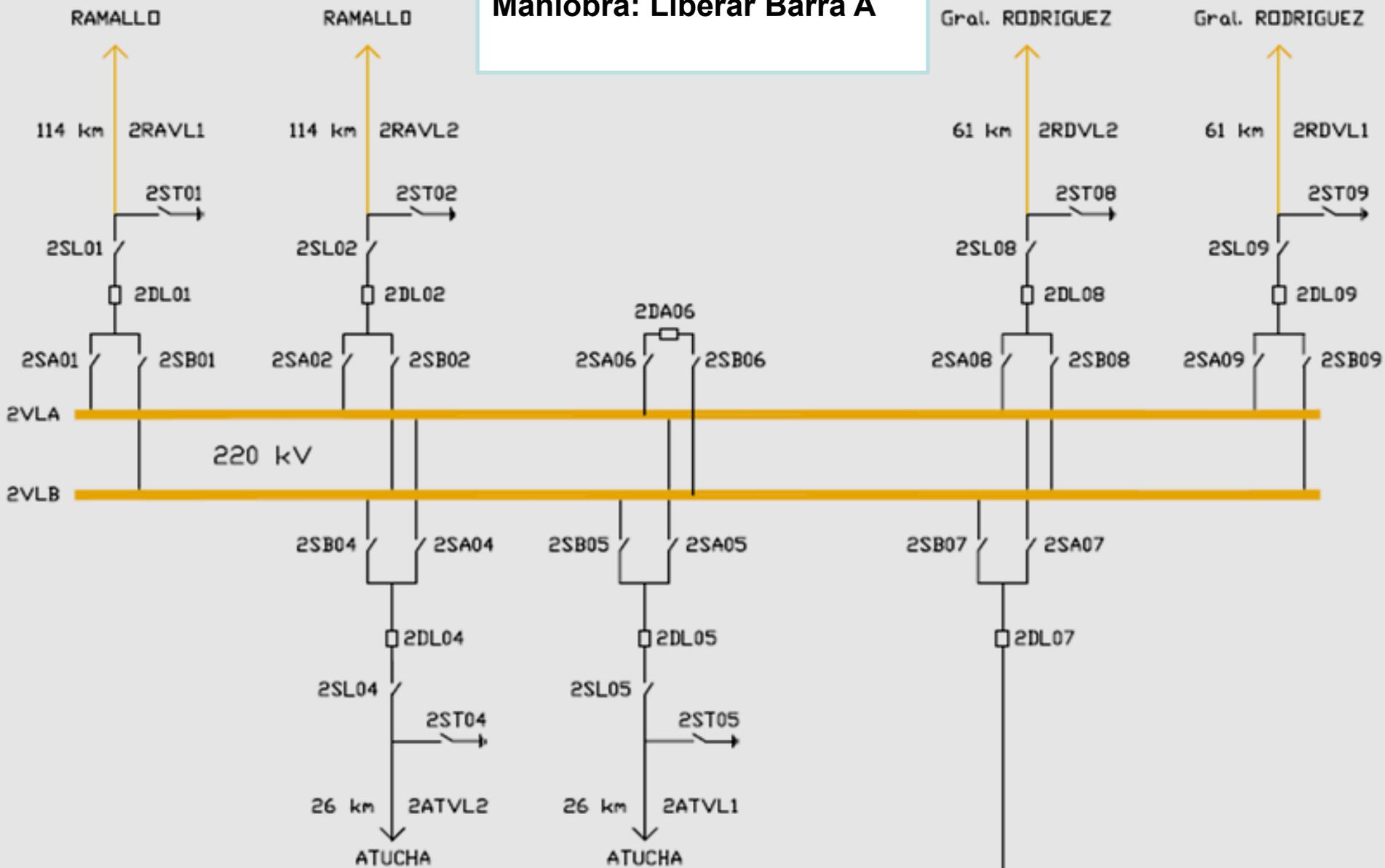


Desacoplar el capacitor serie.





Las líneas 1, están en Barra A, y las Líneas 2 en barra B.
Maniobra: Liberar Barra A

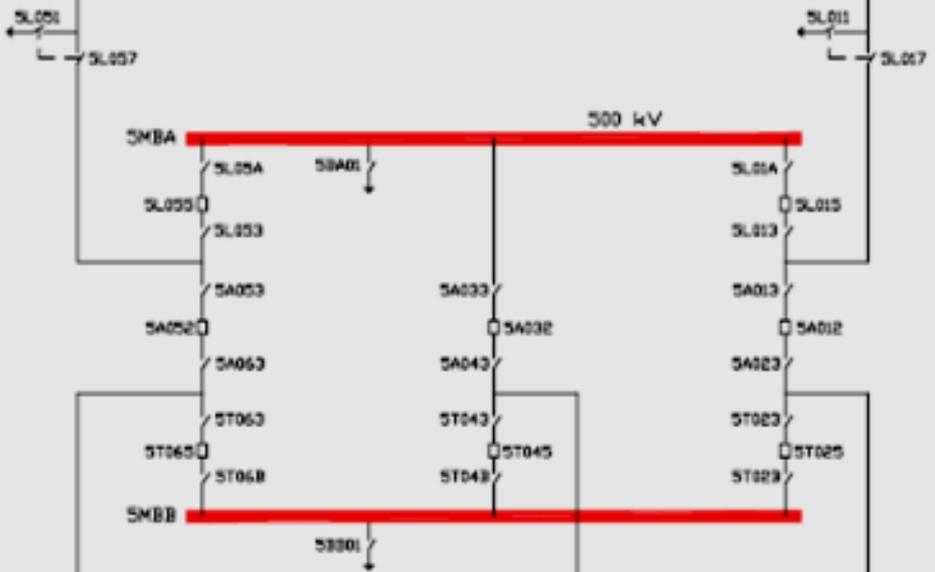




ET MANUEL BELGRANO

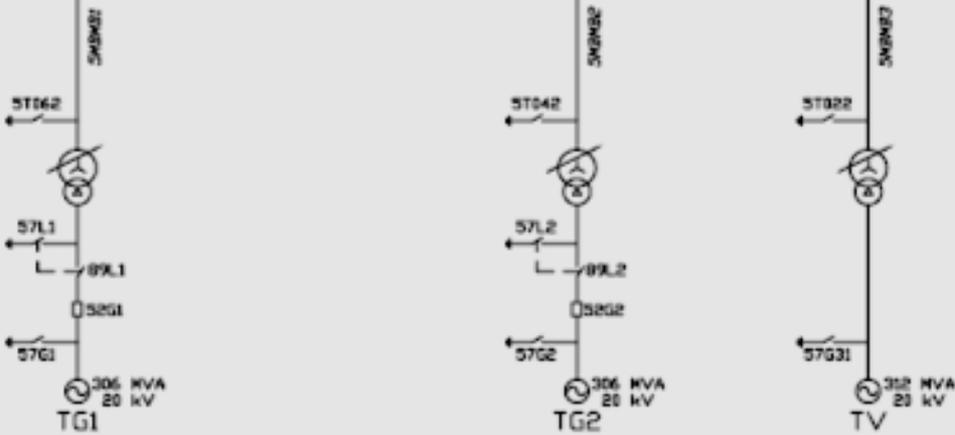
INTESAR

TRANSENER

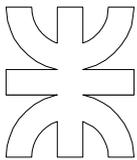


CENTRAL Manuel BELGRANO

(Termoeléctrica
Manuel Belgrano S.A.)



Liberar Barra A, para
Mantenimiento.

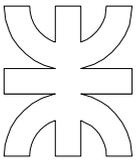


Conexión de los circuitos principales de una ET:

Se comparan a continuación, económicamente las configuraciones mas usadas en SEP.

TABLA 1. COMPARACIÓN EETT CON DOS LINEAS DE 220kV Y DOS TRANSFORMADORES DE 220/66kV						
	CANTIDAD DE EQUIPOS NECESARIOS DE 220kV				COSTO EN DÓLARES (Base 1987)	COSTO EN %
	INTERRUPTORES	SECCIONADORES	TI	TT		
BARRAS SIMPLES	4	7	4	1	80.217,00	100
BOBLE JUEGO DE BARRAS	5	12	5	2	110.940,00	130
DOBLE BARRA Y BARRA DE TRANSFERENCIA	6	22	6	2	151.098,00	188
INTERRUPTOR Y MEDIO	6	12	6	2	125.748,00	157
PRECIO UNITARIO EN DÓLARES	12000	2535	2808	3240		

Estudio de la Corriente de Cortocircuito

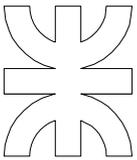


Cortocircuitos:

Todo defecto provocado por un contacto entre conductor y tierra o cualquier pieza metálica unida a tierra, o entre conductores. En la mayoría de los casos se produce un arco.

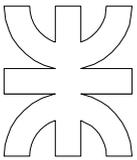
Origen de los cortocircuitos:

- **Eléctrico:** alteración aislante (calentamiento, corrosión, envejecimiento, etc).
- **Mecánico:** Rotura de conductores o aisladores, caída de rama de árbol sobre línea, pala mecánica en cable, etc.
- **Atmosférico:** Descargas atmosféricas, lluvias, viento, hielo, etc.
- **Falsas Maniobras:** Apertura de seccionador con carga, etc.
- **Otras:** Vandalismo, incendios, inundaciones, etc.



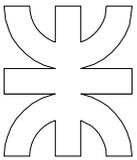
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

- En LAT trifásicas, con $V \geq 60$ kV, el 70 a 80% de los cortocircuitos se producen (o empiezan) entre una fase y tierra.
- Los cortocircuitos trifásicos (simétricos) que afectan a LAT se deben a:
 - Fenómeno mecánico (caída de una torre, caída de un conductor sobre las líneas, etc)
 - Descarga atmosférica directa que produce cebado de aisladores por retroalimentación.
 - Falsa maniobra (apertura de seccionador en carga).
- Los cortocircuitos trifásicos (simétricos) que afectan a CAT son muy poco frecuentes, y en su mayoría se deben a:
 - Fallas mecánicas
 - En cables tripolares (menor tensión), una falla monofásica puede propagarse a las demás fases.



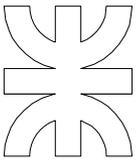
Consecuencias de los cortocircuitos:

- 1. Calentamientos por las corrientes de cortocircuito y averías por los arcos:** los *calentamientos* producen gran daño en cables de MT (no toleran tanto la elevación de T). Los *arcos* contornean cadenas de aisladores (cuernos o anillos de protección), pueden fundir Cu y Pb decables subterráneos y afectar regiones sanas del cable. Principio de incendio y riesgo para las personas.
- 2. Accidentes de Interruptores:** Los interruptores y fusibles deben tener capacidad de ruptura adecuada (eliminar falla con seguridad y rapidez y resistir los efectos del cortocircuito).



Consecuencias de los cortocircuitos:

- 3. Esfuerzos electrodinámicos anormales:** deformaciones de barras y de conexiones, roturas de aisladores soportes, averías sobre arrollamientos de bobinas de reactancia y de transformadores, y averías en máquinas eléctricas rotativas.
- 4. Caídas de tensión elevadas:** Huecos de tensión en alimentadores adyacentes, variaciones importantes de tensión en redes cercanas, inestabilidad del sistema ↔ desconexión de generación.



Estudio de la corriente de Cortocircuito

Cortocircuito Trifásico:

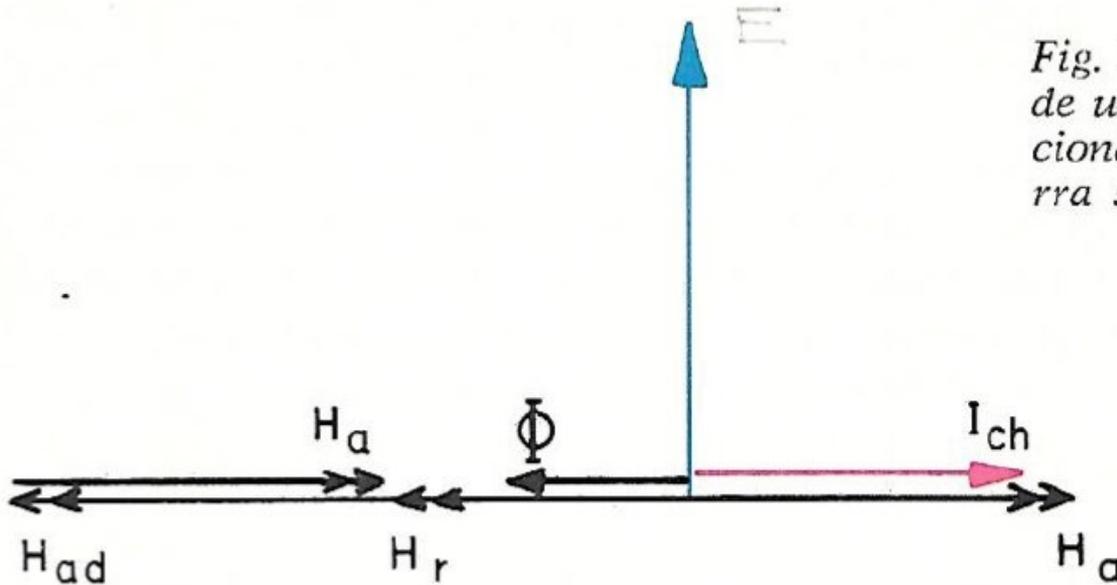
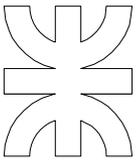


Fig. 1. — Diagrama vectorial de un generador trifásico funcionando en vacío, que se cierra sobre un cortocircuito.

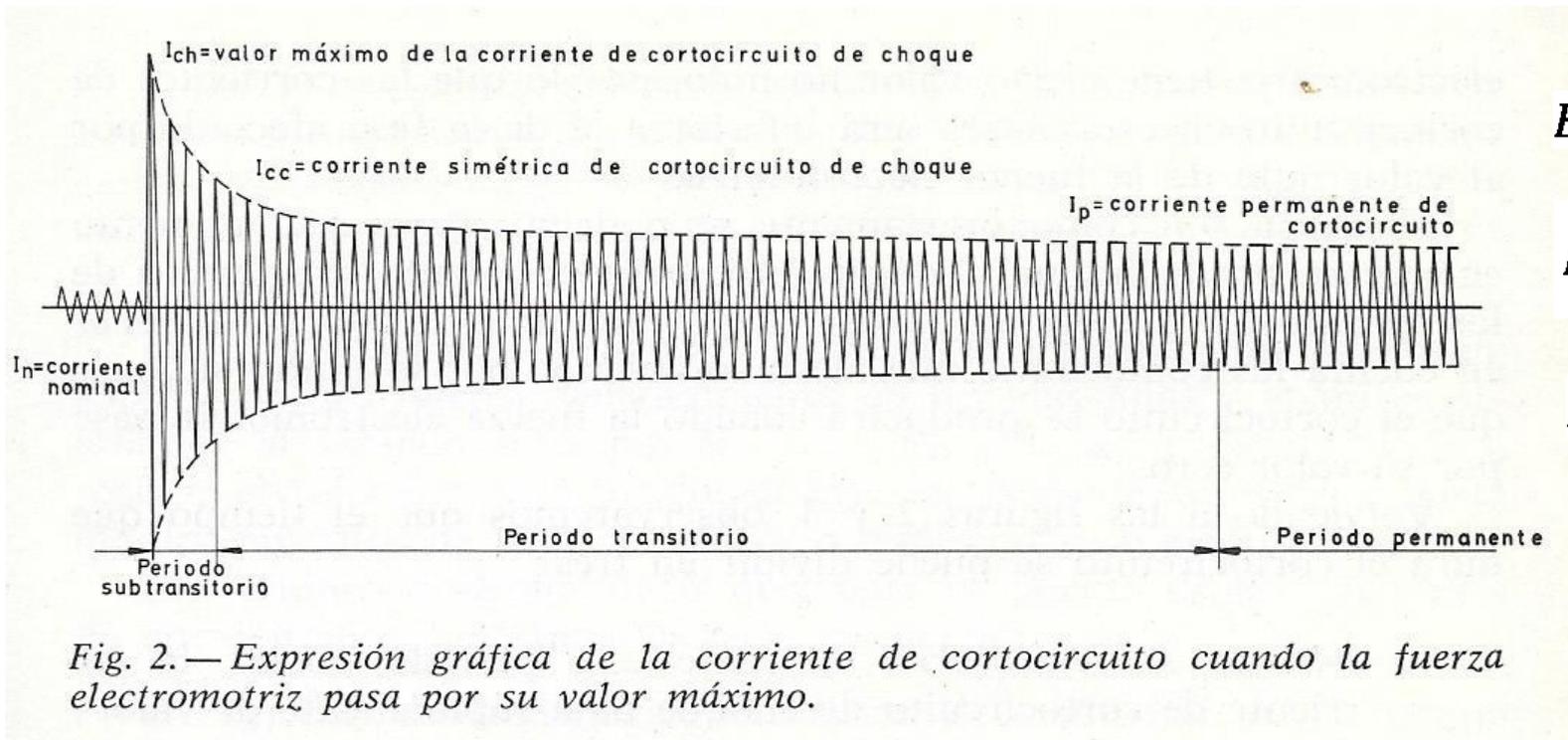
$$E = I \cdot X_l$$

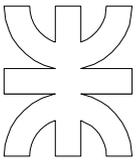


$$E = 0$$

Estudio de la corriente de Cortocircuito

Cortocircuito Trifásico:





Estudio de la corriente de Cortocircuito

Cortocircuito Trifásico:

$$E = 0 \quad I_{ch} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc} \approx 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc} \equiv 2,55 \cdot I_{cc}$$

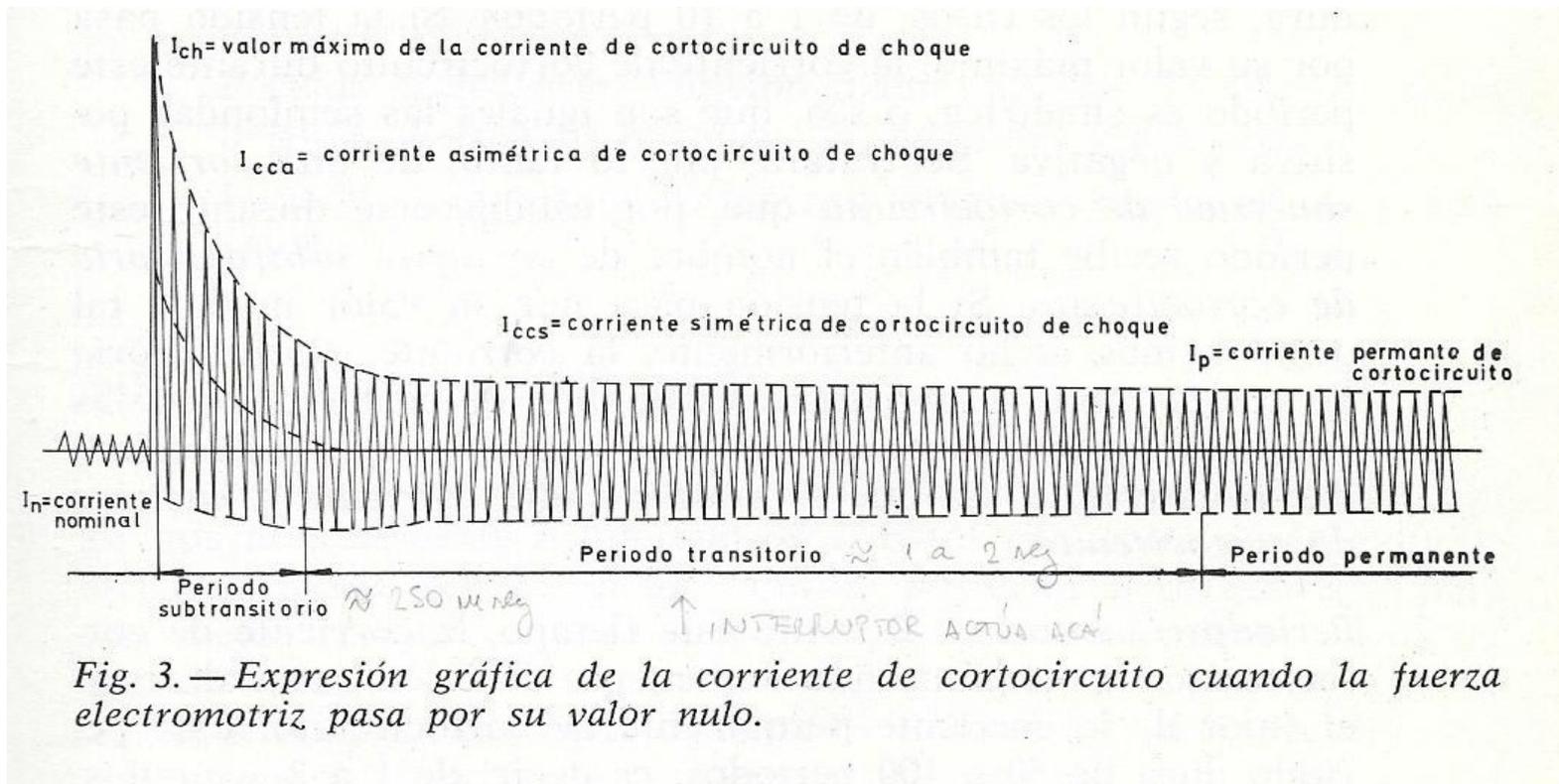
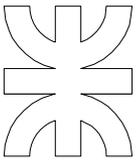


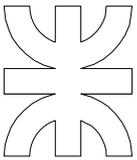
Fig. 3.— Expresión gráfica de la corriente de cortocircuito cuando la fuerza electromotriz pasa por su valor nulo.



Estudio de la corriente de Cortocircuito

Cortocircuito Trifásico:

- **Período Subtransitorio:** Esfuerzos electrodinámicos en máquinas y aparatos.
- **Período Transitorio:** Funcionamiento de interruptores automáticos. Esfuerzos térmicos en máquinas y aparatos.
- **Período Permanente:** Esfuerzos térmicos en máquinas y aparatos.



Estudio de la corriente de Cortocircuito

Definiciones importantes

- Capacidad de ruptura de un interruptor: Valor eficaz máximo de corriente que puede cortar un interruptor con toda seguridad y con un solo deterioro de sus contactos, empleado en circuito con tensión próxima a la nominal de servicio del interruptor.

$$P_r = \sqrt{3} \cdot U_b \cdot I_d$$

I_d es la corriente de desconexión

y se expresa

$$I_d = \mu \cdot I_{cc}$$

Siendo μ dependiente de

$$\frac{I_{cc}}{I_n}$$

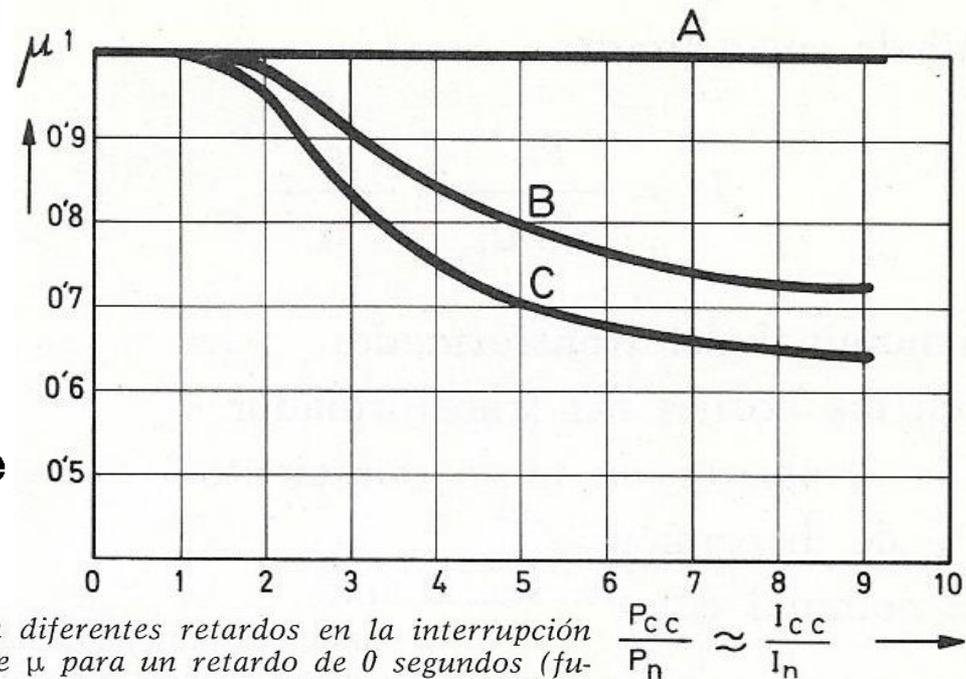
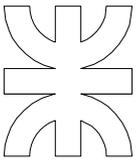


Fig. 4.—Valores del coeficiente μ para diferentes retardos en la interrupción de los aparatos de corte: A—Valores de μ para un retardo de 0 segundos (fusibles). B—Valores de μ para un retardo de 0,1 segundos (disyuntores rápidos). C—Valores de μ para un retardo de 0,25 segundos (disyuntores normales).

$$\frac{P_{cc}}{P_n} \approx \frac{I_{cc}}{I_n} \rightarrow$$

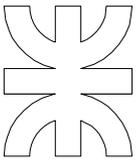
Equipos de Maniobra



Los Aparatos de Maniobra permiten:

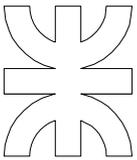
- **Conexión y desconexión de equipos de la red o sistema**
- **Aislar equipos del servicio, para posibilitar su mantenimiento.**
- **Despejar fallas detectadas por las protecciones.**
- **Cambiar configuraciones operativas.**

Son una pieza fundamental en la operación de sistemas. Su disposición y cantidad, y su desempeño, son determinantes principales de la confiabilidad de sistemas



Seccionador

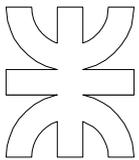
- Aparato mecánico de conexión que asegura (en posición abierta), una distancia de seccionamiento que satisface condiciones especificadas (ej. mantenimiento del Interruptor).
- Es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador.
- Es también capaz de conducir corrientes en las condiciones normales del circuito, y de soportar corrientes por un tiempo especificado en condiciones anormales como las de cortocircuito.
- **No tienen capacidad de ruptura**



Seccionador

Las normas IEC (internacionales) se han ocupado de establecer definiciones que permiten encuadrar los distintos aparatos permitiendo su utilización correcta.

*“**Seccionador** es un aparato utilizado para abrir o cerrar un circuito con una corriente despreciable (como ser corriente capacitiva de barras, conexiones, longitudes muy cortas de cables, corriente de transformadores de tensión y divisores capacitivos) ó bien con un cambio insignificante de tensión entre sus terminales”.*



Seccionadores de cuchillas giratorias

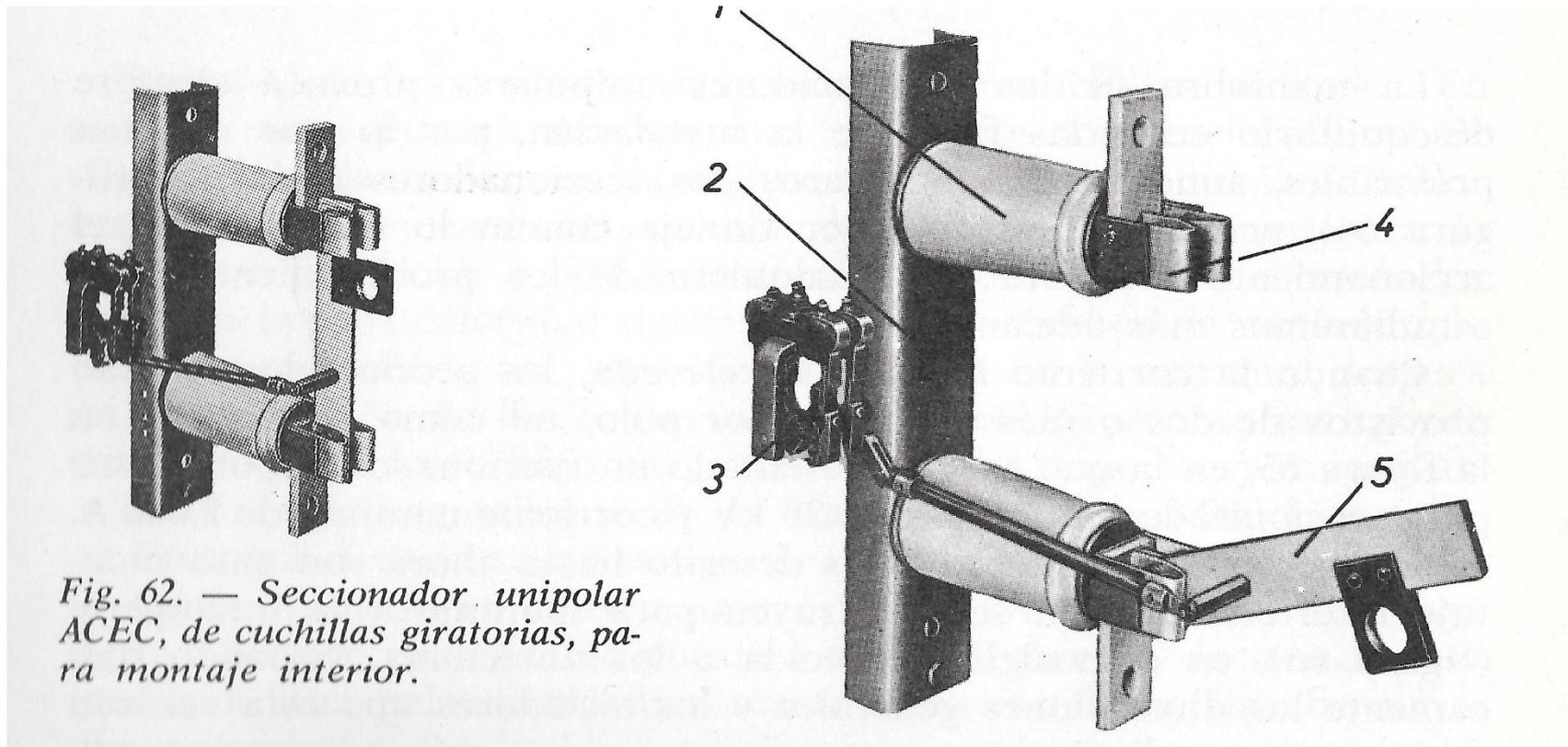
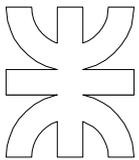


Fig. 62. — Seccionador unipolar ACEC, de cuchillas giratorias, para montaje interior.



Seccionadores de cuchillas giratorias

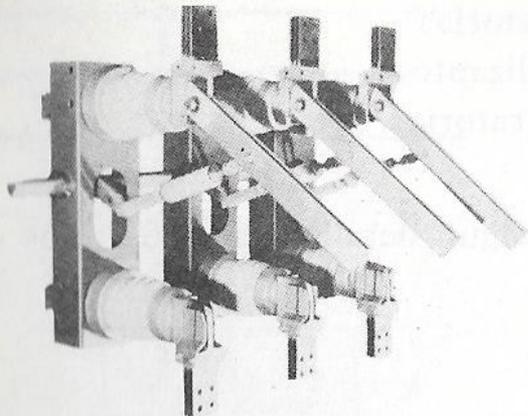


Fig. 64. — Seccionador tripolar Merlin Gerin, de cuchillas giratorias, para montaje interior.

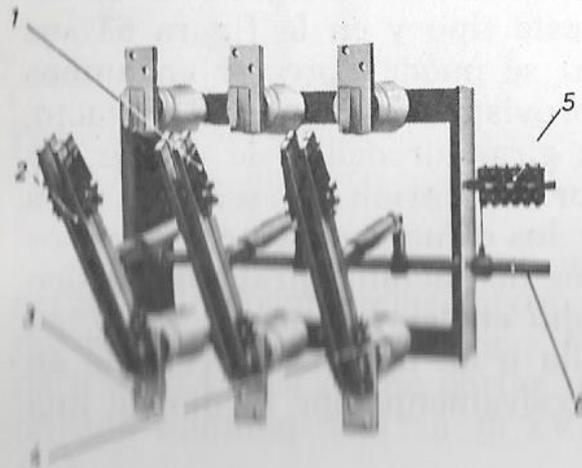
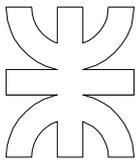


Fig. 65. — Seccionador tripolar ACEC, de cuchillas giratorias, para montaje interior y elevadas intensidades nominales. 1—Lámina de resorte. 2—Cuchillas constituidas por 2 láminas de cobre electrolítico. 3—Borne de conexión. 4—Aislador soporte de porcelana. 5—Contactos auxiliares (eventuales). 6—Eje de maniobra.



Seccionadores de cuchillas giratorias

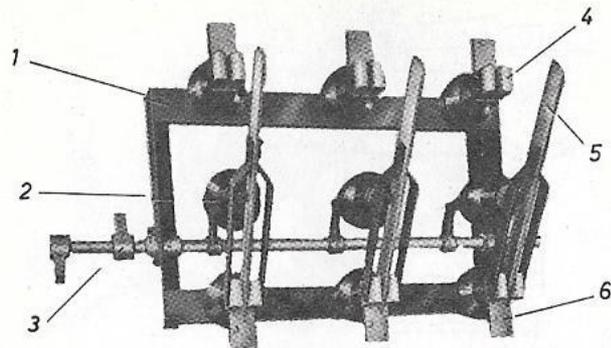


Fig. 66. — Seccionador tripolar ACEC, de cuchillas giratorias, para montaje a la intemperie: 1—Armazón perfectamente rígido. 2—Aisladores soporte de porcelana. 3—Palancas de ataque del seccionador. 4—Pinzas de contacto autocompensadas. 5—Cuchilla de cobre electrolítico. 6—Borne de conexión.

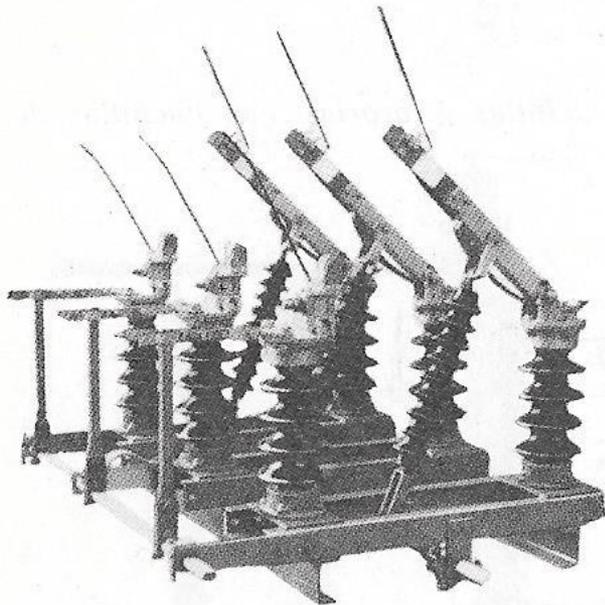
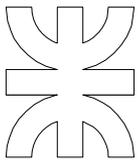


Fig. 67. — Seccionador tripolar Merlin Gerin, de cuchillas giratorias horizontales, para montaje a la intemperie.



Seccionadores de cuchillas giratorias

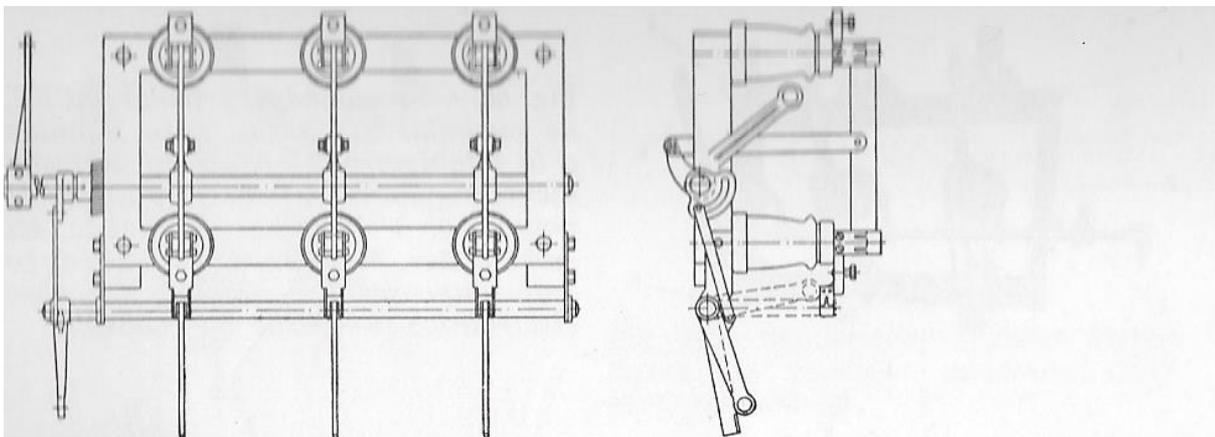


Fig. 68.— Seccionador tripolar Gardy, de cuchillas giratorias, con cuchillas de puesta a tierra.

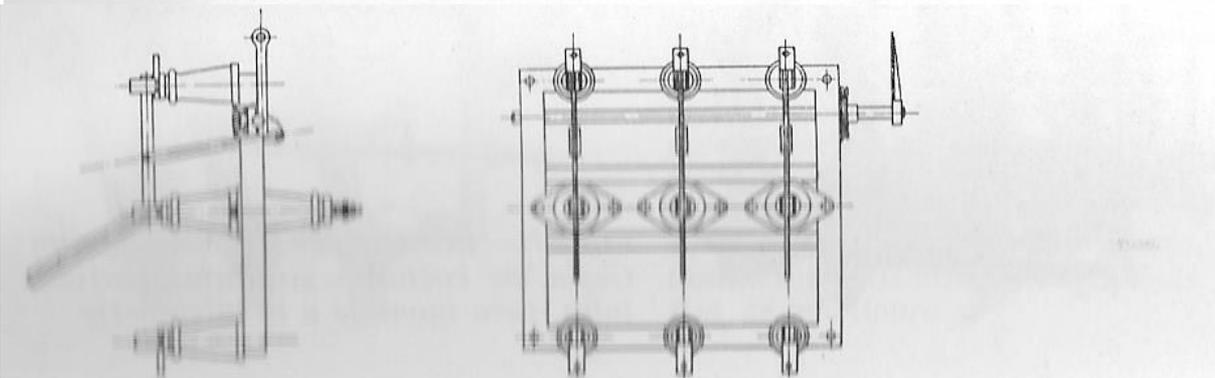
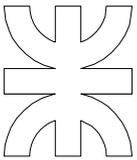


Fig. 69.— Seccionador conmutador tripolar Gardy, de cuchillas giratorias.



Seccionadores de cuchillas deslizantes

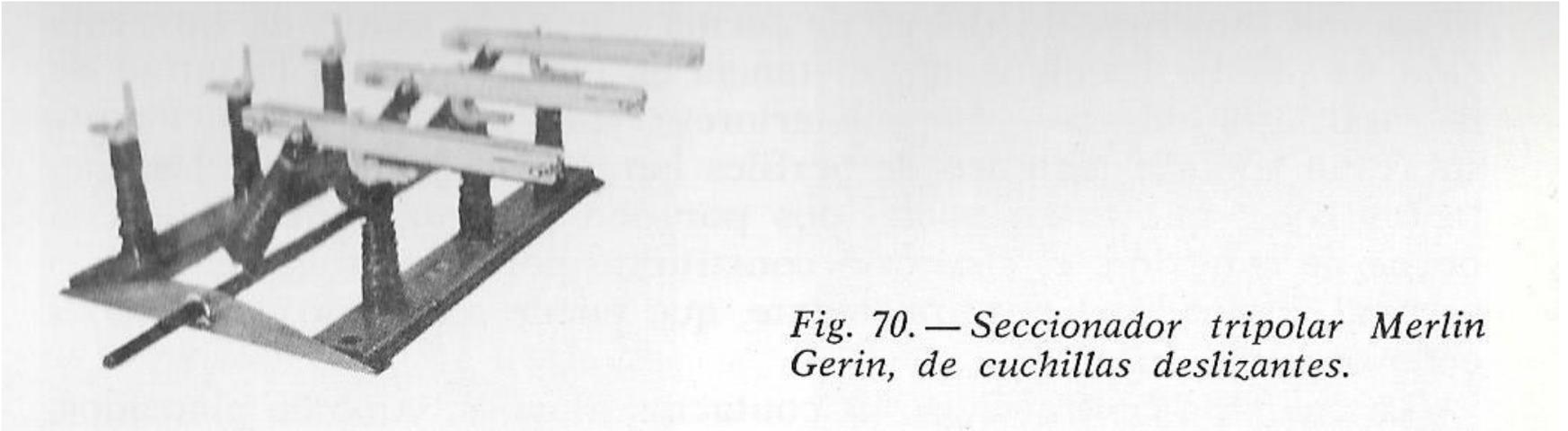
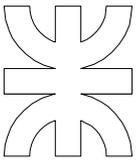


Fig. 70.—Seccionador tripolar Merlin Gerin, de cuchillas deslizantes.



Seccionadores de columnas giratorias

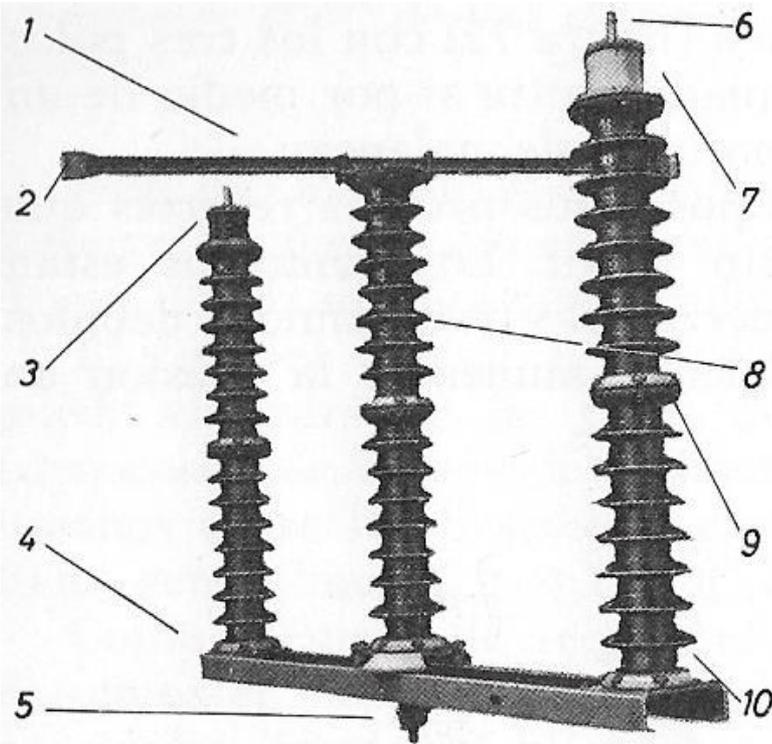
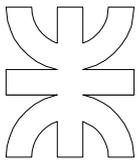


Fig. 71. — Seccionador unipolar ACEC, de una columna giratoria, en posición "abierto": 1—Brazo soporte de los contactos móviles, fijado sobre la columna central. 2—Contactos móviles. 3—Contactos oscilantes. 4—Zócalo de perfiles laminados que soporta las columnas aislantes. 5—Eje de mando del seccionador. 6—Bornes de conexión. 7—Caperuza de protección. 8—Columna aislante móvil. 9—Fijación mecánica entre aisladores. 10—Columnas aislantes fijas.



Seccionadores de columnas giratorias

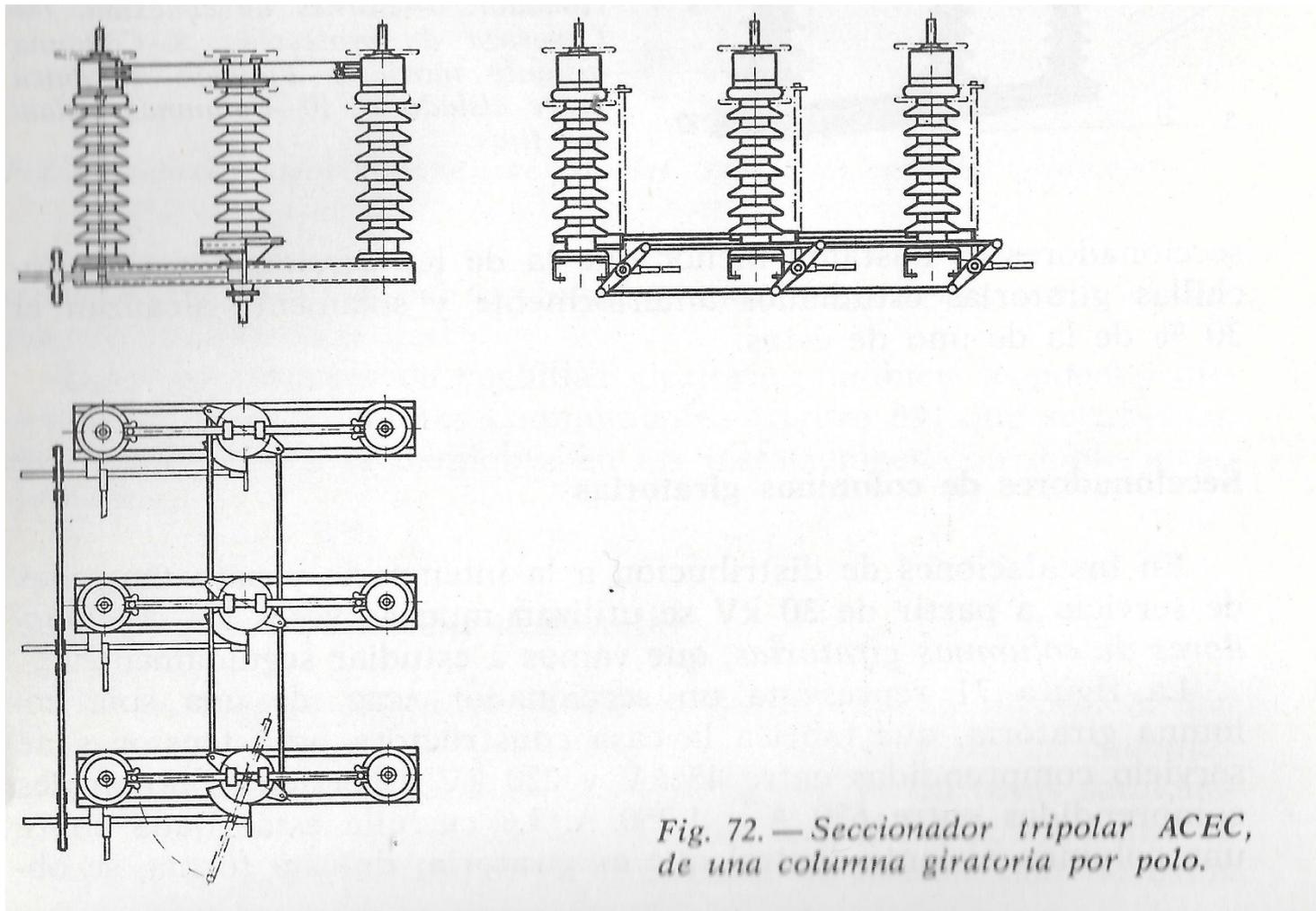
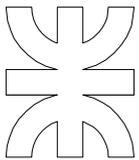


Fig. 72. — Seccionador tripolar ACEC,
de una columna giratoria por polo.



Seccionadores de columnas giratorias

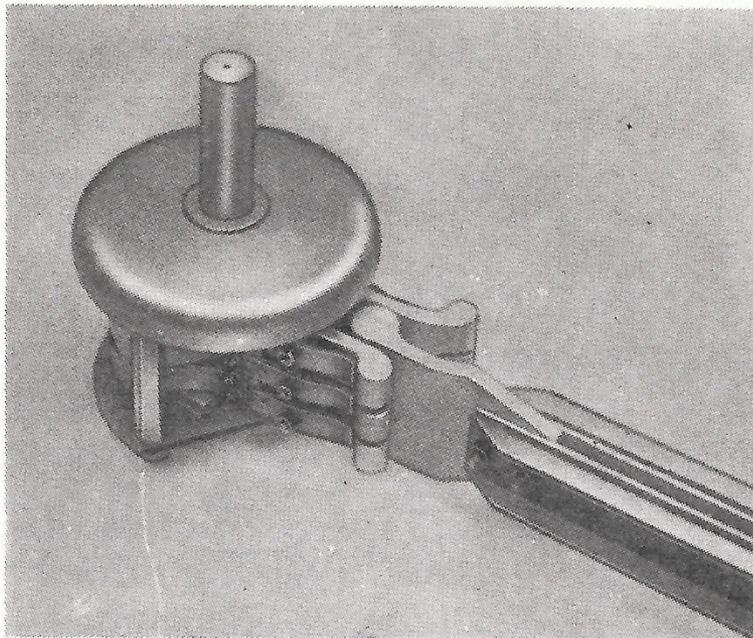


Fig. 73. — *Dedos de contacto del seccionador ACEC de una columna giratoria.*

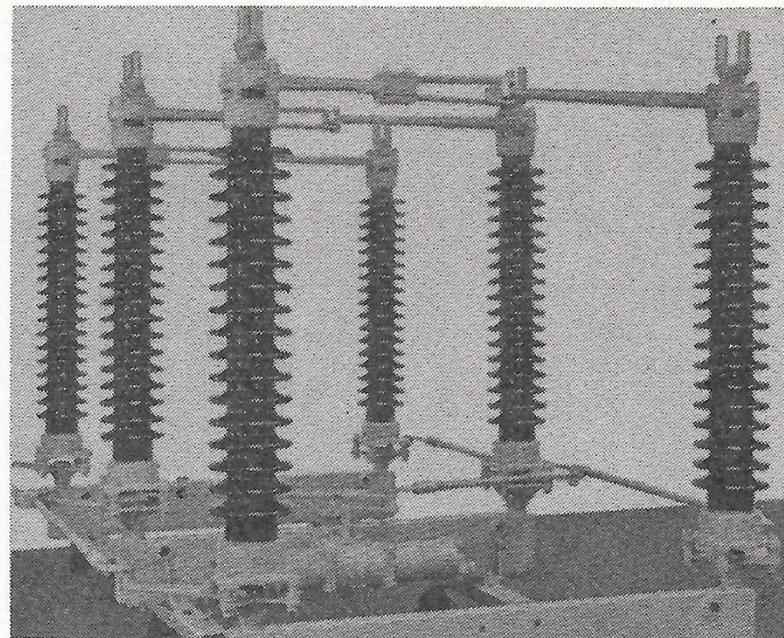
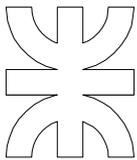


Fig. 74. — *Seccionador de columnas giratorias Siemens para tensiones nominales de 110 kV.*



Seccionadores de columnas giratorias

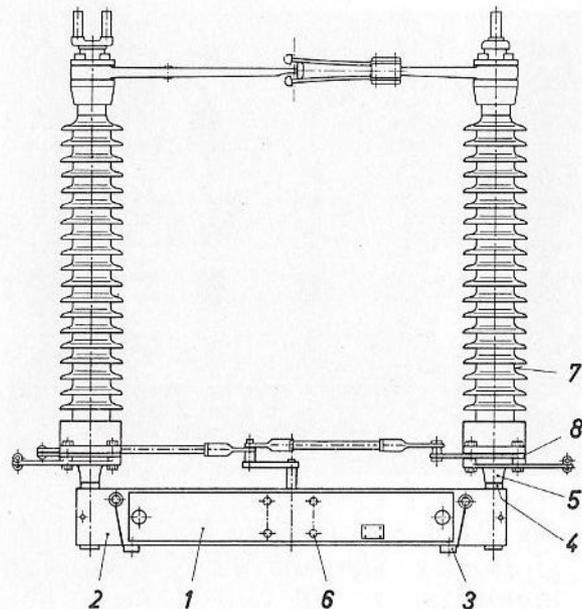


Fig. 75. — Disposición constructiva del seccionador de columnas giratorias Siemens: 1—Bastidor. 2—Placa de refuerzo. 3—Placa de apoyo. 4—Cubo. 5—Brida giratoria. 6—Taladro de fijación. 7—Columna giratoria aislante. 8—Palanca de acoplamiento.

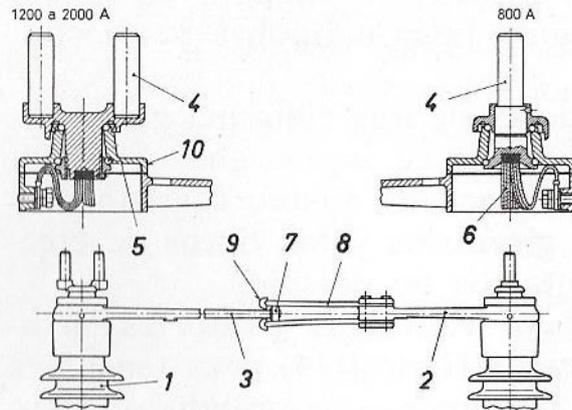
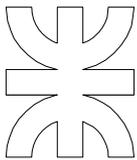


Fig. 76. — Brazos de maniobra y pernos del empalme del seccionador de columnas giratorias Siemens: 1—Columna giratoria aislante. 2—Brazo de maniobra. 3—Brazo de maniobra. 4—Perno de empalme. 5—Cojinete de bolas. 6—Conductores de unión. 7—Pieza de contacto. 8—Barra de contacto. 9—Esfera. 10—Caja de cojinete.



Seccionadores de columnas giratorias

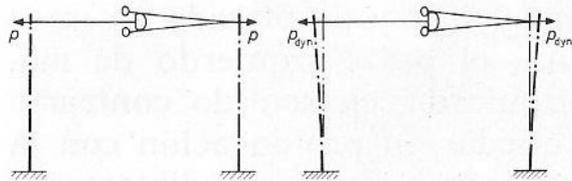


Fig. 77. — Engatillamiento de los brazos de maniobra en caso de cortocircuito.

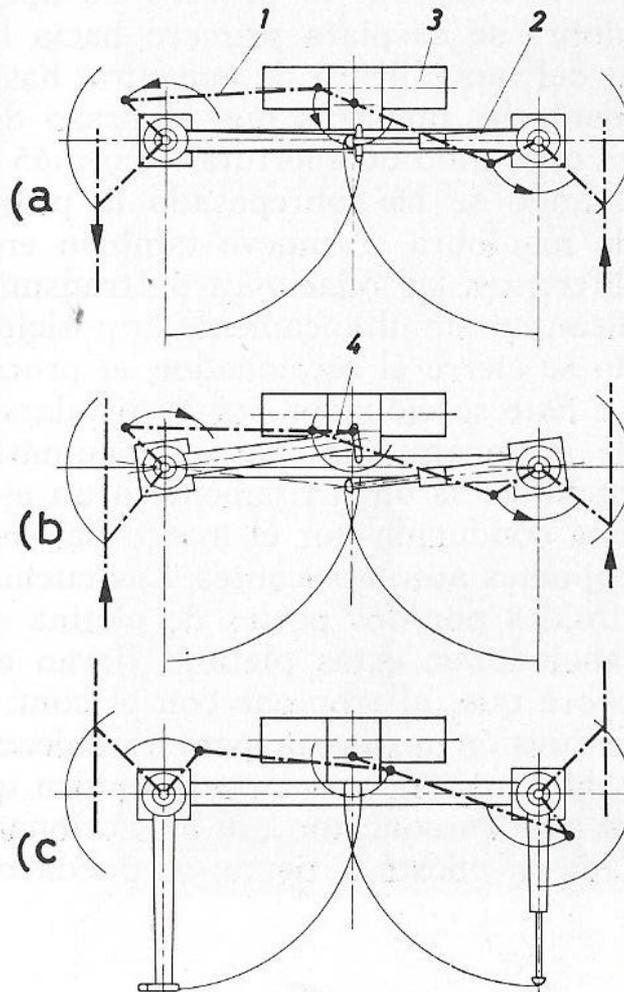
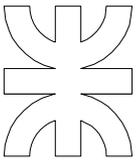
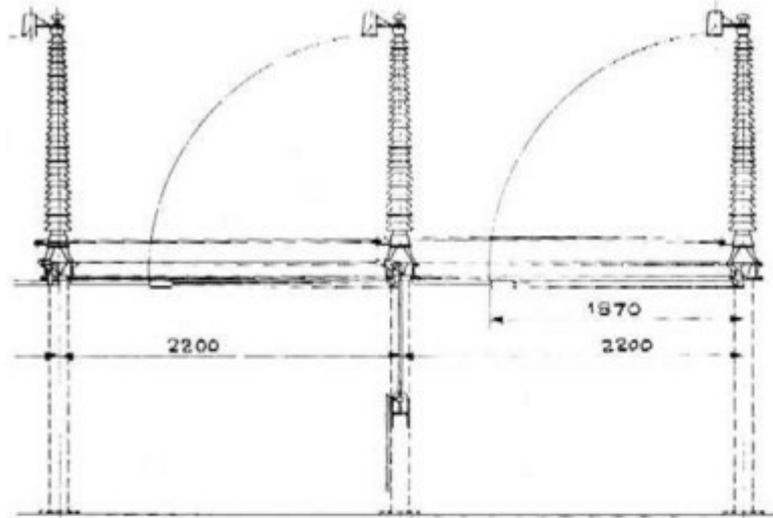


Fig. 78. — Proceso de desconexión del seccionador de columnas giratorias Siemens: a) cerrado. b) desengatillado. c) abierto. 1—Barra de acoplamiento. 2—Barra de acoplamiento. 3—Accionamiento. 4—Manivela de accionamiento.



Seccionadores de columnas giratorias



La columna central mueve el contacto principal, y se tienen dos interrupciones por polo.

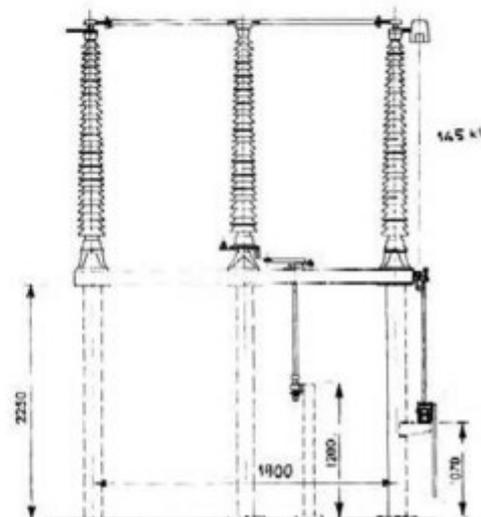
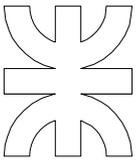
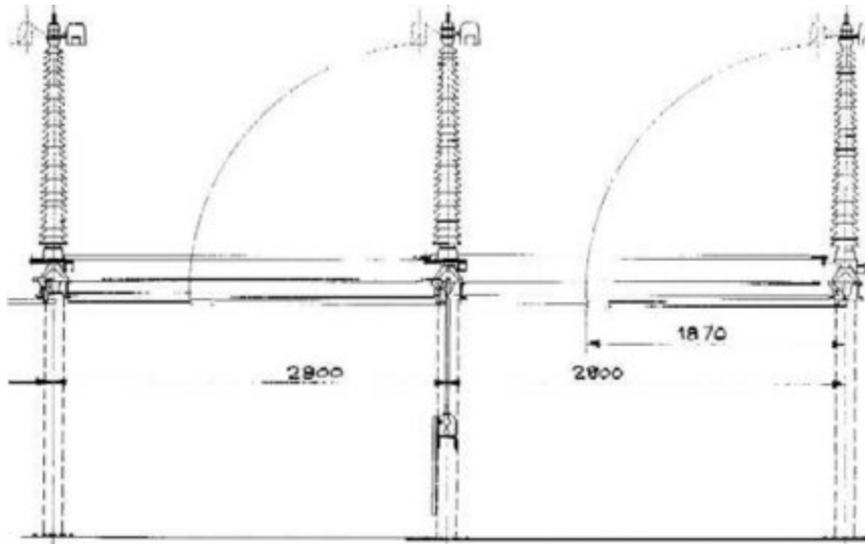


FIG 2.3.α VISTAS DE UN SECCIONADOR ROTATIVO DE TRES COLUMNAS CON CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA.



Seccionadores de columnas giratorias



Cada columna sostiene medio brazo, y la interrupción se presenta en el centro del polo.

Mecánicamente es más complejo que el seccionador de tres columnas, ya que ambos polos deben moverse sincronizados, para que el contacto se cierre con éxito.

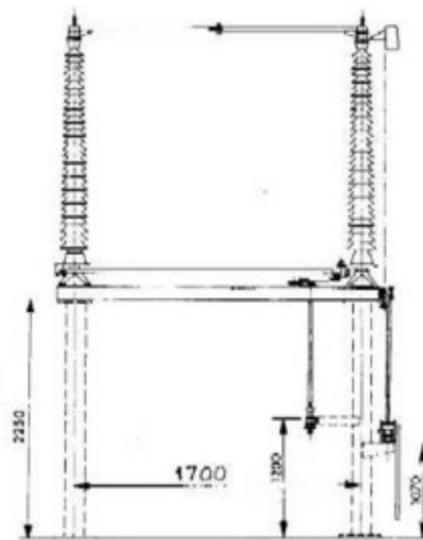
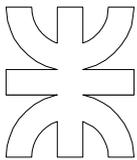
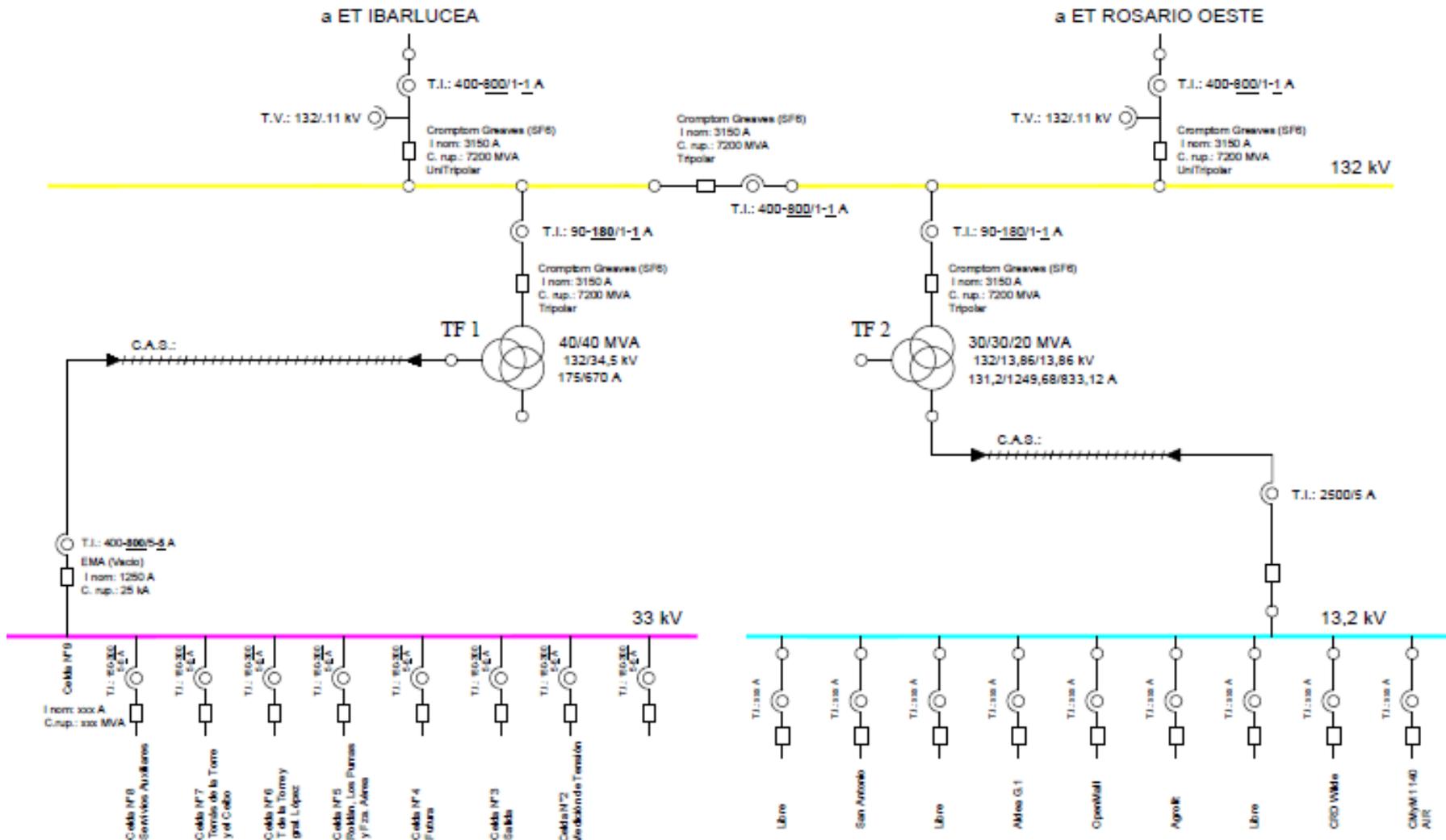


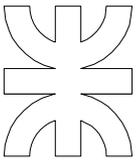
FIG 2.3 b VISTAS DE
UN SECCIONADOR ROTA-
TIVO DE DOS COLUMNAS
CON CUCHILLAS DE PUES-
TA A TIERRA



Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias E.T. AEROPUERTO



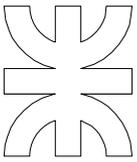


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias



ET AEROPUERTO

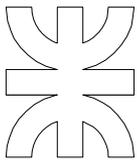


**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario**

Seccionadores de columnas giratorias



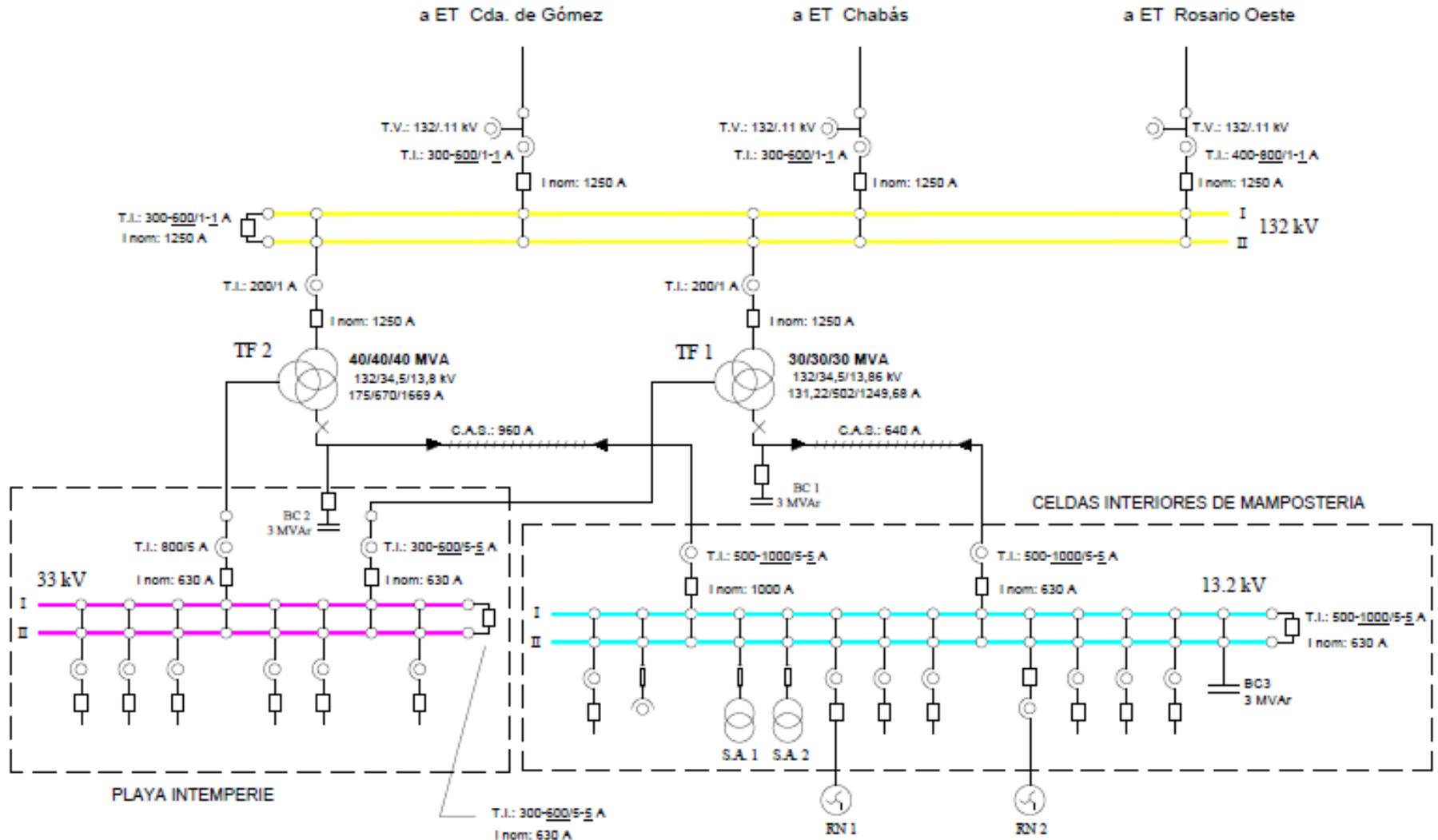
ET AEROPUERTO

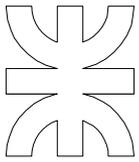


Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias

E.T. CASILDA



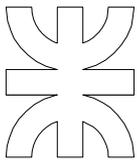


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias

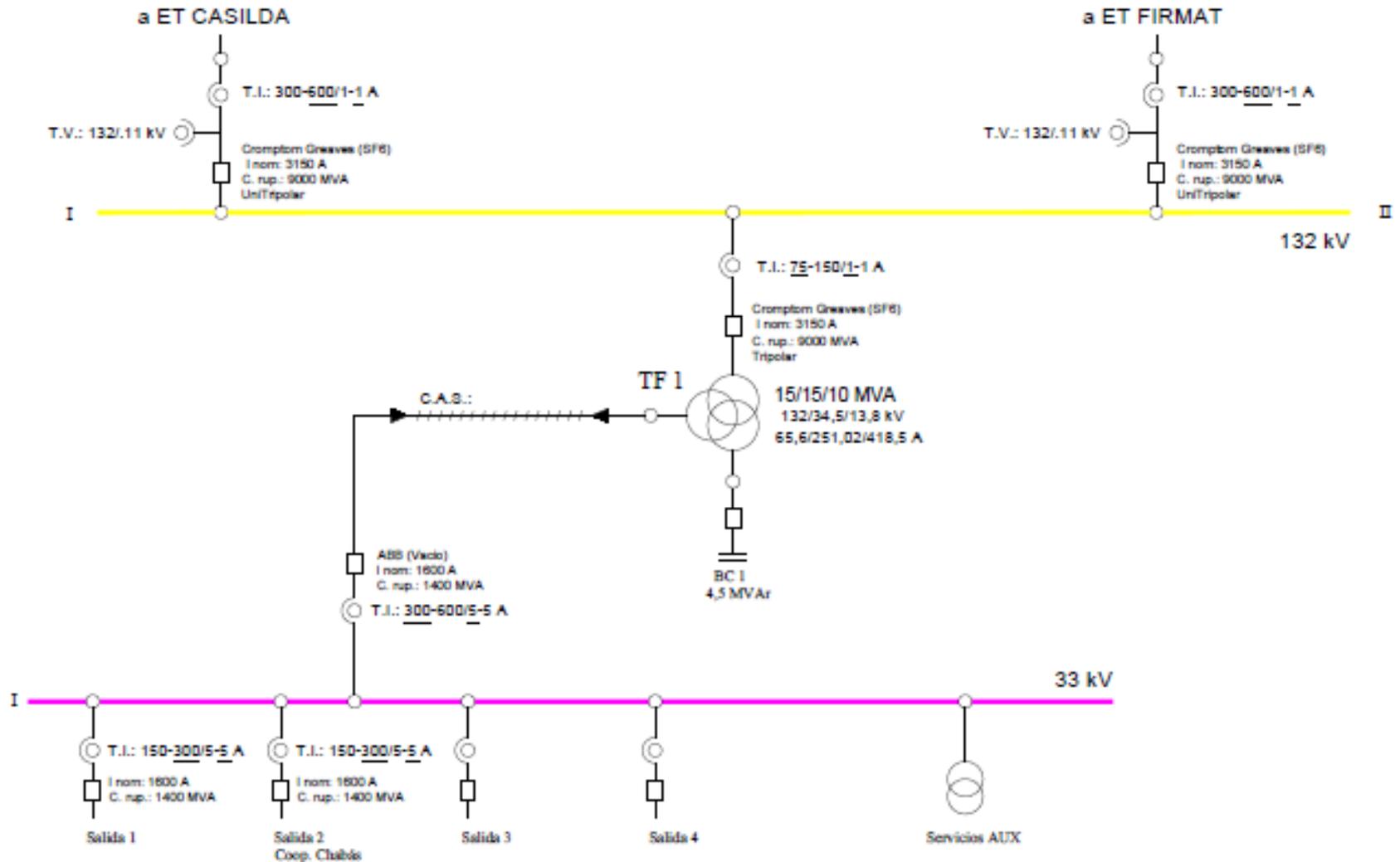


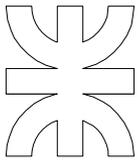
ET CASILDA



Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias E.T. CHABAS



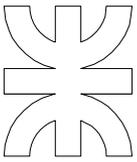


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de columnas giratorias



ET CHABÁS



Seccionadores de pantógrafo

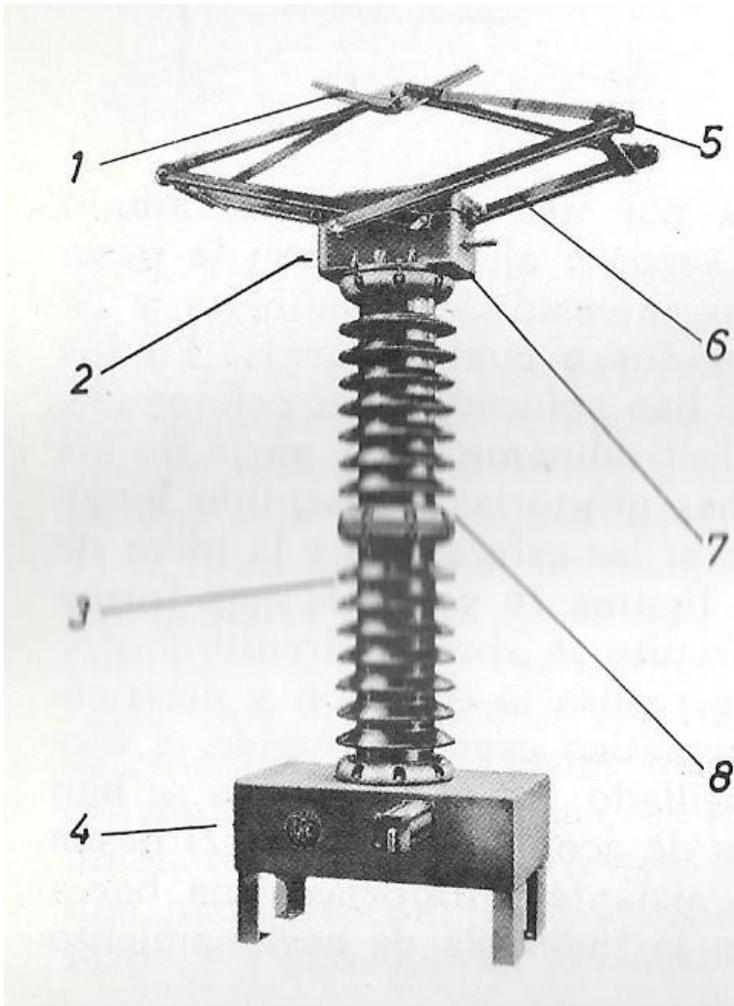
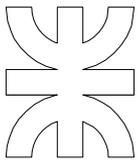


Fig. 79. — Seccionador unipolar ACEC, de pantógrafo, en posición "abierto":
1—Contactos móviles. 2—Bornes de conexión. 3—Columna soporte aislante. 4—Armazón inferior. 5—Conexiones flexibles. 6—Pantógrafo simétrico de brazos cruzados. 7—Armazón superior. 8—Fijación mecánica entre aisladores.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

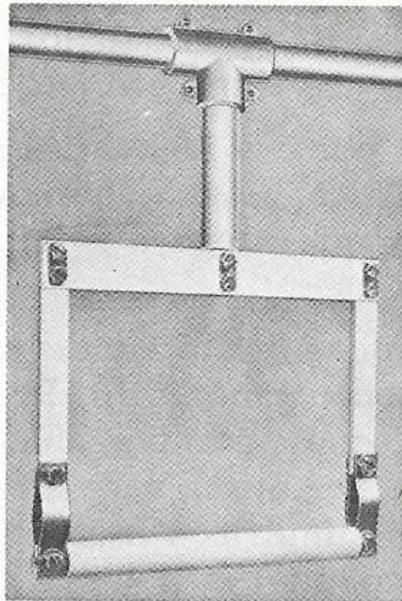


Fig. 80.— Contacto de línea de un seccionador unipolar ACEC, de pantógrafo.

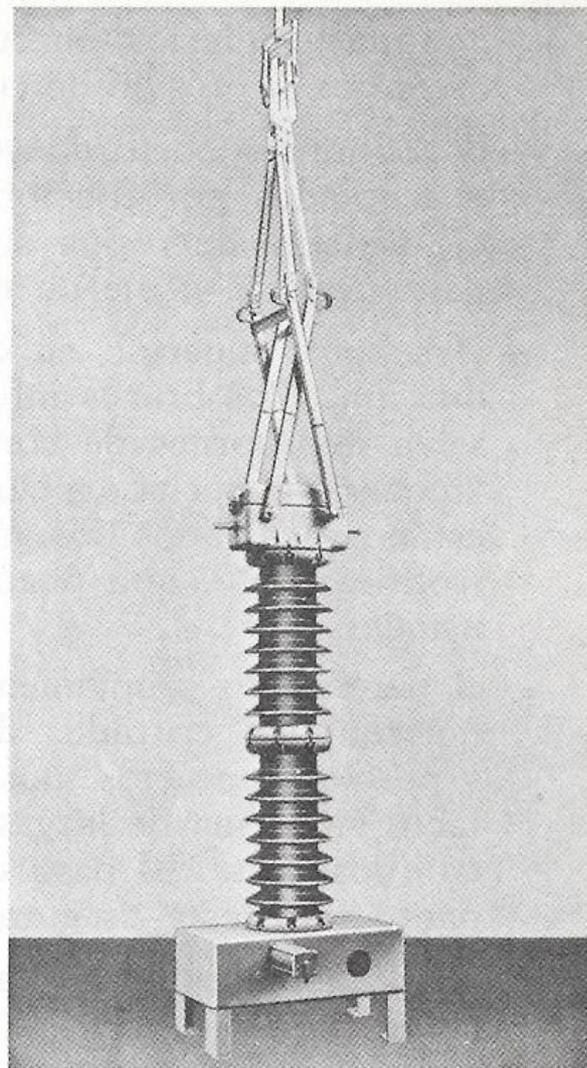
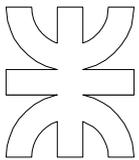


Fig. 81.— Seccionador unipolar ACEC, de pantógrafo, con las cuchillas cerradas.



Seccionadores de pantógrafo

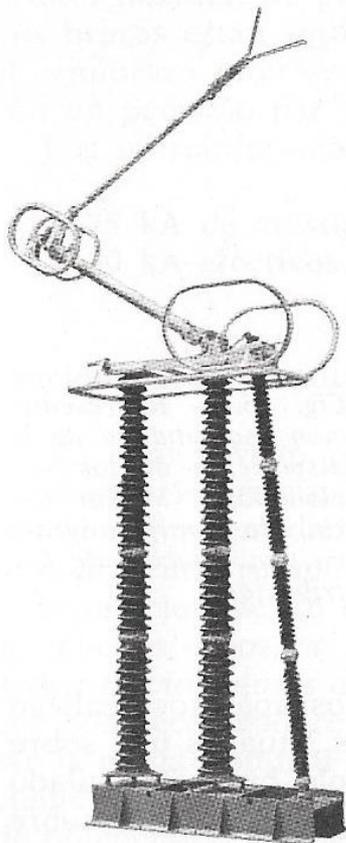


Fig. 82. — Seccionador unipolar Merlin Gerin, de semipantógrafo, para 420 kV, en curso de cierre.

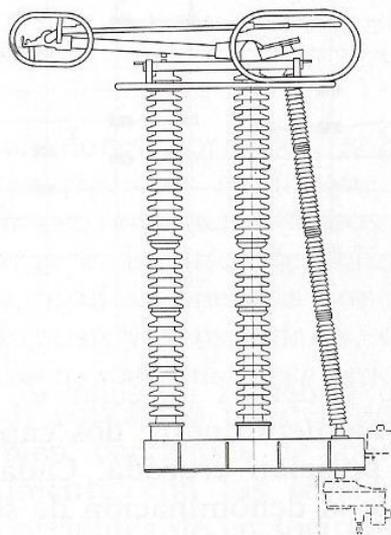
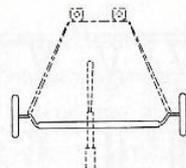
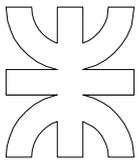


Fig. 83. — Seccionador unipolar Merlin Gerin, de semipantógrafo, en posición "abierto"



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

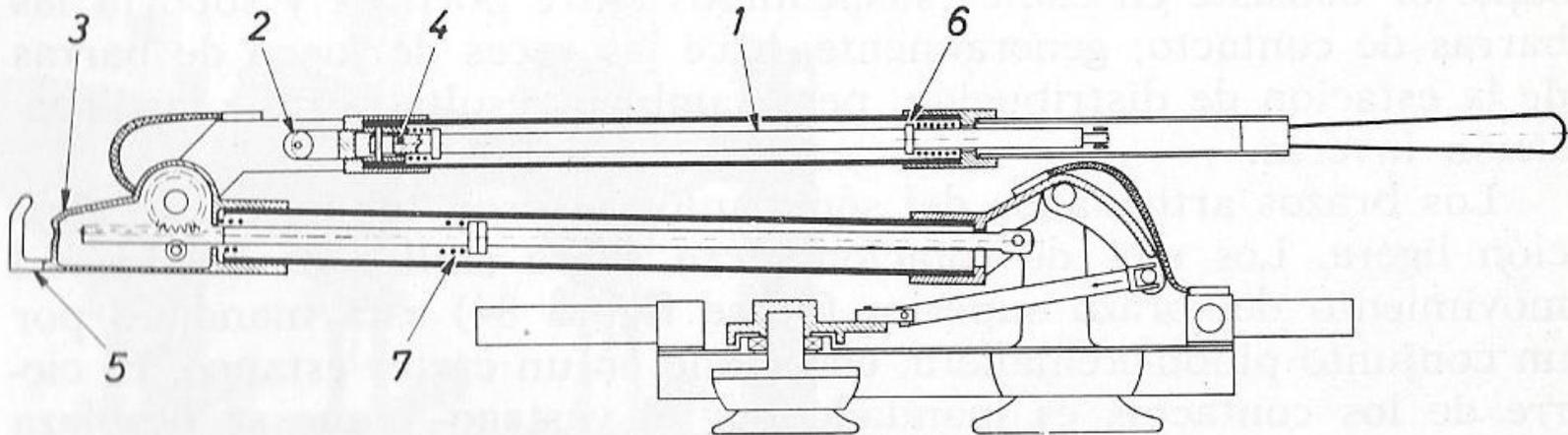
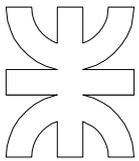


Fig. 84. — Brazo articulado de un seccionador Merlin Gerin, de semipantógrafo:
1—Vástago desplazable. 2—Leva. 3—Rampa. 4—Resorte de transmisión de movimiento de la leva. 5—Gancho. 6—Resorte de cierre del brazo articulado. 7—Resorte de equilibrado.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

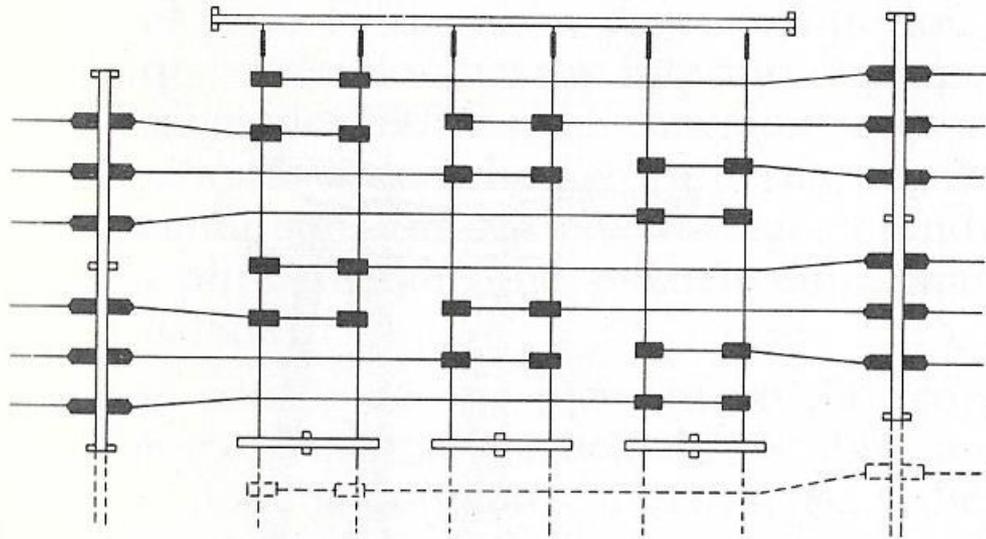
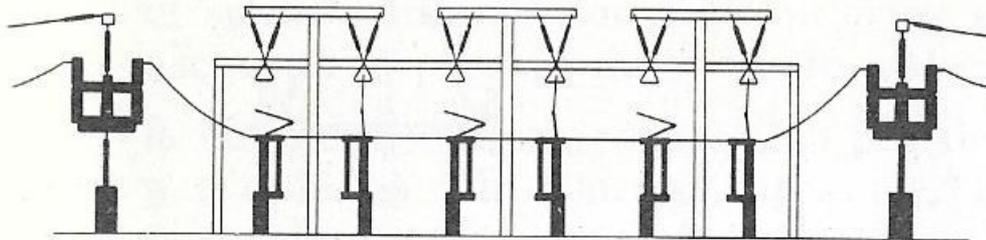
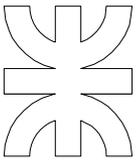


Fig. 85. — Representación esquemática de la disposición de los seccionadores Merlin Gerin, de semipantógrafo en una estación de distribución.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

Modelo de seccionador pantógrafo de seccionamiento vertical:

Cada columna sostiene un brazo articulado, que con su "mano" busca cerrarse en el contacto fijo soportado por las barras tubulares o los cables.

Debe notarse que hay dos aisladores por polo, uno de soporte, y otro que transmite el movimiento al brazo.

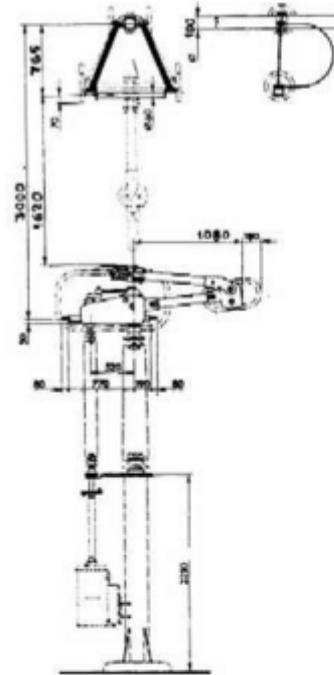
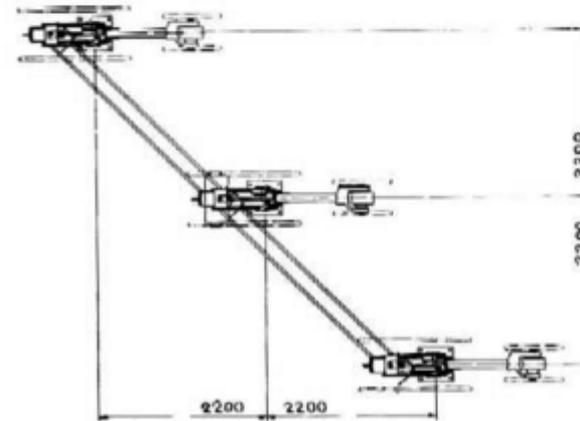
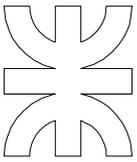


FIG 2.3e VISTAS DE UN SECCIONADOR DE BRAZO ARTICULADO DE SECCIONAMIENTO VERTICAL (LLAMADO TAMBIEN PANTOGRAFO O SEMIPANTOGRAFO). DISPOSICION DE LOS POLOS EN DIAGONAL.





Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

Modelo análogo al anterior, pero con el seccionamiento horizontal.

Generalmente estos últimos modelos utilizan los mismos componentes, pero aplicados en otra forma.

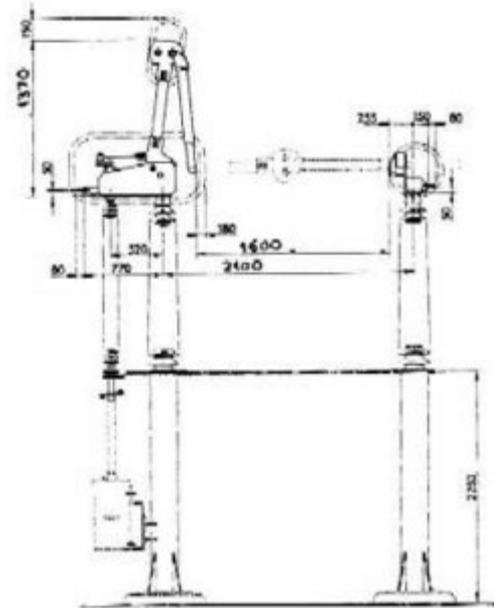
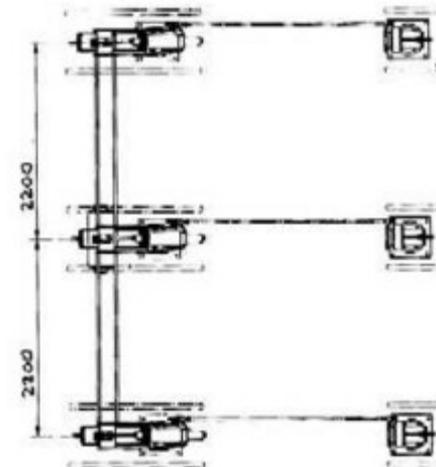
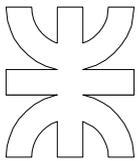


FIG 2.3.d VISTAS DE UN SECCIONADOR DE BRAZO ARTICULADO DE SECCIONAMIENTO HORIZONTAL. DISPOSICIÓN DE PÓLOS PARALELOS



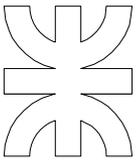


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionadores de pantógrafo

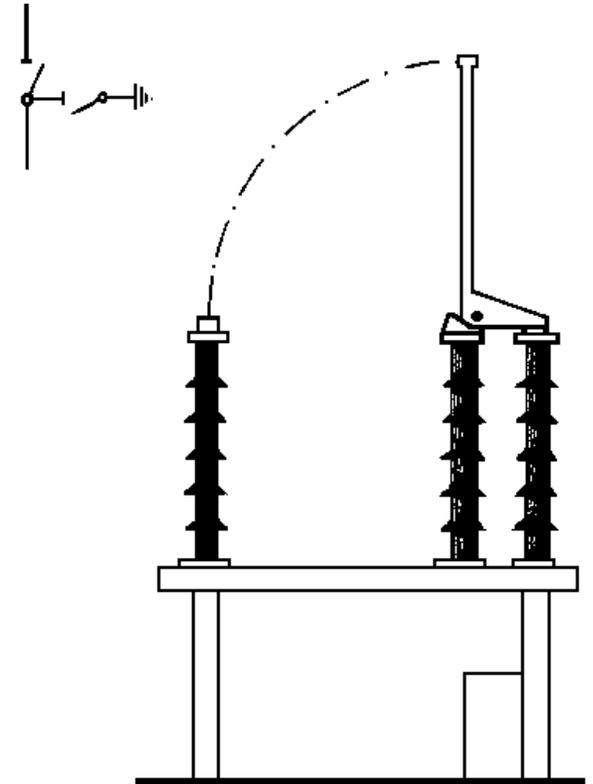


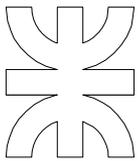
Seccionadores de pantógrafo en posición abierto y cerrado



Seccionador de Puesta a Tierra

- El seccionador de puesta a tierra, tiene la función de conectar a tierra parte de un circuito.
- El seccionador de tierra generalmente está asociado a un seccionador principal. La aislación entre contactos del seccionador de tierra puede ser menor que la aislación entre contactos del seccionador principal asociado.
- Normalmente este seccionador cortocircuita un aislador de soporte del seccionador principal al que se encuentra asociado.
- Descargar cargas atrapadas en las líneas o inducidas y para asegurar que el potencial de la misma es cero. En el punto de trabajo, donde se realiza el mantenimiento, se agrega una tierra adicional. (Para eliminar tensiones de mutua inducción)

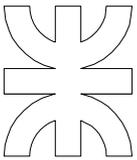




Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Seccionador de Puesta a Tierra





Seccionador Bajo Carga

- Seccionadores reforzados, donde los contactos pueden desconectar la carga nominal de la red (y también corrientes de sobrecarga, si no son muy elevadas).
- **No se pueden interrumpir corrientes de cortocircuito.**

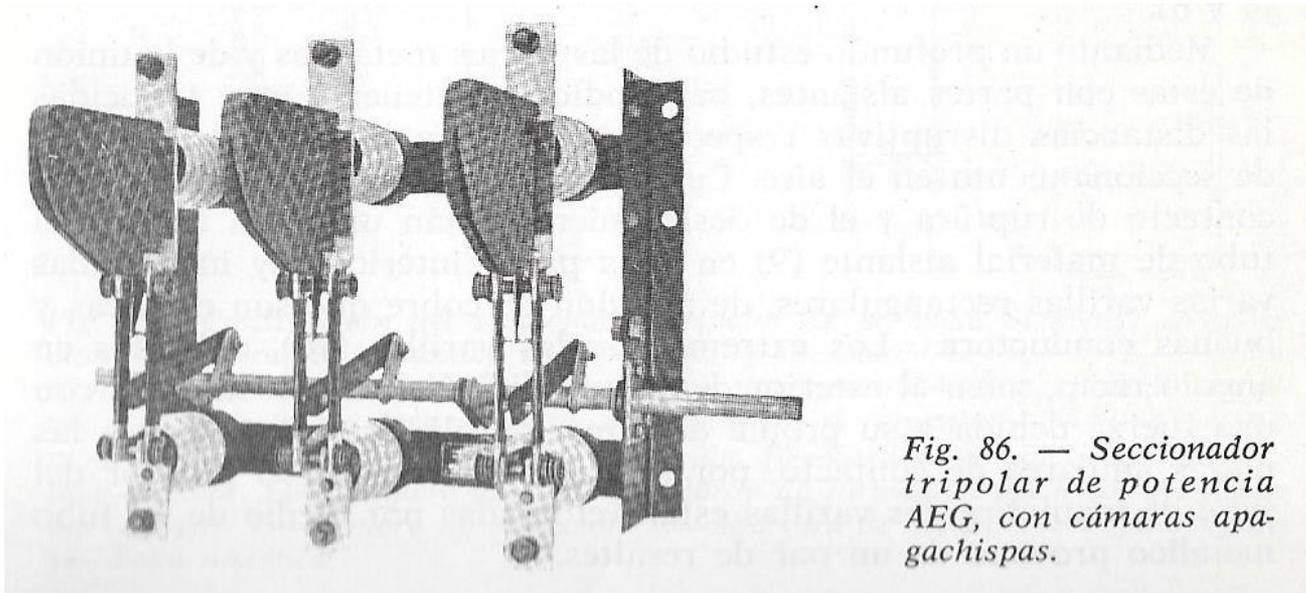
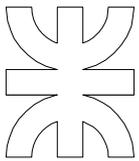


Fig. 86. — Seccionador tripolar de potencia AEG, con cámaras apagachispas.



Seccionadores Bajo Carga

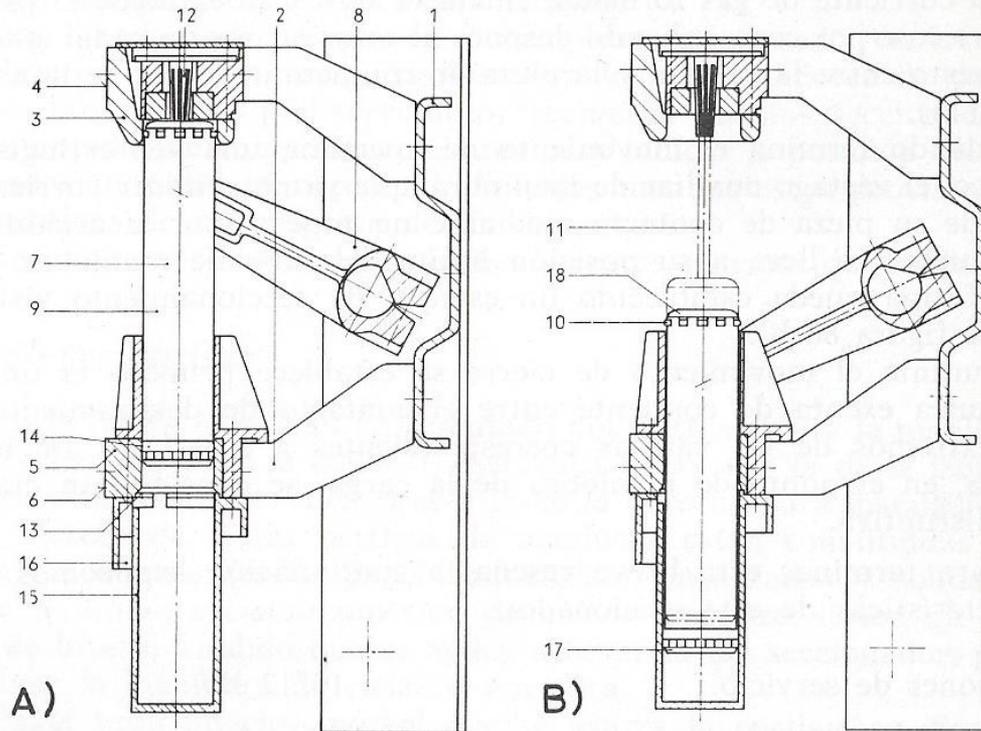
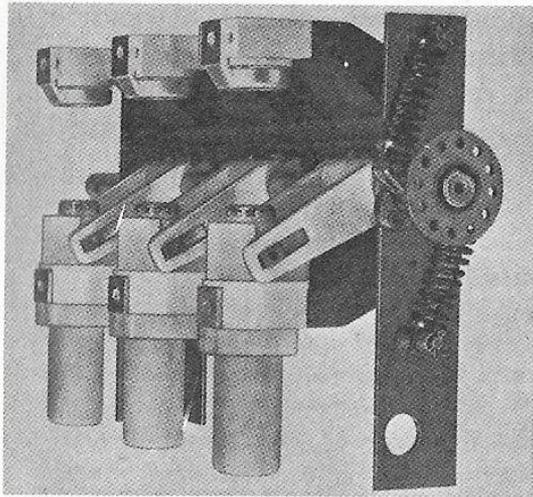
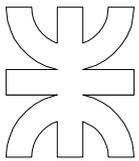
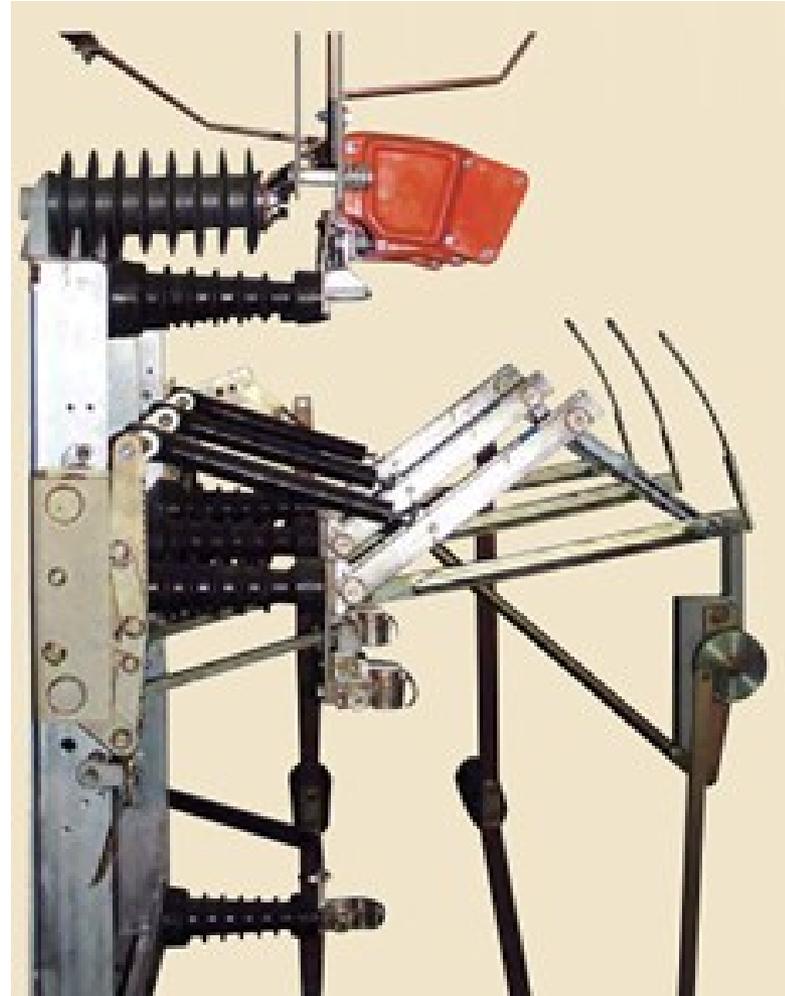
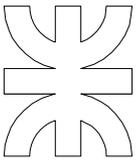


Fig. 88. — Constitución del seccionador tripolar de potencia Siemens: a) posición de cierre. b) posición de apertura. 1—Bastidor de apoyo. 2—Aislador soporte de resina colada. 3—Contacto de seccionamiento. 4—Superficie de empalme. 5—Contacto de deslizamiento. 6—Superficie de empalme. 7—Tubo de maniobra. 8—Biela. 9—Envolvente de extinción. 10—Varillas conductoras. 11—Vástago auxiliar. 12—Contacto auxiliar. 13—Borde de formación del arco. 14—Anillo parachispas. 15—Cámara de extinción. 16—Abertura de salida. 17—Tapa aislante. 18—Tapa metálica.



Seccionadores Bajo Carga





Mandos de Seccionadores

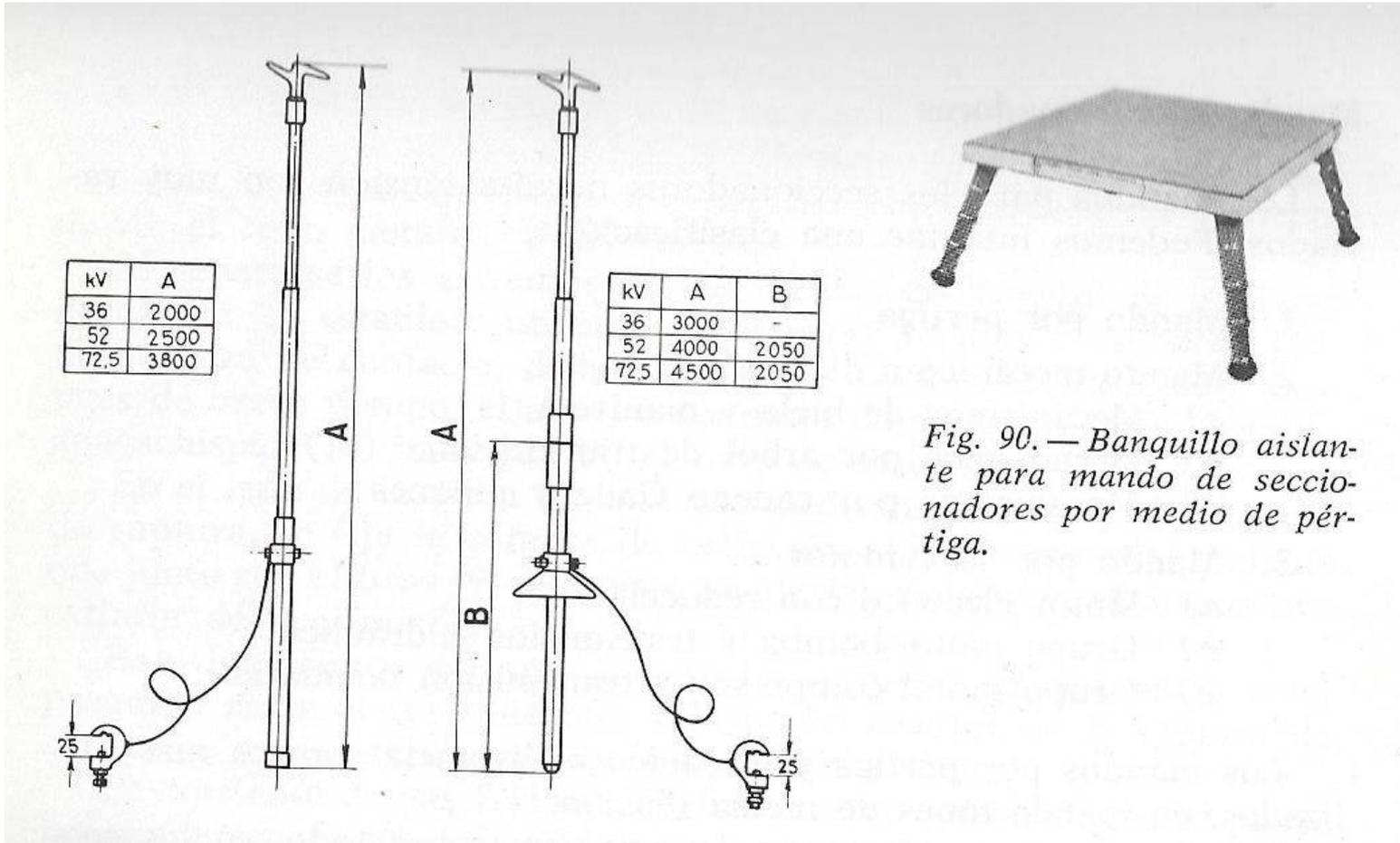
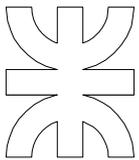
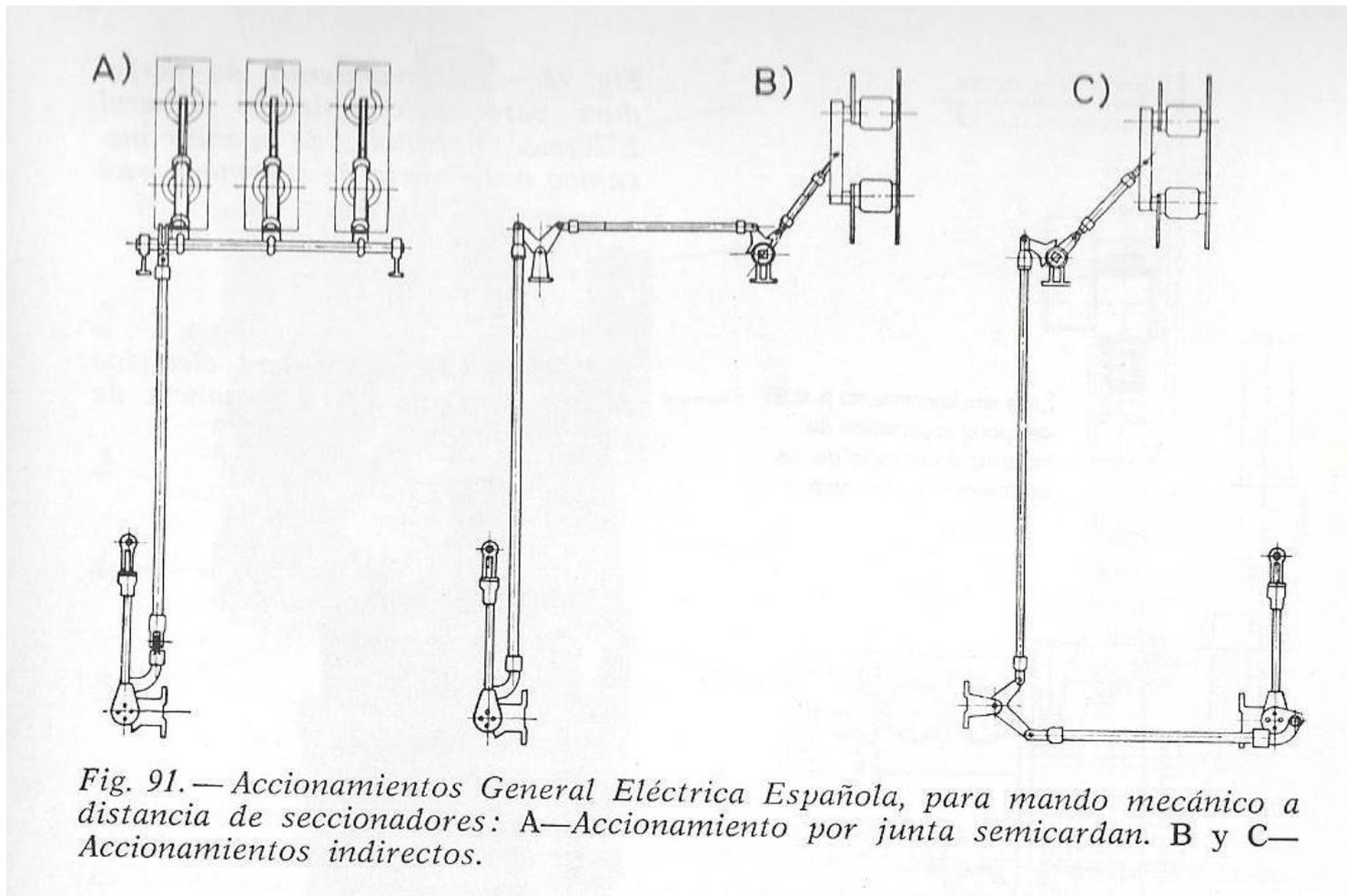
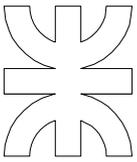


Fig. 90. — Banquillo aislante para mando de seccionadores por medio de pértiga.



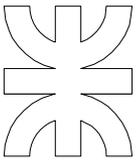
Mandos de Seccionadores





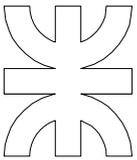
Interruptor (Interruptor automático)

- ❑ Aparato de maniobra mecánico (que suma a las características de un seccionador) capaz de establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito; y también de establecer, conducir por un tiempo determinado, e interrumpir corrientes en determinadas condiciones anormales como las de cortocircuito.
- ❑ Lógicamente la duración de los contactos, del medio aislante, de las cámaras que contienen los fenómenos que se producen limitan la cantidad de maniobras que pueden hacerse en distintas condiciones, sin mantenimiento (se produce desgaste de los contactos, de las cámaras, del medio de interrupción).
- ❑ Cada tipo de interrupción presenta características que pueden ser distintas, y que además dependen del principio de funcionamiento del interruptor.
- ❑ Los aparatos que no pueden llegar a interrumpir cortocircuitos no son interruptores, se los llama interruptores de maniobra, y cuando cumplen ciertas condiciones (de aislación) seccionadores bajo carga.



Interrupor (Interrupor automático)

- ❑ Si comparamos las características de aislación que fijan las normas para interruptores y seccionadores, la función de seguridad de la aislación se ha asignado a los seccionadores.
- ❑ Los interruptores tienen dos posiciones estables: abiertos, o cerrados. Tienen una duración mecánica en cuanto a maniobras que pueden hacer (limitada en comparación con otros aparatos). Clases E1 y E2 (E2 Diseñados con durabilidad eléctrica extendida, es decir, las partes de interrupción del contacto principal no requieren mantenimiento); Clases M1 y M2 (M1 con durabilidad mecánica normal (2,000 operaciones sin mantenimiento) (M2 con durabilidad mecánica extendida (10,000 operaciones sin mantenimiento)).
- ❑ Hay de diferentes tipos, según cronología en el tiempo y medio de interrupción: aire (comprimido), aceite, gas SF6, vacío.
- ❑ Según su forma: aparatos con tanque a tierra, o con tanque en tensión (muerto o vivo), entendiéndose por tanque el contenedor (metálico o de material aislante) de los contactos.



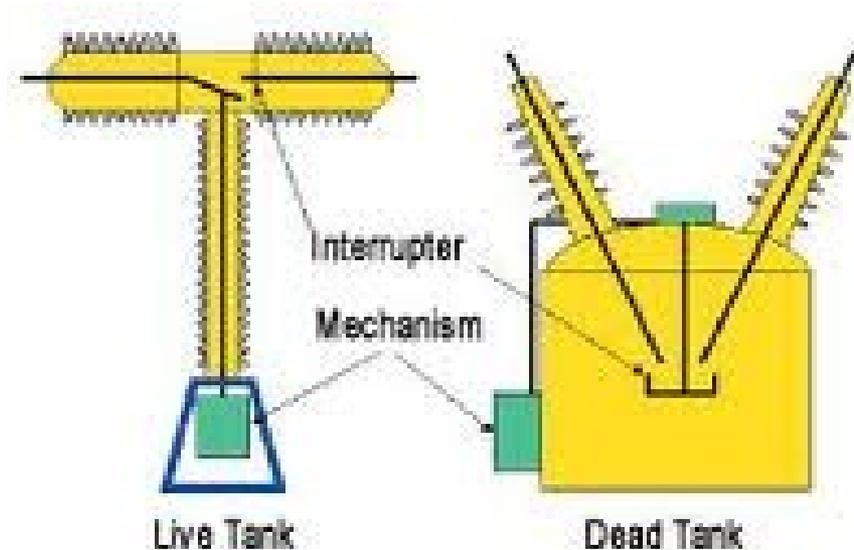
Interruptor (Interruptor automático)

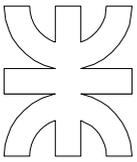
• Tanque vivo

- Ocupan menos espacio
- Son menos costosos
- Utilizan menos medios de extinción

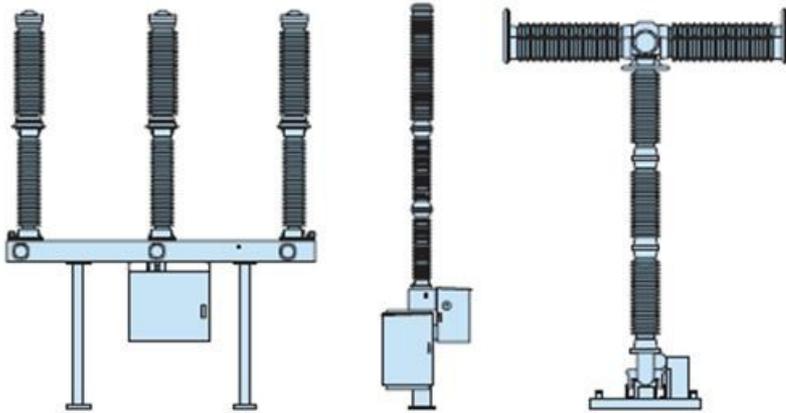
• Tanque muerto

- Los transformadores de corriente se pueden instalar en los bujes
- Se comportan mejor ante sismos

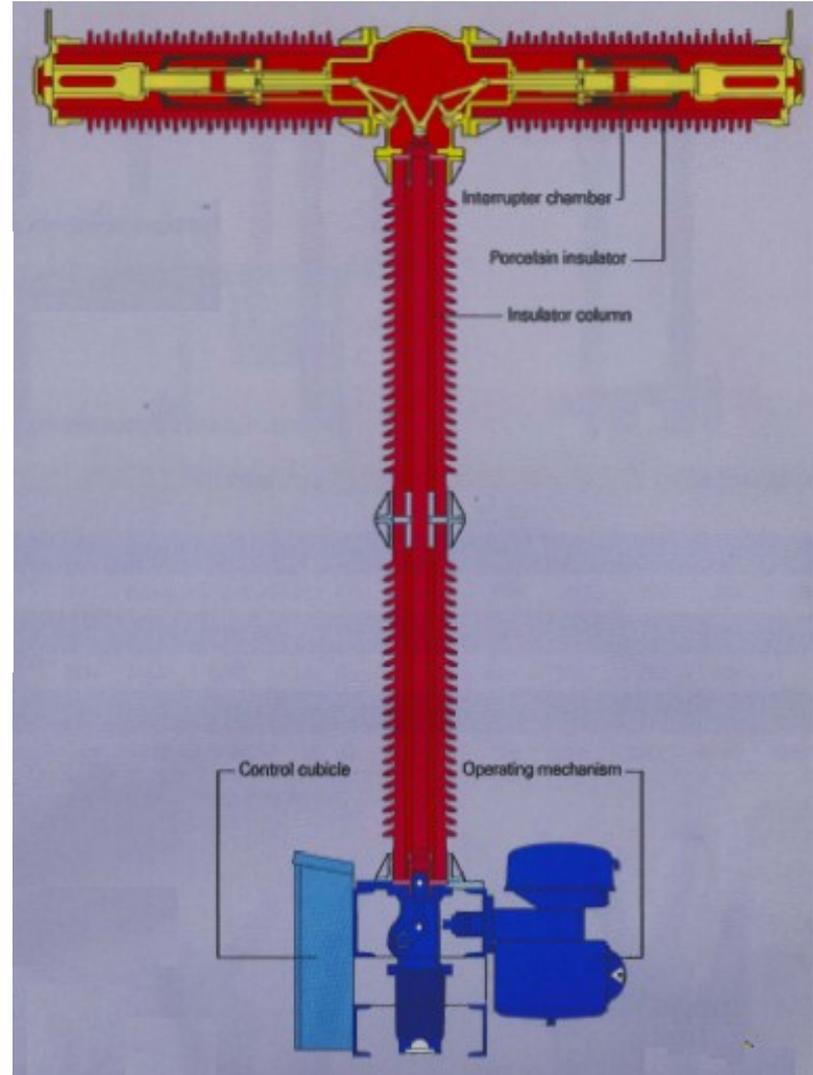


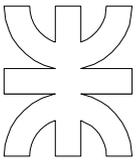


Interruptor (Interruptor automático)

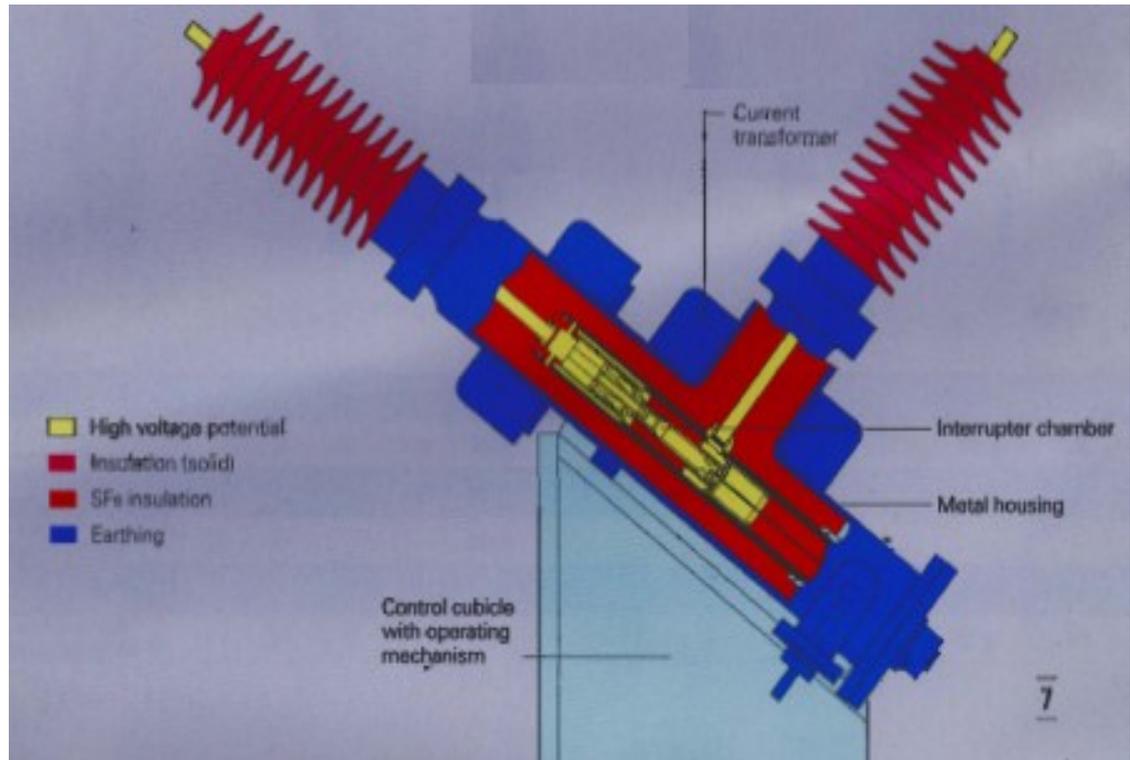


Cámaras de extinción en interruptor tipo tanque vivo

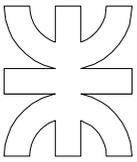




Interruptor (Interruptor automático)

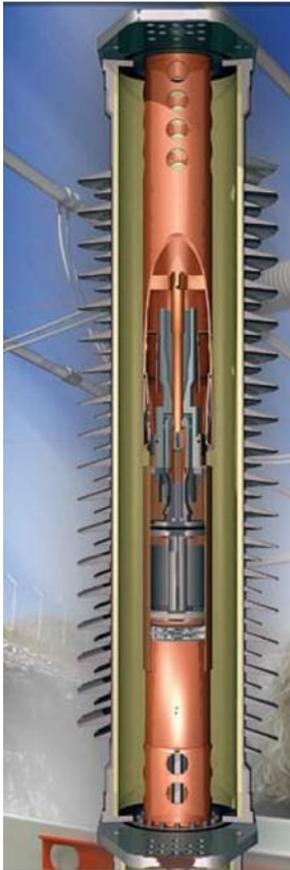


Cámaras de extinción en interruptor tipo tanque muerto

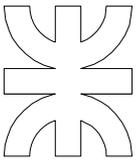


Interrupor (Interrupor automático)

- Según número de interrupciones (o cámaras) en serie. A mayor número, mayor tensión (1 cámara $34,5 < V < 245$ kV; 2 cámara $245 < V < 550$ kV; +2 cámaras $V > 345$ kV y corrientes de interrupción altas).

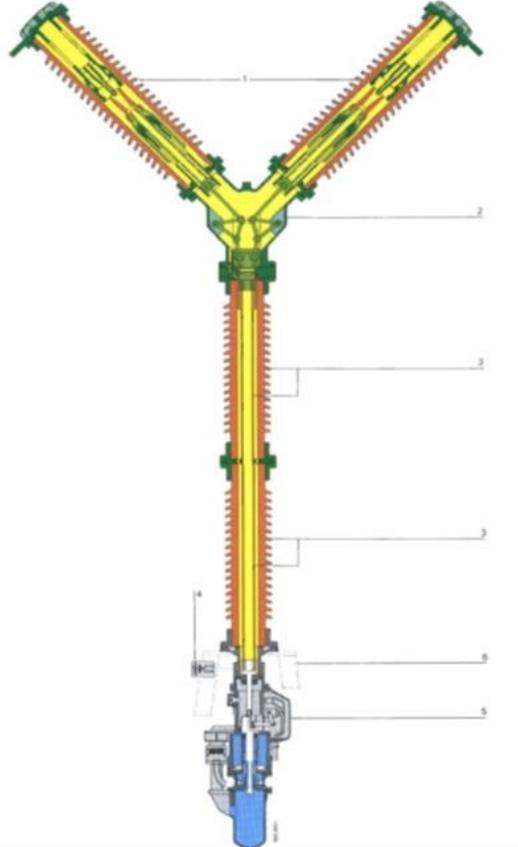


Entre 34,5 kV Y 245 kV:
Con una cámara

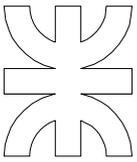


Interrupción (Interrupción automática)

- Según número de interrupciones (o cámaras) en serie. A mayor número, mayor tensión (1 cámara $34,5 < V < 245$ kV; 2 cámara $245 < V < 550$ kV; +2 cámaras $V > 345$ kV y corrientes de interrupción altas).



Entre 245 kV Y 550 kV:
Con dos cámaras

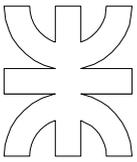


Interruptor (Interruptor automático)

- ❑ Según número de interrupciones (o cámaras) en serie. A mayor número, mayor tensión (1 cámara $34,5 < V < 245$ kV; 2 cámara $245 < V < 550$ kV; +2 cámaras $V > 345$ kV y corrientes de interrupción altas).



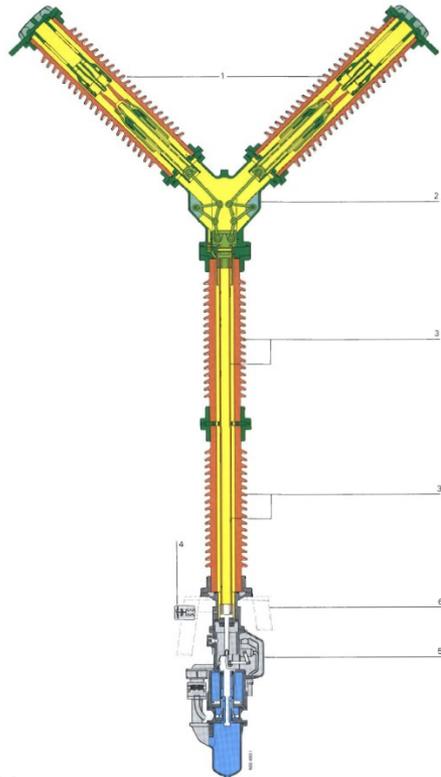
MAYOR DE 362 kV:
Con mas de dos cámaras
(cuando se requieren
corrientes de interrupción
altas)



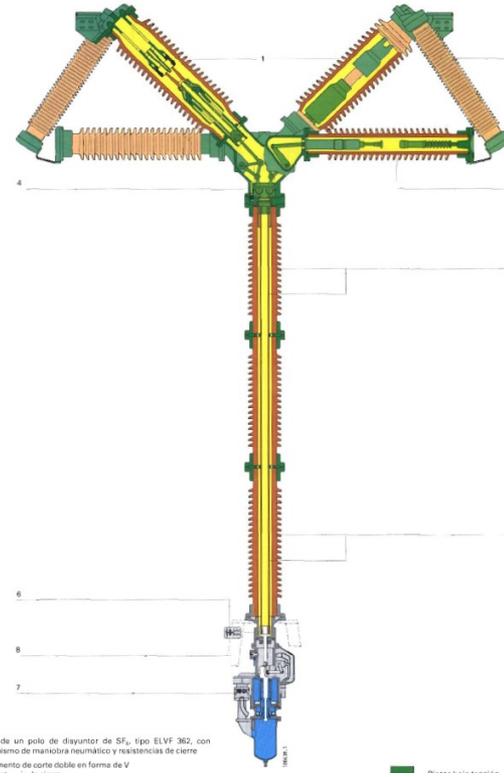
Interruptor (Interruptor automático)

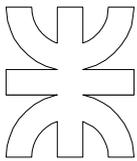
- Algunos interruptores tienen cámaras de interrupción (o de establecimiento de corrientes) en paralelo con las principales, y con resistores en serie, para lograr interrumpir ciertas corrientes, o lograr limitar las sobretensiones de inserción de largas líneas.

Sin resistencias de preinserción

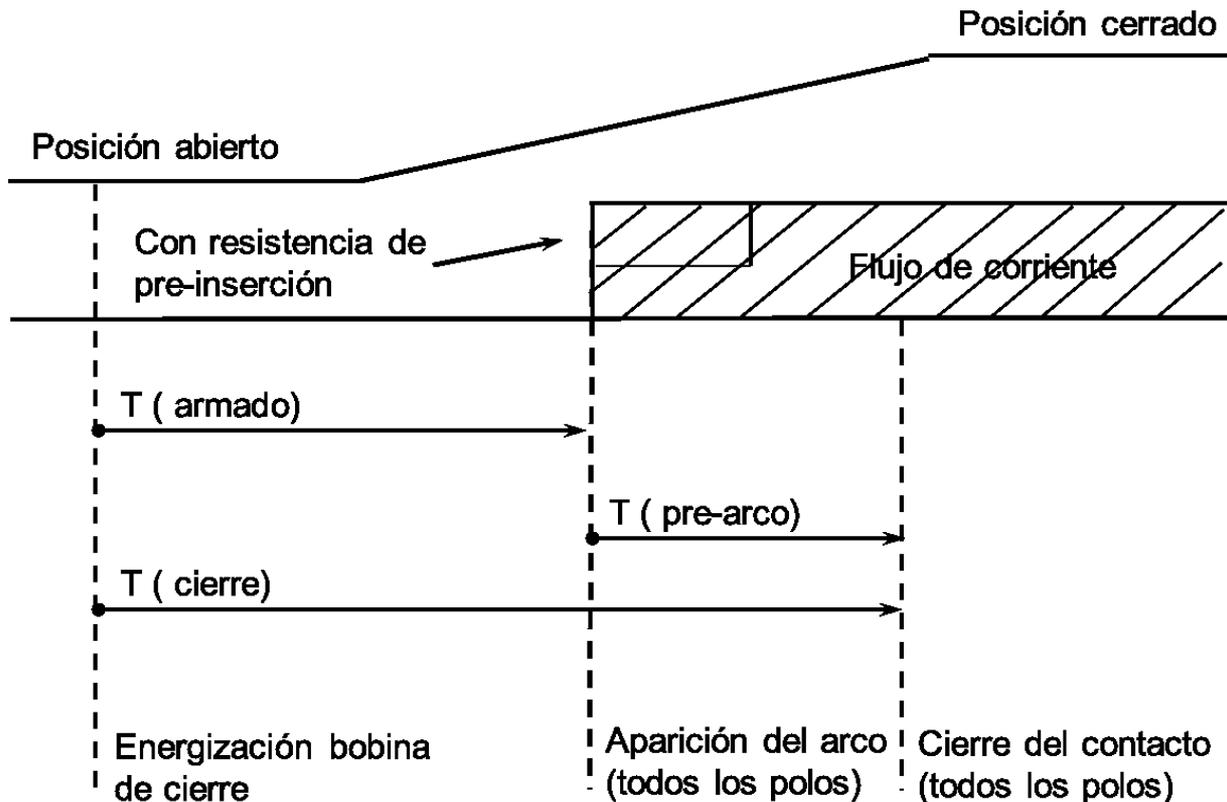


Con resistencias de preinserción

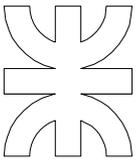




Interruptor (Interruptor automático)



- Las resistencias de pre-inserción se utilizan para limitar sobretensiones en la red durante operaciones de conmutación.
- Se utilizan únicamente durante el cierre y consisten en bloques de resistencias que son conectados en paralelo con la cámara de interrupción.
- Los bloques de resistencias cerrarán el circuito aproximadamente 8-12 ms antes de los contactos de arco.
- Se utilizan principalmente para líneas en vacío con tensiones de sistema superiores (>362 kV).
- No se deben confundir con las resistencias de apertura, que se utilizan para reducir (amortiguar) la ttr durante la apertura.
- Las resistencias de apertura se utilizan principalmente en tipos de interruptores más antiguos, por ejemplo los interruptores de aire comprimido.



Interrupor (Interrupor automático)

Las normas IEC (internacionales) se han ocupado de establecer definiciones que permiten encuadrar los distintos aparatos permitiendo su utilización correcta.

*“**Interrupor** es un aparato mecánico de conexión, que tiene dos posiciones de reposo, capaz de establecer, soportar, e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, así como en condiciones predeterminadas establecer, soportar por un lapso definido, e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas de circuito tales como las de cortocircuito”.*

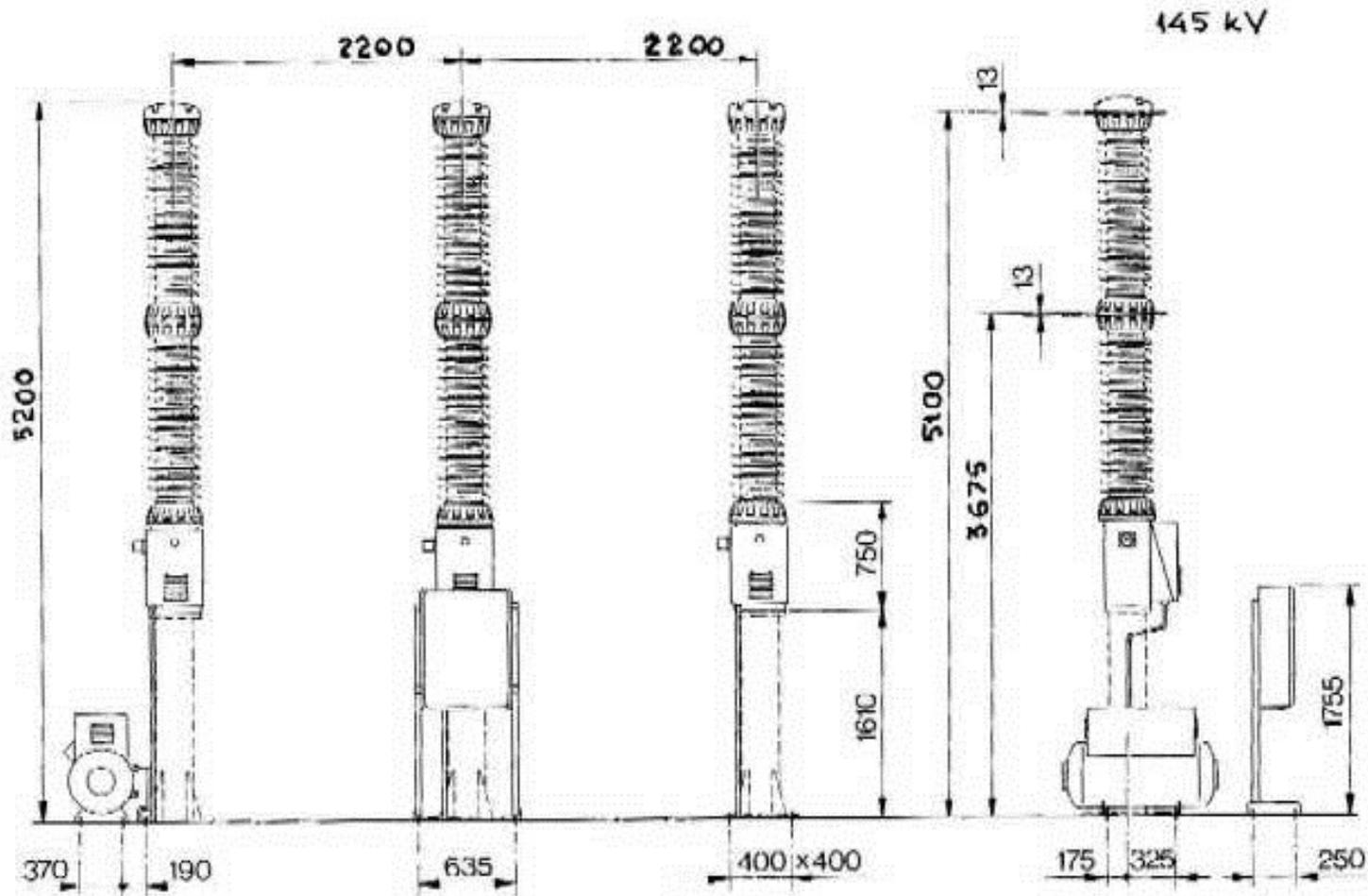
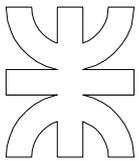
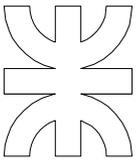
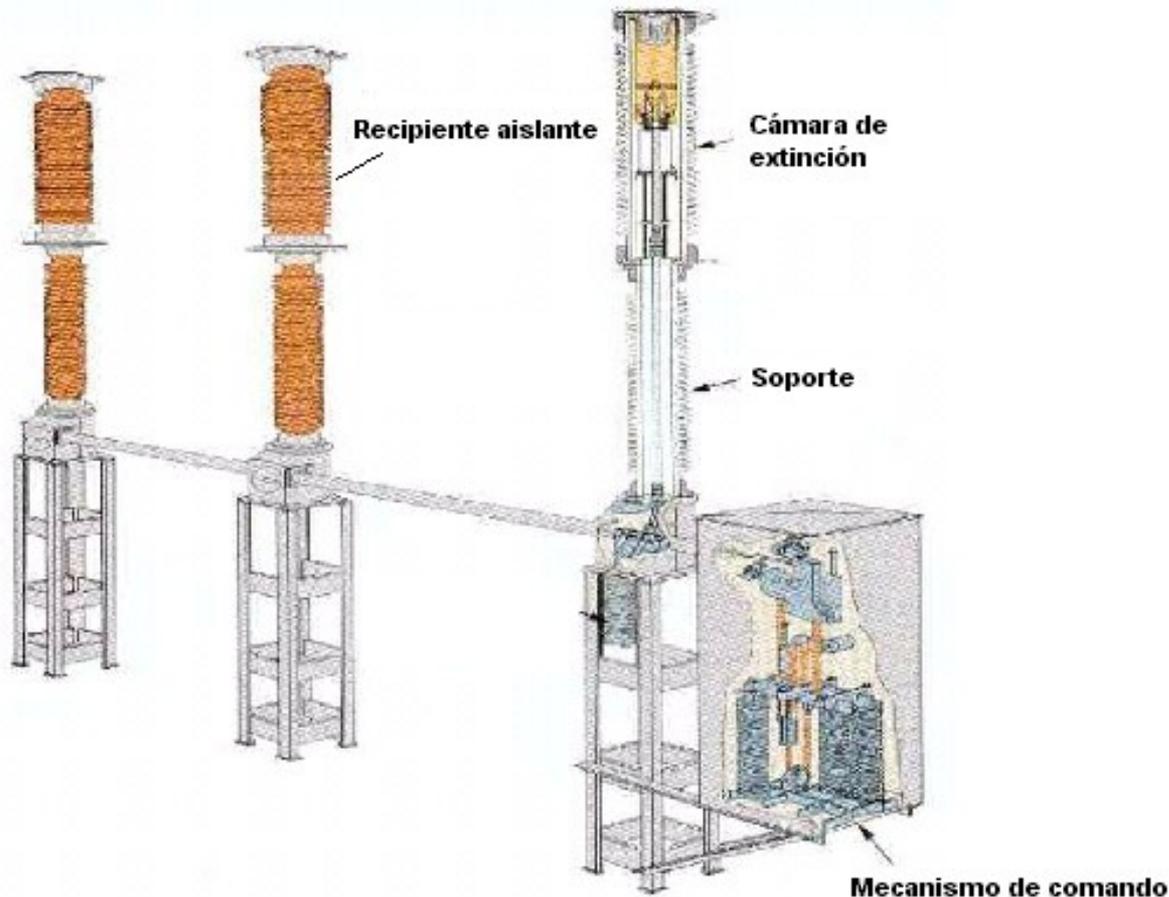


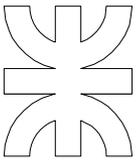
FIG 2.2 VISTAS DE UN INTERRUPTOR 145 kV



Interruptor (Interruptor automático)

- Un interruptor está formado por los siguientes componentes básicos:



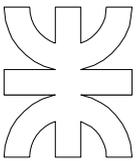


Cámara de extinción:

- Es el elemento principal desde el punto de vista eléctrico.
- Los Interruptores se clasifican e identifican en función de las características de la cámara de extinción.
- Es el lugar donde se provoca la separación de los contactos para provocar la apertura de un circuito, o donde se provoca el acercamiento de los mismos para provocar el cierre o la conexión de un circuito o componente.
- Los contactos (uno fijo y otro móvil), tienen dos posiciones posibles:

Abierta: espacio entre contactos, suficiente para evitar que la tensión entre los mismos, provoque la descarga entre ellos.

Cerrado: los contactos se encuentra tocándose, con una superficie de contacto de característica tal que minimice la resistencia intercalada. A esta posición se llega una vez ordenada el cierre partiendo de la posición de abierto.



El proceso de interrupción

1. Corriente alterna **resistiva**

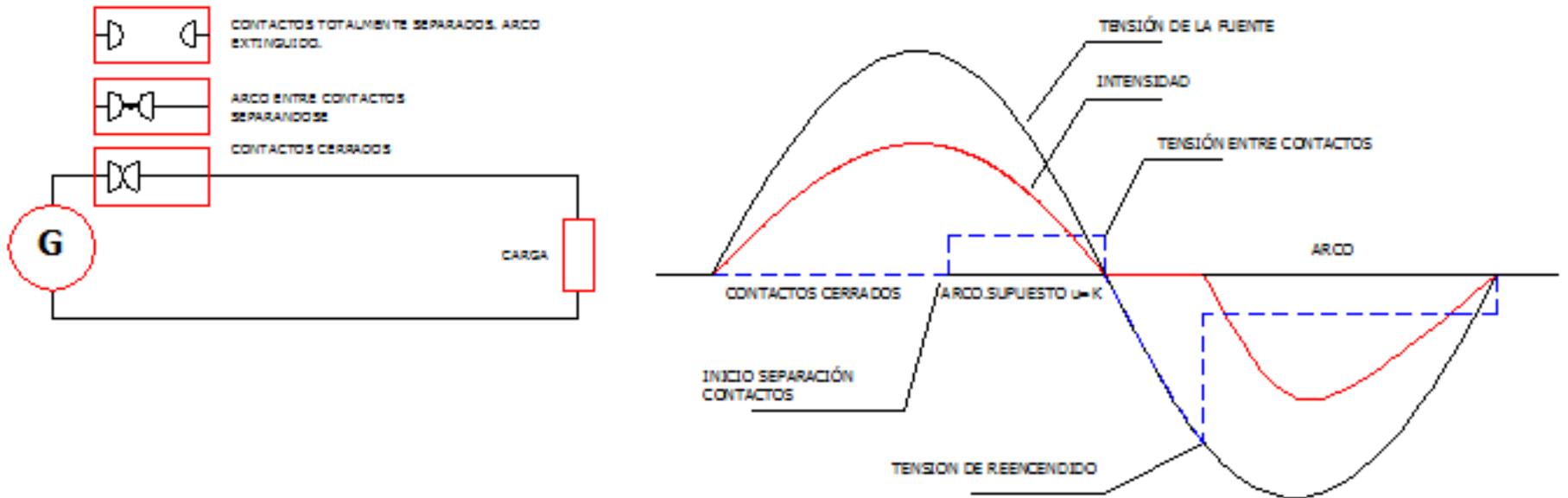
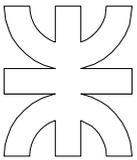
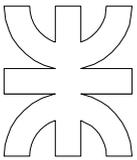


Fig. 1



Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

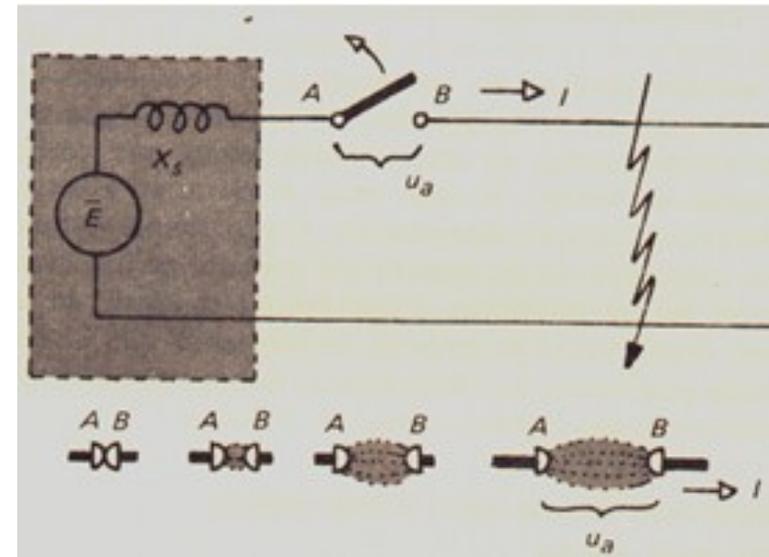
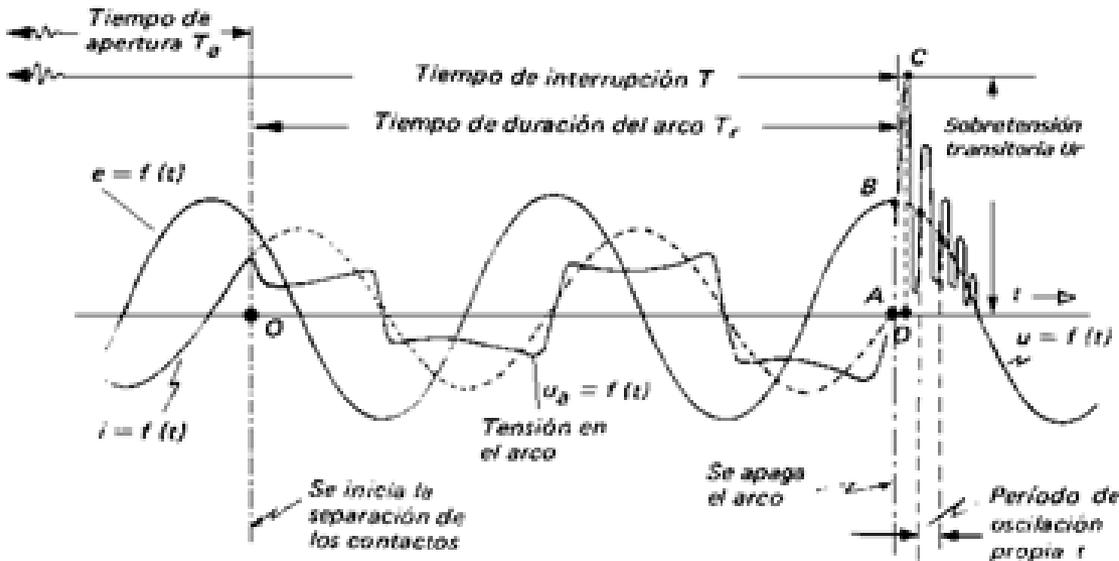
- Contactos cerrados: la corriente circula por todos los elementos en serie. La tensión entre los polos del interruptor es nula.
- Los contactos se comienzan a separar, estableciéndose un arco entre ellos. La tensión de arco, es pequeña y variable, como veremos, pero en el dibujo la supusimos constante y normalmente mucho menor que el valor de cresta de la tensión del circuito. Mientras se sostenga el arco, la corriente seguirá circulando por la carga.
- Cuando la corriente, en su evolución alterna, pasa por cero, se apaga el arco.
- Al anularse la corriente, la tensión entre los contactos separándose, invierte su polaridad. Si el aire se mantiene aún ionizado, y la tensión alcanzara para restablecer el arco con esta distancia entre contactos, se volvería a establecer el arco.
- El medio interpuesto entre contactos, tendrá más posibilidades de recuperar sus condiciones dieléctricas, a medida que aumenta la distancia entre contactos.
- En realidad, el recebado dependerá de la velocidad con que aumenta la tensión de restablecimiento respecto a la velocidad con que se separan los contactos.
- Si la tensión entre contactos o de restablecimiento no alcanza a partir de algún momento, a la rigidez dieléctrica del medio interpuesto, la corriente se interrumpe definitivamente.

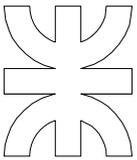


El proceso de interrupción

2. Corriente alterna inductiva

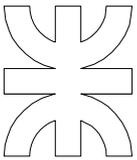
El proceso de la interrupción se aproxima más a lo real, donde la característica inductiva pura de la corriente, es la que representa a una corriente de cortocircuito.





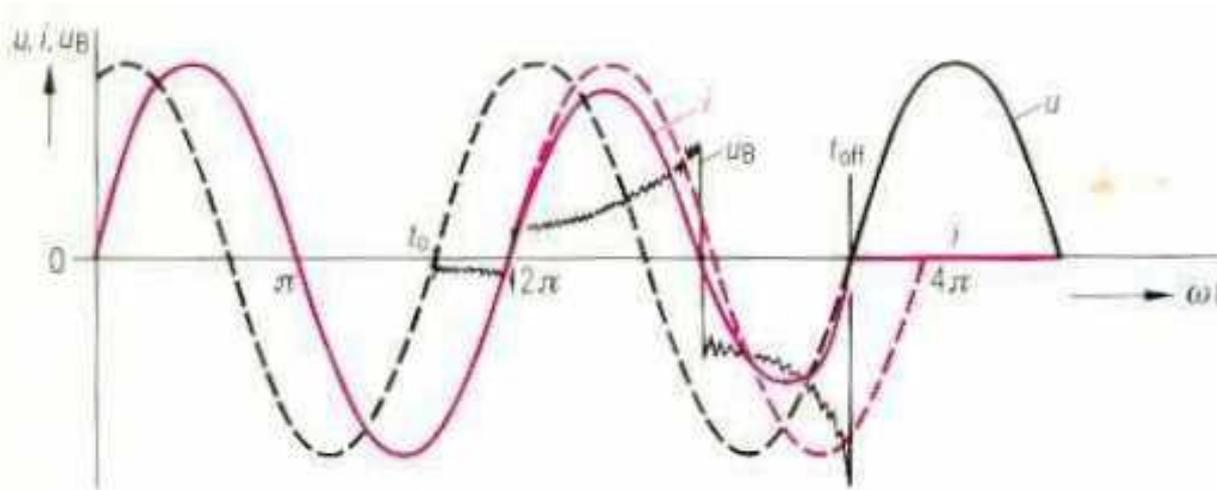
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

- Durante la desconexión, el contacto móvil del interruptor, se desplaza hacia su posición de abierto. Una vez que comenzó a separarse, el medio interpuesto ionizado sigue conduciendo. En estas condiciones, entre contactos, el arco provoca una tensión u_a de característica variable, que conlleva una disipación de potencia activa.
- A medida que se separan los contactos, aumenta la probabilidad de que cuando la corriente pase por cero, se produzca la interrupción de la corriente, debido al debilitamiento del arco.
- Si la corriente está en fase con la tensión (carga resistiva), la interrupción es más sencilla e inmediata.
- Pero en un cortocircuito, cuando la corriente pasa por cero, la tensión pasa por un máximo y favorece la continuidad del arco. En este caso, la interrupción se provoca cuando los contactos se separen lo suficiente, como para que la característica dieléctrica, no permita provocar una nueva descarga por el medio interpuesto. Incluso alcanzando su máxima distancia. Esto es, **cuando la rigidez dieléctrica del medio interpuesto, supere a la tensión entre los contactos conocida como tensión de restablecimiento.**



El proceso de interrupción

3. Corriente alterna inductiva, pero con resistencia de arco elevada



i Current
 u_B Arc voltage

t_0 Instant of contact separation
 t_{off} Instant of arc extinction

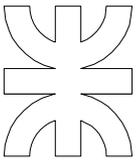
i : Corriente.

u_B : Tensión de arco.

t_c : Separación de contactos.

t_{off} : Extinción del arco

Si la resistencia de arco es elevada, deforma la onda de corriente, haciendo que hacia el final del ciclo, cuando la resistencia aumenta en forma importante, la corriente y la tensión evolucionan como casi resistiva o en fase favoreciendo la interrupción



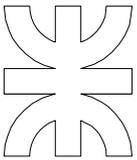
El proceso de interrupción

- **Tensión transitoria de restablecimiento TTR.
Recuperación dieléctrica**

Otro aspecto a considerar durante la interrupción con corriente no resistiva, es que cuando se provoca la interrupción, la tensión ente contactos debe pasar del valor cero o casi cero, dependiendo de la tensión de arco, al valor de la tensión impuesta por la fuente.

Este cambio se realiza respondiendo a un transitorio, que dependerá de las características del circuito o sistema, y puede provocar sobretensiones conocidas como de maniobra, que dificultan la interrupción o peor aún, pueden provocar su recebado. Esto último debe ser evitado cuando los contactos se separaron totalmente o el interruptor resultará dañado.

Dependerá entonces del valor de la rigidez dieléctrica, relacionada con la distancia de los contactos, que no se provoque el reencendido del arco. La **recuperación dieléctrica** se puede mejorar, aumentando la velocidad de desplazamiento de los contactos y/o agregando elementos que contribuyan a su desionización.



El proceso de interrupción

- **Tensión transitoria de restablecimiento TTR.
Recuperación dieléctrica**

Se denomina **tensión de restablecimiento TR**, el valor al cual quedarán sometidos los contactos luego de la apertura, una vez terminado el transitorio si lo hubiese.

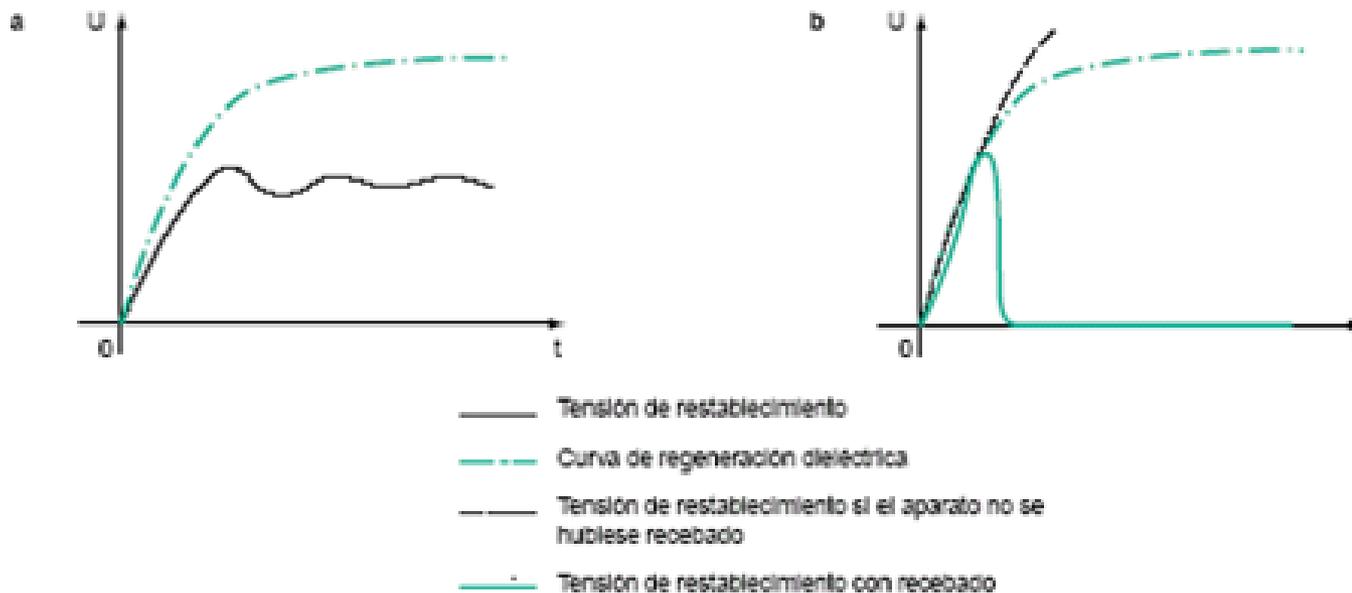
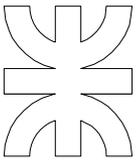


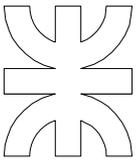
Fig. 3.4. Curvas de regeneración dieléctrica en caso de a) corte con éxito, b) con ruptura dieléctrica



El proceso de interrupción

• Definición de Normas IEC:

- Reencendido o Reignición:** Restablecimiento de la corriente entre los contactos de un aparato mecánico de conexión durante una maniobra de corte, **antes** de un cuarto de período después del paso por cero de la corriente.
- Recebado o Restrike:** Restablecimiento de la corriente entre los contactos de un aparato mecánico de conexión durante una maniobra de corte, **después** de un cuarto de período después del paso por cero de la corriente.
- Tensión transitoria de restablecimiento TTR:** Tensión de restablecimiento entre los contactos de un aparato de conexión durante el tiempo en el que presenta un carácter apreciablemente transitorio.

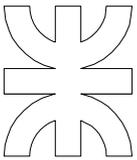


Esfuerzos durante la Interrupción y Exigencias del Interruptor

$$E = \int P dt = \int_0^{Tr} u_a i dt \cong U I T_r$$

donde: P = Potencia desarrollada en el arco
 u_a = tensión instantánea del arco
 i = corriente instantánea del arco
 T_r = tiempo que dura el arco
 U = tensión eficaz del circuito
 I = corriente durante la interrupción

Como ni la corriente ni la tensión pueden regularse para reducir esta energía, debemos reducir el tiempo de interrupción, fabricando interruptores ultrarrápidos o con elementos adicionales que ayuden a apagar el arco, o sea, disminuir el tiempo de interrupción. Una vez fijado el tiempo, se puede deducir, suponiendo que es U la tensión nominal del punto de conexión, la potencia máxima o por ende, la corriente que es capaz de interrumpir. **Esta potencia o la corriente asociada, es conocida como Capacidad de Ruptura. Puede expresarse tanto en kA como MVA.**

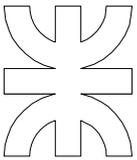


Esfuerzos durante la Interrupción y Exigencias del Interruptor

El tiempo de interrupción entre que se provoca la falla, y se completa la interrupción, puede reducirse con equipos modernos, a 1 o 2 ciclos de 50Hz.

Las fallas o cortocircuitos, deben ser rápidamente interrumpidas a los efectos de:

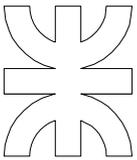
- Disminuir las averías del equipo en falla. En la mayoría de los casos, resultan sin afectaciones o consecuencias.
- Disminuir las consecuencias sobre el resto del sistema, que pueden producir inestabilidad, o pérdidas de sincronismo de los generadores.
- Evitar el deterioro de equipos que no sean precisamente el fallado.
- Evitar el deterioro de los propios dispositivos de interrupción. Estos deben ser elegidos adecuadamente para soportar la interrupción



Esfuerzos durante la Interrupción y Exigencias del Interruptor

Para un servicio seguro y tranquilo, que no incremente el precio de adquisición (inicial), por la continuidad y calidad de servicio, para la protección de los aparatos, las máquinas, las líneas, los cables, y para la seguridad de las personas, un verdadero interruptor (cualquiera sea su poder de interrupción, aún si es muy superior al que corresponde al punto donde fue instalado), debe:

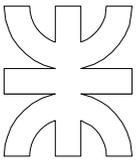
- ❑ *Tener una mecánica simple y segura en el tiempo.*
- ❑ *Ciclos de recierre rápido (en 132 kV de 300 a 450 msec).*
- ❑ *Interrumpir pequeñas corrientes inductivas, con sobretensiones limitadas (menores de $2.5 - 2 pu U_{nom}$) (ej. fallas en el secundario de transformadores = oscilaciones entre lado fuente y carga durante el transitorio de desconexión).*
- ❑ *Interrumpir pequeñas corrientes magnetizantes de transformadores en vacío, con sobretensiones limitadas (la energía atrapada en el transformador se corta abruptamente, y por lo tanto será absorbida por la capacidad del transformador, provocando una oscilación).*



Esfuerzos durante la Interrupción y Exigencias del Interruptor

Para un servicio seguro y tranquilo, que no incremente el precio de adquisición (inicial), por la continuidad y calidad de servicio, para la protección de los aparatos, las máquinas, las líneas, los cables, y para la seguridad de las personas, un verdadero interruptor (cualquiera sea su poder de interrupción, aún si es muy superior al que corresponde al punto donde fue instalado), debe:

- Interrumpir líneas y cables en vacío sin reencendidos (en el caso de un cable, el mismo queda cargado cuando el interruptor corta la corriente). Interrumpir bancos de capacitores.*
- Interrumpir con seguridad fallas en línea (kilométricas = oscilaciones de tensión en el interruptor en el tiempo que tarda la onda en ir y volver a la falla).*
- Interrumpir fallas consecutivas.*
- Interrumpir en oposición de fase (ej: apertura en sistema mallado).*
- Interrumpir cortocircuitos repetidos, sin requerir mantenimiento.*



El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

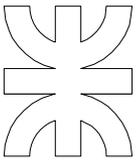
- Ionización -

Si en algún material se liberan electrones de sus átomos, se dice que el mismo se ioniza, con iones negativos a causa de la presencia de electrones libres, y con iones positivos por el exceso de cargas positivas en el átomo. Sometido a un campo eléctrico, se provocan desplazamientos de los iones, positivos hacia el cátodo, y negativos hacia el ánodo. La superposición de ambos desplazamientos, constituye el flujo de corriente del ánodo al cátodo.

Los gases, en su estado natural son aislantes, o neutros eléctricamente hablando, pero si se ionizan se transforman en conductores (ej. Interruptores, soldadura de arco, distancias dieléctricas perforadas, etc.)

La ionización resulta provocada o favorecida por algunas de las siguientes acciones:

- a) RADIACIÓN.
- b) ALTA TEMPERATURA
- c) CHOQUE DE ELECTRONES.
- d) EMISIÓN PROCEDENTE DE LOS METALES.



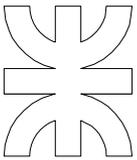
El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- Desionización -

El proceso de desionización, es aquél en que se reduce el número de electrones libres y de iones positivos de un gas. Si el proceso desionizador excede al ionizador, el número de partículas cargadas disminuye, sucediendo lo mismo con la corriente del arco, obteniéndose así su extinción.

Algunas de las condiciones que ayudan a provocar desionización en los gases son:

- a) CAMPOS ELÉCTRICOS INVERSOS.
- b) RECOMBINACIÓN.
- c) ENFRIAMIENTO.
- d) ADHERENCIA DE ELECTRONES.



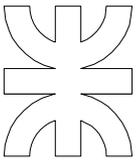
El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -

De acuerdo con la aplicación deseada, se elegirá si necesitamos un proceso **ionizador** o **desionizador**. Así, si se quiere proyectar una soldadura, necesitaremos arcos estables, y procesos altamente ionizadores.

Para interruptores o en un pararrayos, el problema consiste en eliminar el arco, por lo que se eligen procesos altamente desionizantes.

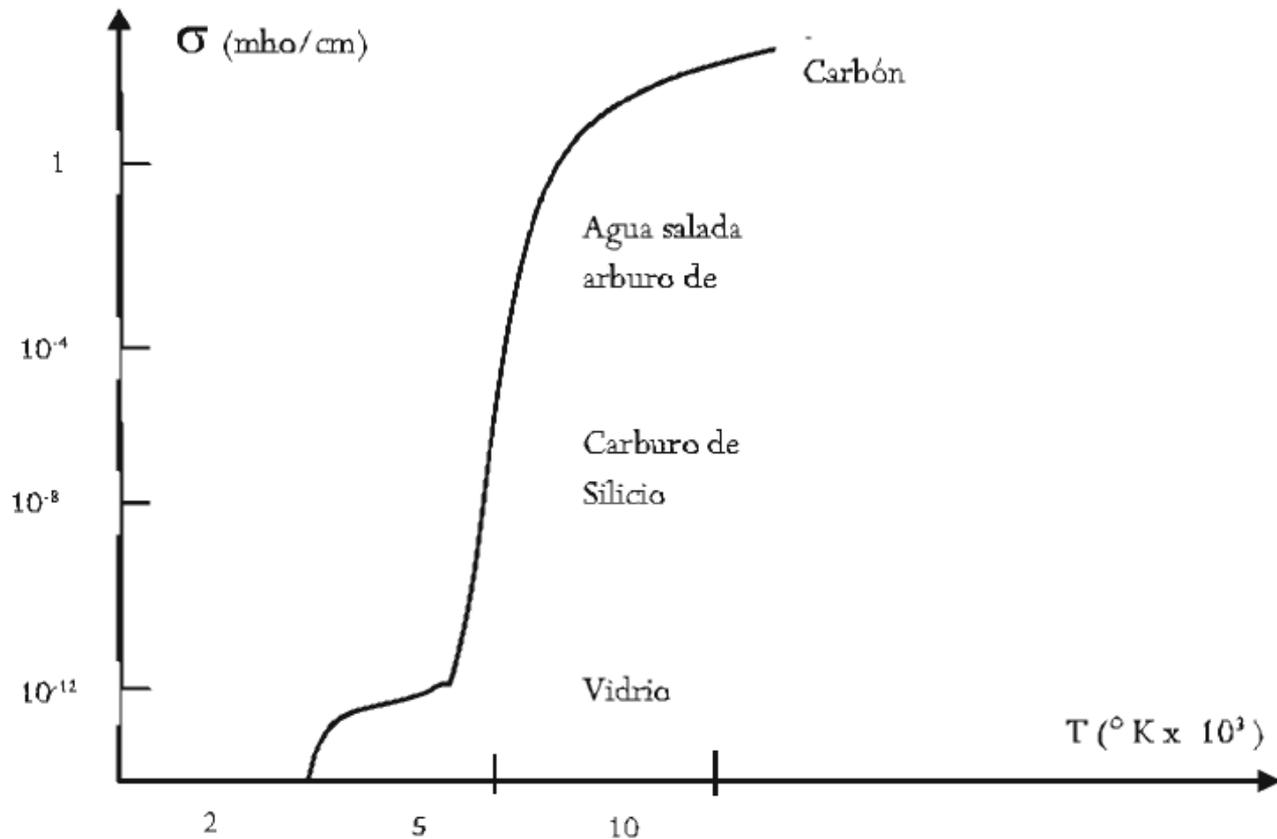
- La separación de los contactos de un interruptor provoca un arco eléctrico que mantiene la circulación de corriente. Este arco está constituido por electrones y gas ionizado a muy altas temperaturas (2500 a 10 000° C).
- El arco es un conductor gaseoso y la caída de potencial en un arco varía en proporción inversa a la intensidad de la corriente (al revés que un conductor metálico común).
- Los arcos se inician principalmente, por sobretensiones, como las provocadas por descargas atmosféricas o cuando se interrumpe una corriente por separación de los contactos de los interruptores

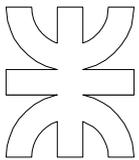


El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -

Variación de la conductividad de un gas en función de la temperatura





El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -

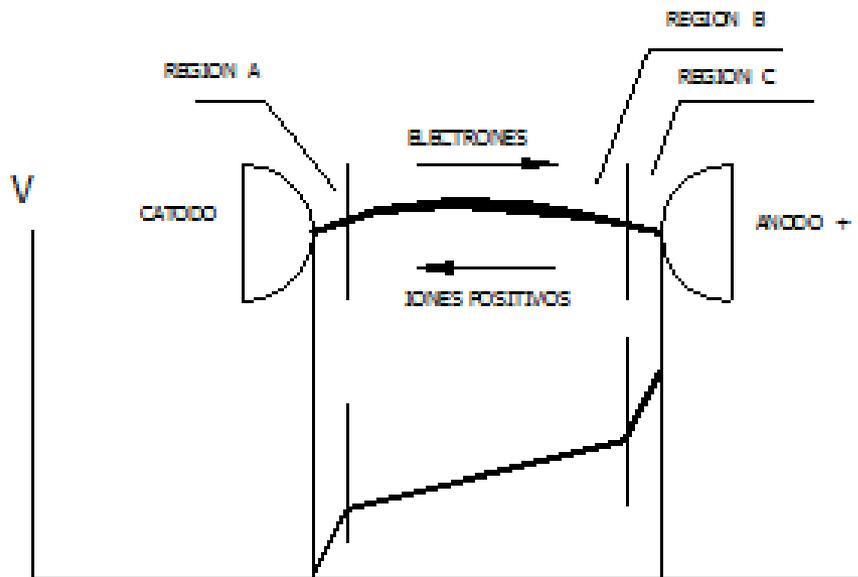


Fig. 5.3.a. Tensión del arco con CC.

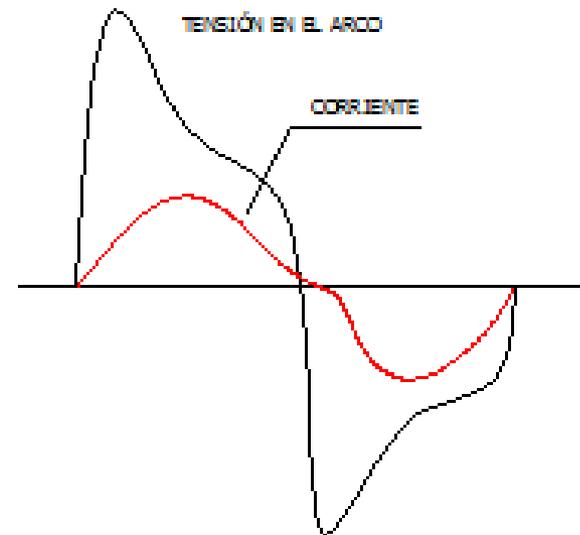
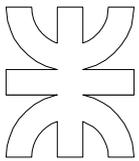


Fig. 5.3.b. Tensión del arco con CA



El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -

1) El arco de un circuito de corriente continua es estable. La tensión entre cada extremo del arco no es constante, indica que la resistencia es variable en su extensión (ocurre que la acumulación de carga varía: En A y C se tienen variaciones de la tensión, que no dependen de la longitud del arco. En B se tiene linealidad en el aumento de tensión, en forma proporcional a la longitud del arco). La introducción de elementos desionizantes, hace que a mismo valor de longitud del arco, disminuya la tensión del arco, y por lo tanto, disminuye la generación de iones positivos, llevando a un proceso que tiende al apagado del arco.

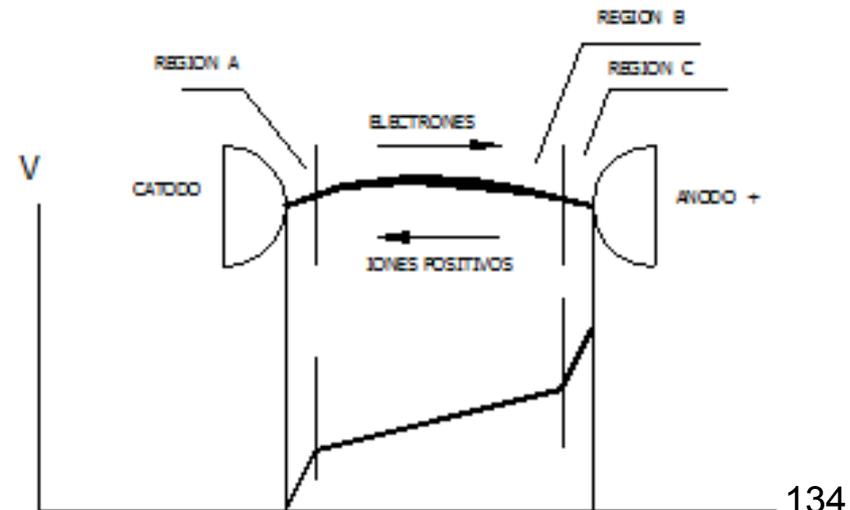
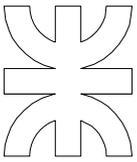


Fig. 5.3.a. Tensión del arco con CC.



El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -

2) En un **arco de CA**, los efectos ionizantes disminuyen al hacerlo la corriente, y cesan en el momento en que se anula la intensidad. Por el contrario, los efectos desionizantes continúan todavía su accionar. Además, cuando la intensidad del arco llega a cero y la tensión en los contactos invierte su polaridad, la corriente no se restablece de inmediato en su nuevo sentido. Permanece en cero durante un corto periodo de tiempo, que dependerá de:

- la separación de los contactos
- la actividad de los efectos desionizantes
- la velocidad en el aumento de la tensión

*Ganancia de Rigidez Dieléctrica
(es función del medio interpuesto)*

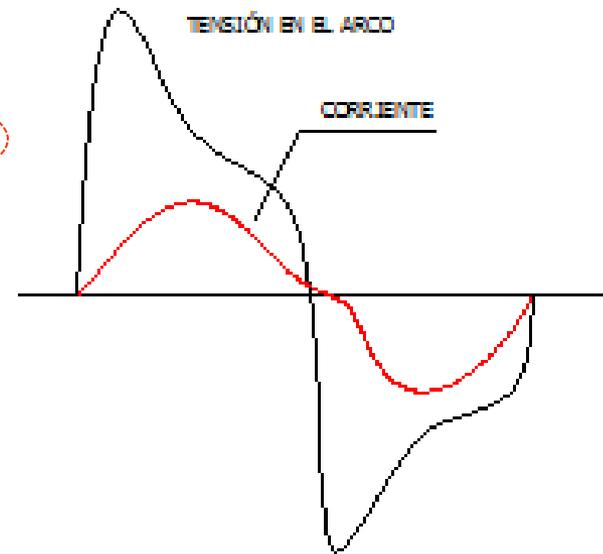
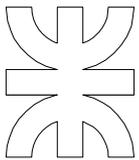


Fig. 5.3.b. Tensión del arco con CA

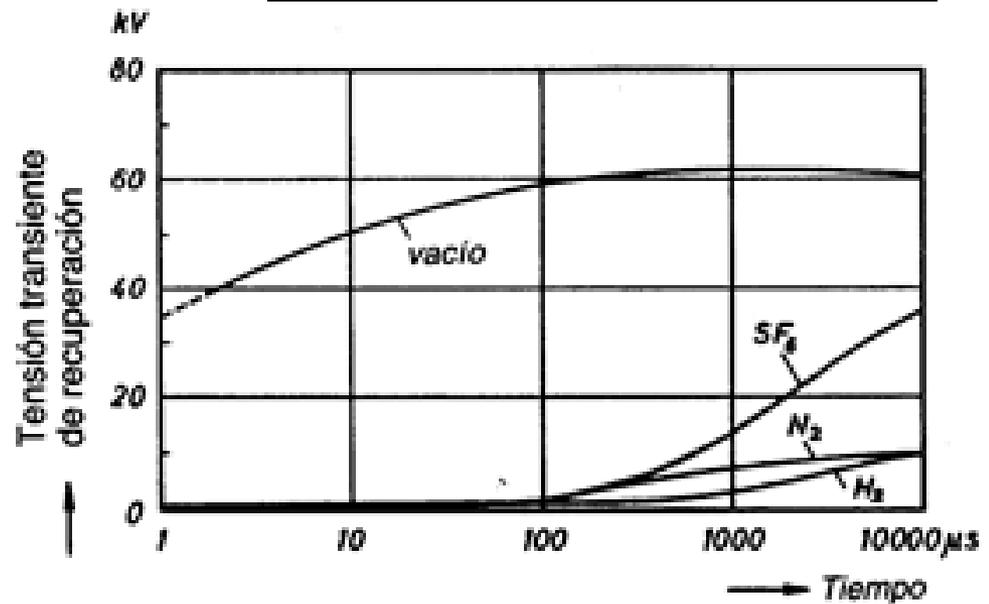
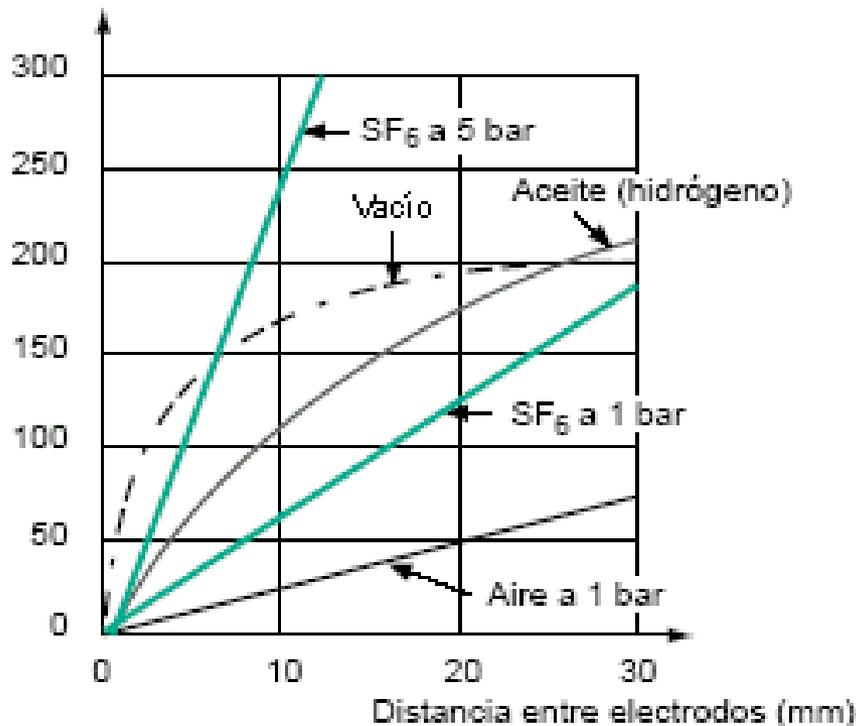


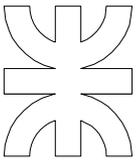
El Arco Eléctrico y el medio donde se provoca.

- ARCOS -



Tensión (kV)

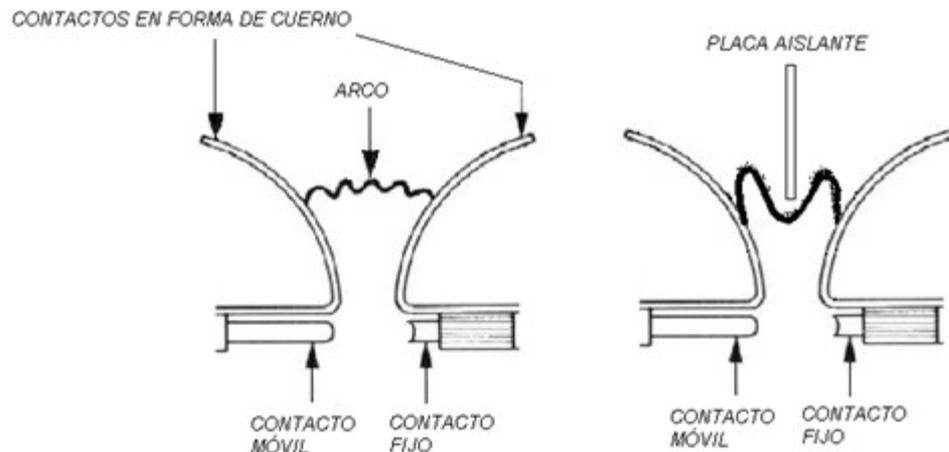


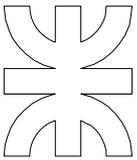


Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

- 1. Alargamiento:** en interruptores de baja tensión se usan los contactos en forma de cuernos. El arco se establece en la base de los contactos y por temperatura, se desplaza hacia arriba, encontrando mayor separación o alargamiento de su recorrido. El arco alargado, requiere mayor tensión para mantenerse o restablecerse. Se puede mejorar la extinción si se le agrega soplado, lo que se logra con la misma corriente de carga, circulando por una bobina que provoca un campo que refuerce la fuerza de rechazo del arco hacia la parte superior.

También se alarga el arco, con el intercalado de placas aislantes. Con este diseño, se consiguen interruptores para corrientes de hasta 50 kA, y 10 kV en CA





Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

2. *Enfriamiento, uso de medio extintor:* un enfriamiento del gas ionizado (o plasma), aumenta la resistencia del arco, debido a que la tensión requerida para mantener la ionización aumenta cuando la temperatura del plasma disminuye.

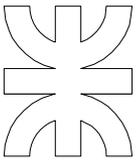
Se consigue enfriar el arco, soplando algún medio extintor: aire o gases con propiedades adecuadas para ser sopladados en la zona de producción de arco.

Las técnicas de interrupción comenzaron utilizando el aire natural, e inmediatamente buscaron otros fluidos: aceite, agua, aire comprimido y SF₆.

En MT (actualmente) vacío, SF₆, en versiones auto-soplante y de arco rotativo. En aplicaciones especiales: aire comprimido, y el aire a de-ionización magnética.

Interruptores en pequeño volumen de aceite (los más difundidos en el pasado, y todavía utilizados, aunque ya casi no se fabrican).

En AT se avanzó en soluciones modulares de cámaras en serie.

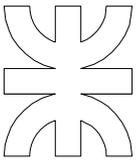


Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

2. Enfriamiento, uso de medio extintor:

En todos los casos el interruptor debe tener un comando que mecánicamente debe ser óptimo. Las buenas cualidades eléctricas de la cámara de interrupción deben estar acompañadas por sobresalientes características mecánicas. Después de haber quedado cerrado mucho tiempo se exige siempre una buena actuación, rápida, oportuna.

El vacío es un método de interrupción que en algunas aplicaciones trae aparejadas sobretensiones que se propagan en los circuitos solicitando en modo inconveniente algunos componentes, por lo que debe estudiarse atentamente su aplicación. Quizás esto sea consecuencia de ser el método de interrupción más joven.

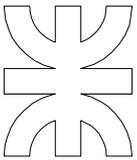


Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

3. Aumento de la velocidad de apertura:

La velocidad con que se realiza el desplazamiento de los contactos, tiene la limitación impuesta por el sistema que comanda al interruptor. A mayor velocidad de desplazamiento, además de disminuir el esfuerzo por la energía activa desarrollada, se consigue aumentar la velocidad de recuperación dieléctrica del medio interpuesto en relación a la TTR.

En los interruptores de Media y de Alta tensión, la velocidad de separación de los contactos puede ser de hasta 4 a 6 m/s. La velocidad con que crece la TTR es del orden de 0,15 a 1kV/ μ S



Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

4. *División del arco. Múltiples cámaras de extinción*

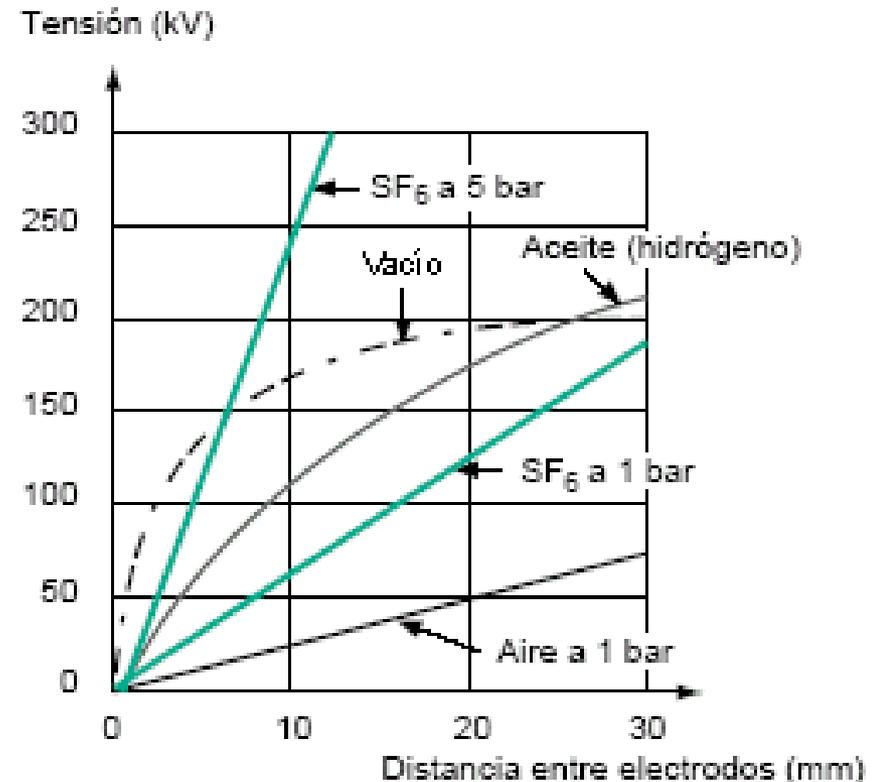
En algunos dieléctricos, no se puede alcanzar una rigidez dieléctrica elevada con distancias razonables: se subdividen en más de una cámara de extinción.

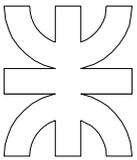
Los dieléctricos más usados en AT y MAT actualmente, son los de SF₆.

Si la tensión lo requiere, se colocan más de una cámara extintora en serie.

Similar disposición, se usó y se sigue usando en los interruptores de aire comprimido. También se está experimentando, en los interruptores de vacío en el mismo sentido.

Típicamente, el número de cámaras en relación a la tensión nominal, es: 1 cámara para menos de 245 kV, 2 cámaras para menos de 550 kV y 4 cámaras para 1000 kV.





Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

4. División del arco. Múltiples cámaras de extinción

Modelo de Interruptor SIEMENS con SF6 y 1 cámara de ruptura.

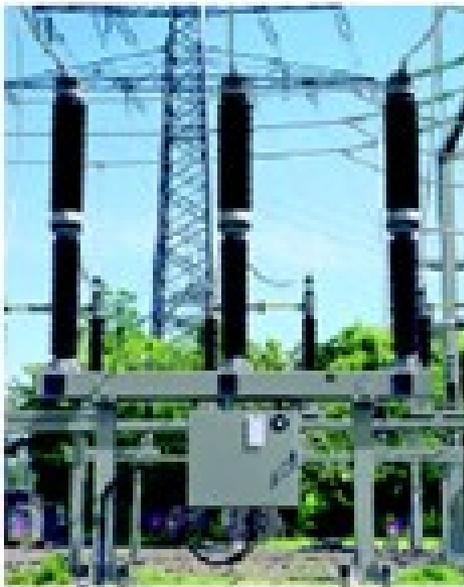
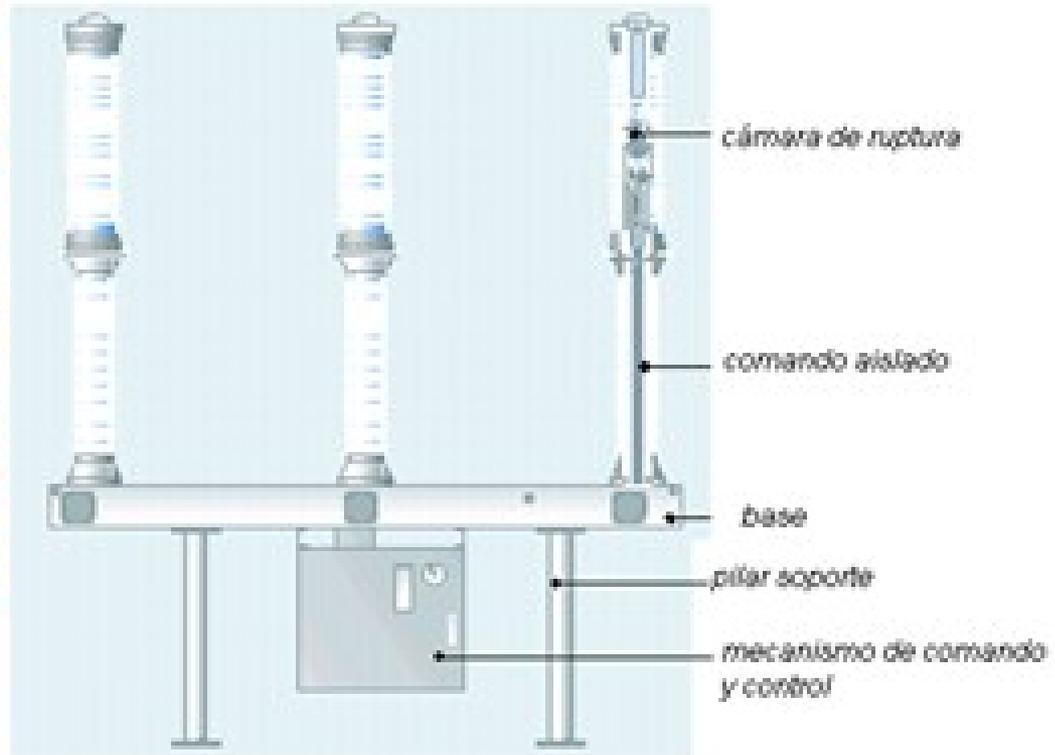
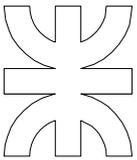


Fig. 6.b: Interruptor SIEMENS 3AP1FG con una sola cámara.

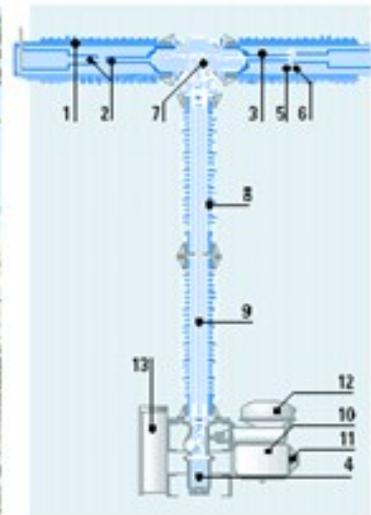




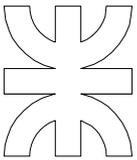
Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

4. *División del arco. Múltiples cámaras de extinción*

Interruptor Siemens 3AO2 de 245kV con dos cámaras de ruptura.



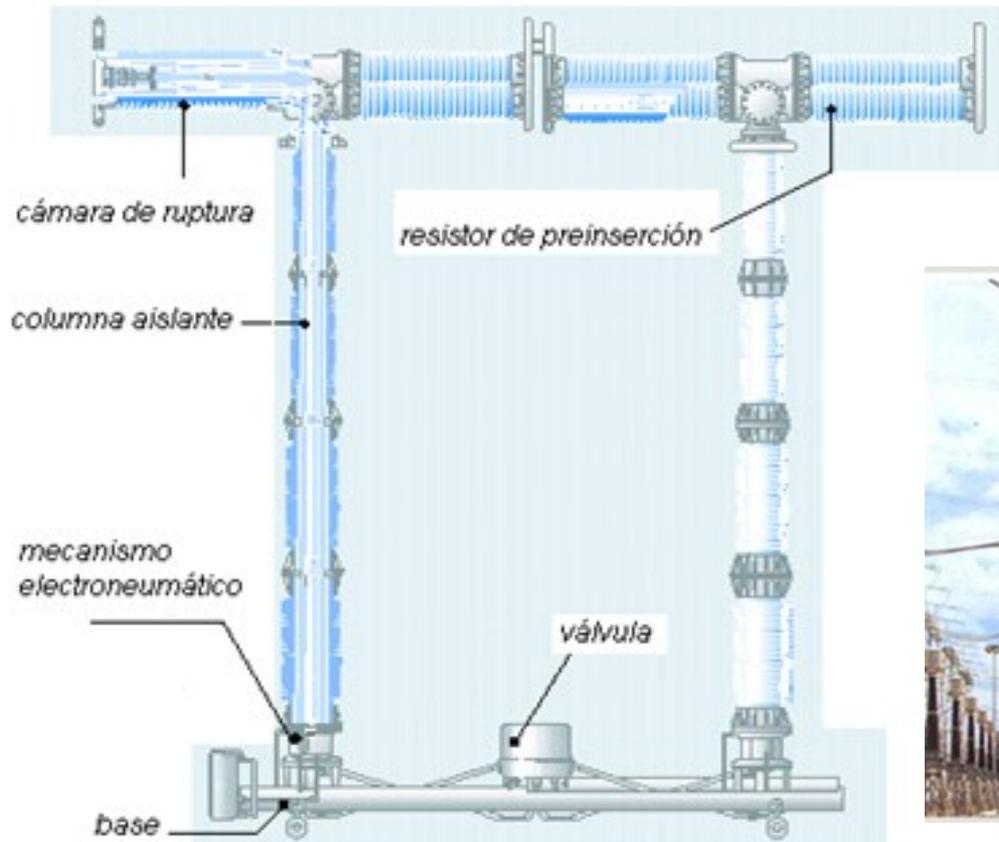
1. Unidad ruptora.
2. Contactos del arco.
3. Contacto móvil.
4. Filtro.
5. Pistón de presión.
6. Cilindro de presión.
7. Dispositivo de comando.
8. Columna aislante.
9. Barra de mando.
10. Mecanismo hidráulico de operación.
11. Indicador ON/OFF.
12. Tanque del fluido para comando hidráulico.
(aceite).
13. Unidad de control.

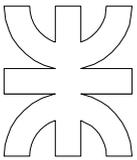


Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

4. *División del arco. Múltiples cámaras de extinción*

Interruptor SIEMENS 3AT4/5 de 500kV con cuatro cámaras de ruptura.

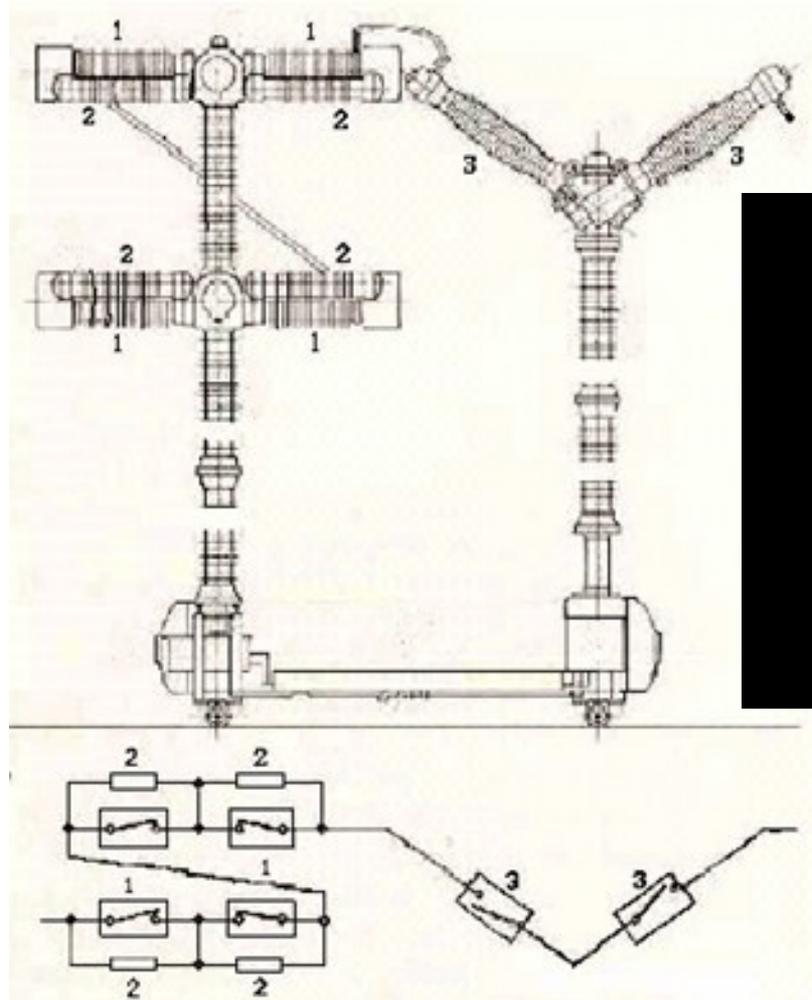


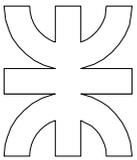


Métodos para mejorar el corte en los Interruptores.

4. *División del arco. Múltiples cámaras de extinción*

Interruptor de cámaras múltiples. Se incluyen además, cámaras auxiliares para intercalar las resistencias de preinserción. Estas resistencias contribuyen a mejorar el comportamiento del interruptor para reducir la TTR y mejorar la extinción del arco.

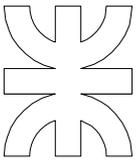




Tipos de Interruptores. Clasificación.

1. Según el Nivel de Tensión

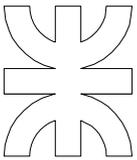
- baja tensión
 - media tensión
 - alta tensión
 - altísima tensión ó muy alta tensión
-
- En BT, un mismo interruptor puede ser aplicado en tensiones nominales de: ejemplo 230 V, 400, 500, 660, 750, 1000 V.
 - En MT pueden utilizarse en unas pocas tensiones nominales (ej. en nuestro país 2.3, 3.6, 5, 7.2, 11, 13.2, 13.8, 36 kV) (dependen del país de origen del fabricante (o de su licencia de fabricación).
 - En AT los fabricantes plantean soluciones para su mercado de más importancia, y esa adopción la ofrecen a los otros mercados. Por ejemplo una solución para 145 kV se ofrece para redes de 132 kV. Una solución para 170 kV se ofrece para 145 kV.



Tipos de Interruptores. Clasificación.

1. Según el Nivel de Tensión

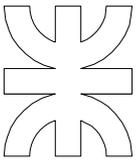
- ❑ A medida que la tensión crece, aparecen soluciones modulares: disposición en cámaras múltiples en serie permite soluciones de 245 kV, 362, 420, 550, 765 - 800 kV (cada fabricante ha tratado de minimizar la cantidad de cámaras en serie, para reducir el costo)
- ❑ En el transcurso de los años, la tensión nominal de la cámara modular fue creciendo: En los años 70, un interruptor de SF6 de 362 kV tenía 3 cámaras, en el 2016 hasta 300 kV se ofrecen con una, y hasta 550 kV con dos.
- ❑ Asociada a la tensión nominal, se presentan las características de aislación: tensión de ensayo a frecuencia industrial y tensión de ensayo a impulso.
- ❑ Otra característica muy importante, es la corriente nominal. En realidad se eligen por tensión, pero de la corriente asociada, dependerá su posibilidad de aplicación.



Tipos de Interruptores. Clasificación.

2. De acuerdo al medio extintor

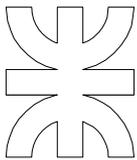
- ✓ aire natural
- ✓ aire con cámaras de-ión
- ✓ aire a de-ionización magnética (cámaras cerámicas, o metálicas - caída catódica)
- ✓ arco rotativo
- ✓ aceite, gran volumen
- ✓ interrupciones múltiples (en serie)
- ✓ aire comprimido, soplado longitudinal, transversal
- ✓ con resistor de apertura
- ✓ aceite, pequeño volumen (cámaras múltiples)
- ✓ hexafluoruro de dos presiones (neumático)
- ✓ hexafluoruro de simple presión, auto soplante
- ✓ hexafluoruro de arco rotativo
- ✓ vacío, con distintos materiales en los contactos, cámaras múltiples, resistores de maniobra
- ✓ hexafluoruro con aprovechamiento de la energía de arco
- ✓ seguramente en un futuro próximo, cámara de interrupción de estado sólido



Tipos de Interruptores. Clasificación.

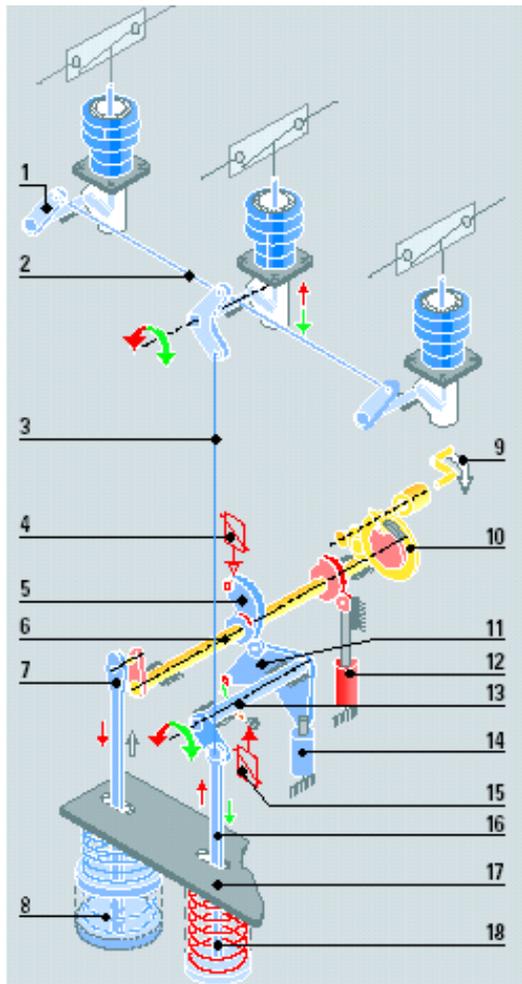
3. *Según el Tipo de Comando*

- ❖ **comando a solenoide (combinado con resortes):** El solenoide o electroimán es el encargado de mover los contactos para el cierre. En su movimiento, carga los resortes para cuando se requiera la apertura.
- ❖ **comando a resortes (helicoidales, y espirales, cargados con motor eléctrico, o a mano):** Este comando se encuentra en los interruptores pequeños (a medida que se desplaza la palanca de mando el resorte se carga, y al superar un punto muerto se cierra, y cargan los resortes de apertura), en los interruptores mayores la carga se hace a motor.
- ❖ **comando de aire comprimido, de un efecto (combinado con resortes) o de doble efecto:** Un pistón movido por aire comprimido (contenido en un tanque), mueve los contactos y carga resortes para la maniobra siguiente. O bien el pistón se mueve en ambos sentidos desplazado por aire comprimido.
- ❖ **comando de aceite a presión, fluodinámico:** Aceite a presión es el que acumula la energía para el movimiento a los contactos en el comando fluodinámico.

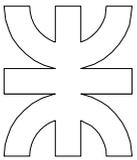


Tipos de Interruptores. Clasificación.

3. Según el Tipo de Comando



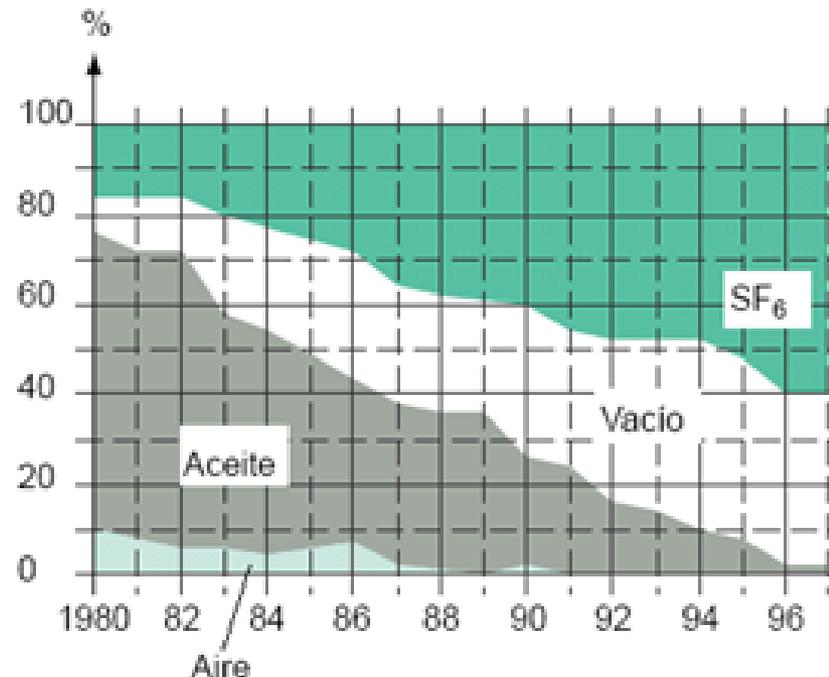
1. *Cruceta.*
2. *Acoplamiento.*
3. *Barra de mando.*
4. *Liberador del cierre.*
5. *Leva.*
6. *Eje de carga.*
7. *Barra de comando del resorte de cierre.*
8. *Resorte de cierre.*
9. *Mecanismo para carga manual del resorte.*
10. *Mecanismo de carga.*
11. *Leva rotativa.*
12. *Amortiguamiento de cierre.*
13. *Eje operativo.*
14. *Amortiguamiento de apertura.*
15. *Liberador de la apertura.*
16. *Mando para el resorte de apertura.*
17. *Contenedor del mecanismo.*
18. *Resorte de apertura.*

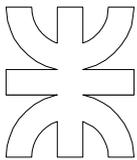


Interrupidores + usados

Se puede resumir el comportamiento de los distintos tipos de interruptores en un único concepto: los contactos se separan, se forma el arco, y éste puede ser de baja resistencia o de alta resistencia, y en relación con él, es el comportamiento de la tensión de restablecimiento que aparece inmediatamente.

Puede ser de interés, observar como ha variado para los distintos tipos de interruptores la faja de mercado que han cubierto durante cierto periodo del siglo XX:





Interruptores + usados

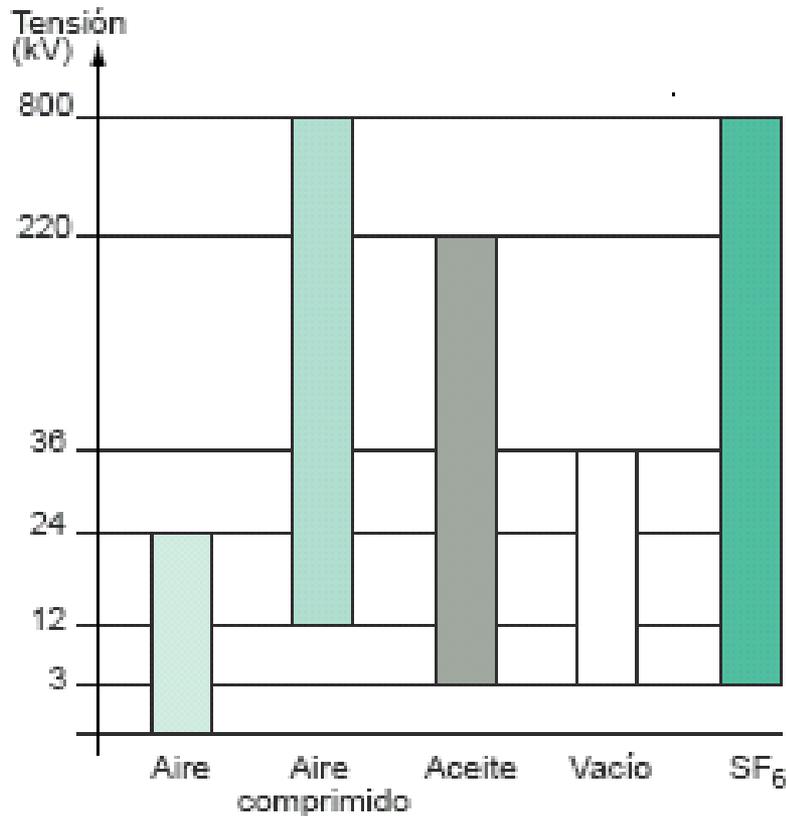
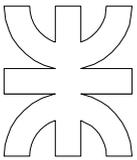


Fig. 8.b.: Tipo de interruptores usados, de acuerdo a las tensiones.



Interruptores + usados

Pasamos a describir a continuación, a los más utilizados, y especialmente en sistemas de media y alta tensión.

A. INTERRUPTORES EN AIRE:

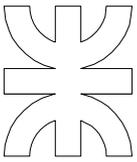
Usan el aire interpuesto entre contactos como medio extintor.

Requiere mejorar el apagado, mediante alargamiento, cámara de ión, y velocidad de apertura.

En general, éste es el medio utilizado en interruptores de BT, y muy poco en MT.

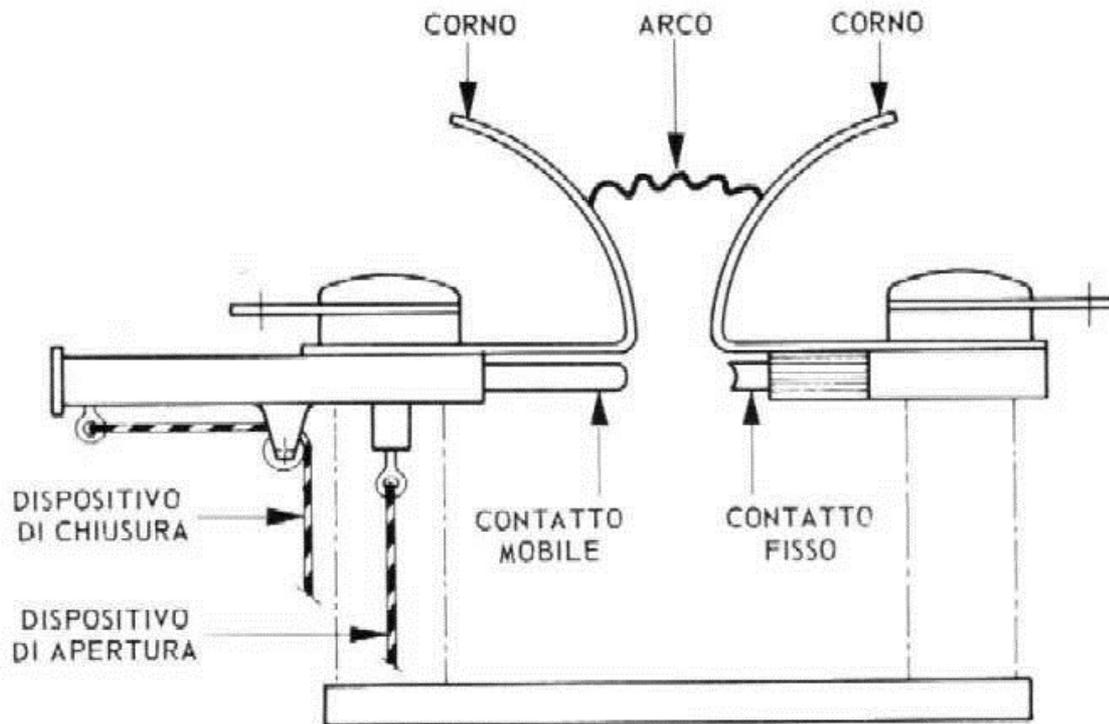
En las aplicaciones en MT, son interruptores sin capacidad de ruptura para cortocircuitos. Por lo que se los usa combinados con fusibles.

Para mejorar la capacidad de ruptura, se le agrega soplado magnético. Ésto es, direccionar la trayectoria del arco, alargándolo por efecto de la repulsión electromagnética que provoca el campo sobre la corriente.

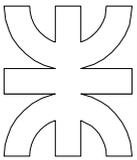


Interruptores + usados

A. INTERRUPTORES EN AIRE:

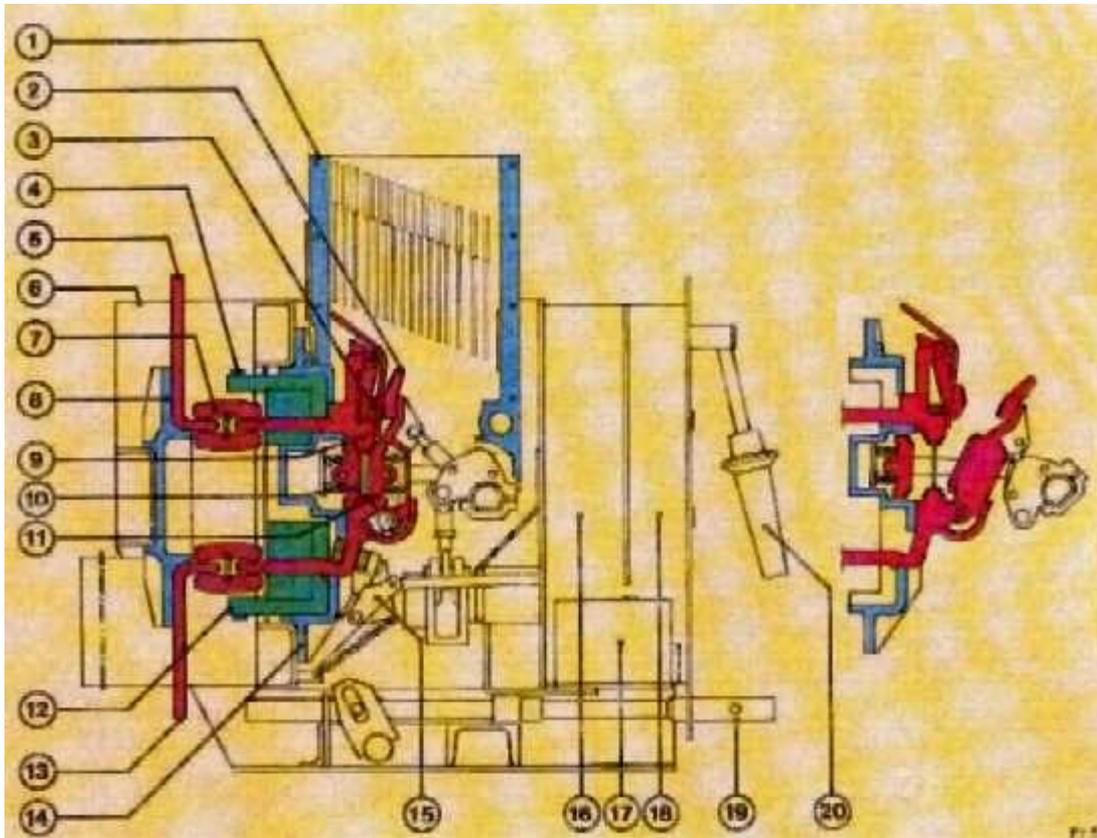


Modelo primitivo de interruptor en aire libre, con cuernos de arco. Se observan los contactos que se separan, el arco se forma entre ellos, se transfiere a los cuernos y deslizando sobre estos se alarga y se enfría.

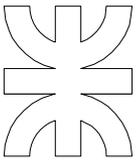


Interrupidores + usados

A. INTERRUPTORES EN AIRE:

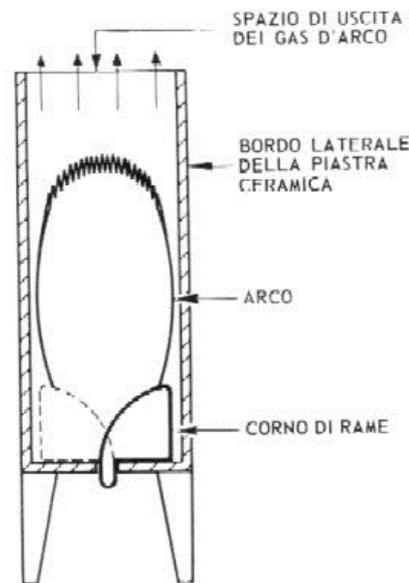
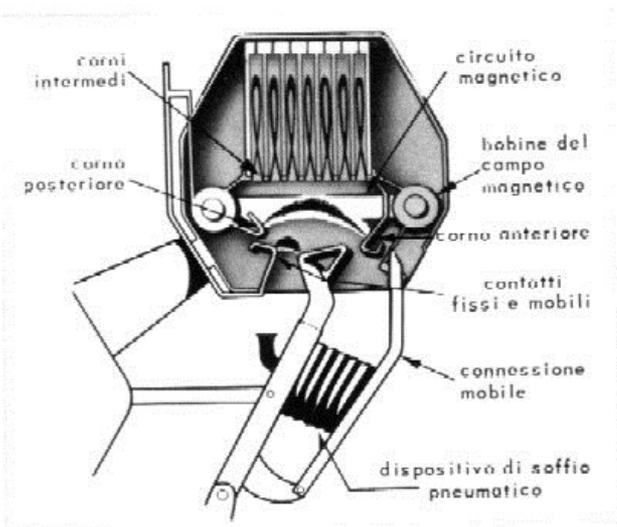


Interrupidor de **baja tensión en aire con cámara de-ión**. Se observa que cuando sus contactos se alejan, el arco pasa a los contactos de arco, entra en la cámara, y en ella debe apagarse, por la parte superior de la cámara deben salir solo los gases pero no el arco. Las cámaras pueden estar hechas con chapas metálicas o material aislante.



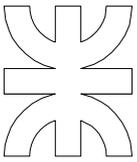
Interruptores + usados

A. INTERRUPTORES EN AIRE:



En el interruptor de soplado magnético, se busca este efecto con bobinas por las que circula la corriente a interrumpir, el efecto de la cámara es proporcional a la corriente.

Las cámaras son cerámicas, se observan los cuernos de arco principales, y los cuernos intermedios, que actúan cuando el arco ya está en la cámara. El arco y los cuernos toman una forma de solenoide, el mismo arco genera el campo magnético



Interruptores + usados

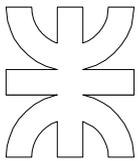
Pasamos a describir a continuación, a los más utilizados, y especialmente en sistemas de media y alta tensión.

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

En la actualidad, estos interruptores están siendo reemplazados, cuando envejecen o se dañan, por interruptores de vacío en MT, o de SF6 en AT.

❑ Interruptores en gran volumen de aceite:

- ✓ Ya no se fabrican. Son voluminosos, y en general se pueden ver en antiguas instalaciones de MT.
- ✓ Los tres polos en el mismo recipiente.
- ✓ La interrupción provoca una burbuja de aceite, que asciende naturalmente. El aceite desplazado, trata de penetrar el arco, enfriándolo y cortándolo. Además, el arco eléctrico que se forma al separarse los contactos, vaporiza el aceite y lo descompone en H, CH₄ y C₂H₄. El hidrógeno, favorece notablemente al enfriamiento del arco.



Interruptores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

□ Interruptores en gran volumen de aceite:

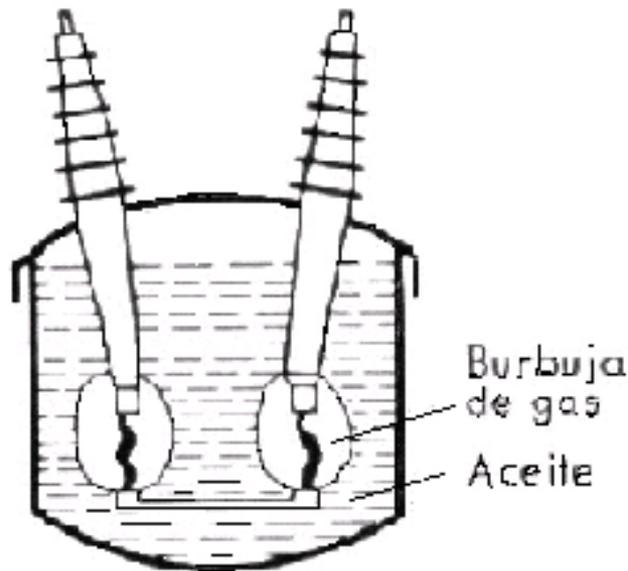


Fig. 8.2.a: Interruptor de gran volumen de aceite

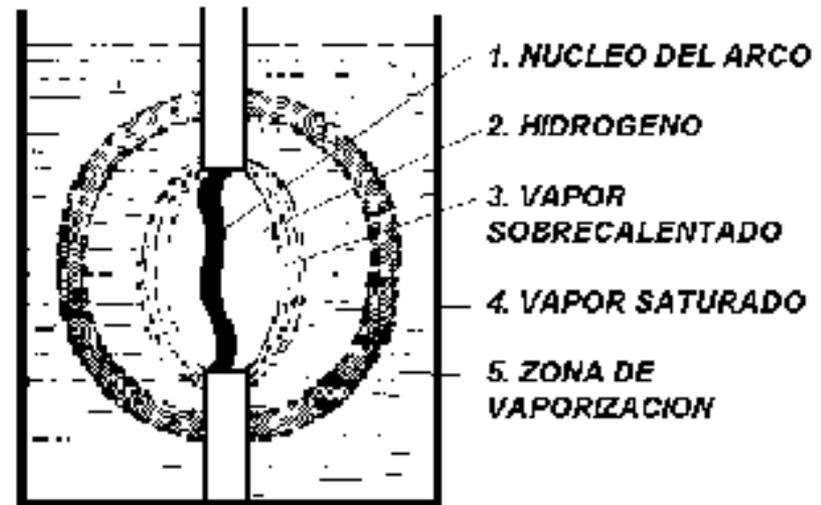
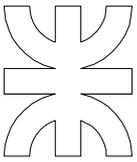


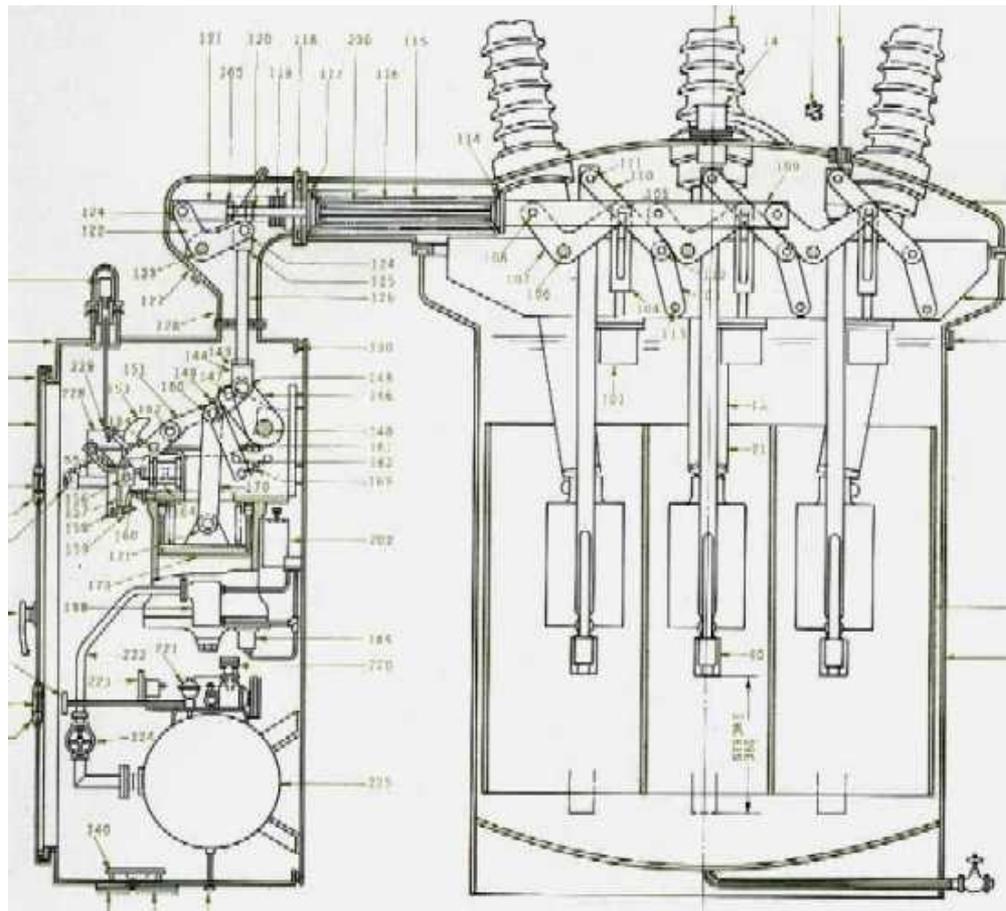
Fig. 8.2.b: Composición de la burbuja en el aceite

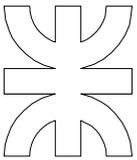


Interruptores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

□ Interruptores en gran volumen de aceite:



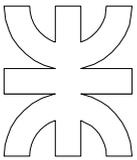


Interruptores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

□ Interruptores en pequeño volumen de aceite:

- ✓ Es un perfeccionamiento del anterior, utilizado en interruptores de MT y AT.
- ✓ Formados por polos individuales para cada fase.
- ✓ El principio es similar a los anteriores, pero la cámara es más elaborada, para mejorar el corte del arco, con chorros de aceite dirigidos.
- ✓ El mando puede ser eléctrico, hidráulico o aire comprimido, con carga de resortes que separan rápidamente los contactos.
- ✓ El tiempo de extinción del arco, es de algunos ciclos.
- ✓ El aceite, puede provocar peligro de inflamación y explosión.
- ✓ Se trata de orientar de alguna manera el aceite a la zona de arco.



Interruptores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

- Interruptores en pequeño volumen de aceite:

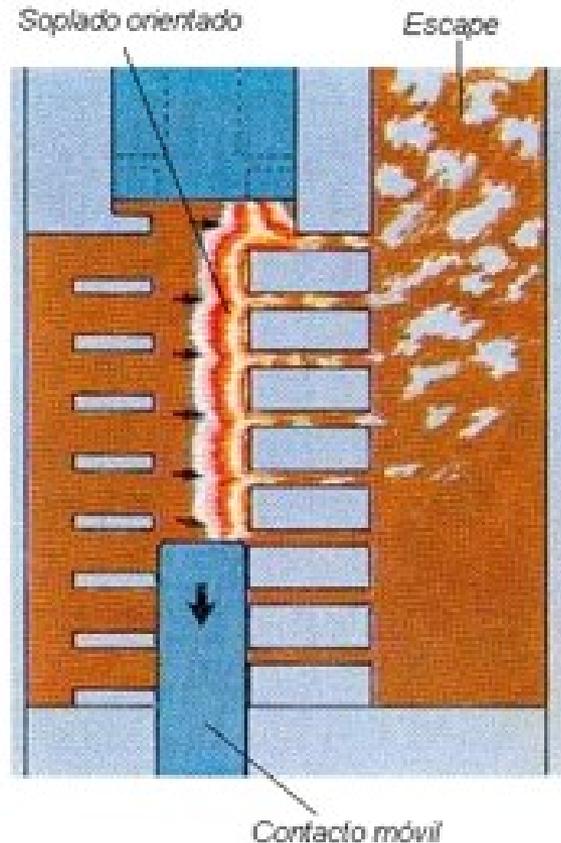
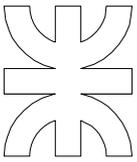


Fig. 8.3.c: Orientación
del flujo de aceite hacia el
arco

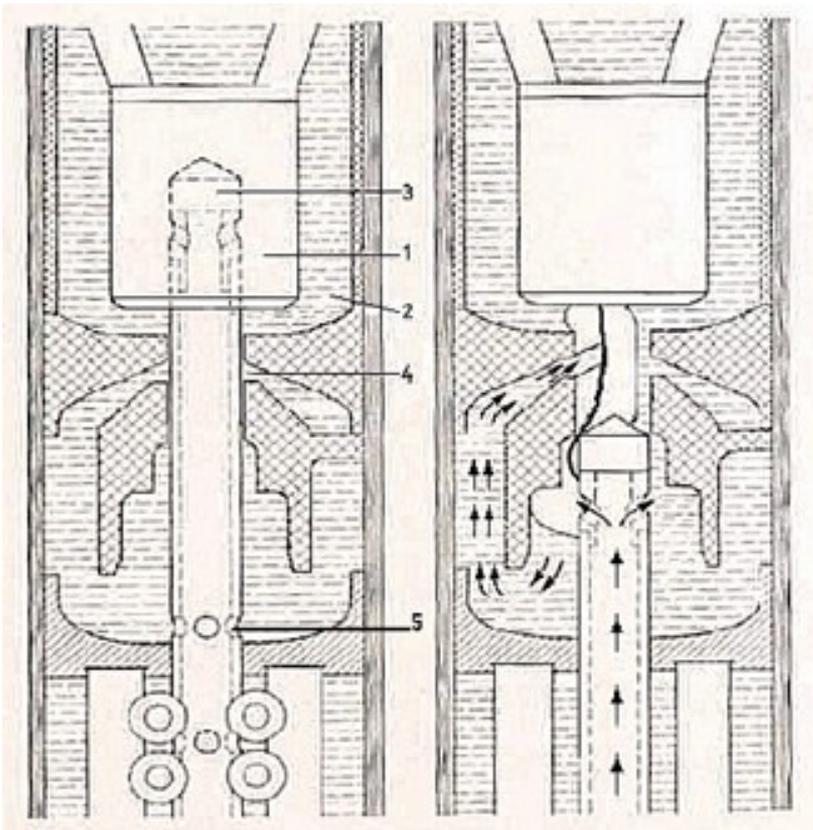


Interrupidores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

❑ Interruptores en pequeño volumen de aceite:

La burbuja provocada y que causa la extinción, tendrá una energía de corte, directamente proporcional a la corriente que se debe cortar



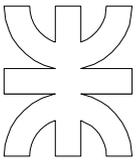
1. Tulipa o contacto fijo

2. Aceite. Cámara de extinción primaria.

3. Contacto móvil hueco con aceite a presión.

4. Tobera para guiar el aceite a presión.

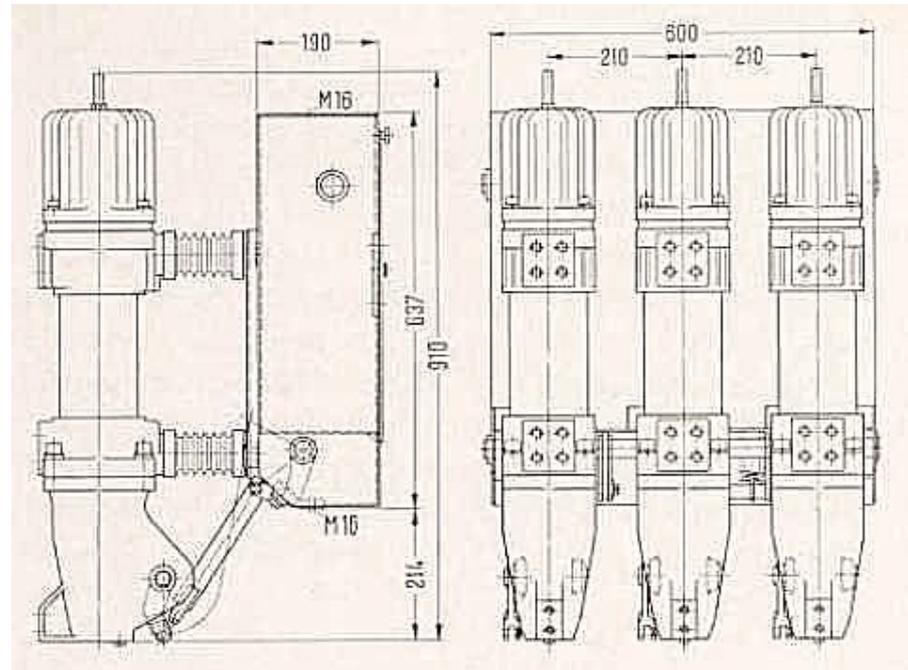
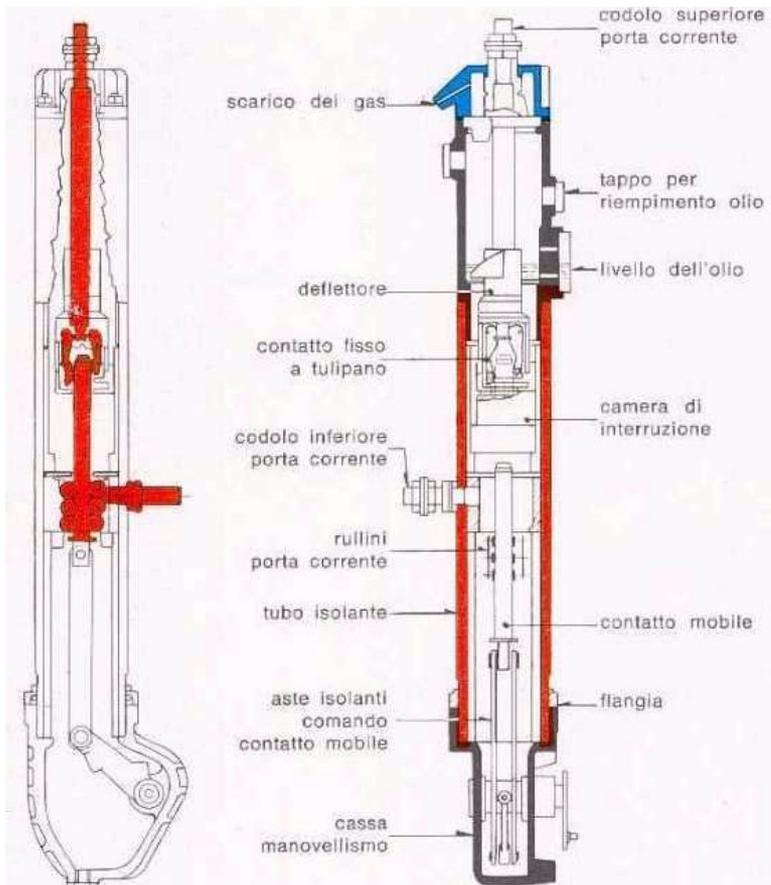
5. Orificios para el paso de aceite.

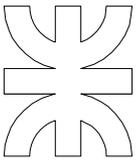


Interruptores + usados

B. INTERRUPTORES EN ACEITE:

❑ Interruptores en pequeño volumen de aceite:

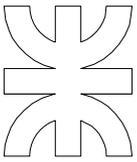




Interrupidores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

- ✓ Se usaron y aún se pueden encontrar en sistemas de 500 kV, pero están siendo reemplazados por interruptores de SF6.
- ✓ Con capacidad de ruptura de hasta 23 KA o 20000 MVA, el arco es soplado energicamente por aire comprimido, subdividiendo el arco en una o varias cámaras de extinción.
- ✓ La extinción del arco se reduce a aproximadamente 3 ciclos. Esto aumenta las sobretensiones. Para atenuarlas, se insertan resistencias entre los contactos, durante la interrupción.
- ✓ Pueden trabajar con plantas modulares individuales o planta centralizada de aire comprimido. En todos los casos, debe contemplarse el tiempo de restitución para efectuar una segunda maniobra. O un eventual bloqueo que impida su accionamiento, si faltara el aire y no pueda efectuar el apagado.
- ✓ Se caracterizan por sus cámaras abiertas para la salida del aire al exterior.



Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

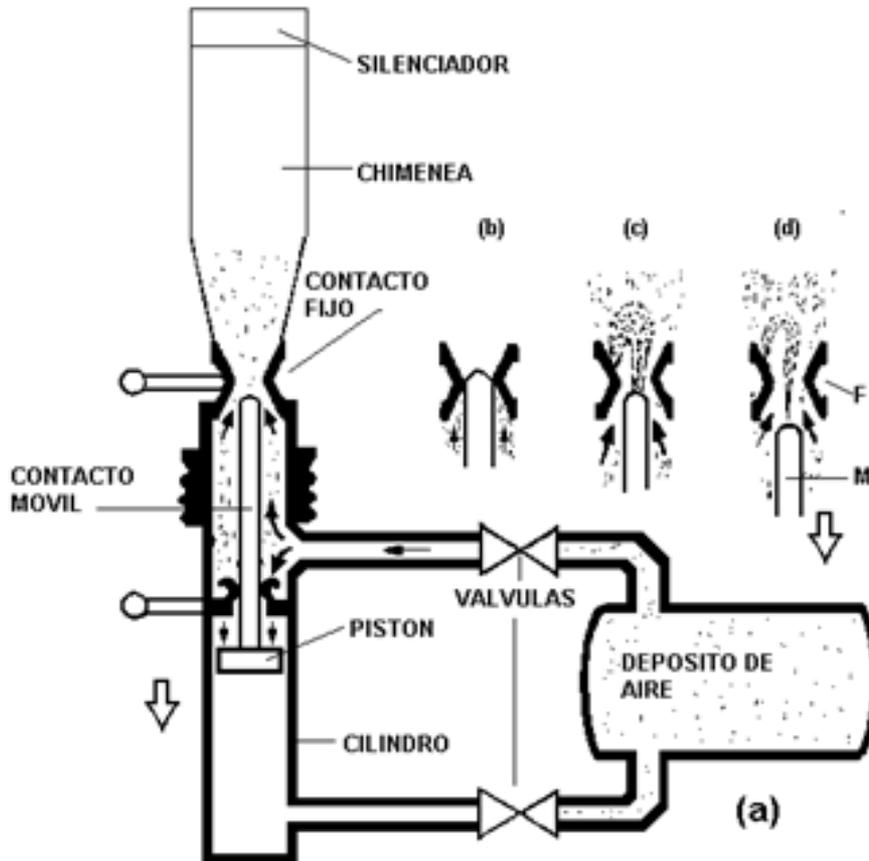
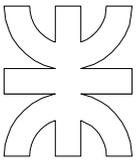


Fig. 8.3.a: Interruptor de aire comprimido.



Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

El sentido del flujo de aire o (gas para generalizar), los divide en de soplo axial o transversal:

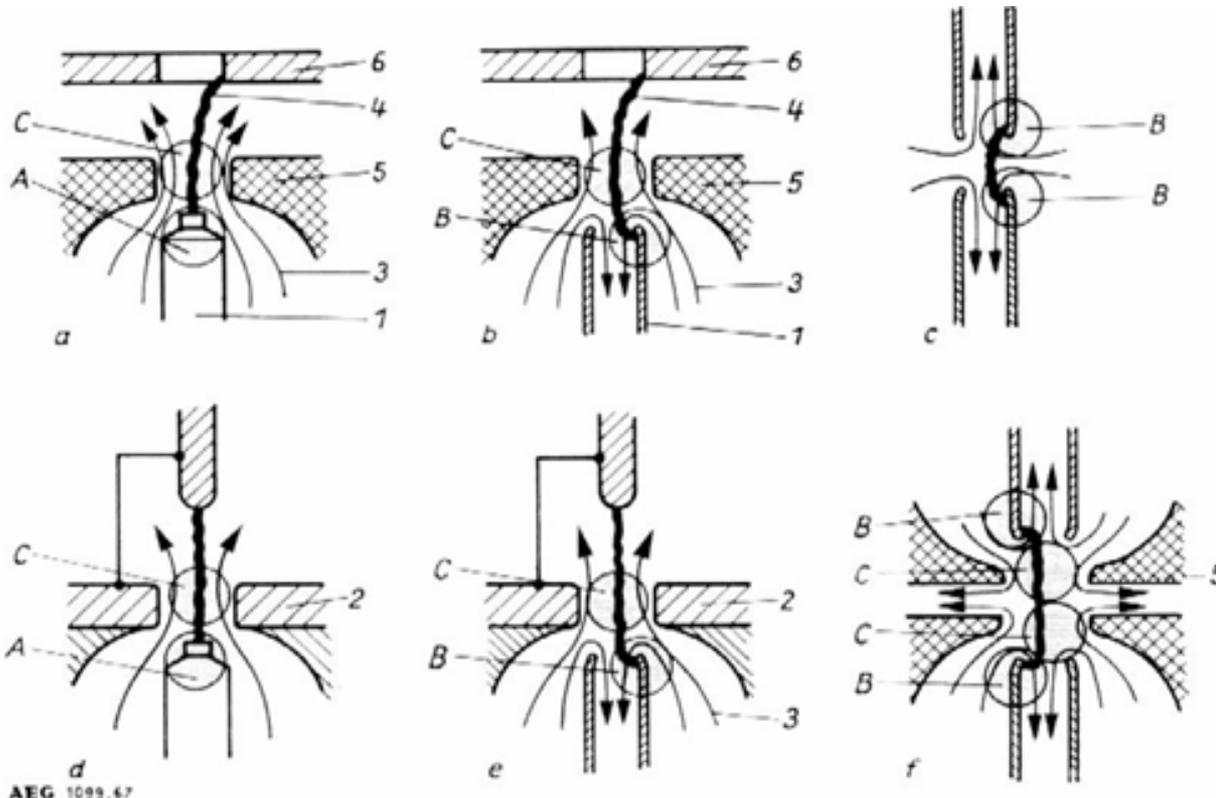
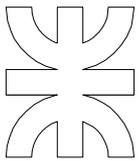


Fig. 8.3.b: Orientación del gas para el enfriado del arco



Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

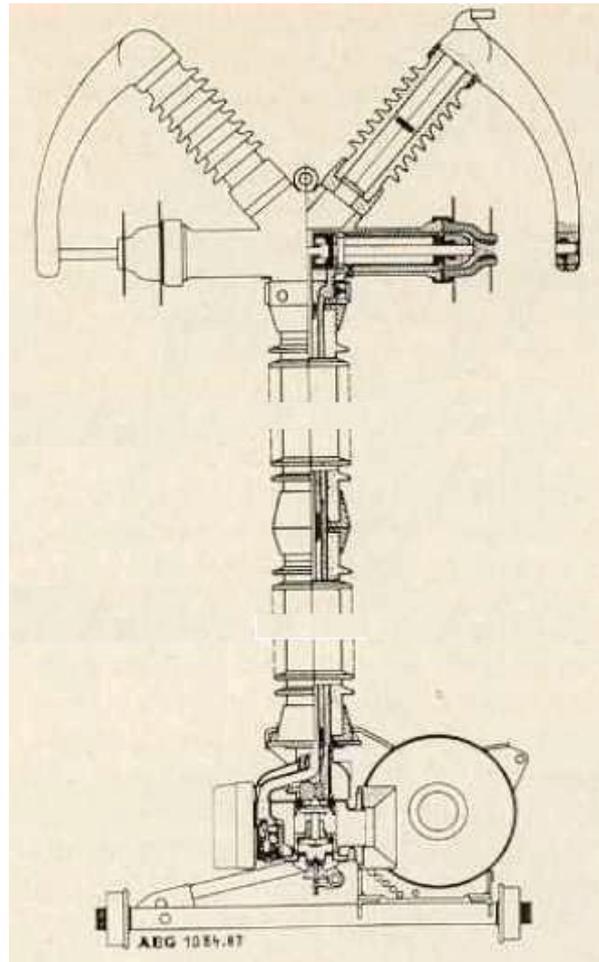
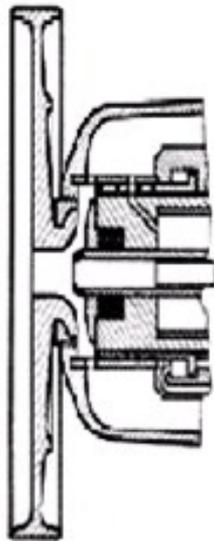
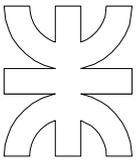
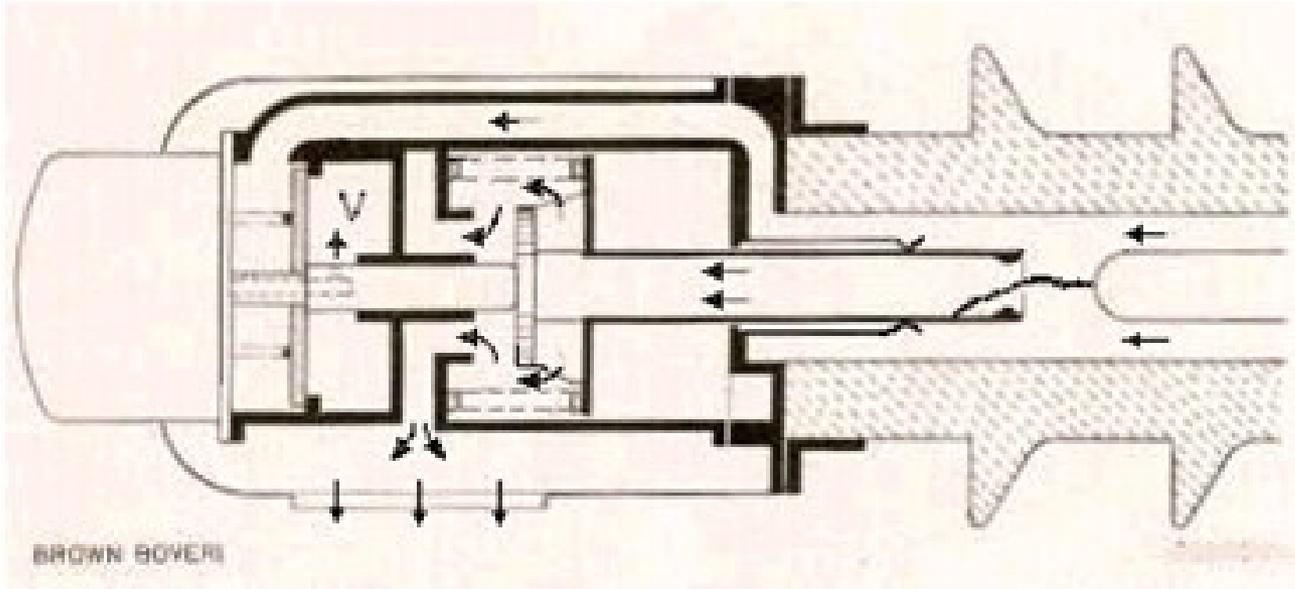


Fig. 8.3.c: Interruptor de aire comprimido. Detalle del chorro de aire libre.



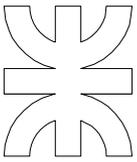
Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:



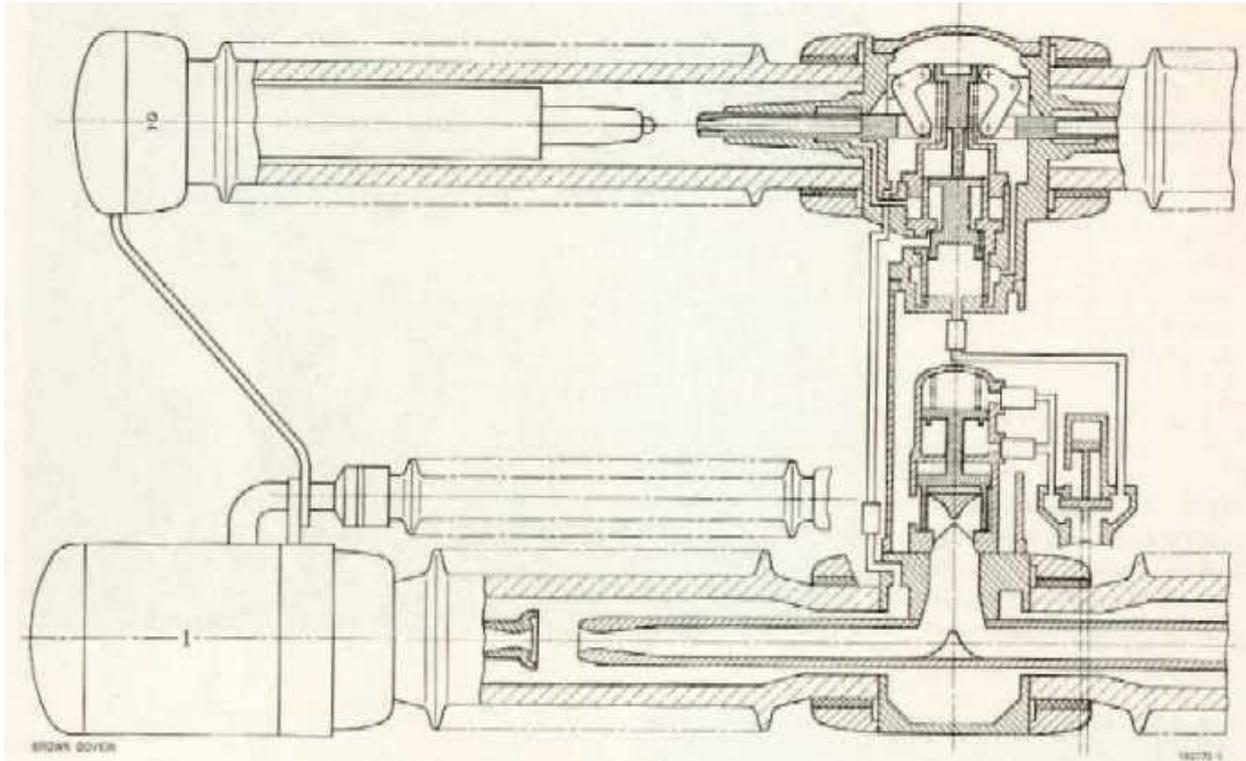
A diferencia de los de aceite, cuando se usa un agente extintor como el aire, la energía para la extinción, es independiente de la intensidad de la corriente a interrumpir.

Fig. 8.3.d: Cámara y comando de aire comprimido.

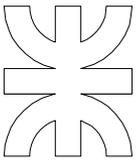


Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

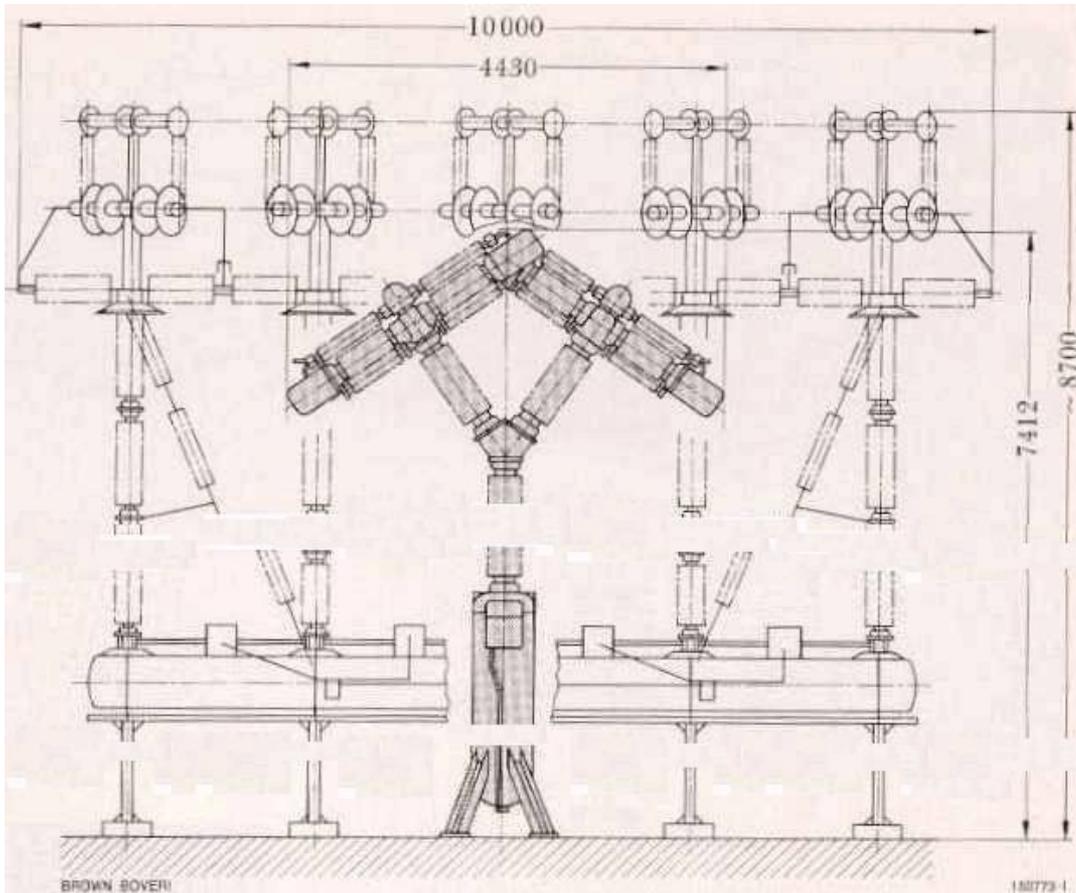


En alta tensión se presenta (para las líneas largas) la necesidad de resistores de preinserción, también en este caso dos cámaras en paralelo son necesarias.

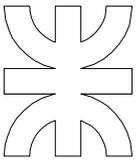


Interrupidores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:

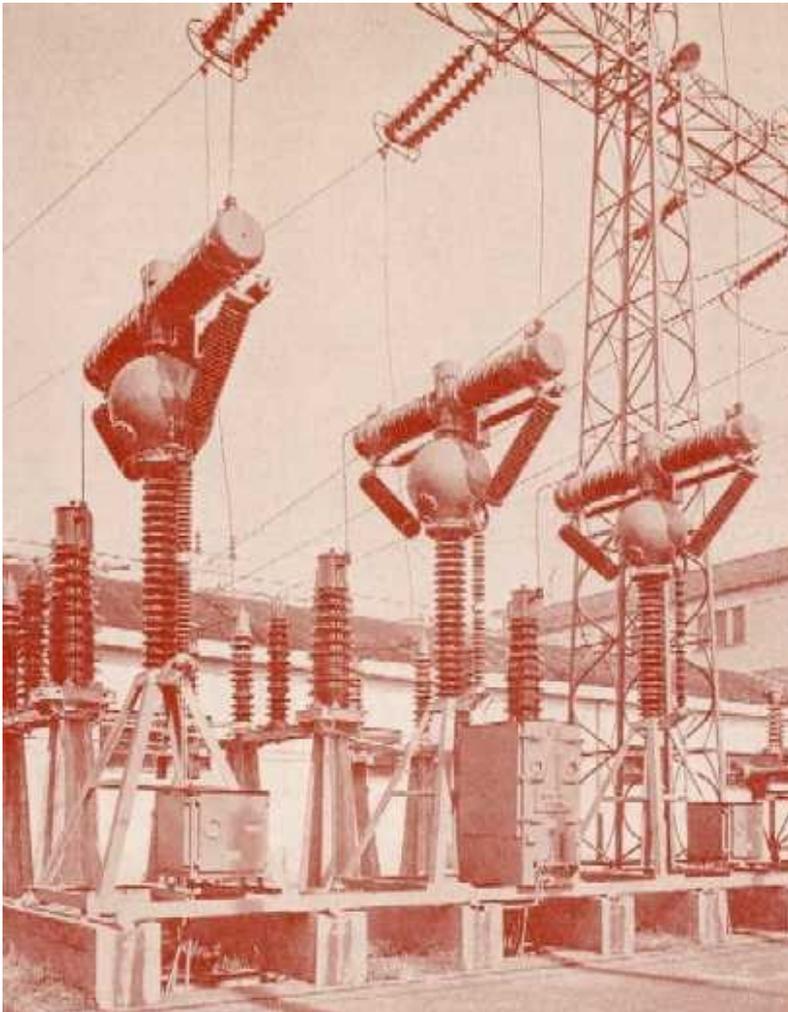


Los progresos en este tipo de interruptores fueron sorprendentes: la figura muestra la comparación de dos siluetas, separadas por algunas decenas de años.

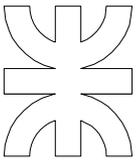


Interruptores + usados

C. INTERRUPTORES EN AIRE COMPRIMIDO:



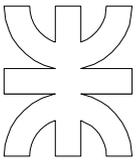
Otro modelo muestra como se resolvió el problema de lograr tener alta presión disponible cerca de la cámara.



Interrupidores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

- ✓ El arco es soplado con gas de hexafluoruro herméticamente almacenado, y dieléctricamente superior al aire, opcionalmente en varias etapas de extinción. Con el uso de este gas, se eliminan los inconvenientes que se provocaban en los sistemas, por la elevada probabilidad de explosión e incendio que tienen los de aceite.
- ✓ La técnica de corte en este gas ha sido desarrollada en los años 70, simultáneamente con la de vacío.
- ✓ En MAT, el interruptor se conforma con varios módulos de cámaras de extinción en serie, dependiendo de la tensión a interrumpir.
- ✓ El hexafluoruro de azufre (SF_6) es un gas pesado, incoloro y no tóxico, con una rigidez dieléctrica 3 veces la del aire, causada por los átomos extraordinariamente electronegativos del flúor. Bajo el efecto de la temperatura del arco, el SF_6 se disocia en átomos de F y S. Éstos capturan los electrones portadores de carga de la corriente hasta lograr el corte de la corriente y luego el gas se regenera por enfriamiento, obteniéndose así el apagado del arco.
- ✓ El gas se mantiene en circuito cerrado y sin comunicación con el exterior. Aún si hubiera escape o pérdida del gas, no representa peligro ni inconvenientes (excepto ef. Invern.).



Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

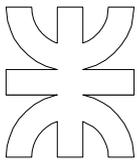
Existen diferentes tipos llamados de simple o doble presión, de arco rotante, auto-soplante o por auto-expansión. Se diferencian por el método empleado para mejorar la acción del SF₆ sobre el arco eléctrico.

Principios generales:

El principio con que se provoca el apagado por el SF₆, responde a diferentes técnicas, que suelen hasta combinarse, de acuerdo al diseño del fabricante, pero que podemos sintetizar en:

Para soplar el arco se puede:

- Soplar por energía neumática. Soplado por émbolos dentro de la misma cámara de extinción, o por acumulación en un tanque, y apertura de válvula en el momento de la apertura.
- Aprovechar la expansión térmica del arco.
- Soplado electromagnético y alargamiento del arco, por rotación del arco.

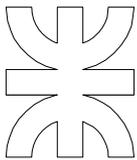


Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Mayoría de las formas utilizadas para soplar el gas SF₆

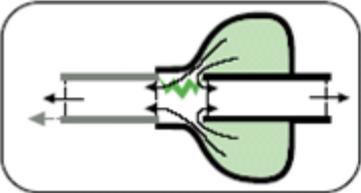
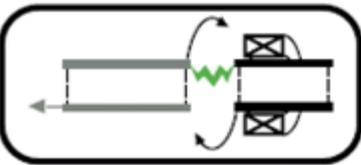
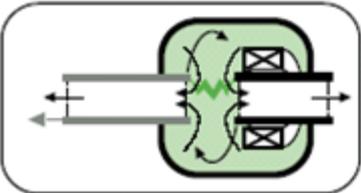
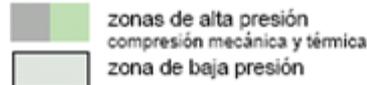
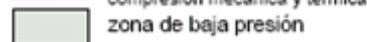
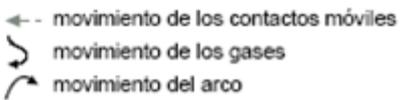
esquema	principio	denominaciones	descripción
	doble presión	neumático	un gas, previamente comprimido en un recipiente de «alta presión», se libera después del corte al abrirse una válvula: el gas sopla el arco al circular a través de los contactos tubulares (toberas) hacia un recipiente a «baja presión».
	golpe de pistón (puffer)	autocompresión autoneumático autosoplado	un gas, comprimido por el movimiento de un pistón solidario con el movimiento de apertura de los contactos, sopla el arco dándole salida a través de un tubo de ventilación.
<p>volumen total de compresión (para el corte de un arco con poca energía)</p> <p>volumen de compresión reducido (para el corte de un arco de gran corriente)</p>	golpe de pistón y expansión térmica (puffer and self pressurise)	autoneumático expansión térmica (autopuffer-thermal blast) auto-expansión	el mismo principio que en el caso anterior pero con dos volúmenes de compresión: <ul style="list-style-type: none"> ■ un volumen que proporciona una baja presión para el corte de pequeñas corrientes, por lo que se requiere una débil energía de mando, ■ un volumen «reducido» para el cierre automático de válvulas provocado por la alta presión desarrollada por una energía de arco importante (expansión térmica), por tanto, un refuerzo del soplado.

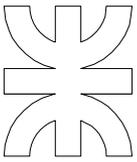


Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Mayoría de las formas utilizadas para soplar el gas SF₆

	expansión térmica	autosoplado	el arco se refrigera con un soplo obtenido por la circulación de gas a través del tubo, circulación debida al aumento de presión de origen térmico, producida por el arco alrededor de los contactos.
	arco giratorio (rotating arc)		el arco se enfría al girar por la acción de un campo magnético radial producido por la corriente a cortar (fuerzas de Laplace).
	auto-expansión	autosoplado (autopuffer self-blast)	el mismo principio que en el caso anterior, y, además, con un soplo de arco obtenido por la circulación de gas a través de los contactos; circulación debida a la subida de presión de origen térmico producida por el arco alrededor de los contactos.
	contacto móvil		
	contacto fijo		
	zonas de alta presión compresión mecánica y térmica		
	zona de baja presión		
	← - movimiento de los contactos móviles		
	↻ movimiento de los gases		
	↻ movimiento del arco		



Interrupidores + usados

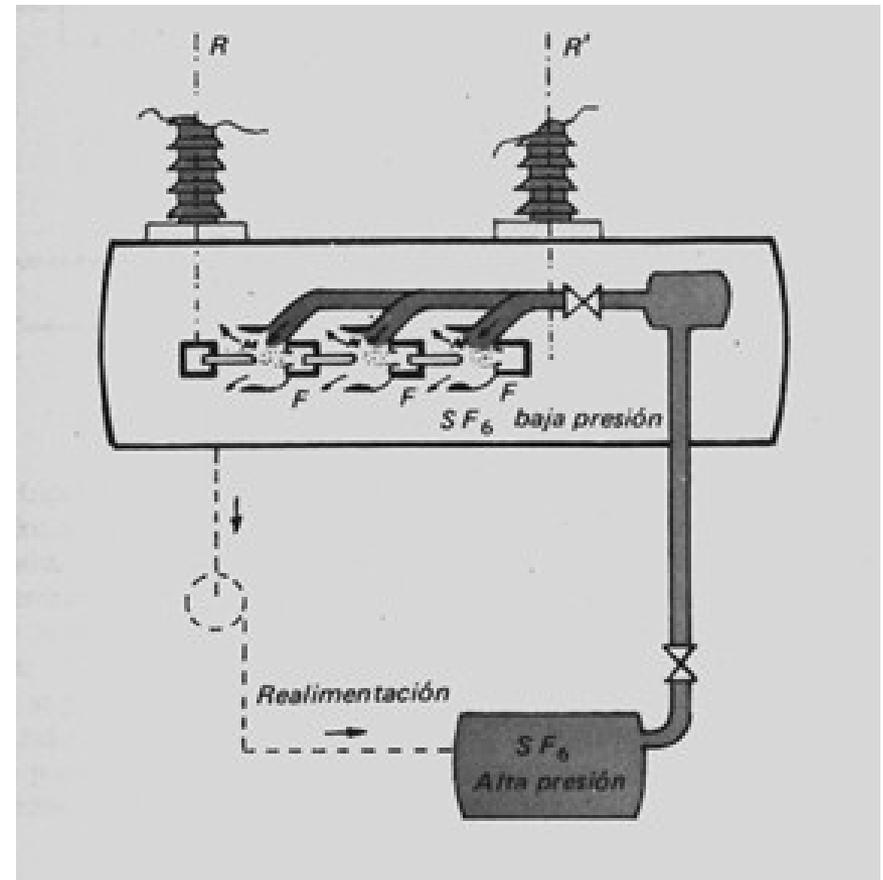
D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

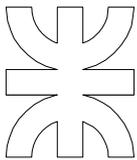
Ampliación de las formas utilizadas para soplar el gas SF₆

Dos presiones:

Al principio, se soplaban SF₆ desde una cámara de alta presión, hacia el arco y la zona de menor presión. Ésto requería un sistema de almacenamiento a alta presión y un sistema de recuperación. En la siguiente figura, se ve el polo de un interruptor con subdivisión del arco en varias etapas interruptivas. Requieren un depósito del gas, válvulas y compresores.

Fig. 8.4.a: Interruptor de gas SF₆, con arco subdividido, y de dos presiones.





Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Ampliación de las formas utilizadas para soplar el gas SF₆

Soplado por auto-compresión:

Auto-soplado provocado por pistones que se mueven dentro de la misma cámara de extinción, y movidos por el mismo comando de los contactos, denominados por **Auto Compresión**. Los contactos son especialmente tubulares, para que el gas se expanda

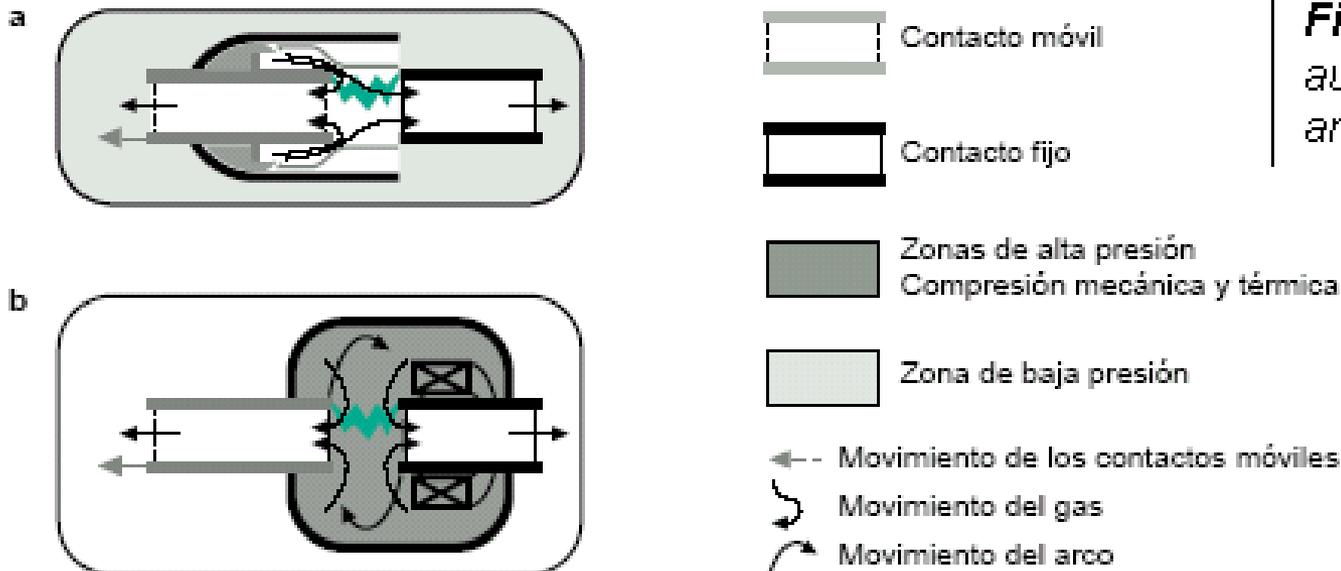
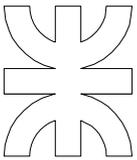


Fig. 8.4.b: Principio de la autocompresión (a) y del arco giratorio (b).



Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Diseño de la tobera:

La siguiente explicación puede aplicarse a cualquier medio gaseoso usado como extintor, incluyendo el aire comprimido

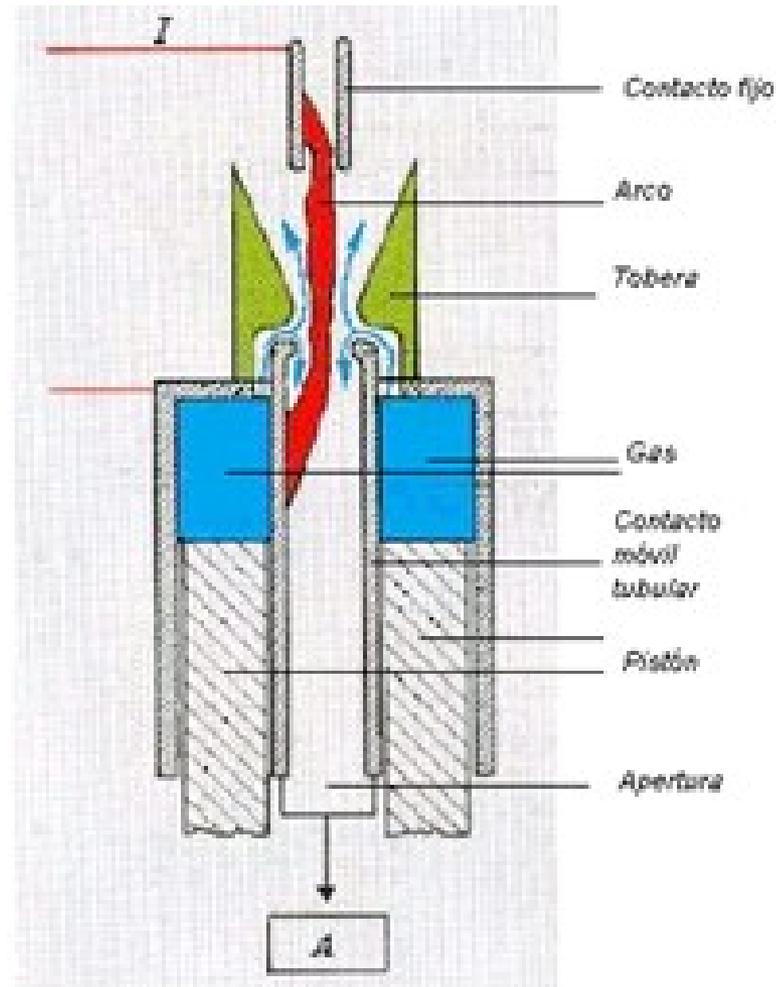
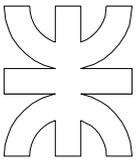


Fig. 8.4.c: Zona de interrupción con pistón o puffer, para soplado y toberas para guiado del gas.



Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

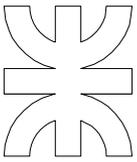
Cuando los contactos se separan y se establece el arco, se provoca el soplado del gas. La tobera Convergente-Divergente, provoca una garganta donde el gas se acelera hasta velocidades como la del sonido. En la zona divergente aumenta aún más

Este flujo gaseoso consigue:

- Estabilizar el arco: adopta la forma + cilíndrica posible y lo mantiene lejos de las paredes de la tobera evitando su deterioro.
- Enfría el plasma hasta temperaturas donde sea posible la interrupción en corriente 0.
- Barre los productos de interacción arco/gas, facilitando restablecimiento de rigidez dieléctrica entre contactos.

Etapas del arco:

- Núcleo conductor con plasma altamente ionizado con temperaturas $\approx 20.000^{\circ}\text{K}$.
- Manto de gas circundante que rodea al núcleo con temperaturas $\approx 2.000^{\circ}\text{K}$.
- Gas frío que oficia de refrigerante con temperaturas muy inferiores.



Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

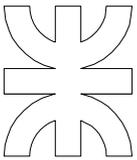
Soplado axial:

Mecanismo de extinción más eficaz.

Cuando la corriente se acerca a cero, el diámetro del arco se reduce. El arco por turbulencia, se comienza a cortar y se prepara para el período de restablecimiento.

Si la TTR es de alta pendiente respecto a la recuperación dieléctrica puede no interrumpirse la corriente. Si la pendiente es baja, dependerá del valor de pico respecto a la recuperación dieléctrica, que no haya recibido.

Un punto principal en el costo de los interruptores de pistón le corresponde a los mecanismos de maniobra. Por esta razón se intentó utilizar la energía transformada en el arco para la maniobra de corte, a fin de que el mecanismo de maniobra no tuviera que aportar la energía de compresión, dando lugar al siguiente tipo de extinción.



Interruptores + usados

D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Auto-expansión o expansión térmica:

Aprovechan el principio similar al de interruptores en aceite, es decir el aumento de la presión provocado por el mismo arco.

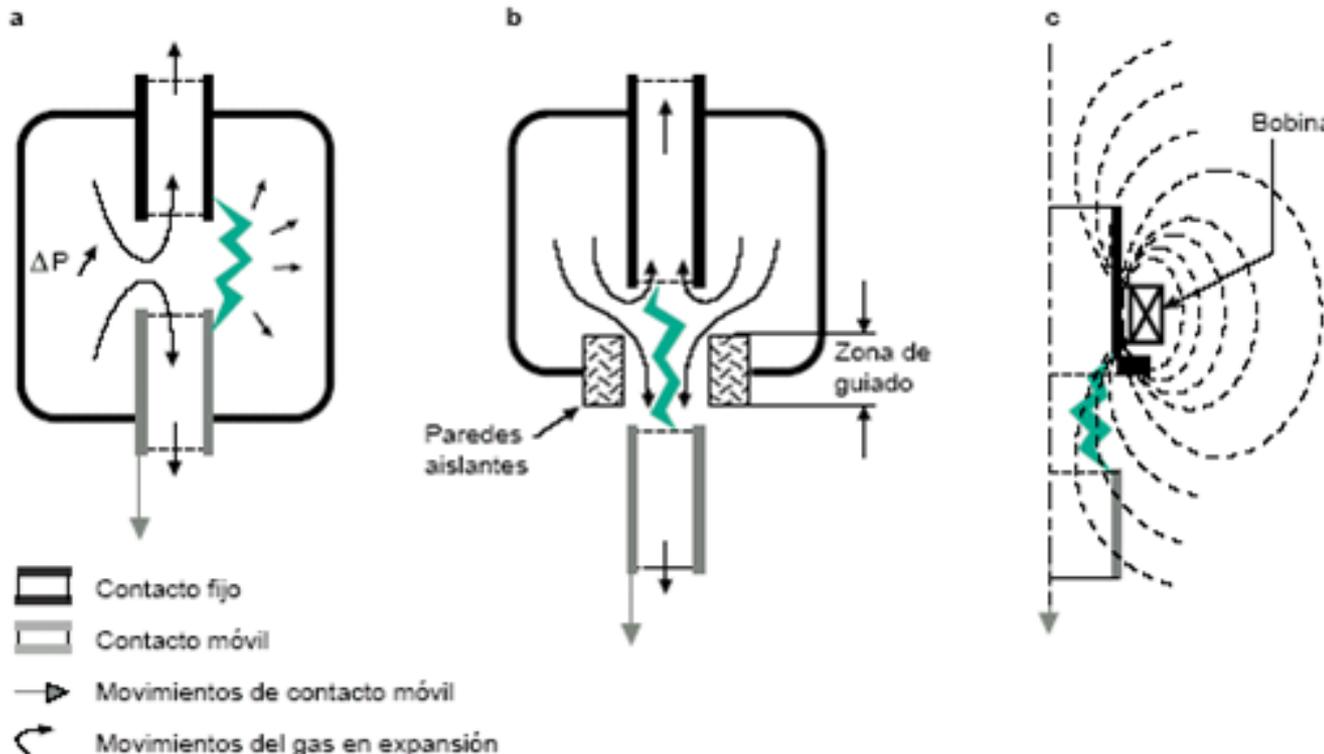
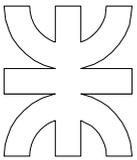


Fig. 8.4.c:
Principio de la autoexpansión (o expansión térmica).



Interrupidores + usados

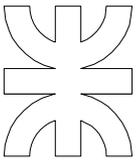
D. INTERRUPTORES EN HEXAFLUORURO de AZUFRE:

Arco giratorio:

El arco se enfría por su propio desplazamiento relativo en el SF₆. Un campo magnético, creado por una bobina recorrida por la corriente de falla, genera un movimiento de rotación del arco a velocidad muy elevada (que puede superar la velocidad del sonido a presión atmosférica)

Al abrir los contactos principales, la corriente se conmuta a la bobina y aparece el campo magnético axial. La fuerza de Laplace resultante acelera el arco en un movimiento circular. Los contactos de arco tienen forma de pistas circulares que pueden ser o bien concéntricas (arco radial y campo axial) o bien frente a frente, como está representado en la Fig. 8.4.c (arco axial y campo radial).

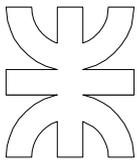
Así el arco se enfría de una manera homogénea en el SF₆. La potencia de enfriamiento del aparato depende pues directamente del valor de la corriente de cortocircuito lo que da a estos dispositivos una suavidad de corte que no necesita más que una pequeña energía de maniobra: la energía necesaria para corte la suministra enteramente el arco y las corrientes pequeñas se cortan sin reigniciones ni sobretensiones.



Interruptores + usados

E. INTERRUPTORES EN VACÍO:

- ❑ En el vacío, al no ionizarse, el arco no se forma y la corriente es interrumpida fácilmente cuando pasa por cero, siendo el vacío un dieléctrico que no permite el restablecimiento del arco. La dificultad reside en mantener el vacío dentro de la cámara de extinción.
- ❑ Las propiedades dieléctricas del vacío se conocen desde hace tiempo y se han utilizado, por ejemplo, en los tubos de vacío para rayos X. La utilización del vacío en la técnica de corte se ha visto como una posibilidad desde 1920, pero, a causa de dificultades tecnológicas, no ha sido efectiva a escala industrial hasta después de 1960. Después de los años 70, la técnica del vacío se generaliza más y más por las ventajas que aporta: dimensiones reducidas, mayor seguridad y mayor resistencia mecánica.
- ❑ Se están utilizando, en instalaciones de media tensión, con excelentes resultados.
- ❑ La cámara de extinción son ampollas selladas, que se reemplazan en caso de deterioro. Hasta el presente se consideran muy seguras, y con una elevadísima vida útil. No requieren mantenimiento. Directamente se descartan las ampollas.



Interruptores + usados

E. INTERRUPTORES EN VACÍO:

El vacío es un medio dieléctrico ideal: no hay materia y por tanto no hay conducción eléctrica. **Sin embargo, el vacío nunca es perfecto y desde luego, tiene un límite de resistencia dieléctrica.**

A pesar de todo, el vacío real tiene unas características espectaculares: a la presión de 10^{-6} bar, la rigidez dieléctrica en campo homogéneo puede alcanzar una tensión de cresta 200 kV para una distancia interelectrodos de 12 mm.

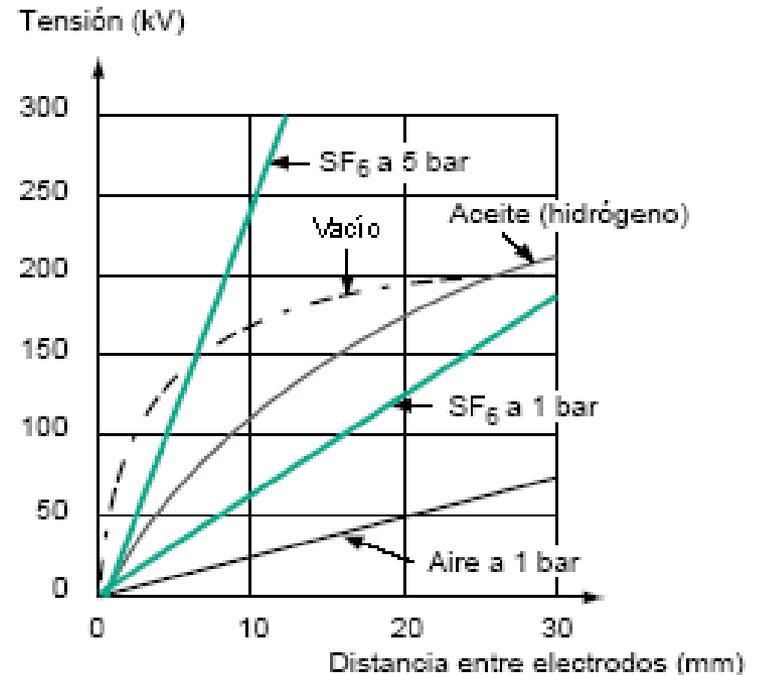
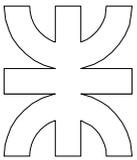


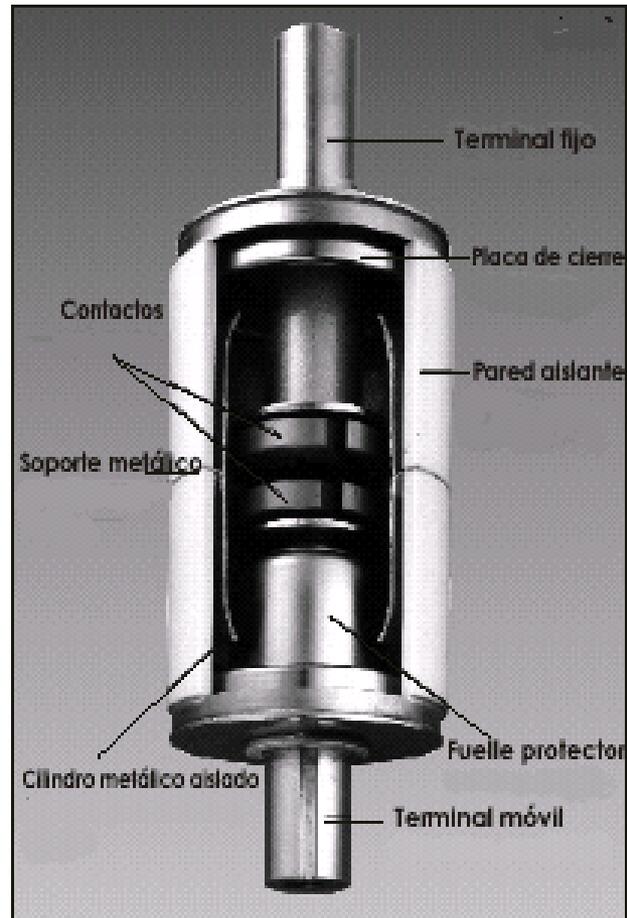
Fig. 5.3.c. Rigidez dieléctrica en función de la distancia y el medio interpuesto.

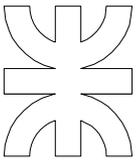


Interruptores + usados

E. INTERRUPTORES EN VACÍO:

En alta tensión, la velocidad con que se provoca la interrupción de corriente aunque no es precisamente nula, genera elevadas sobretensiones, siendo ésta una de las razones, que limita su uso en este nivel. En media tensión, se trata de eliminar la posibilidad de cortar corrientes que no estén pasando por el cero, mediante el diseño de los contactos.



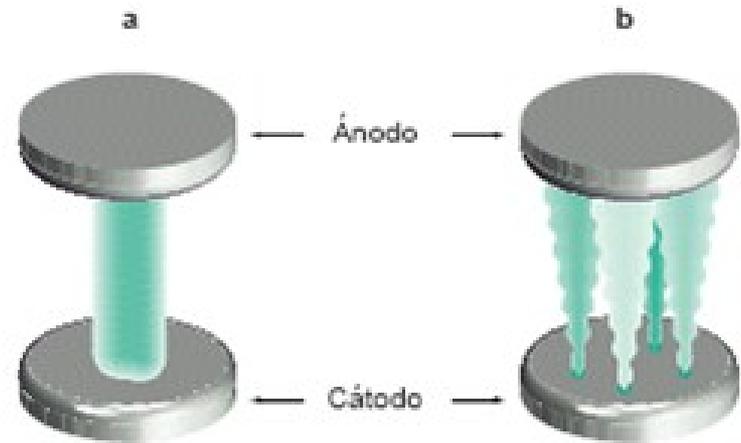


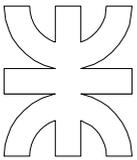
Interrupidores + usados

E. EL ARCO EN LOS INTERRUPTORES DE VACÍO:

Después de la apertura de los contactos atravesados por una corriente, en el vacío se genera un arco de vapor metálico, al cual para abreviar, de ahora en adelante llamaremos arco en vacío.

El arco en vacío genera por sí mismo, los portadores de carga necesarios para transmitir la corriente a través del vacío, mediante la vaporización del material de los contactos.

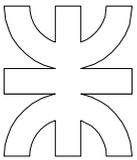




Interruptores + usados

E. EL MECANISMO DE CORTE EN EL VACÍO:

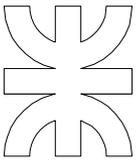
- La extinción del arco se produce en el interior de una cámara de alto vacío (superior a 10^{-4} bar) gracias a las excelentes propiedades dieléctricas del medio.
- Cámara de vacío: constituida de un recipiente cerámico sellado en forma hermética.
- Al iniciar la maniobra de apertura del interruptor se establece el arco entre los contactos fijos y móviles que genera un vapor metálico (o plasma) a través del cual circula la corriente hasta el próximo paso por cero.
- Cuando el arco se extingue, el plasma conductor se condensa en pocos microsegundos quedando nuevamente sobre los contactos como material puro. De esta forma el desgaste de los contactos es mínimo y solamente una pequeña cantidad de material se condensa sobre el cilindro metálico que envuelve a los contactos protegiendo así las paredes cerámicas aislantes.
- La elevada rigidez dieléctrica permite trabajar con distancias de separación entre los contactos muy reducidas (aprox. 15mm para 36kV).



Interruptores + usados

E. EL MECANISMO DE CORTE EN EL VACÍO:

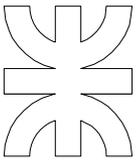
- Para corrientes de interrupción elevadas (>10 kA) los contactos fijos y móvil de las cámaras, están fabricados con una aleación especialmente desarrolladas a base de cobre y cromo, que mantienen elevada conductividad durante su vida útil, baja soldabilidad, y reducido desgaste frente al arco eléctrico.
- Estos contactos en espiral de cobre-cromo proveen características de comportamiento superior, incluyendo el control de muy bajas corrientes de corte.
- El diseño en espiral del contacto (Ver Fig. 10.1.c) provee un efecto magnético autoinducido que mueve la raíz del arco alrededor de la del contacto. Este control muy eficiente del arco, previene puntos calientes, lo que minimiza la erosión de los contactos.
- Los interruptores de vacío, responden a las nuevas exigencias impuestas para los aparatos considerados libres de mantenimiento.
- En condiciones normales de utilización, las botellas de corte en vacío Cutler Hammer (Westinghose), soportan más de 10.000 operaciones con la corriente nominal, o más de 100 cortocircuitos a plena potencia.



Interruptores + usados

E. EL MECANISMO DE CORTE EN EL VACÍO:

- Los comandos están diseñados para alcanzar sin mantenimiento un número de operaciones mecánicas muy elevado.
- Cada polo del interruptor cuenta con un indicador que marca el desgaste de los contactos.
- El corte en el vacío, es muy particular en razón de las características muy específicas del arco en el vacío.
- El arco se compone de vapores metálicos y de electrones que provienen de los electrodos de manera distinta a las otras técnicas de corte mencionadas anteriormente en las cuales esta columna se compone principalmente por el gas intercontactos ionizado por colisiones. El arco puede tener dos aspectos, concentrado o difuso, según la intensidad de corriente que lo atraviesa.
- De acuerdo a las exigencias, la vida útil puede variar de entre 20 a 30 años.



Interrupidores + usados

E. EL MECANISMO DE CORTE EN EL VACÍO:

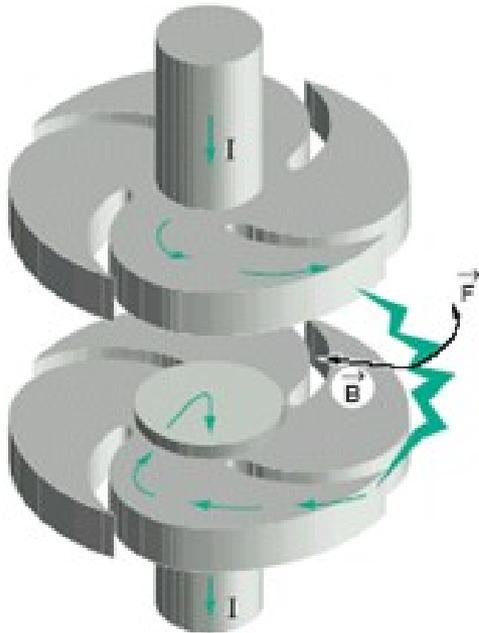
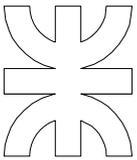


Fig. 10.1.c: Arco rotativo en un interruptor de vacío:

*El arco obedece las leyes del electromagnetismo. Se desplaza desde el centro hasta el extremo de los **pétalos** y después, gira en la periferia de los electrodos.*

F: Fuerza de impulso en la corriente de arco. Tangencial a los contactos o a la periferia.

B: Campo magnético. Perpendicular o radial a la periferia.



Interruptores + usados

E. EL MECANISMO DE CORTE EN EL VACÍO:

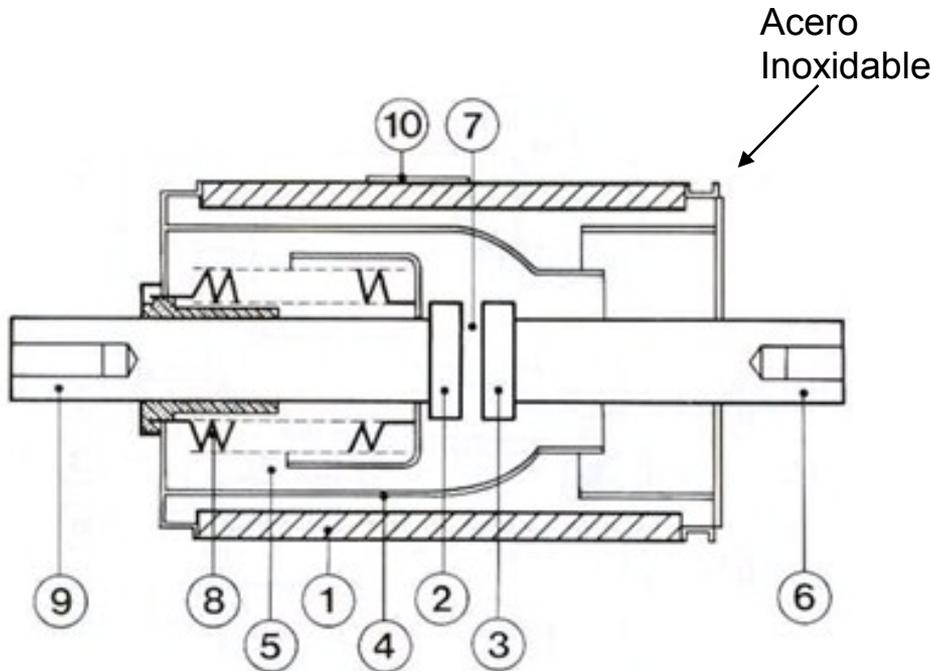
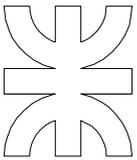


Fig. 10.1.d: Corte de un polo de un interruptor de vacío:

1. Recipiente aislante cerámico. Al_2O_3
2. Contacto móvil.
3. Contacto fijo. } Aleación de Cu y Cr
4. Cilindro metálico protector.
5. Cámara de vacío.
6. Terminal fijo.
7. Espacio inter-electrodos.
8. Fuelle metálico. Acero Inoxidable
9. Terminal móvil.
10. Soporte exterior.

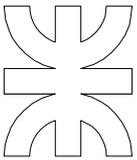
El comando de estos interruptores, es generalmente de resorte. Durante el cierre manual u opcionalmente con motor, se carga el resorte de apertura.



Interruptores + usados

E. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES. ESPECIFICACIONES DE FÁBRICA Y DATOS PARA SU SELECCIÓN:

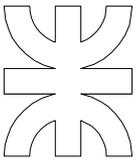
- **Tensión Nominal**
- **Tensión Resistida** (Valores que debe resistir el interruptor, en cuanto a su sistema de aislación, ante diferentes sobretensiones que puedan aparecer en el sistema, incluyendo su propia TTR).
- **Corriente Nominal I_n**
- **Capacidad de interrupción ante corto. (Capacidad de Ruptura)**
- **Corriente de cortocircuito Inicial o Pico** (valores de pico que puede soportar transitoriamente).
- **Ciclo de recierre**
- **Tiempo de apertura:** Normalmente indicado en ciclos. Algunos fabricantes incluyen tiempo de cierre y tiempo de arco.
- **Frecuencia**



Interruptores + usados

E. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES. ESPECIFICACIONES DE FÁBRICA Y DATOS PARA SU SELECCIÓN:

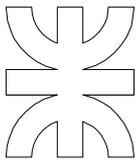
- **Tipo de mecanismo de comando:** (manual, eléctrico, aire comprimido o hidroneumático).
- **Dimensiones y peso.**
- **Clase de aislamiento**
- **Capacidad de interrumpir corriente capacitiva o de generadores**
- **Definir uso para Interior o Exterior**
- **Tensión auxiliar** (tensión auxiliar de motor y bobinas de aperturas, bobinas de cierre y contactos auxiliares).
- **Factor de polo:** Se explica en anexo C.
- **Pendiente máxima de la tensión transitoria de recuperación con la que el interruptor puede funcionar correctamente.**
- **Posibilidad de efectuar recierre monofásico o trifásico o ambos.**



Interruptores + usados

E. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES. ESPECIFICACIONES DE FÁBRICA Y DATOS PARA SU SELECCIÓN:

- **Tipo de mecanismo de comando:** (manual, eléctrico, aire comprimido o hidroneumático).
- **Dimensiones y peso.**
- **Clase de aislamiento**
- **Capacidad de interrumpir corriente capacitiva o de generadores**
- **Definir uso para Interior o Exterior**
- **Tensión auxiliar** (tensión auxiliar de motor y bobinas de aperturas, bobinas de cierre y contactos auxiliares).
- **Factor de polo:** Se explica en anexo C.
- **Pendiente máxima de la tensión transitoria de recuperación con la que el interruptor puede funcionar correctamente.**
- **Posibilidad de efectuar recierre monofásico o trifásico o ambos.**



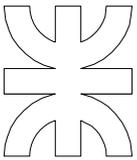
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Conclusiones / Interruptores + usados

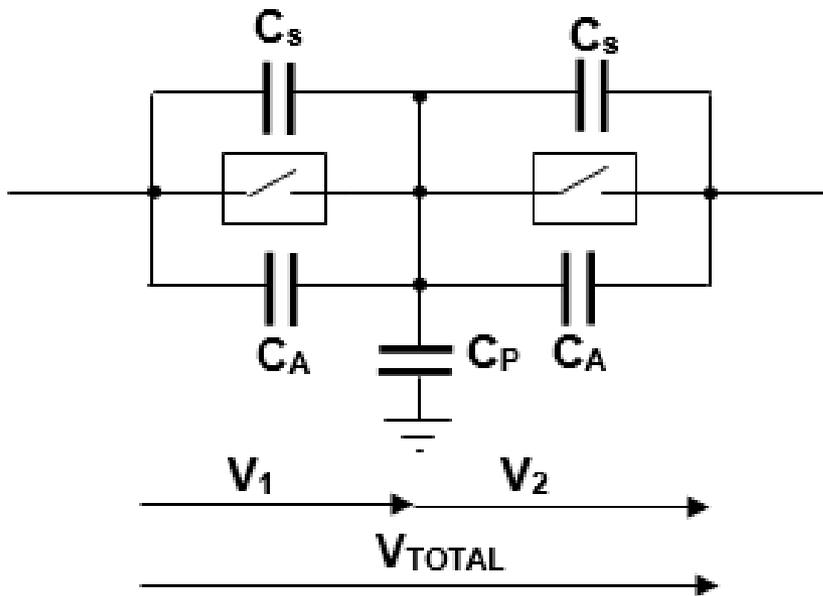
	Aceite	Aire	SF ₆ /vacío
Seguridad	Riesgo de explosión y de incendio, si el aumento de presión (maniobras múltiples) produce un fallo.	Manifestaciones exteriores importantes (emisiones de gases ionizados y calientes después de los cortes).	No hay riesgo de explosión ni de manifestaciones exteriores
Ocupación del espacio	Volumen del aparato relativamente importante.	Instalación que necesita de amplias separaciones (corte no confinado).	Pequeña.
Mantenimiento	Sustitución periódica del aceite (descomposición irreversible del aceite en cada corte).	Si es posible, periódica sustitución de los contactos de arco. Mantenimiento periódico del actuador.	Nulo sobre los elementos de corte. Lubricación mínima de los mecanismos del actuador.
Sensibilidad al entorno	El medio de corte puede ser alterado por el entorno (humedad, polvo,...)		No sensibles: cámara sellada de por vida.
Corte en ciclo rápido	El tiempo de disminución de presión, largo, necesita desclasificar el PdC si hay riesgo de cortes sucesivos.	La evacuación muy lenta de aire caliente necesita una desclasificación del PdC.	SF ₆ - vacío recobran muy rápidamente sus propiedades dieléctricas: no hay desclasificaciones.
Durabilidad mecánica	Mediocre.	Media.	Excelente.

Conclusiones / Interruptores + usados

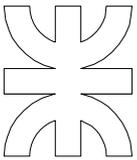
		SF ₆	Vacío
Aplicaciones	Motores, hornos, líneas	Todas. Sobre todo adaptada a aplicaciones de corte elevadas (I y U)	Todas. Sobre todo adaptadas a tensiones pequeñas y a TTR muy rápidas.
	Disyuntores, contactores	Todas	Las funciones de seccionamiento están proscritas.
Características	Durabilidad mecánica	Satisfactoria para todas las aplicaciones habituales	Puede ser muy elevada para algunas aplicaciones habituales
	Sobretensión	No hay riesgo para pequeñas corrientes capacitivas. Muy pequeña probabilidad de recebado para las corrientes capacitivas	Recomendado limitador de sobretensiones para la maniobra de motores y de escalones de condensadores.
	Aislamiento entrada-salida	Muy reproducible, permitiendo funciones de seccionamiento	
	Dimensión		Muy compacto a tensiones bajas.
Seguridad de funcionamiento	Pérdidas de estanqueidad	Hasta el 80% de rendimientos se mantiene a presión atmosférica. Posible monitorización continua.	
	Mantenimiento	Reducido sobre el mecanismo de mando. Control permanente posible de la presión del gas	Reducido sobre el dispositivo de mando. Control ocasional posible del vacío.
	Número de fallos	Muy bajo (< 4/10000), principalmente debido a los equipos auxiliares	Muy bajo, si el procedimiento de fabricación de las cámaras está bien hecho.



ANEXO A. CAPACITORES EQUIPOTENCIADORES



C_S : capacidad parásita serie.
 C_P : capacidad parásita shunt o paralelo.
 C_A : capacidad adicional, colocadas a efectos de equipotenciar las tensiones en cada cámara de extinción.



ANEXO A. CAPACITORES EQUIPOTENCIADORES

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_S // C_P}{C_S} = \frac{C_S + C_P}{C_S} = \frac{60}{20} = 3 \quad \text{donde } C_S = 20\text{pF} \quad \text{Y} \quad C_P = 40\text{pF} \quad (\text{Valores típicos})$$

$$\frac{V_1}{V_{TOTAL}} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{V_1}{V_1 + \frac{V_1}{3}} = \frac{1}{4/3} = \frac{3}{4}$$

$$V_1 = 0,75V_{TOTAL}$$

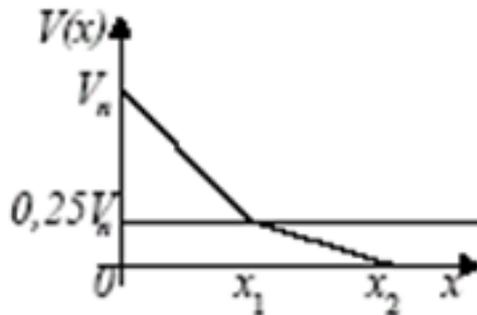
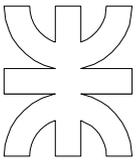


Fig. 8: Tensión longitudinal en las cámaras de extinción de un interruptor sin equipotenciar

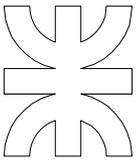


ANEXO A. CAPACITORES EQUIPOTENCIADORES

Agreguemos por ejemplo, capacidades C_A de 200pF cada una, en cada cámara:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_S + C_P + C_A}{C_S + C_A} = \frac{20 + 40 + 200}{20 + 200} = \frac{260}{220} = 1,18$$
$$\frac{V_1}{V_{TOTAL}} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{V_1}{V_1 + \frac{V_1}{1.18}} = \frac{1}{1 + 0.85} = 0.54$$

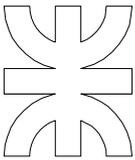
Con lo que se logró bastante equiparación entre V_1 y V_2 . ($V_1 = 0,54V_{TOTAL}$)



ANEXO B. CICLO DE OPERACIÓN DE LOS INTERRUPTORES

- ❑ Se conoce como “ciclo de operación de un interruptor”, a las características del mismo, que decidirán la posibilidad de efectuar el recierre deseado.
- ❑ El recierre que puede ser monofásico o trifásico, consiste en la apertura del o de los polos del interruptor, y luego de un tiempo de espera suficiente para que el arco de la falla se extinga, se vuelva a reconectar.
- ❑ Para que el nuevo cierre sea exitoso y el interruptor se mantenga cerrado, las condiciones que provocaron la falla deben haber desaparecido o restaurado su condición dieléctrica. De lo contrario, el interruptor debe abrir definitivamente.
- ❑ En nuestro país, el recierre se intenta una sola vez, a pesar que algunos interruptores puedan o están capacitados para hacerlo más veces.
- ❑ El interruptor necesita un tiempo para recuperar sus propias características dieléctricas, pero además para recuperar su mecanismo de comando y de soplado si lo hubiera.
- ❑ El fabricante debe suministrar el ciclo con sus tiempos, en que el interruptor puede operarse para intentar el ciclo de recierre.





ANEXO B. CICLO DE OPERACIÓN DE LOS INTERRUPTORES

Ejemplos:

C por “close”, indica operación de cierre.

O por “open”, indica operación de apertura.

CO por “close-open”, indica operación de cierre seguida de apertura inmediata.

O - 0,3s - C Indica la operación del interruptor, ante una falla transitoria, y significa que abre(O), luego de 0,3 segundos cierra nuevamente en forma exitosa. Por lo tanto es el resultado de una **falla transitoria**.

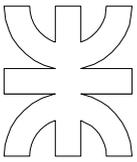
O - 0,3 s - C O - 3 min. - C O Indica la operación de apertura, una espera de 0,3 segundos, y vuelve a cerrar y abrir inmediatamente. Ahora debe esperar 3 minutos para volver a cerrar y si la falla persiste, abrir inmediatamente. Esto es por una **falla permanente**.

Un interruptor que no es apto para recierre automático, tendría especificado alguno de los siguientes ciclos típicos:

O – 3min – CO - 3min – CO ó **CO – 15seg - CO**

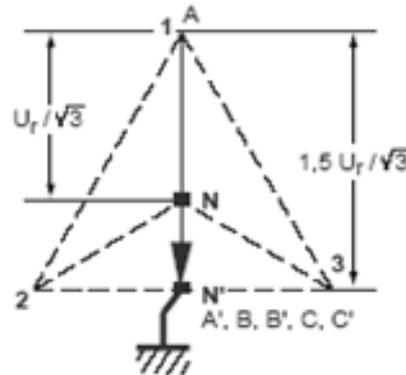
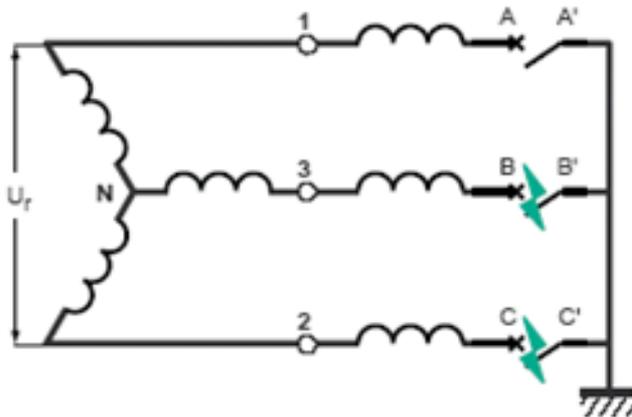
Un interruptor apto para implementar el recierre automático, tendría la siguiente especificación típica:

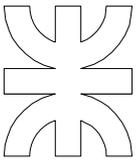
O - 0,3seg - C O - 3 min. - C O



ANEXO C. FACTOR DE PRIMER POLO

- ✓ En caso de fallas trifásicas, el interruptor ordenará una apertura tripolar.
- ✓ Los tres polos se abren simultáneamente, pero como las corrientes están desfasadas en el tiempo, el primero que pase por cero interrumpirá su circulación, pero no en los restantes.



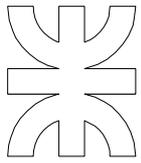


ANEXO C. FACTOR DE PRIMER POLO

- ✓ El régimen se convierte entonces en bifásico y todo ocurre como si el punto N se desplazara a N'.
- ✓ La tensión que se establece sobre la primera fase, en los bornes del contacto abierto AA' es la que existe entre A y N', que vale:

$$U_{red} \geq U_{AA'} = V \cdot k \geq U_{red} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

- ✓ **k** es el “**factor del primer polo**”. Su valor varía de **1 a 1,5** según que el neutro esté directamente puesto a tierra o perfectamente aislado. Es especificado por los fabricantes en los datos de los interruptores.
- ✓ 1/2 período más tarde las otras dos fases llegan a su vez a cero, el disyuntor corta y la red vuelve a convertirse en equilibrada con relación al punto neutro.
- ✓ La TTR depende de los regímenes de neutro. La norma CEI, precisa los valores a tener en cuenta para los ensayos tomando el valor 1,5 para la MT y las redes de neutro aislado. Para los otros casos se toma el valor 1,3.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

FIN