

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



**MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LINEAS
DE TRANSMISION ENERGIZADAS, USANDO
PERTIGAS AISLANTES Y TRAJE CONDUCTOR.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

JORGE GUERRERO BECERRIL

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

C O N T E N I D O

P A G I N A

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

I.	Antecedentes	2
II.	Consideraciones	6
III.	Desarrollo del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.	8

CAPITULO SEGUNDO

EL TRABAJADOR DE LINEAS ENERGIZADAS

I.	Antecedentes	11
II.	Condiciones de Trabajo.	13
III.	Selección del Personal	21
IV.	Entrenamiento del Personal	26

CAPITULO TERCERO

EL EQUIPO DE PERTIGAS AISLANTES

I.	Nomenclatura de las Herramientas	36
II.	Fabricación de las Pértigas de Vidrio Epoxi	61
	1. Materiales Utilizados	
	2. Proceso de Fabricación de las Pértigas	
	3. Proceso de Fabricación de los Herrajes	
	4. Ensamble de las Herramientas.	
III.	Características Mecánicas de las Pértigas	67
	1. Tensión Mecánica	
	2. Compresión	
	3. Flexión	
	4. Torsión	
	5. Impacto	
	6. Peso	
	7. Resumen	
IV.	Características Eléctricas de las Pértigas	83
	1. El Aislamiento en el Proceso de Fabricación del vidrio Epoxi.	
	2. El Aislamiento ante la Absorción de la Humedad	
	3. El Aislamiento ante la Intemperie Acelerada	
	4. Tensiones Eléctricas de Flameo	
	5. Resumen	
V.	Absorción de Sustancias Químicas en las Pértigas	91
VI.	Mantenimiento de las Pértigas de Vidrio Epoxi	92
	1. Introducción	
	2. Cuidados de Rutina	
	3. Inspecciones de las Herramientas	

I N D I C E

C O N T E N I D O

P A G I N A

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

I.	Antecedentes	2
II.	Consideraciones	6
III.	Desarrollo del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.	8

CAPITULO SEGUNDO

EL TRABAJADOR DE LINEAS ENERGIZADAS

I.	Antecedentes	11
II.	Condiciones de Trabajo.	13
III.	Selección del Personal	21
IV.	Entrenamiento del Personal	26

CAPITULO TERCERO

EL EQUIPO DE PERTIGAS AISLANTES

I.	Nomenclatura de las Herramientas	36
II.	Fabricación de las Pértigas de Vidrio Epoxi	61
	1. Materiales Utilizados	
	2. Proceso de Fabricación de las Pértigas	
	3. Proceso de Fabricación de los Herrajes	
	4. Ensamble de las Herramientas.	
III.	Características Mecánicas de las Pértigas	67
	1. Tensión Mecánica	
	2. Compresión	
	3. Flexión	
	4. Torsión	
	5. Impacto	
	6. Peso	
	7. Resumen	
IV.	Características Eléctricas de las Pértigas	83
	1. El Aislamiento en el Proceso de Fabricación del vidrio Epoxi.	
	2. El Aislamiento ante la Absorción de la Humedad	
	3. El Aislamiento ante la Intemperie Acelerada	
	4. Tensiones Eléctricas de Flameo	
	5. Resumen	
V.	Absorción de Sustancias Químicas en las Pértigas	91
VI.	Mantenimiento de las Pértigas de Vidrio Epoxi	92
	1. Introducción	
	2. Cuidados de Rutina	
	3. Inspecciones de las Herramientas	

4. Pruebas de Aislamiento de las Pértigas
5. Reparaciones

CAPITULO CUARTO
REGLAS DE SEGURIDAD

I.	Generalidades	112
II.	El Equipo de Protección Personal	114
	1. La Ropa de Trabajo	
	2. El Casco Dieléctrico	
	3. Los Lentes de Seguridad	
	4. Los Guantes de Piel	
	5. Las Botas Dieléctricas	
	6. El Cinturón de Seguridad	
	7. La Bandola de Seguridad	
	8. El Equipo para Ascender	
	9. Los Preparativos para el Ascenso	
	10. El Ascenso a la Estructura	
	11. La Posición de Trabajo	
III.	Las Areas en el Piso	122
	1. Area de Peligro	
	2. Area de Trabajo	
	3. Area de Observación	
IV.	La Seguridad de la Cuadrilla	123
	1. Conducta antes del Trabajo	
	2. Conducta durante el Trabajo	
	3. Responsabilidades del Jefe de la Cuadrilla (Cabo)	
	4. Responsabilidades de los Linieros	
	5. Responsabilidades de los Ayudantes	
V.	Condiciones Ambientales Seguras	126
	1. Condiciones de Humedad	
	2. El Viento	
	3. La Temperatura	
	4. La Luz	
VI.	Distancias Seguras	128
	1. Generalidades	
	2. Cálculo de la Longitud Mínima Absoluta de las Pértigas	
	3. Longitud Mínima de Trabajo de las Pértigas	
	4. Cálculo de la Distancia Mínima Absoluta de Acercamiento	
	5. Distancia Mínima Segura de Acercamiento	

CAPITULO QUINTO
MANIOBRAS BASICAS

I.	Preparativos antes de Viajar hacia la Línea	136
II.	Licencia para Trabajar en Líneas Energizadas	136
III.	Operación de la Escopeta	137

IV.	Manipulación de Chavetas y Pernos	138
-----	-----------------------------------	-----

CAPITULO SEXTO

LA ADMINISTRACION DE LAS MANIOBRAS

I.	Generalidades	143
II.	El Programa de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas	144
	1. Tipos de Mantenimiento	
	2. Planeación del Programa de Mantenimiento Preventivo.	
	3. Organización del Programa de Mantenimiento-Preventivo.	
	4. Ejecución del Programa de Mantenimiento Preventivo.	
	5. Control del Programa de Mantenimiento Preventivo.	
III.	Estudio Económico	155
	1. Características de la Línea Tula-Poza Rica II	
	2. Comportamiento de la Línea Tula-Poza Rica II	
	3. Costos por Salidas de la Línea Tula-Poza Rica II	
	4. Costo del Mantenimiento Preventivo de la Línea Energizada.	
	5. Análisis Costo-Beneficio	

CAPITULO SEPTIMO

ALGUNAS MANIOBRAS EN LINEAS DE TRANSMISION DE 115 KV.

I.	Generalidades	165
II.	Cambio de Aislamiento en la Estructura Tipo 115 I.S. de Suspensión en Tangente.	169
III.	Cambio de Aislamiento en la Estructura Tipo 115 I.R. de Remate en Tangente.	172

CAPITULO OCTAVO

EL TRAJE CONDUCTOR

I.	La Vestimenta Conductora	177
	1. Introducción	
	2. Descripción del traje conductor	
	3. Resistencia Eléctrica del traje conductor	
II.	Escalera Aislante	181
	1. El Probador de Escaleras	
	2. Verificación del Probador de Escaleras	
	3. Circuito Electrónico del Probador de Escaleras	
	4. Prueba del Aislamiento de la Escalera	
III.	Técnica del Uso del Traje Conductor	190
IV.	Fundamento Técnico	196

1. Campo Magnético en un Conductor Recto y Largo
2. Campo Eléctrico
3. Jaula de Faraday
4. Evolución del Traje Conductor
5. Medición de la Intensidad del Campo Eléctrico
6. Medición de la Corriente en el Cuerpo Humano
7. Grados de Blindaje
8. La Descarga Electroestática durante el trabajo
9. Estudio Médico.

CAPITULO NOVENO

ALGUNAS MANIOBRAS EN LINEAS DE 230 KV Y 400 KV

I.	Generalidades	221
II.	Cambio de Aislamiento en la Estructura de Suspensión de 230 KV, Fase Lateral con cadena vertical.	230
III.	Cambio de Aislamiento en la Estructura de Suspensión de 230 KV, Fase Central con Cadenas de Aisladores en "V"	235
IV.	Cambio de Aislamiento de la Estructura de Tensión de 230 KV, Fase Lateral.	241
V.	Cambio de Aislamiento en la Estructura de Suspensión de 400 KV, Fase Lateral.	253
VI.	Cambio de Aislamiento en la Estructura de Tensión de 400 KV, Fase Lateral.	259

CAPITULO DECIMO

CONCLUSIONES	269
--------------	-----

BIBLIOGRAFIA.	271
---------------	-----

C A P I T U L O

P R I M E R O .

I N T R O D U C C I O N

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

I.- ANTECEDENTES.

La República Mexicana tiene una población de 71,050,000 habitantes (*), de los cuales el 84% disfrutan del servicio de energía eléctrica, que es - - suministrado por la Comisión Federal de Electricidad (C. F. E.)

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa pública descentralizada - - creada el 14 de Agosto del 1937. Tiene por objeto organizar y dirigir un - - sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósito de lucro y con - la finalidad de obtener con un costo mínimo el mayor rendimiento posible en -- beneficio de los intereses generales.

La C. F. E. (Incluida la Compañía de Luz y Fuerza del Centro), para proporcionar el servicio de energía eléctrica, tiene una capacidad instalada de - - 17,396 MW (*). Para hacer llegar esta potencia eléctrica a los 10,391,347 - usuarios, son necesarios 182,555 Km de líneas de transmisión y redes de distribución, que alimentan el fluído eléctrico a 22,682 poblaciones dispersas en nuestro territorio nacional de 1,958,201 Km².

El Sistema Eléctrico Nacional, además de estar integrado por Centrales Generadoras y Subestaciones., lo forman todas las líneas de transmisión, líneas de subtransmisión y redes de distribución, de la manera siguiente:

Líneas de Transmisión de 400 KV	5,997 Km.
Líneas de Transmisión de 230 KV	13,632 Km
Líneas de Subtransmisión de 161 KV	1,604 Km
Líneas de Subtransmisión de 150 KV	1,025 Km.
Líneas de Subtransmisión de 138 KV	918 Km.
Líneas de Subtransmisión de 115 KV	22,172. Km.
Líneas de Subtransmisión de 85 KV	5,030 Km.
Líneas de Subtransmisión de 69 KV	9,125 Km
Redes de Distribución de 6.6 a 44 KV	123,052 Km.
TOTAL NACIONAL	182,555 KM.

* Datos al 31 de Diciembre 1981.

El Sistema Eléctrico Nacional, está constituido por seis Areas Eléctricas, - - cuya interconexión se inició mediante líneas de transmisión de 230 KV y en 1965 se continuó mediante líneas de transmisión de 400 KV, habiendose concluido en 1976, con excepción de las dos penínsulas del país, que aun operan como sistemas independientes (fig. 1).

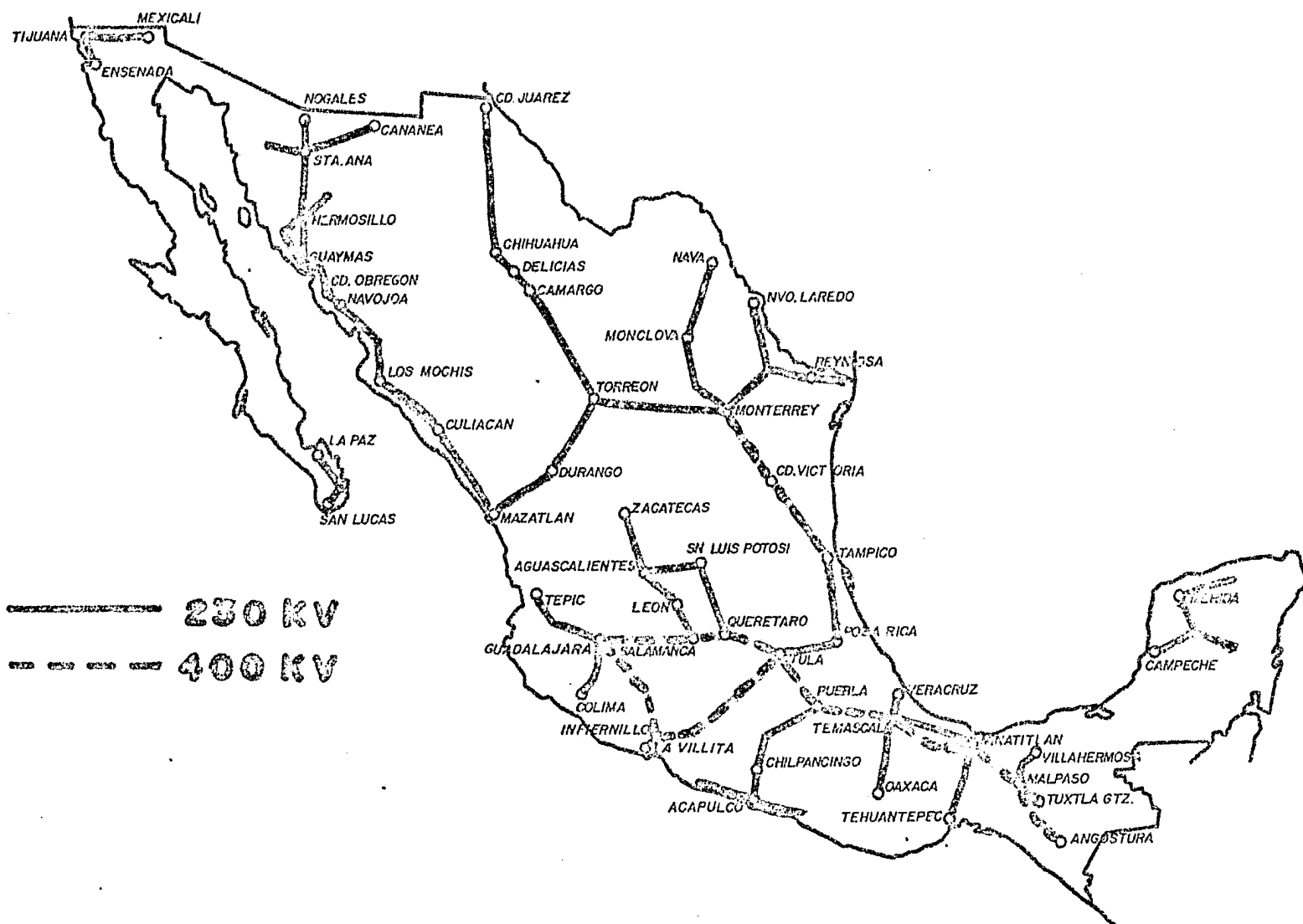


FIGURA No. 1

SISTEMA ELECTRICO NACIONAL

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), a través de seis centros de control de Area, conocidos como " Operación Sistema ", controla el sistema Eléctrico Nacional. Determina las condiciones de operación de las Centrales -- Generadoras, las Subestaciones y Líneas, también coordina los programas de - - mantenimiento, asignando prioridades a esas centrales, subestaciones y líneas, de acuerdo con las necesidades de la demanda de energía eléctrica nacional.

Las siete Regiones de Transmisión y dos Divisiones (tabla 2), son las encargadas de la operación y mantenimiento de las líneas de 115 a 400 KV y las Subestaciones respectivas.

TABLA No. 2

KILOMETROS DE LINEA ASIGNADOS A LAS REGIONES DE TRANSMISION (+):

REGIONES	TENSIONES ELECTRICAS (KV)						TOTAL
	138	150	161	115	230	400	
NOROESTE				3,115	2,326	-	5,441
NORTE				2,343	1,277	-	3,620
NORESTE	918			956	1,216	872	3,962
OCCIDENTE			899	514	1,542	1,107	4,062
CENTRAL		875		587	1,502	1,375	4,339
ORIENTE				2,569	1,125	1,427	5,121
SURESTE				1,715	135	1,216	3,066
BAJA CALIF. (*)			136	-	458	-	594
PENINSULAR(*)				1,620	-	-	1,620
T O T A L	918	875	1,035	13,419	9,581	5,997	31,825

(*) Divisiones

(+) Datos al 31 Diciembre 1981.

Son trece Divisiones de Distribución, las encargadas de la distribución y - - venta de la energía eléctrica a los 10'391,347 usuarios a través de 150,730 Km de líneas y redes de distribución que deben ser operadas y mantenidas en condiciones de servicio normal. Esas Divisiones son las siguientes:

°c° DIVISION	SEDE
1 BAJA CALIFORNIA	MEXICALI, B.C.
2 NOROESTE	HERMOSILLO, SON.
3 NORTE	GOMEZ PALACIO, DGO.
4 GOLFO NORTE	MONTERREY, N.L.
5 BAJIO	GUANAJUATO, GTO.
6 JALISCO	GUADALAJARA, JAL.
7 CENTRO OCCIDENTE	MORELIA, MICH.
8 CENTRO SUR	CUERNAVACA, MOR.
9 CENTRO ORIENTE	PUEBLA, PUE.
10 ORIENTE	JALAPA, VER.
11 SURESTE	OAXACA, OAX.
12 PENINSULAR	MERIDA, YUC.
13 C L F C	MEXICO, D.F.

La extensión territorial de cada división se ilustra en la figura No. 3



FIGURA No. 3
 DIVISIONES DE DISTRIBUCION

II.- CONSIDERACIONES.

1.- La demanda nacional de energía eléctrica, tiende a duplicarse cada seis años, como lo muestra la curva (2) de la figura 4.

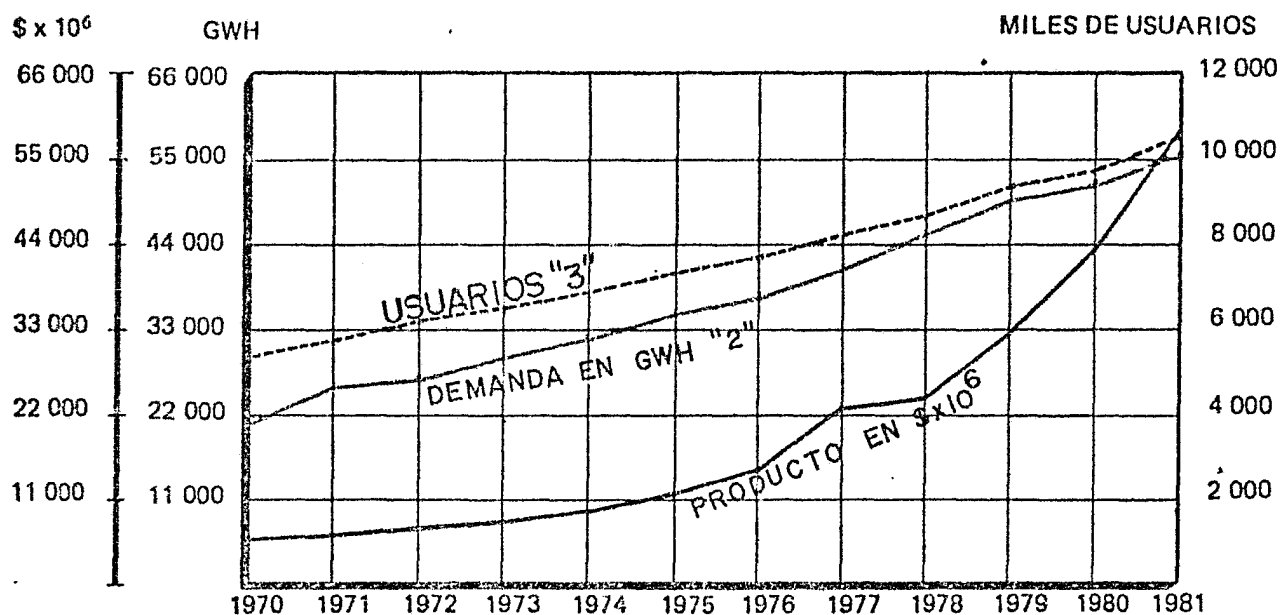


FIGURA No. 4

DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA

- 2.- El uso de la electricidad se intensifica cada día mas en la industria, el -- transporte urbano, el hogar y el medio rural, de manera que crece su importancia en el desarrollo económico del país.
- 3.- Actualmente las líneas de transmisión transportan tal potencia eléctrica, que una salida de servicio afecta a muchos poblados, industrias y comercios, - -- además de fuertes pérdidas económicas para la C. F. E. y para los usuarios.
- 4.- Las estadísticas de salidas de servicio de las líneas, por concepto de maniobras que pudieron ejecutarse con las líneas en operación (capítulo VI), son muy numerosas, lo que representa fuertes pérdidas económicas para C. F. E.
- 5.- Ante esta panorámica, la C. F. E. se ha preocupado por mejorar la continuidad del servicio, de las centrales y las líneas de transmisión y subtransmisión.

Debido a lo anterior, he considerado de interés presentar éste trabajo de -- " Mantenimiento Preventivo de Líneas de Transmisión Energizadas, usando perti gas aislantes y Traje Conductor ", como una de tantas técnicas tendientes a -- mejorar la confiabilidad de las líneas de transmisión y como una manera de -- mejorar directamente la continuidad del servicio de suministro de energía - - eléctrica.

El trabajo se refiere a las líneas de 400, 230 y 115 KV, debido a su importancia derivada del monto de energía eléctrica que transportan y de sus - --

longitudes considerables:

Líneas de 400 KV	5,997 Km.
Líneas de 230 KV	13,632 Km.
Líneas de 115 KV	<u>22,172 Km.</u>
Suma	41,801 Km.

Mediante el Mantenimiento de Líneas Energizadas, es posible cambiar aisladores, clemas, preformados, cuchillas seccionadoras, cuchillas fusibles, seccionadores, restauradores, postes, crucetas, etc., todo ello sin necesidad de suspender el servicio de alimentación de energía eléctrica.

III.- DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LÍNEAS ENERGIZADAS.

El mantenimiento de líneas energizadas dió principio con el uso de pértigas para reponer fusibles fundidos en las cuchillas fusibles de los transformadores de distribución. Este sistema demostró que las pértigas de madera largas y secas, podían ser equipadas con herramientas que permitieran al liniero trabajar con seguridad en las líneas energizadas.

En 1916 en Atlanta Georgia, se dió a conocer una herramienta para conectar derivaciones en líneas energizadas, y en 1918 en Taylorville, Ill., se empezaron a fabricar conectores para líneas energizadas. Mas tarde apareció un gran número de herramientas manuales que dieran lugar a las herramientas universales intercambiables actuales.

La A. B. Chance Company en 1937 se instaló en Centralia, Mo., donde desde entonces ha venido acelerando la investigación y desarrollo del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.

Las primeras herramientas se diseñaron para líneas de 34.5 KV, pero algunos linieros mostraron desconfianza, la que obligó a algunas compañías a limitar su empleo en 22 KV. A medida que el personal fué comprobando que las pértigas le mantenían a distancias seguras de las líneas energizadas, fueron confiando mas, llegando a trabajar en líneas de 66 KV y mas tarde de 115 KV.

En 1948 se cambiaron aisladores en líneas de 220 KV en los Angeles, Calif. En 1954, la Chance construyó nuevas herramientas que se emplearon con éxito en líneas de 345 KV.

En 1957 se llevaron a cabo pruebas de mantenimiento en líneas de 500 KV usando herramientas de madera, pero debido a la mayor longitud de las pértigas, resultaron pesadas y difíciles de manejar, surgiendo la necesidad de utilizar pértigas mas ligeras con buenas cualidades dieléctricas. Así en 1959 se empezaron a usar las pértigas de fibra de vidrio con Epoxi de la Chance en líneas de 460 KV.

En 1964 en Estados Unidos y Canada, ya solamente se empleaban las pértigas de fibra de vidrio con epoxi, eliminando totalmente las pértigas de madera, especialmente para líneas de 735 KV.

El peso de las pértigas es muy importante ya que la fatiga del liniero debe mantenerse al mínimo, por ello la Chance, introdujo desde 1947, los accesorios metálicos de las pértigas, fabricados con aleaciones de aluminio, reduciendo considerablemente el peso de las herramientas.

En la Industria Eléctrica de México, el desarrollo del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, fué iniciado en 1954 de manera limitada por empresas privadas. En la Comisión Federal de Electricidad, esta especialidad del

mantenimiento recibió un fuerte impulso a partir de 1964, utilizando todavía muchas pértigas de madera y otras de fibra de vidrio con Epoxi, en trabajos de Circuitos Primarios de 13.8 , 34.5 KV y en líneas de 115 KV.

En 1972 se introdujo a C. F. E. el uso de pértigas de fibra de vidrio en líneas de 230 KV y 400 KV. También hizo su aparición el traje conductor que hace posible conectar al liniero al potencial eléctrico de las líneas -- de 230 y 400 KV.

Las técnicas que aquí se exponen, son las mas comunes actualmente en C. F. E. por haber demostrado ser confiables, eficientes y seguras para el personal, cuando éste es correctamente seleccionado, capacitado y adiestrado. Esas -- técnicas son:

- Método de pértigas aislantes de fibra de vidrio-epoxi.
- Método del traje conductor y pértigas.

Con el método primero, los linieros pueden trabajar al potencial de tierra - parados en torres metálicas aterrizadas, ó también a un potencial intermedio parados en postes de madera, plataformas ó escaleras aislantes.

Con el método segundo, uno de los linieros puede trabajar al potencial eléctrico de la línea de 230 KV ó 400 KV, protegido con su respectivo traje conductor.

C A P I T U L O

S E G U N D O

EL TRABAJADOR DE

LINEAS ENERGIZADAS

CAPITULO SEGUNDO

EL TRABAJADOR DE LINEAS ENERGIZADAS

I.- ANTECEDENTES .

1.- CARACTERISTICAS DEL PERSONAL.

La C. F. E. especialmente en la decada de los 40, durante la electrificación rural y durante la construcción de las líneas de transmisión, contrató muchos campesinos que mas tarde se convirtieron en linieros.

Lo anterior contribuyó en gran medida a que en las dos decadas posteriores los accidentes en líneas y redes de distribución fueran muy elevados, debido a la baja escolaridad del personal y por los riesgos propios de los trabajos en las líneas y redes. Por lo anterior se atiende vigorosamente la capacitación y el adiestramiento de los cabos, linieros y sus ayudantes, desde 1960.

En la decada de los 70 fue común ver muchos casos en que los cabos de 50 a 60 años de edad, tenían experiencia práctica pero eran de escasa escolaridad. En contraste los linieros y sus ayudantes, que siendo jovenes, regularmente con primaria o con secundaria terminada, les permitia asimilar muy rápidamente los conocimientos y técnica de los trabajos propios de la construcción, operación y mantenimiento de líneas y redes de distribución, poniendo en evidencia en ocasiones los linieros a los cabos, o los ayudantes a los linieros. Este fenómeno tiende a desaparecer y cada vez más las nuevas generaciones de cabos, linieros y ayudantes, van siendo mejor preparados y más profesionales.

2.- PERSONAL NECESARIO.

El mantenimiento preventivo de líneas energizadas , considerando los riesgos que representa trabajar en las líneas de transmisión en servicio, requiere -- personal idóneo, en cantidad y calidad.

La experiencia en esta especialidad ha demostrado la conveniencia de integrar grupos de trabajo, llamados cuadrillas, con ocho personas de la manera siguiente:

- 3 Linieros
- 3 Ayudantes de Liniero
- 1 Ayudante Chofer
- 1 Cabo (Jefe de cuadrilla)

Cada una de estas cuadrillas ha mostrado poder atender perfectamente 200 Km de línea.

Por otra parte, las líneas de 400, 230 y 115 KV, tienen las longitudes - -
(Al 31 de dic. 81), siguientes:

Línea de Transmisión de 400 KV	5 947 Km
Línea de Transmisión de 230 KV	13,632 Km
Línea de Subtransmisión de 115 KV	<u>22,172</u> Km
T O T A L	41,801 Km

Las cuadrillas(c) necesarias para atender estas líneas son:

$$c = \frac{41\ 801}{200} = 209$$

El personal necesario, considerando 209 cuadrillas de 8 personas, es de 1,672 personas, para las líneas antes anotadas.

II.- CONDICIONES DE TRABAJO DEL PERSONAL .

1.- EL CAMPO ELECTROMAGNETICO.

El personal que labora en las Subestaciones y en las líneas de alta tensión como 115, 230 y 400 KV, está dentro de campos eléctricos de corriente alterna y también al alcance del campo magnético causado por la intensidad de la corriente definida por la condición de carga de la subestación o la línea donde se encuentre.

Como se demuestra en el capítulo VIII, la intensidad del campo magnético - resulta despreciable en comparación con la intensidad del campo eléctrico. Por tal motivo, es el campo eléctrico el que preocupa en mayor grado, debido a las altas tensiones eléctricas que se tienen en las líneas.

En el mismo capítulo VIII es presentado un estudio de la The Johns Hopkins University de Baltimore Maryland, EUA, el cual concluye que la salud de los linieros que trabajan en el mantenimiento preventivo de líneas energizadas, dentro del alcance de campos eléctricos de altas tensiones de corriente alterna de 60 HZ, no es afectada en absoluto.

La experiencia demuestra pues, que los campos electromagnéticos no dañan la salud del personal, pero no se debe soslayar el hecho de que en los trabajos de mantenimiento preventivo de líneas energizadas, debe existir la -- conciencia en el liniero, de que trabaja con tensiones eléctricas elevadas y que un error puede ser fatal.

Por lo anterior es imperativo que estos trabajos sean ejecutados en días - asoleados, con vientos de poca intensidad y respetando todas las reglas de seguridad.

En resumen las condiciones de trabajo del mantenimiento preventivo de líneas energizadas son:

- Bajo la acción de campos electromagnéticos que representan peligro, pero que en condiciones normales no dañan la salud.
- Bajo pleno sol, que puede motivar un calor considerable.
- Con vientos moderados que pueden motivar un frío también de consideración.
- En alturas del orden de 30 a 50 metros.
- Trabajo de pie regularmente durante 1 a 3 horas.
- Sentado en algunos casos por el mismo tiempo.
- Haciendo esfuerzo físico para maniobrar con pórtigas que pesan de 2 a 15 Kg.
- Haciendo esfuerzo mental moderado para seguir la secuencia ordenada del trabajo planeado.

- El nivel de ruido es muy bajo.
- CON POLVO ocasionalmente.
- Con atención continua en el desarrollo del trabajo.

Destaca en forma importante como condición de este tipo de trabajo, la acción del Campo Eléctrico. Una de las manifestaciones más comunes de un campo eléctrico sobre el cuerpo humano, es la inducción de corriente eléctrica. La reacción del cuerpo humano a la corriente eléctrica causada por un campo eléctrico, ha sido determinada ampliamente por diversos estudios.

2.- EFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO.

La magnitud del daño que la corriente eléctrica puede causar en el cuerpo humano de la víctima, depende de varios factores tales como los siguientes:

- A) La intensidad de la corriente que pasa por la víctima.
- B) La trayectoria de la corriente a través del cuerpo.
- C) El tiempo de permanencia de la corriente.
- D) El tipo de la corriente eléctrica.
- E) La frecuencia de la corriente alterna.
- F) La capacidad de reacción de la víctima.
- G) El sexo de la víctima.

Estos factores influyen de la manera siguiente:

A) INTENSIDAD DE LA CORRIENTE.

De acuerdo con la ley de Ohm , la intensidad de la corriente eléctrica, depende de la tensión eléctrica alimentada y de la resistencia eléctrica del circuito.

El personal de Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) está expuesto a tensiones eléctricas desde 127 volts hasta 400 KV, pero específicamente en los trabajos de líneas energizadas que aquí se proponen, se tienen las tensiones de 115 KV, 230 KV y 400 KV.

B. B. Milstein en su obra " Paro Cardíaco y Resucitación ", asegura que la corriente alterna de 60 cps con tensiones entre 13.2 y 400 KV, causa generalmente contracción muscular violenta, a menudo tan intensa - que la víctima es lanzada del circuito por esas contracciones bruscas.

En cambio la corriente alterna de 60 cps con tensión menor a 750 volts, ocasiona contracciones musculares no tan violentas, lo que a menudo hace que la víctima no pueda soltarse por si misma del circuito.

En general la tensión menor a 750 volts puede causar la muerte por -- fibrilación ventricular, en cambio la tensión mayor puede causar la --- muerte por la destrucción de los tejidos y órganos por los que fluye la corriente y por la inhibición de los centros nerviosos que motiva la --- asfixia.

Respecto a la RESISTENCIA ELECTRICA del cuerpo humano, B.B. Milstein -- dice que es presentada principalmente por la SUPERFICIE DE LA PIEL. Los callos y piel seca oponen realmente una alta resistencia eléctrica, la - cual disminuye violentamente con la HUMEDAD. Una vez abatida la resisten- cia de la piel, la corriente circula por la SANGRE y TEJIDOS.

La Resistencia Eléctrica de la piel, no solamente disminuye notablemente con la HUMEDAD; sino que también disminuye muy rápidamente ante un AUMEN- TO de la tensión eléctrica, además esa resistencia es mayor cuanto ---- menor es la superficie de la piel que se pone en contacto con la electri- cidad; influye también el espesor de la piel y su finesa.

Los factores anteriores hacen variar entre límites muy amplios, a la -- resistencia eléctrica de la piel, pero es mayor que la resistencia de los órganos internos como lo demuestran la tabla I siguiente:

TABLA I

RESISTENCIA ELECTRICA DEL CUERPO HUMANO CON C.A.

EXTERIOR DEL CUERPO	RESISTENCIA (Ω/cm^2)	INTERIOR DEL CUERPO	RESISTENCIA (Ω)
PIEL SECA Y RUGOSA	100 000 - 600 000	MANO A PIE	400 - 600
PIEL HUMEDA Y FINA	100 - 500	OIDO A OIDO	100 APROX.

En la mayoría de los accidentes ocurridos a los linieros, la corriente entra por una mano y sale por los pies, definiendo la resistencia global siguiente:

Resistencia Interna de mano a pie - - - - -	500 Ω
Resistencia de piel humeda, a la entrada y salida - - - - -	200 Ω
Resistencia del calzado húmedo - - - - -	100 Ω
	<hr/>
RESISTENCIA GLOBAL - - - - -	800 Ω

La víctima con la resistencia global anterior, al tocar un contacto eléctrico de 110 volts, provocará una corriente a través de ella, de 137 500 μ Amp.

En la tabla II se advierte que la corriente anterior, produce choque con posible fibrilación ventricular, cuando se está expuesto a ella por más de 3 segundos. En esa misma tabla II, se establece que una corriente alterna de 60 cps con una intensidad de 100 μ Amp, es la corriente máxima tolerable que no produce sensación ni efecto en hombres y mujeres.

Este dato es muy importante para trabajos en líneas energizadas, ya que la Compañía A. B. Chance proveedora del equipo de líneas energizadas, ha tomado la corriente de 100 μ Amp como la máxima permisible, que apenas es la cuarta parte de la corriente que produce al hombre sensación ligera en la mano.

B.- TRAYECTORIA DE LA CORRIENTE.

Las lesiones por choque eléctrico son mas graves cuando la corriente -- pasa a través de centros nerviosos y órganos vitales, o cerca de ellos.

La trayectoria de la corriente, comprende la resistencia eléctrica de la piel a la entrada del cuerpo, la resistencia eléctrica de los tejidos, músculos, nervios, vasos sanguíneos, huesos y la resistencia eléctrica de la piel a la salida del cuerpo humano.

En la mayoría de los accidentes eléctricos, la corriente entra por las manos y sale por los pies. Puesto que esa trayectoria involucra al -- corazón y los pulmones, las consecuencias son casi siempre muy serias.

Fuentes de información autorizadas, tales como:

" Effect of Electric Current on Man " . Electrical Engineering feb.1941

" Scientific Facts Concerning Electrical Hazards " . National Safety News, oct. 1947.

" Electric-Good and Faithful Servant " . National Safety News sept.1961,

proporciona datos experimentales que indican que en general una corriente alterna de 100 000 μ A y 60 cps de frecuencia, puede ser fatal -- si pasa por órganos vitales.

Resistencia Interna de mano a pie - - - - -	500 Ω
Resistencia de piel humeda, a la entrada y salida - - - - -	200 Ω
Resistencia del calzado húmedo - - - - -	100 Ω
	<hr/>
RESISTENCIA GLOBAL - - - - -	800 Ω

La víctima con la resistencia global anterior, al tocar un contacto eléctrico de 110 volts, provocará una corriente a través de ella, de 137 500 μ Amp.

En la tabla II se advierte que la corriente anterior, produce choque con posible fibrilación ventricular, cuando se está expuesto a ella por más de 3 segundos. En esa misma tabla II, se establece que una corriente alterna de 60 cps con una intensidad de 100 μ Amp, es la corriente máxima tolerable que no produce sensación ni efecto en hombres y mujeres.

Este dato es muy importante para trabajos en líneas energizadas, ya que la Compañía A. B. Chance proveedora del equipo de líneas energizadas, ha tomado la corriente de 100 μ Amp como la máxima permisible, que apenas es la cuarta parte de la corriente que produce al hombre sensación ligera en la mano.

B.- TRAYECTORIA DE LA CORRIENTE.

Las lesiones por choque eléctrico son mas graves cuando la corriente -- pasa a través de centros nerviosos y órganos vitales, o cerca de ellos.

La trayectoria de la corriente, comprende la resistencia eléctrica de la piel a la entrada del cuerpo, la resistencia eléctrica de los tejidos, músculos, nervios, vasos sanguíneos, huesos y la resistencia eléctrica de la piel a la salida del cuerpo humano.

En la mayoría de los accidentes eléctricos, la corriente entra por las manos y sale por los pies. Puesto que esa trayectoria involucra al -- corazón y los pulmones, las consecuencias son casi siempre muy serias.

Fuentes de información autorizadas, tales como:

" Effect of Electric Current on Man " . Electrical Engineering feb.1941

" Scientific Facts Concerning Electrical Hazards " . National Safety News, oct. 1947.

" Electric-Good and Faithful Servant " . National Safety News sept.1961,

proporciona datos experimentales que indican que en general una corriente alterna de 100 000 μ A y 60 cps de frecuencia, puede ser fatal -- si pasa por órganos vitales.

EFFECTO DE LA CORRIENTE ELECTRICA SOBRE EL
CUERPO HUMANO

E F E C T O	INTENSIDAD DE CORRIENTE EN MICROAMPERES (μA)					
	DIRECTA		C. A.		C. A. 10 000 c.p.s.	
	HOMBRES	MUJERES	HOMBRES	MUJERES	HOMBRES	MUJERES
CORRIENTE MAXIMA TOLERABLE SIN SENSACION NI EFECTO (A.B.CHANCE)	-	-	100	100	-	-
SENSACION LIGERA EN LA MANO	1,000	600	400	300	7,000	5,000
SENSACION INICIAL DE PELIGRO	5,200	3,500	1,100	700	12,000	8,000
CHOQUE SIN DOLOR Y SIN PERDIDA DEL CONTROL MUSCULAR	9,000	6,000	1,800	1,200	17,000	11,000
CHOQUE DOLOROSO, PERO SIN PERDIDA DEL CONTROL MUSCULAR	62,000	41,000	9,000	6,000	55,000	37,000
CHOQUE DOLOROSO CON FRANCO PELIGRO LA VICTIMA QUIZA TODAVIA PUEDE SOLTARSE	76,000	51,000	16,000	10,500	75,000	50,000
CHOQUE DOLOROSO Y GRAVE, CONTRACCION MUSCULAR Y DIFICULTAD PARA RESPIRAR	90,000	60,000	23,000	15,000	94,000	63,000
CHOQUE CON POSIBLE FIBRILACION VENTRICULAR. EFECTO DESPUES DE 3 seg. SIN QUEMADURAS	500,000	500,000	100,000	100,000	-	-

BIBLIOGRAFIA:

ACCIDENT PREVENTION MANUAL
FOR INDUSTRIAL OPERATIONS
6 TH EDITION
National Safety,Council

EFFECT OF ELECTRIC CURRENT ON MAN
Electrical Engineering, Feb. 1941
DALZIEL, CHARLES F.

Igualmente se estima que 16 000 μ A, es la intensidad de corriente - promedio, con la cual la víctima puede soltarse todavía por sí misma -- del objeto que sostenga en sus manos; datos más conservadores estiman - que 9,000 μ A es la corriente con la que seguramente la víctima puede soltarse.

Un contacto de baja tensión como 110 Volts puede fácilmente hacer - - pasar por el cuerpo de la víctima, esos 16 000 μ A y aún más en condiciones más desfavorables.

C.- EL TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CORRIENTE.

Cuanto mayor sea el tiempo que se mantiene pasando la corriente a través del cuerpo humano, más graves serán los daños que cause en su víctima.

Estudios publicados por Charles F. Dalziel y W. R. Lee, en su obra - - "Reevaluation of Lethal Electric Currents", concluyen que el 99.5 % de las víctimas podrán soportar hasta por 3 segundos, sin fibrilación ventricular, intensidades de corriente, dadas por la ecuación siguiente:

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

Donde: I = Corriente eficaz en amperes

t = Tiempo en segundos (3 como máximo)

D.- TIPO DE CORRIENTE ELECTRICA.

La corriente alterna de 60 c p s es más peligrosa que la corriente directa. Según se observa en la tabla II, para un mismo efecto sobre el cuerpo humano, basta menor corriente alterna que la corriente directa - necesaria para causar el mismo efecto.

Por otra parte, debido a un efecto de polarización de la piel que produce una fuerza contra electro motriz, la resistencia eléctrica de - - - 1800 Ω /cm², que el cuerpo humano ofrece a la corriente directa, es -- mayor que la ofrecida a la CORRIENTE ALTERNA, de 100 a 500 Ω /cm².

Lo anterior motiva que una misma tensión Electrica (V) haga pasar - - MAYOR CORRIENTE ALTERNA por el cuerpo de la víctima, que la provocada - en igualdad de condiciones en corriente directa.

E.- FRECUENCIA DE LA CORRIENTE ALTERNA.

La corriente alterna de baja frecuencia como la de 60 c p s, es MAYOR MENTE PELIGROSA que la corriente alterna de alta frecuencia como la de 10 000 c p s . Lo anterior está respaldado por los datos de la tabla II, donde se puede apreciar que para producir un mismo efecto sobre el cuerpo humano, hasta MENOR corriente de 60 c p s, que la necesaria -- para producir ese efecto con corriente de 10 000 c p s .

El paso de las corrientes de baja frecuencia, es distinto para altas -- frecuencias, en virtud de que cuando se manejan frecuencias mayores de 60 c p s , el concepto de Resistencia e Impedancia pierde mucho significado al igual que el movimiento de cargas y en cambio se vuelven importantes las variaciones de los campos eléctricos y magnéticos y el conductor se vuelve solamente guía de ondas electromagnéticas.

La corriente de ALTA FRECUENCIA viaja en línea recta, mientras que la corriente DIRECTA lo hace rodeando la caja torácica, debido a que los órganos internos del cuerpo humano funcionan como condensadores. Por -- efecto de la capacitancia, la corriente de alta frecuencia puede atravesar vestiduras aislantes con corrientes dadas por $I = 2 \pi f c v$.

La corriente de BAJA FRECUENCIA , causa calentamiento del cuerpo humano con posibilidad de quemaduras internas, y por consecuencia con disminución de la resistencia eléctrica de la víctima.

F.- REACCION DEL CUERPO HUMANO.

Las condiciones físicas y estado psicológico del accidentado, ejercen -- influencia sobre la acción inmediata de la corriente eléctrica y sus -- efectos patológicos.

Una persona DORMIDA soporta el doble de corriente de la que soportaría despierta.

EL ALCOHOLISMO PONE A LA VICTIMA EN EVIDENTE INFERIORIDAD.

Las personas EXITABLES o con afección CARDIACA, son mucho más sensibles a los efectos de la corriente.

G.- SEXO DE LA VICTIMA.

En general tienen mucha influencia en los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano, el SEXO, la EDAD, la FATIGA, el HAMBRE, la SED, etc.

En la tabla II, podemos apreciar que la mujer ante una misma corriente, resulta más afectada que el hombre.

En general los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano, son los siguientes:

- a) Contracción de los músculos del pecho, que puede dificultar la respiración y hasta causar la muerte por asfixia cuando la exposición es prolongada.
- b) Parálisis Temporal del centro nervioso que puede parar la respiración, prolongándose con frecuencia, hasta que la víctima es retirada del circuito.
- c) Alteración del ritmo normal del corazón, causando fibrilación ventricular. En esas condiciones las fibras musculares del corazón pierden su coordinación de movimientos, contrayéndose por separado y no al mismo tiempo, lo cual detiene la circulación de la sangre.

Como el corazón no puede recobrar su normalidad espontáneamente, sobreviene la muerte.

Se estima que 100 000 μ A, es suficiente para causar la fibrilación ventricular.

- d) Ante un paro cardiaco por contracción muscular debido a elevadas corrientes, el corazón puede recuperar su ritmo normal cuando la víctima es liberada del circuito. Esto sucede con 1 a 2 amp.
- e) Hemorragias y destrucción de tejidos, nervios y musculos del corazón, debido a elevadas corrientes.
- f) Quemaduras provocadas por corrientes de 1 a 5 amperes, las cuales son generalmente profundas, extensas y lentas de sanar. Aún a distancia la víctima puede recibir quemaduras del arco eléctrico, el que puede provocar conjuntivitis en sus ojos, pudiendo con el tiempo causar la ceguera.
- g) Caídas de un nivel a otro, debidas a fuerte contracción muscular resultante del choque eléctrico, que hace perder el equilibrio de la víctima.

Fuentes de información confiables, indican que solamente un pequeño porcentaje de víctimas que se recuperan del choque eléctrico, muestran incapacidad permanente; ya que en la mayoría de los casos la víctima puede ser salvada por una pronta aplicación de la respiración artificial y masaje cardiaco, puesto que comunmente los accidentes eléctricos afectan al sistema nervioso que controla la respiración y la circulación de la sangre.

Por lo anterior resulta esencial que las personas de alguna manera relacionadas con líneas y redes, y en especial con TRABAJOS DE LINEAS ENERGIZADAS, sean capacitadas en los métodos más efectivos de respiración artificial como lo es el de boca a boca y masaje al corazón,

III.- SELECCION DEL PERSONAL.

1.- INTEGRACION DE UNA CUADRILLA.

De una buena selección de personal depende en gran medida el éxito de los trabajos de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.

El personal requerido por cada cuadrilla, para el mantenimiento de líneas en operación de 115, 230 y 400 KV, por el tipo y condiciones de trabajo, las herramientas que se maniobran, lo delicado de las operaciones y por la experiencia ya acumulada en la C. F. E., es el siguiente:

Cabo - - - - -	1
Linieros - - - - -	3
Ayudantes - - - - -	3
Chofer Ayudante - - -	1
Total por Cuadrilla -	<u>8</u>

En atención al alto riesgo de electrocución que significa este tipo de trabajo, en caso de errores humanos de los integrantes de la cuadrilla, este personal debe seleccionarse de entre el personal de líneas con mayor experiencia y con las mejores cualidades físicas y mentales, como requisitos de selección básicos.

2.- REQUISITOS DE SELECCION.

Los requisitos que deben cumplir los aspirantes a integrar una cuadrilla de líneas energizadas, en general son:

- a) Condición física normal, la cual debe valuarse mediante exámen médico.

El exámen médico debe confirmar que los aspirantes no tengan alguna invalidez que los limite, dificulte ó debilite el movimiento de alguna de sus extremidades. Que tengan sus sentidos de la vista, oído y del equilibrio, normales. Sin afecciones cardiacas que ante una descarga eléctrica inofensiva para una persona sana, pueda ser mortal para ellos. Sin temor a las alturas propias de las torres de las líneas de transmisión de 400 KV.

Para mejores resultados, el médico debe ser suficientemente informado de las características y condiciones de este tipo de trabajo.

- b) Condición Mental Idónea, que debe ser determinada por una batería de exámenes

psicométricos, bien dirigida.

El exámen psicométrico tiene como objetivo principal investigar que no existan actitudes negativas en los aspirantes o que en su caso esten dentro de los limites razonables. Las actitudes negativas se manifiestan en el liniero indiferente, tímido, inseguro, olvidadizo, inconforme, irascible, agresivo, impulsivo, temerario, sin iniciativa.

Es importante que el personal de la cuadrilla, trabaje bien bajo presión, - que tenga facilidad para seguir una secuencia ordenada y lógica de pasos de una maniobra, sin titubeos, sin nerviosismo, con tranquilidad, mucha seguridad, con espíritu de cooperación y entusiasmo.

El personal osado, irascible, olvidadizo, inseguro, etc, en cualquier momento puede ocasionar un accidente de fatales consecuencias.

También para obtener buenos resultados, el psicólogo encargado de esta evaluación, debe ser informado de las características y condiciones de este tipo de trabajo.

- c) Escolaridad y conocimientos adecuados, que deben ser evaluados mediante --- pruebas escritas y orales.

Este requisito aunque es importante, lo es menos que los dos anteriores, ya que partimos de una selección de entre el personal experimentado, que en el peor de los casos sus deficiencias en este campo pueden cubrirse con los cursos de Capacitación y Adiestramiento.

El éxito del entrenamiento del personal en todo caso estará asegurado, con un personal que tiene la condición física para " PODER " hacer las cosas y que tiene la condición mental para " QUERER " hacer las cosas.

Estos tres requisitos fundamentales de selección que se han citado, son de excepcional importancia para asegurar el éxito de una cuadrilla de líneas energizadas.

Por fortuna en la C. F. E. , los líderes sindicales van aceptando mejor -- los exámenes de selección, lo que impide que el personal con derecho escala fonario, se obsesione en pertenecer a una cuadrilla de líneas energizadas pensando solo en el atractivo salarial y sin visualizar el grave daño que para él mismo puede significar.

A continuación se resumen algunos de los requisitos que deben cumplir los integrantes de las cuadrillas.

C A B O

- Experiencia mínima como cabo, 5 años
- Con secundaria terminada de preferencia.
- Responsable y entusiasta.
- Don de mando y de lider
- Capaz de tomar decisiones
- Dispuesto para aceptar buenas ideas y sugerencias de su jefe y subalternos.
- Con capacidad analítica.
- Buena condición física para subir en postes y torres de las líneas para supervisar, demostrar o resolver contingencias del trabajo. No obeso.
- Capaz de planear y organizar programas y maniobras de mantenimiento de - líneas energizadas, conjuntamente con el Ingeniero de Mantenimiento.
- Sin límite de edad, si cumple los demás requisitos.
- Salud física, la citada.
- Salud mental, la citada.
- Temperamento tranquilo.
- Capacidad de coordinación

L I N I E R O

- Experiencia mínima como liniero, 2 años.
- Con secundaria terminada de preferencia.
- Con alto grado de habilidad manual.
- Entusiasta por el tipo de trabajo.
- Con espíritu de cooperación.

- Estatura deseable 1.70 m de preferencia.
- Con peso normal, considerando la estatura, edad y que es un liniero activo, no obeso.
- Edad preferente de 25 a 40 años (No rígida si cumple los demás requisitos).
- Salud física, la señalada.
- Salud mental, la señalada.
- Con aptitud analítica.
- Con temperamento tranquilo.

A Y U D A N T E

- Experiencia mínima como ayudante, 1 año.
- Secundaria terminada de preferencia.
- Edad de 18 a 23 años, que les permita ser responsables y llegar a ser buenos linieros en el futuro.
- Con madurez y seriedad.
- Con espíritu de cooperación y entusiasmo.
- Estatura 1.70 m de preferencia.
- Peso acorde con estatura, edad y considerando que es un ayudante en activo (No obeso).
- Salud física, la señalada.
- Salud mental, la señalada.

3.- UBICACION DE LAS CUADRILLAS.

Las cuadrillas deben estar ubicadas en los lugares estratégicos que las posibilidades permitan. Lo ideal sería que cada cuadrilla residiera en el punto medio de la línea que debe atender, pero la realidad indica que ese punto en la gran mayoría de los casos es despoblado.

Por lo anterior, la cuadrilla debe radicar en la población en que se encuentran las oficinas de la zona de distribución de energía eléctrica más estratégica, por ser regularmente donde hay almacén de materiales, donde se tiene radio comunicación, donde reside el Ingeniero de Mantenimiento de la línea y donde hay las facilidades de habitación y servicios.

Esto tiene la ventaja, que cuando hay una emergencia por falla de una línea, a cualquier hora se puede reunir la cuadrilla para ayudar a localizar la falla y repararla; aunque no sea en línea energizada, ya que lo importante es restablecer el servicio en el menor tiempo posible.

La práctica indica que una cuadrilla puede atender 200 Km de línea en condiciones normales, ya que durante las emergencias se hace intervenir en maniobras que tienen prioridad, aún siendo ajenas a su especialidad de líneas energizadas. Hay casos en que una cuadrilla trabaja en líneas energizadas de 750 a 1500 horas al año cambiando postes, aisladores y conectores. El resto del tiempo lo invierte en otras actividades.

En ocasiones el lugar funcional de residencia de la cuadrilla resulta ser la subestación alimentadora, receptora o intermedia de la línea que atiende. Un ejemplo lo es la línea de 230 KV de la Subestación " Puebla II " a la Subestación " El Quemado ", con longitud de 600 Km aproximadamente, donde la residencia de las cuadrillas es como sigue:

TRAMO A CARGO	LONGITUD (Km)	RESIDENCIA DE CUADRILLA
PUEBLA II - ZAPATA	200	CUAUTLA, MOR.
ZAPATA - CHILPANCINGO	200	CHILPANCINGO, GRO.
CHILPANCINGO - EL QUEMADO	200	LAS CRUCES, GRO.

IV.- ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL.

Cumplidos los requisitos de selección del personal, este deberá recibir la Capacitación y Adiestramiento en la forma siguiente:

1.- CURSO DE CAPACITACION

1.1.- Aritmética

1.2.- Electricidad y Magnetismo.

1.3.- Principio de funcionamiento de equipo de subestaciones:

Transformadores.

Interruptores .

Apartarrayos .

Cuchillas manuales.

Cuchillas motorizadas.

Transformadores de potencial y de corriente.

Protecciones.

Sistemas contra incendio.

1.4.- Tipos de estructuras de líneas de transmisión de C. F. E.

1.5.- Fenómenos físicos comunes en líneas de transmisión.

1.6.- Seguridad Industrial.

1.7.- Primeros Auxilios.

Este curso de Capacitación generalmente se impartirá con carácter de repaso y algunos temas como aritmética pueden ser omitidos, si los capacitandos - - mediante exámen demuestran no requerirlos. Por otra parte habrá que considerar que la cuadrilla es seleccionada de entre el personal mejor calificado de líneas y redes de la propia C. F. E. y que todos los temas pudieron ya formar parte de su capacitación anterior.

2.- CURSO DE ADIESTRAMIENTO.

OBJETIVO.- Hacer que el personal adquiriera la confianza necesaria en el equipo, derivada del conocimiento de las características de las herramientas. - También lograr que el personal adquiriera la habilidad manual en la manipulación del equipo, mediante la práctica suficiente hasta alcanzar la destreza deseable.

El personal una vez alcanzado el objetivo general, estará en condiciones de lo siguiente:

- Identificar el equipo y armarlo correctamente.
- Respetar las normas de seguridad.
- Ejecutar cualquier maniobra factible.
- Utilizar el traje conductor en los casos permitidos.
- Reparar el dieléctrico de sus pértigas.

PROGRAMA

Consta de las actividades en aula y en el campo, siguientes:

I.- GENERALIDADES.

1.- Introducción (0:30 HS. en aula)

Necesidad del Mantenimiento

Beneficios del Mantenimiento.

2.- El personal de líneas energizadas (1:30 HS. en aula).

- a) Cualidades físicas y mentales.
- b) Conducta
- c) Uso correcto del equipo personal.

II.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO.

1.- Breve historia de las herramientas (1 HS. en aula).

2.- Nomenclatura de las herramientas (4 HS. en campo).

- a) Beneficios.
- b) Presentación de las herramientas, indicando nombre, función y manejo.

III.- CARACTERISTICAS DE LAS PERTIGAS.

1.- Las pértigas de madera (0:30 HS. en aula).

- a) Materiales empleados
- b) Cuidados necesarios.
- c) Desventajas respecto al vidrio-Epoxy.

2.- Las pértigas de fibra de vidrio con Epoxy (1:30 HS. en aula).

- a) Breve noción de los materiales y proceso de fabricación.
- b) Pruebas mecánicas y conclusiones prácticas.
- c) Pruebas eléctricas y conclusiones prácticas.

IV.- APLICACIONES BASICAS DE LAS HERRAMIENTAS.

1.- Demostraciones Preliminares (0:30 HS. en campo).

- a) La disposición del equipo en los lugares de trabajo.
- b) El manejo de la sogá de mano.

2.- Demostración y prácticas en la instalación de soportes en torres (1:30 HS. en campo).

- a) Demostración de los tipos de monturas.
- b) Cuidados y pasos ordenados.

3.- Demostración y prácticas en la instalación del conjunto tensador - - -
(2:00 HS. en campo).

4.- Demostración y práctica en herrajes con pértigas (4:00 HS. en campo).

- a) Desmontaje y montaje de chavetas en dispositivos de calavera y bola, para retirar e instalar la cadena de aisladores.
- b) Desmontaje y montaje de la chaveta y perno en los dispositivos respectivos, para retirar e instalar la cadena de aisladores.
- c) Desmontaje de la cadena de aisladores con sogá.
 - Posición del Liniero.
 - Amarrado a la cadena.

V.- MANTENIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS.

1.- El probador de aislamiento de las pértigas LT-10 AB Chance (1:00 HS. aula).

- a) Su calibración
- b) Su comprobación
- c) La prueba de las pértigas

2.- Mantenimiento de las pértigas de vidrio Epoxy (3:00 HS en campo).

- a) Cuidados de rutina
- b) Inspecciones
- c) Reparaciones

3.- Mantenimiento de las pértigas de madera (3:00 HS en campo).

- a) Cuidados de rutina
- b) Inspecciones
- c) Reparaciones

4.- Transporte y almacenamiento de las pértigas.

VI.- ADMINISTRACION DEL TRABAJO

1.- La planeación de la maniobra (0:15 HS. en aula).

- a) Qué hacer ? - - - Análisis del trabajo.
- b) Quién lo hará ? - - - Personal necesario
- c) Con qué? - - - Herramienta y materiales
- d) Dónde ? - - - Línea y número de estructura
- e) Cuándo ? - - - Fecha y hora.

2.- Organización de la maniobra (0:15 HS. en aula).

- a) Función de cada liniero.
- b) Libranza.
- c) Localización y disposición de las herramientas.
- d) Señalización de las áreas.

3.- Ejecución de la maniobra (0:15 HS. en aula).

- a) Orden de ascenso de los linieros.
- b) Posición de trabajo.
- c) La comunicación

4.- Control de la maniobra (0:15 HS en aula).

- a) Supervisión del jefe de cuadrilla.
- b) Resolución de imprevistos.

VII.- REGLAS DE SEGURIDAD.

1.- Espacios requeridos en las maniobras (0:15 HS. en aula).

- a) Area de peligro.
- b) Area de trabajo.
- c) Area de observación.

2.- Distancias seguras del Liniero a los conductores (0:15 HS. en aula).

- a) Datos tabulados para diferentes voltajes.
- b) Referencia práctica.

3.- Condiciones ambientales (0:15 HS. en aula).

- a) Humedad.
- b) Viento.
- c) Temperatura.
- d) Luz.

4.- Cuidados con la sogá de mano (0:15 HS. en aula).

- a) Características del cable de polipropileno.
- b) Desventajas del cable.
- c) Manejo correcto de la sogá.
- d) Condiciones que deben evitarse.

VIII.- PREFORMADOS

1.- Demostración de la instalación de preformados (2:00 HS. en campo).

- a) Con herramienta A, B Chance
- b) Con Perno de retención.

2.- Prácticas de la instalación de preformados (4:00 HS. en campó).

IX.- DEMOSTRACION Y PRACTICAS DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA LINEA DE 115 KV SUPUESTAMENTE ENERGIZADA.

1.- Estructura de Suspensión (1:30 HS. en campo).

2.- Estructura de deflexión (1:30 HS. en campo).

3.- Estructura de tensión (2:00 HS. en campo).

4.- Dos prácticas de cada maniobra (10:00 HS. en campo).

X.- PRACTICAS EN LA LINEA DE 115 KV VERDADERAMENTE ENERGIZADA (Dos prácticas de cada maniobra).

1.- Estructura de suspensión (3:00 HS en campo).

2.- Estructura de deflexión (3:00 HS en campo)

3.- Estructura de tensión (4:00 HS en campo)

XI.- EL TRAJE CONDUCTOR (2:00 HS. en aula).

1.- Construcción básica del traje conductor y auxiliares.

2.- Resistencia eléctrica del traje y su medición.

3.- El aislamiento de la escalera.

a) Corriente de fuga tolerable.

b) El microamperímetro, su prueba y conexión.

4.- Posturas del Liniero con traje conductor.

a) En la escalera.

b) En el conductor energizado.

5.- Conexión del Liniero con traje conductor.

a) Al potencial eléctrico de la fase.

b) Al potencial eléctrico de la torre.

6.- Ventajas del traje conductor.

XII.- DEMOSTRACIONES Y PRACTICAS DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA LÍNEA DE 230 KV SUPUESTAMENTE ENERGIZADA.

1.- Estructura de suspensión, fase central, utilizando puras pértigas (2:00 HS. en campo).

2.- Estructura de suspensión, fase lateral utilizando puras pértigas (2:00 HS. en campo).

- 3.- Estructura de suspensión, fase lateral, utilizando puras pértigas (2:00 HS. en campo).
- 4.- Estructura de tensión, fase lateral, utilizando puras pértigas (2:00 HS. en campo).
- 5.- Estructura de tensión, fase lateral, utilizando traje conductor (2:00 HS. en campo).
- 6.- Dos prácticas de cada maniobra (20:00 HS. en campo).

XIII.- PRACTICAS DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LINEA DE 230 KV VERDADERAMENTE ENERGIZADA (dos prácticas de cada maniobra).

- 1.- Estructura de suspensión, fase central, utilizando puras pértigas (4:00 HS. en campo).
- 2.- Estructura de suspensión, fase lateral, utilizando puras pértigas (4:00 HS. en campo).
- 3.- Estructura de suspensión, fase lateral, utilizando el traje conductor (4:00 HS. en campo).
- 4.- Estructura de anclaje, fase lateral, utilizando puras pértigas (4:00 HS. en campo).
- 5.- Estructura de tensión, fase lateral, utilizando traje conductor (4:00 HS. en campo).

XIV.- DEMOSTRACIONES Y PRACTICAS DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LINEA DE 400 KV SUPUESTAMENTE ENERGIZADA.

- 1.- Torre de suspensión, fase central. Método con pértigas aislantes (2:00 HS. en campo).
- 2.- Torre de suspensión, fase lateral, métodos con traje conductor y pértigas (2:00 HS. en campo).
- 3.- Torre de tensión, fase central. Método con pértigas aislantes (2:00 HS. en campo).
- 4.- Armado de la pluma y camilla (1:00 Hr. en campo).
- 5.- Torre de tensión, fase lateral. Método con traje conductor y pértigas (2:00 HS. en campo).

6.- Dos prácticas de cada maniobra (18:00 HS. en campo).

XV.- PRACTICAS DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LINEA DE 400 KV, VERDADERAMENTE ENERGIZADA. (dos prácticas de cada maniobra).

- 1.- Torre de suspensión, fase central. Método con pértigas aislantes (4:00 HS. en campo).
- 2.- Torre de suspensión, fase lateral. Método con traje conductor y pértigas (4:00 HS. en campo).
- 3.- Torre de tensión, fase central. Método con pértigas aislantes (4:00 HS. en campo).
- 4.- Armado de la pluma y camilla (2:00 HS. en campo).
- 5.- Torre de tensión, fase lateral, Método con traje conductor y pértigas (4:00 HS. en campo).

El tiempo en Aula es de 10 horas

El tiempo en Campo es de 144 horas

El tiempo efectivo del curso es de 154 horas. considerando el tiempo de transporte al campo donde se practicará, comentarios, imprevistos y semanas de 40 horas, se estima que el curso se puede desarrollar perfectamente en 4 ó 5 semanas de lunes a viernes.

3.- TECNICAS DE INSTRUCCION.

Se recomienda que en los temas de aula, la técnica de instrucción sea activa e interrogativa con un mínimo de expositiva. Con ello se evitará la fatiga y pasividad del personal que no está acostumbrado a estar sentado y escuchando mucho tiempo.

En los temas de campo, la técnica que debe predominar es la demostrativa y abundantes prácticas. La mejor manera de aprender a hacer algo es haciéndolo, lo cual Confucio lo expresó diciendo: " Oye y olvidarás, ve y recordarás , has y aprenderás ".

4.- AYUDAS AUDIOVISUALES.

Siempre una imagen habla más que mil palabras, por ello en todos los casos es conveniente utilizar ayudas tales como : Pizarrón, Rotafolio, Películas, Diapositivas, Magnétogramas, Videocaset, etc.

5.- ESTRATEGIAS.

- Hacer sesiones de aula para impartir los conocimientos y para aclaración de dudas surgidas en las prácticas.
- Hacer prácticas hasta lograr la habilidad necesaria en la ejecución de las maniobras en línea desenergizada de poca altura, para facilitar la comunicación y supervisión del instructor.
- Hacer prácticas suficientes de maniobras comunes en estructuras típicas - supuestamente energizadas.
- Hacer prácticas suficientes en líneas verdaderamente energizadas.
- Impartir el curso a un grupo de 16 personas para formar una cuadrilla - cuando menos, de entre los mejor calificados en el curso.
- Hacer que las personas que no participan en una maniobra, la observen detenidamente para aprender la secuencia y apreciar las dificultades que se presentan y como son superadas.

6.- EVALUACIONES.

- Se recomienda hacer exámenes escritos para revisar que los datos mas relevantes han sido asimilados.
- Preguntar en los exámenes secuencias completas de maniobras.
- Apreciar el desenvolvimiento de cada capacitando durante las prácticas de campo y calificar diariamente con Excelente (E), Bueno (B), Regular (R) ó Malo (M).

C A P I T U L O T E R C E R O

EL EQUIPO DE PERTIGAS AISLANTES

C A P I T U L O T E R C E R O

EL EQUIPO DE PERTIGAS AISLANTES:

I.- NOMENCLATURA DE LAS HERRAMIENTAS.

Las herramientas aqui ilustradas son las que se hacen intervenir en las maniobras de cambio de aislamiento en líneas de 115, 230 y 400 KV, que se han tomado como ejemplo en los capítulos VII, VIII y IX. Se ha procurado dar el nombre a cada herramienta de acuerdo con su función, con su característica sobresaliente y en algunos casos conservando el nombre conocido entre el personal de líneas de C. F. E.

Después de cada nombre aparece entre parentesis el número de catálogo del proveedor del equipo marca A.B. Chance, por ser en la actualidad el utilizado casi exclusivamente, debido a las múltiples ventajas que se han visto en C.F.E., -- respecto a otras marcas.

No se pretende ilustrar todo el equipo que sería necesario emplear para el mantenimiento preventivo de líneas energizadas de las tensiones eléctricas señaladas, sino únicamente el utilizado en los ejemplos de las maniobras seleccionadas. Lo anterior es debido a lo extenso del equipo y por considerar que lo ilustrado da una idea aceptable de la especialidad expuesta.

EL REMOLQUE (cat c405-0013)

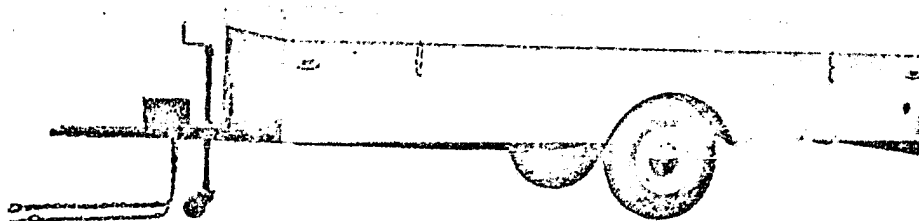


FIGURA No. 1

Sirve para transportar y almacenar las herramientas, protegidas de la intemperie. Tiene una capacidad de carga de 1814 Kg. y pesa estando vacio 1270 Kg.

Tiene las características siguientes:

Fuerza necesaria para levantar la tapa	11.4 Kg.
Ganchos ajustables cubiertos de plástico.	100
Cintas elásticas para ganchos	10
Calentador y Termostato	1
Compartimientos laterales	4
Largo de la caja	5.72 m
Ancho de la caja	1.42 m
Alto de la caja	0.64 m
Distancia del piso al fondo de la caja	0.53 m

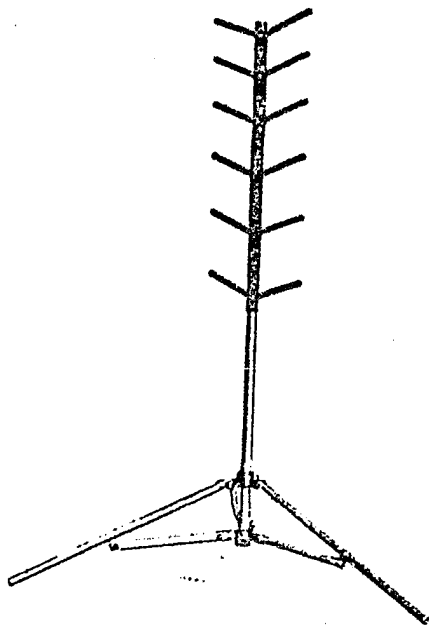


FIGURA No. 2

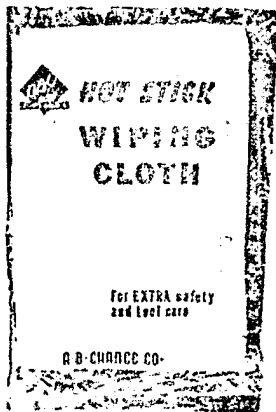


FIGURA No. 3

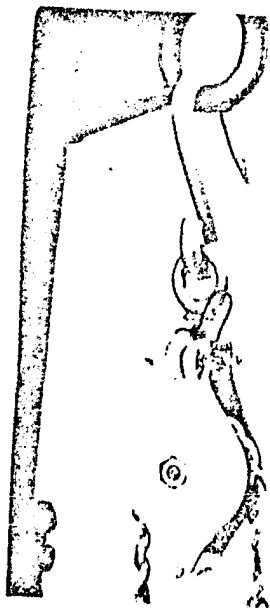


FIGURA No. 4



FIGURA No. 5

TRIPIE (Cat. M.-4660)

Un par de ellos sirve para colocar las herramientas apartadas del polvo, humedad, lodo, propios del piso. Los 12 pernos estan cubiertos de plástico para evitar raspar a las 12 pértigas que -- pueden alojar.

FRANELA SILICONADA (Cat. M.-1904)

Cada franela mide 35 x 40 cm. y se puede lavar - con pura agua, sin jabón.

Al limpiar el polvo de las pértigas , deja una - capa delgada de silicón repelente al agua, lo que eleva la vida y seguridad de las pértigas.

PAZTECA (Cat. 2230-1)

Sirve para apoyar la " Soga de Mano " en la estructura, mediante su gancho de acero forjado, su carcaza es de aluminio colado y puede girar -- aun con su gancho fijo. Pesa 907 gramos y trabajando con cable polidacrón de 1.58 cm. (5/8") -- con factor de seguridad de 3, su carga de trabajo es de 453.6 Kg. (1000 Lb.)

GANCIO (Cat. M-1849)

Sirve para sujetar las herramientas que se suben o bajan de la estructura. Su carga de trabajo es de 226.8 Kg. (500 Lb); su peso es de 226 gramos.

CABLE DE POLIDACRON (Cat. M 1896-3)

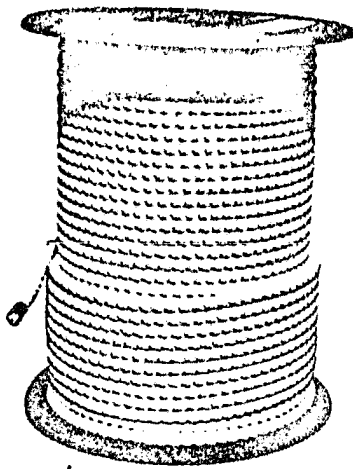


FIGURA No. 6

Es un cable de fibras sintéticas con excelentes propiedades dieléctricas y con mayor resistencia a la tensión mecánica que el cable de manila, aunque por seguridad se recomienda reemplazar los cables de fibras naturales con igual calibre de polidacrón. Las fibras son resistentes a la abrasión y a la humedad, pero el agua puede quedar atrapada entre los hilos, como en cualquier otro cable, lo cual disminuiría su resistencia eléctrica.

Se utiliza como " SOGA DE MANO " para subir las herramientas a la estructura.

CALIBRE	CARGA MINIMA DE ROTURA	PESO (g/m)
0.95 cm (3/8")	1202 Kg.	59.5
1.27 cm (1/2")	2177 Kg.	119.0
1.58 cm (5/8")	3039 Kg.	156.2

Factor de Seguridad: 5

CABLE DE POLIPROPILENO (Cat. M 1895-3)

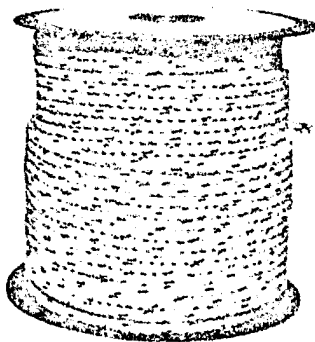


FIGURA No. 7

Es de alta resistencia mecánica, ligero y resistente a la humedad. El agua superficial puede quitarse sacudiendo el cable y limpiándolo con trapo. Al igual que el polidacrón y el nylon, debe guardarse en lugar limpio y seco.

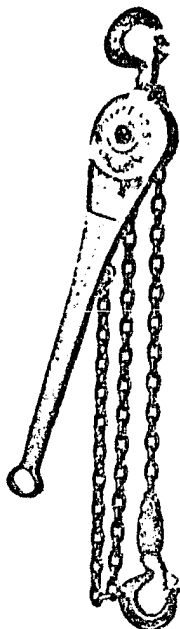
Tiene buen aislamiento eléctrico pero el agua entre sus hilos, lo disminuye peligrosamente. No debe usarse donde pueda ocurrir calentamiento por fricción, debido a que reduce su resistencia mecánica del 100% con 22°C, hasta 61% con 65°C.

Otras características son las siguientes:

CALIBRE	CARGA DE RUPTURA (Kg)	CARGA DE TRABAJO (Kg)	PESO (g/m)
0.63 cm (1/4")	538	108	18.6
0.95 cm (3/8")	1163	240	44.6
1.27 cm (1/2")	1809	381	74.4
1.58 cm (5/8")	2671	508	119
1.90 cm (3/4")	3662	725	160

Factor de Seguridad: 5

MALACATE DE CADENA (Cat. 4012)



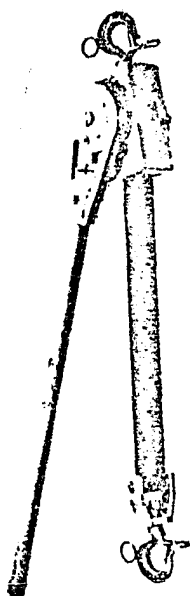
Cuenta con ganchos de seguridad en ambos extremos, que evitan se safen de sus apoyos. Puede levantar 168 cm (5.5')

Sus características son:

CAPACIDAD	CARGA TRABAJO	PRUEBA	PESO PROPIO
1 Ton.	907 Kg. (2,000 Lb.)	1360 Kg. (3,000 Lb.)	6.35 Kg.
2 Ton.	1814 Kg. (4,000 Lb.)	2721 Kg. (6,000 Lb.)	12.7 Kg.

FIGURA No. 8

MALACATE DE NYLON (Cat. 309-0029)

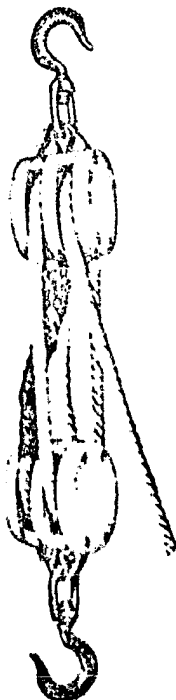


Su tirante es aislante cuando está seco y limpio. Es más ligero que el de cadena, es probado con 4536 Kg. (10,000 Lb) tanto el de 1 como el de 2 Ton., tiene ganchos de seguridad y las características siguientes:

CARGA NOMINAL	CARGA TRABAJO	DISTANCIA MAX. GANCHO GANCHO (CM)	MANERAL (CM)	PESO (Kg)
1 Ton.	907	244	183	5.8
2 Ton.	1814	183	122	6.5

FIGURA No. 9

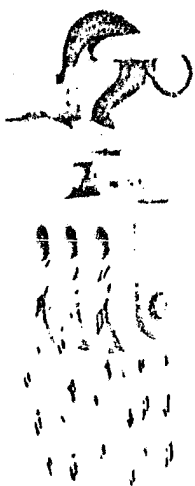
GARRUCHA CON POLEAS DOBLES (Cat. C 400-0924)



Tiene 37 m de cable polidacrón de 1.2 cm (1/2") de diámetro pesa 7.4 Kg.

Figura No. 10

GARRUCIA CON POLEAS TRIPLES (Cat. C400-0925)



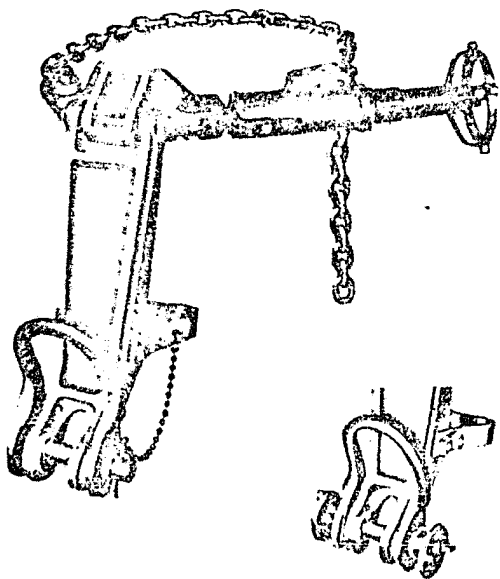
Tiene 45 m de cable polidacrón de 1.2 cm (1/2")

Las poleas en si mismas están diseñadas para las cargas de trabajo siguiente:

Polea sencilla	907 Kg. (2000 Lb)
Polea doble	1587 Kg. (3500 Lb)
Polea Triple	1587 Kg. (3500 Lb)
Pesa	9.3 Kg.

FIGURA No. 11

APOYO DE LEVANTAMIENTO (Cat. M 4760 W)



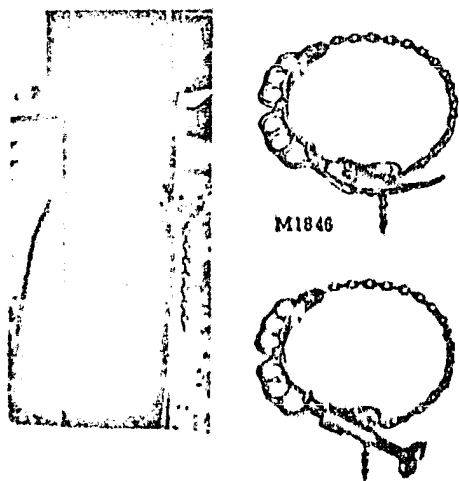
Es el apoyo de la pértiga de soporte, se emplea - donde el espacio de trabajo en el poste, es limitado; ó donde se desea subir o bajar el conductor con pértiga de soporte. Como práctica general se usa en lugar del APOYO FIJO (silleta) cuando las cargas exceden de 227 Kg. (500 Lb).

La sencilla es para una pértiga de soporte y la doble para dos pértigas

Son de aluminio tratado térmicamente, ligeros y - fáciles de manejar. Pueden levantar el conductor una altura de 52 cm (20.75") y apoyaran cualquier tamaño de pértiga.

FIGURA No. 12

SOPORTE	CARGA DE TRABAJO POR PERTIGA.	PESO
Sencillo	453 Kg. (1000 Lb)	6.5 Kg. (14.5 Lb)
Doble	340 Kg. (750 Lb)	7 Kg. (15.5 Lb)



APOYO MANOPLA (Cat. M 1846 W)

Se utiliza para sujetar hasta 6 cables de manera independiente, sin dañarlos pues los anillos están púlidos. La máxima carga total de trabajo es de - 453 Kg. (1000 Lb)

La cadena es de acero de alta resistencia, de 91 cm (36"), que rompe con 2,722 Kg. (6000 Lb). -- El resto es de aluminio tratado térmicamente.

FIGURA No. 13

PERTIGA ESCOPETA (Cat. H1964)

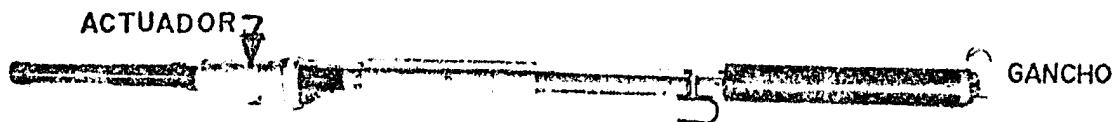


FIGURA No. 14

Es muy útil para sujetar firmemente con su gancho, cables, conductores, conectores, etc. Para ello bastan tres movimientos del actuador para abrir o cerrar completamente el gancho.

Otras características son las siguientes:

CATALOGO	MEDIDAS	PESO (Kg)	APLICACION (KV)
H1964-6	1 1/4" x 6'	3.1	115 - 230 - 400
H1964-10	1 1/4" x 10'	3.8	230

TENSOR (Cat. H307 -)

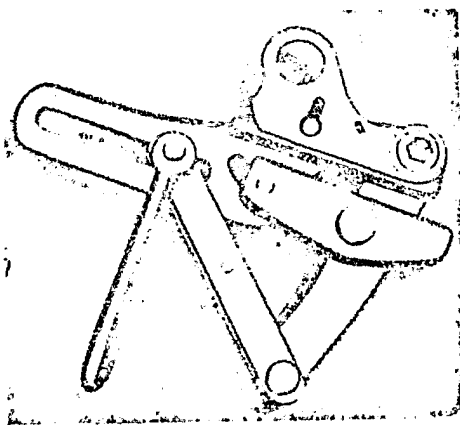


FIGURA No. 15

Es ligero, de alta resistencia mecánica y tiene su ranura superior en forma de " V " que proporciona una amplia superficie de apoyo sobre el conductor.

Otras características son las siguientes:

CATALOGO	DIAMETRO CONDUCTOR	CARGA SEGURA	PESO	APLICACION
H307-3952 III	0.95-1.9 cm	4536 Kg.	2.60 Kg.	115 KV
H307-396 III	1.42-2.7 cm	5670 Kg.	5.10 Kg.	230 KV

PERTIGA DE TENSION (Cat. H 4716)

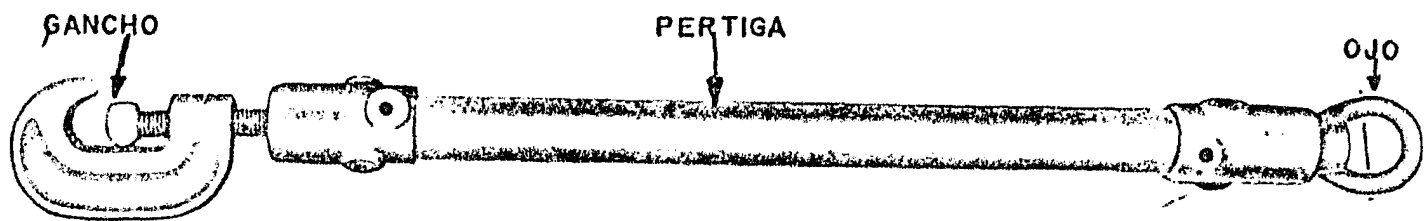


FIGURA No. 16

Está diseñada para trabajar a la tensión mecánica. Su gancho es de aleación de aluminio tratado térmicamente, lo que le hace ligero y de alta resistencia mecánica. Su ojo es de acero forjado.

La pértiga es de fibra de vidrio con epoxi, lo que le hace más fuerte que la de madera y no absorbe humedad.

CARACTERISTICAS DE PERTIGAS DE TENSION.

MEDIDA	ABERTURA MAXIMA GANCHO	TENSION MAXIMA TRABAJO	PESO (Kg)	APLICACION LINEA (KV)	CATALOGO
1 1/2" x 4'			2.6	115	H4716-2
1 1/2" x 6'			3.1	115	H4716-3
1 1/2" x 8'	2.7 cm	2948 Kg.	3.5	230	H4716-4
1 1/2" x 10'		(6500 Lb)	4.0	400	H4716-5

Todas las pértigas de tensión con diámetro de 1 1/4", soportan una carga máxima de trabajo de 1587 Kg. (3,500 Lb).

PERTIGA DE SOPORTE (Cat. M-4647-12)

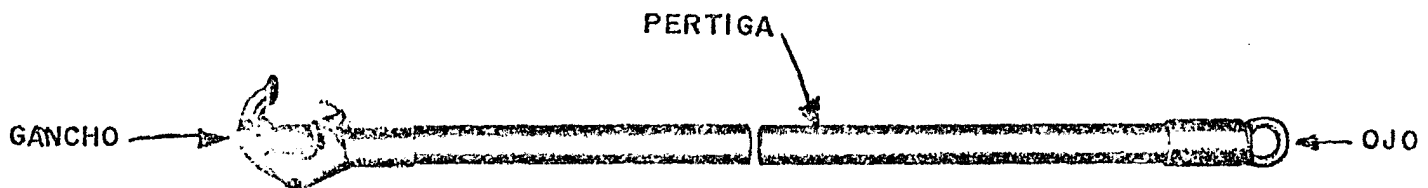


FIGURA No. 17

DIAMETRO (plg)	TENSION MAXIMA TRABAJO (Kg.)
1 1/2	680
2	907
2 1/2	1134

Resiste menor tensión mecánica que la pértiga de tensión, como se aprecia en la tabla.

La utilizada en 115 KV, es de 6.3 x 365 cm (2 1/2" x 12'), pesa 8.4 Kg. (18.5 Lb) y su gancho es para conductores con diámetro entre 2.25" y 0.16" .

PERTIGA UNIVERSAL (Cat. H 1790 -)

CABEZA
UNIVERSAL

CABEZA
UNIVERSAL

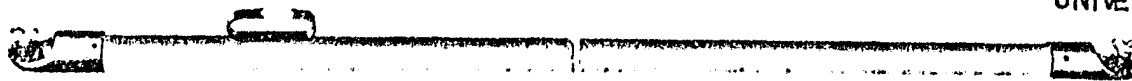


FIGURA No. 18

La pértiga es de fibra de vidrio con epoxi, sus herrajes son de aluminio. En las cabezas universales se pueden montar las más variadas herramientas.

Sus características son las siguientes:

CATALOGO	MEDIDAS	APLICACION	PESO (Kg)
H1790-10	1 1/2" x 10'	115 KV	2.7
H1790-12	1 1/2" x 12'	230 KV	3.6

PERTIGAS UNIVERSALES ENSAMBLABLES (Cat. H 4540 -)

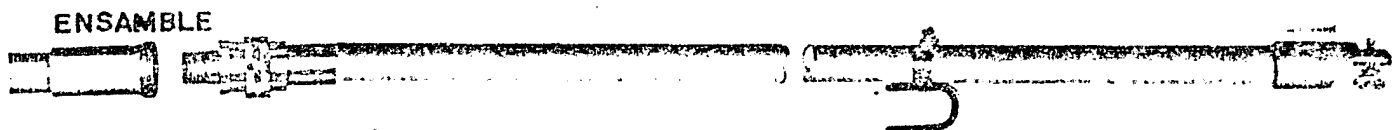


FIGURA No. 19

Estas pértigas son más largas y sería difícil su traslado, por lo cual se fabrican en dos secciones con ensamble rígido. Este ensamble es el indicado para trabajo manual a la tensión, compresión y torsión, debido a que es más fuerte que la misma pértiga; es fabricado de una aleación de aluminio tratado térmicamente.

Otras características son las siguientes:

CATALOGO	MEDIDAS	PESO (Kg)	APLICACION
H4540-4	1 1/2" x 12'	2.6	400 KV
H4540-2	1 1/4" x 8'	1.2	400 KV

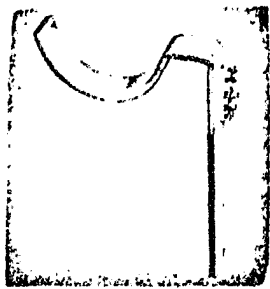


FIGURA No. 20

DESCHAVETADOR DE SOLERA (Cat. M4455-19)

Se usa en acoplamientos de calavera y bola; el extremo recto entra en la calavera forzando la chaveta hacia afuera; el extremo curvo sirve para empujar a la chaveta hacia su posición normal. Pesa 255 gramos.

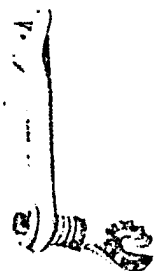


FIGURA No. 21

DESCHAVETADOR DE MARIPOSA (Cat. M4455-96)

Es usado para extraer parcialmente una chaveta en cadenas de aisladores largas del tipo calavera y bola, de manera que puedan ser separados los aisladores. Por su punta delgada se prefiere para sacar chavetas profundas. Pesa 340 gramos.

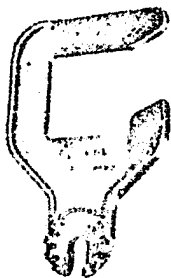


FIGURA No. 22

GANCHO " G " (Cat. M4455-22)

Usual para controlar el movimiento de algunos herrajes en cadenas de aisladores de articulación y ojo ó en aisladores de calavera y bola. Pesa 255 gramos.

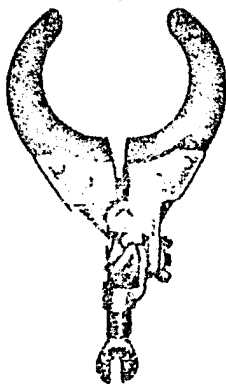


FIGURA No. 23

TENEDOR AJUSTABLE (Cat. M4455-67)

Es utilizado para sostener cadenas de aisladores de 20.32 y 25.4 cm. (8" y 10") de diámetro. Su tenaza es de fibra y puede ser abierta o cerrada con solo girar la pértiga universal acoplada. Pesa 765 gramos.

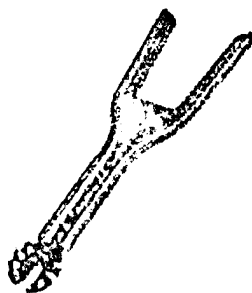


FIGURA No. 24

HORQUILLA DENTADA CHICA (Cat. M4455-87)

Utilizada para ajustar el movimiento de las clemas de aluminio de suspensión o tensión que están unidas a aisladores de calavera y bola. Pesa 283 gramos.

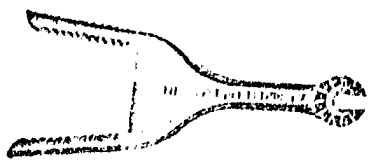


FIGURA No. 25

HORQUILLA DENTADA GRANDE (Cat. C403-0126)

Este ajustador maneja adaptadores de hasta 6.9 cm. (2 3/4") de ancho. Está construido de aleación de aluminio y bronce. Pesa 397 gramos.



FIGURA No. 26

GANCHO HOZ (Cat. M4455-39)

Esta diseñado para jalar y levantar cadenas de aisladores; su acción giratoria permite al liniero girar y mantener su alineamiento con la cadena de aisladores. Está hecho de aleación de aluminio tratado térmicamente. Pesa 397 gramos.

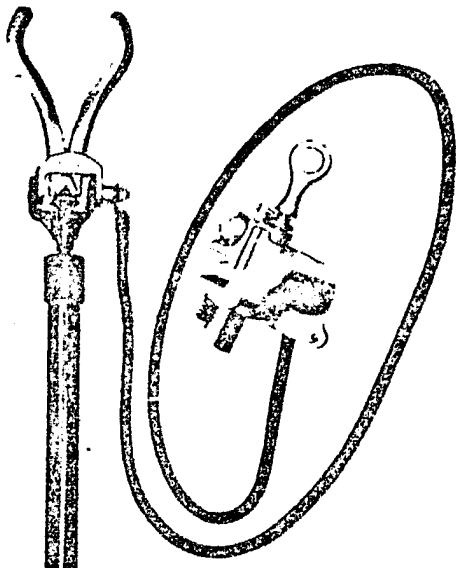


FIGURA No. 27

DESCARGADOR ELECTROSTATICO (Cat. HG4230-1)

Utilizado para eliminar la carga electrostática -- cuando se trabaja en cadenas de aisladores, drenandola a la torre metálica. El cable es 4 AWG de 183 cm de largo, por un lado es conectado al tenedor ajustable metálico y por el otro a una abrazadera que se conecta a la torre; el tenedor ajustable se fija a la calavera del aislador que se desea descargar, puede abrir de 6.4 a 15 cm. La pértiga de fibra de vidrio es de 3.2 x 48 cm. (1 1/4" x 19"), dando una longitud total de esta herramienta de 76 cm. (30"). Pesa 2.27 Kg.

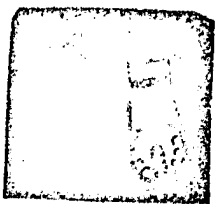


FIGURA No. 28

ESPIGA GIRATORIA (cat. M4455-69)

Sirve para hacer amarres de aisladores con la espiga que gira libremente y otros usos como gancho. -- Pesa 168 gramos.



FIGURA No. 29

HOJA GIRATORIA (Cat. M4455-70)

Sirve para manipular amarres de aisladores con o sin el anillo extremo. La hoja gira libremente, es de acero al carbón y atrapa el alambre en su ranura en " V ". Pesa 168 gramos.



FIGURA No. 25

HORQUILLA DENTADA GRANDE (Cat. C403-0126)

Este ajustador maneja adaptadores de hasta 6.9 cm. (2 3/4") de ancho. Está construido de aleación de aluminio y bronce. Pesa 397 gramos.



FIGURA No. 26

GANCHO HOZ (Cat. M4455-39)

Esta diseñado para jalar y levantar cadenas de aisladores; su acción giratoria permite al liniero girar y mantener su alineamiento con la cadena de aisladores. Está hecho de aleación de aluminio tratado térmicamente. Pesa 397 gramos.

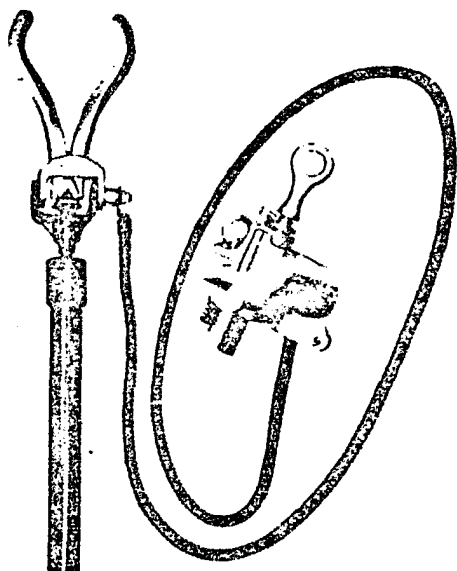


FIGURA No. 27

DESCARGADOR ELECTROSTATICO (Cat. HG4230-1)

Utilizado para eliminar la carga electrostática -- cuando se trabaja en cadenas de aisladores, drenandola a la torre metálica. El cable es 4 AWG de 183 cm de largo, por un lado es conectado al tenedor ajustable metálico y por el otro a una abrazadera que se conecta a la torre; el tenedor ajustable se fija a la calavera del aislador que se desca descargar, puede abrir de 6.4 a 15 cm. La pértiga de fibra de vidrio es de 3.2 x 48 cm. (1 1/4" x 19"), dando una longitud total de esta herramienta de 76 cm. (30"). Pesa 2.27 Kg.

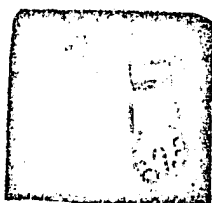


FIGURA No. 28

ESPIGA GIRATORIA (cat. M4455-69)

Sirve para hacer amarres de aisladores con la espiga que gira libremente y otros usos como gancho. -- Pesa 168 gramos.



FIGURA No. 29

HOJA GIRATORIA (Cat. M4455-70)

Sirve para manipular amarres de aisladores con o sin el anillo extremo. La hoja gira libremente, es de acero al carbón y atrapa el alambre en su ranura en " V ". Pesa 168 gramos.

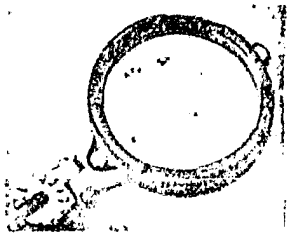


FIGURA No. 30

ESPEJO (Cat. M4455-38)

El ángulo de ajuste permite al liniero, inspeccionar aisladores y otros equipos que sería difícil ver -- desde un lugar de la torre. Pesa 392 gramos.



FIGURA No. 31

PORTA PERNO (Cat. M4455-2)

Sirve para sostener pernos y tornillos de hasta 5/8". La cabeza del perno se fija en la ranura y es sostenido por la acción del resorte. Pesa 280 gramos.

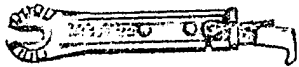


FIGURA No. 32

PORTA CHAVETA (Cat. M4455-82)

Sirve para jalar, quitar y reemplazar chavetas. Es particularmente adecuado en cadenas de aisladores - de calavera-bola y de articulación-ojo. Pesa 140 -- gramos.

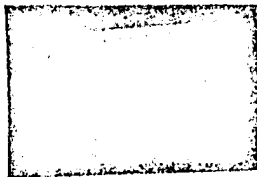


figura No. 33

ALINEADOR (Cat. M4455-15)

Es usado para alinear los agujeros para pernos, ayudando a su instalación cuando es difícil. Pesa 280 -- gramos.

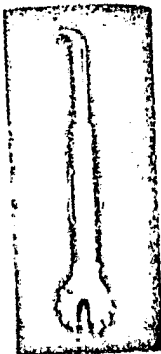


FIGURA No. 34

DESCHAVETADOR DE GANCHO (Cat. M4455-12)

Sirve para extraer la chaveta en cadenas de aisladores; su mecanismo con resorte hace posible la acción similar al martillo, al jalar de manera intermitente sin salirse el gancho de la chavera. Pesa 227 gramos.

PERTIGA RIEL (Cat. H 4721-110)

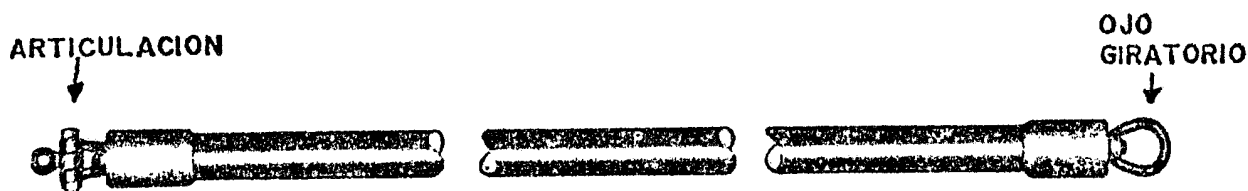
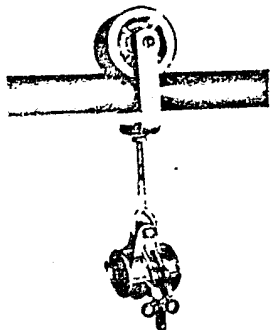


FIGURA No. 35

Se utiliza como apoyo del trole, para llevar la cadena de aisladores del conductor a la torre para su reparación. Se sujeta al brazo de la torre con estrobos o con apoyos tipo torre.

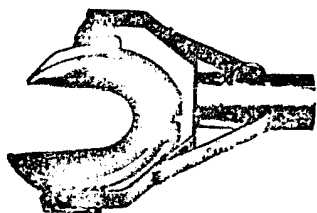
Mide 6.3 x 304 cm (2 1/2" x 10') y pesa 7.7 Kg. Se utiliza en torres de suspensión de 230 KV.



TROLE (Cat. H 4723-4)

Su rueda es para pértigas de 6.3 cm (2 1/2"). Su abrazadera es para pértigas plato de 6.3 cm. - - - (2 1/2") también. Pesa 3.6 Kg.

FIGURA No. 36



PLATO (Cat. H4723-2)

Sirve para apoyar el aislador superior de la cadena que se desea llevar a la torre. Pesa 7 Kg.

FIGURA No. 37

PERTIGA TIRANTE, TROLE Y PLATO.

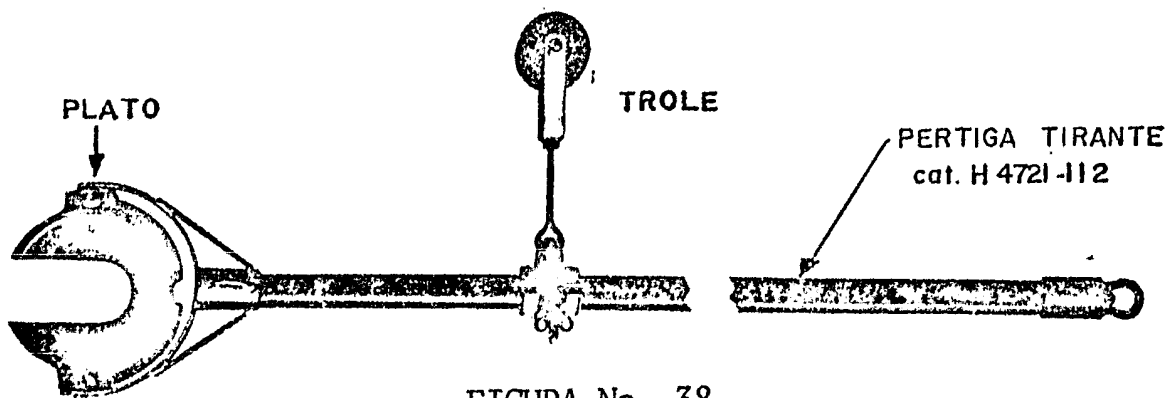


FIGURA No. 38

La pértiga tirante es similar a la pértiga riel, pero aqui el extremo de articulación apoya al plato. Mide 6.3 x 360 cm (2 1/2" x 12')

CONJUNTO TENSADOR (Cat. H2946-8)

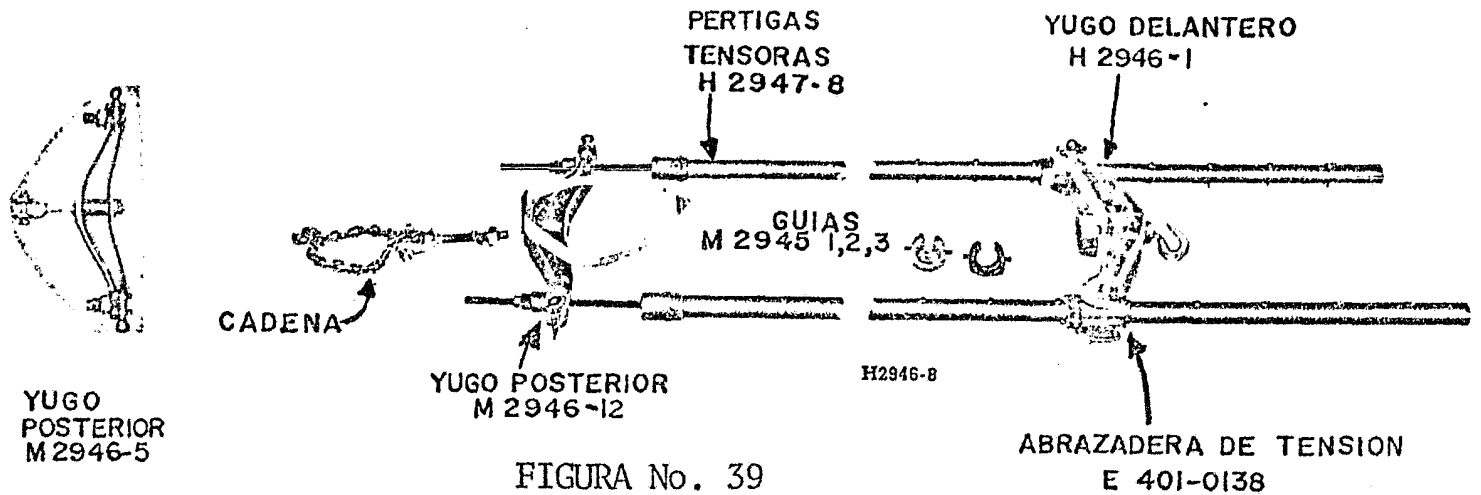


FIGURA No. 39

El conjunto tensador sirve para absorber la tensión mecánica de la cadena de -- aisladores que necesita ser cambiada o reparada. Es útil en torres y postes, -- pues el yugo posterior puede ser fijado con cadena a la torre o con el cinturón de nylon al poste. El conjunto tiene las características siguientes:

- Distancia entre yugos: 96 a 473 cm.
- Distancia entre pértigas: 53.34 cm.
- Carga de trabajo: 6,804 Kg. (15 000 Lb)
- Carga de trabajo usando el gancho: 4,082 (9 000 Lb)
- Pértigas tensoras: 5 x 240 cm. (2" x 8')
- Abrazaderas de tensión: Diámetro 5 cm. (2")
- Peso del conjunto: 29 Kg.

El yugo delantero (H2946-7), incluye un gancho para sujetar un tensor, dos -- anillos para apoyar la camilla y tres guías (M2945-1,2,3) que apoyan sobre el conductor a tópe con las clemas de compresión. Las guías tienen las caracterís-- ticas siguientes:

APLICACION CU ó ACSR	PESO (g)	CATALOGO
2 AWG-650 MCM	793	M2945-1
2 - 4/0	793	M2945-2
4/0 - 1000 MCM	907	M2945-3

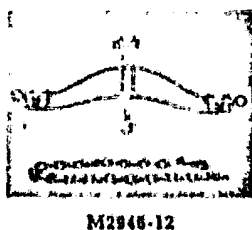
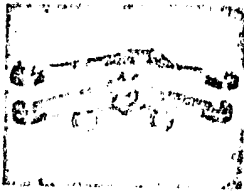


FIGURA No. 40

YUGO POSTERIOR (Cat. 2946-12)

Es el mismo que el (M2946-5) que no tiene cadena. El ilustrado aquí, se utiliza también en torres con cadenas en " V " de 230 KV y en torres de suspensión de 400 KV. Pesa 6.8 Kg.



M2946-1

YUGO DELANTERO (Cat. 2946-1)

Cuenta con gancho para jalar el tensor, con dos anillos - para apoyar la camilla de aisladores y con guías para conductores ACSR de 795-1000 MCM. Pesa 6.8 Kg. Se utiliza en torres de tensión de 230 KV y con el conjunto tensador, - en estructura de tensión de 115 KV.



M2946-7

El yugo (M 2946-7) se utiliza con otro conjunto tensador (H 2946-18), como posterior. Notece que es igual al (M 2946-1), solo que el ilustrado tiene muñones pues se usa como posterior. Pesa 6.8 Kg.

FIGURA No. 41

ABRAZADERA DE TENSION (Cat. E401-0138)



Sirve para apoyar el yugo delantero, evitando que deslice sobre la pértiga tensora. Es de aluminio tratado térmicamente. Pesa 907 g.

FIGURA No. 42

PERTIGAS TENSORAS (Cat. H2947-)



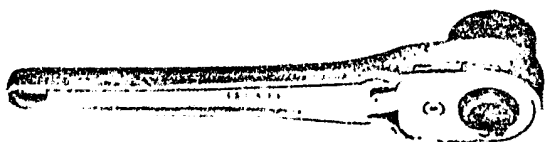
FIGURA No. 43

Son de fibra de vidrio con epoxi, tienen pernos de acero inoxidable espaciados cada 15 cm (6") que soportan la abrazadera de tensión en el punto de ajuste deseado, dando una longitud ajustable de 152 cm (5').

Los tornillos son de acero de alta resistencia y son de 30 cm de largo.

La pértiga es de 5 cm (2") de diámetro y soporta cada una, la carga máxima de trabajo de 3402 Kg (75000 Lb) a la tensión. Tiene además las características siguientes:

CATALOGO	KV DE APLICACION	MEDIDAS	LONGITUD TOTAL	PESO(Kg)
H 2947-8	115	2" x 8'	9' 5"	8.6
H 2947-10	230	2" x 10'	11' 5"	9.7
H 2947-12	230	2" x 12'	13' 5"	10.4
H 2947-15	400	2" x 15'	16' 5"	11.0



MANERAL DE MATRACA (Cat. M1948-3)

Se utiliza para apretar o aflojar los muñones de las pértigas tensoras.

FIGURA No. 44

PERTIGA DE SUSPENSION (Cat. H2947)



FIGURA No. 45

La misma pértiga tensora (H2947-10) de 5 x 300 cm (2" x 10') con abrazadera de suspensión, se utiliza en la torre de suspensión de 230 KV y menor tensión.

La ABRAZADERA DE SUSPENSION (Cat. M4724-1), apoya un conductor de la línea. Puede alojar conductores de diámetro desde 2.8 hasta 6.4 cm (1 1/8" - 2 1/2") El " ojo " es operado con pértiga escopeta para cerrar o abrir la abrazadera. Pesa 2.7 Kg.

YUGO SUPERIOR PARA TORRE DE SUSPENSION (Cat.H4783-2

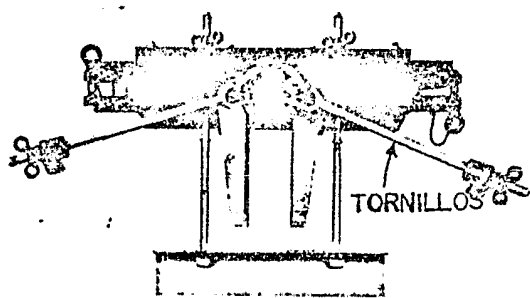


FIGURA No. 46

Se apoya en el brazo de la torre de suspensión - de 230 KV y 400 KV, mediante tornillos que permiten ajustarse a diferentes configuraciones.

Sirve para sostener a las pértigas tensoras con abrazadera de suspensión. Su carga máxima de trabajo es de 5,443 Kg (12 000 Lb) o sea 2721.5 Kg. en cada pértiga tensora cuya carga máxima es de 3402 Kg.

ASIENTO



YUGO INFERIOR DE SUSPENSION (Cat. H4794)

Se utiliza del lado del conductor en torres de 230 KV con cadenas en " V " y en torres de suspensión de 400 KV.



ASIENTO

Este yugo soporta una carga máxima de trabajo de 6,804 Kg (15000 Lb). Pesa 7.8 Kg.

FIGURA No. 47

El asiento que es desmontable, evita el deslizamiento de la placa que une las dos cadenas de -- aisladores en " V " .

CONJUNTO TENSADOR (Cat. H2946-18)

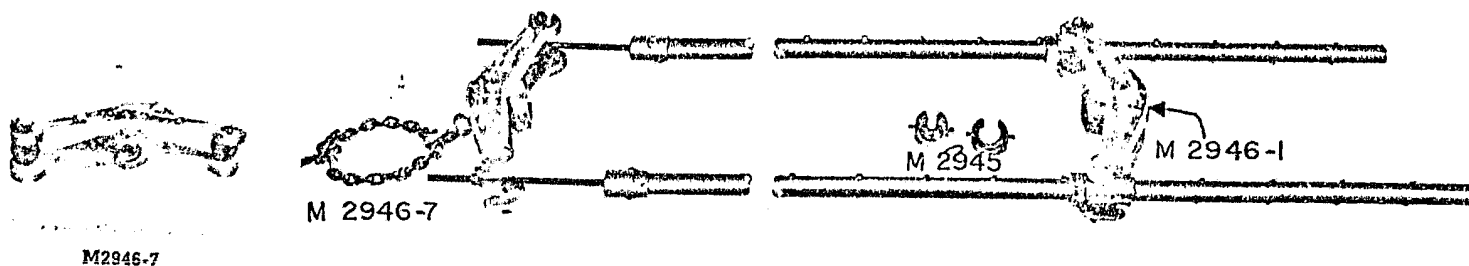


FIGURA No. 48

Este conjunto se utiliza en torres donde se emplean eslabones de extensión en ambos extremos de las cadenas de aisladores. Tiene los mismos yugos (M2946-1) en ambos extremos, solo que el M2946-7 tiene muñones. La carga de trabajo es de 6804 Kg y pesa 29 Kg.

YUGO POSTERIOR SENCILLO (Cat. C401-02418)

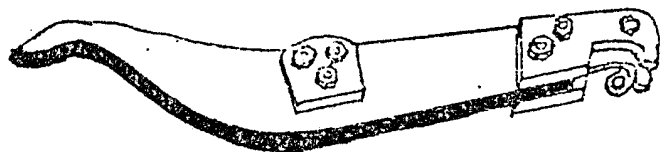


FIGURA No. 49

Se utiliza en las estructuras de tensión para el cambio de una de las dos cadenas de aisladores por fase que tienen las líneas de 400 KV.

Se monta en el yugo espaciador de la cadena del lado de la torre. Soporta 3175 Kg. (7000 Lb).

YUGO DELANTERO SENCILLO CON EXTENSIÓN (Cat. C401-02418)

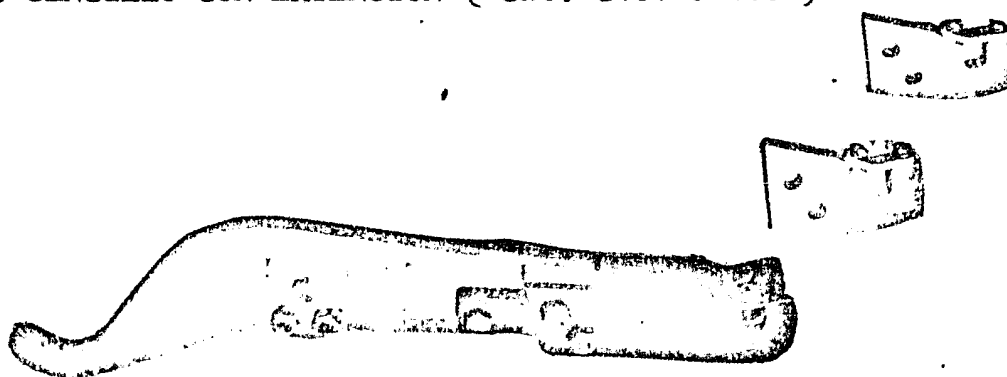


FIGURA No. 50

Es semejante al yugo posterior y tiene la misma resistencia. Su extensión sirve para que la pértiga tensora pueda librar el arillo equipotencial, que las líneas de 400 KV tienen instalado para distribuir mejor el potencial en las cadenas de aisladores y para reducir el efecto corona. La extensión evita el tener que --
desmontar ese arillo.

CAMILLA PARA AISLADORES (Cat. H1840-6)

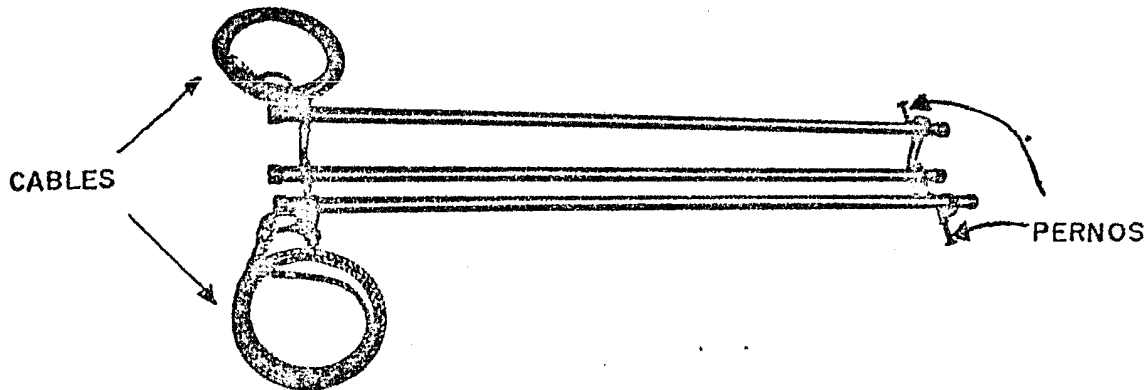


FIGURA No. 51

Se utiliza para hacer el cambio de cadena de aisladores, soportandola a lo -- largo de tres pértigas de 1.8 cm (6'). Su capacidad es de 10 aisladores y -- pesa 20 Kg. El extremo lado estructura, es apoyado con cables y el opuesto -- tiene un par de pernos para apuntalarla con pértigas ó con las puntas de dos -- larqueros de la camilla se apoyan en el yugo delantero.

CAMILLA PARA AISLADORES (Cat. H1950-9)

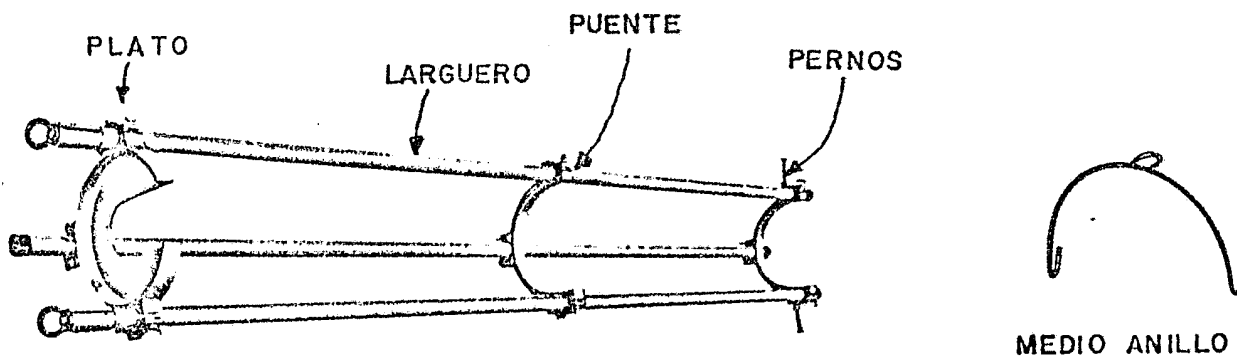


FIGURA No. 52

Las tres pértigas son de 3.8 x 274 cm (1 1/2" x 9') con dos puentes y plato que les dan rigidez al conjunto. El plato además evita que la cadena de aisladores resbale. El medio anillo junto con los pernos constituyen el apoyo del extremo derecho. La camilla puede alojar hasta 19 aisladores de 10" x 5.75". Pesa 15 Kg. y se utiliza en estructuras de 230 KV con cadenas en " V " y de tensión.

PLATAFORMA CON BARANDAL (Cat. H2965-6W)

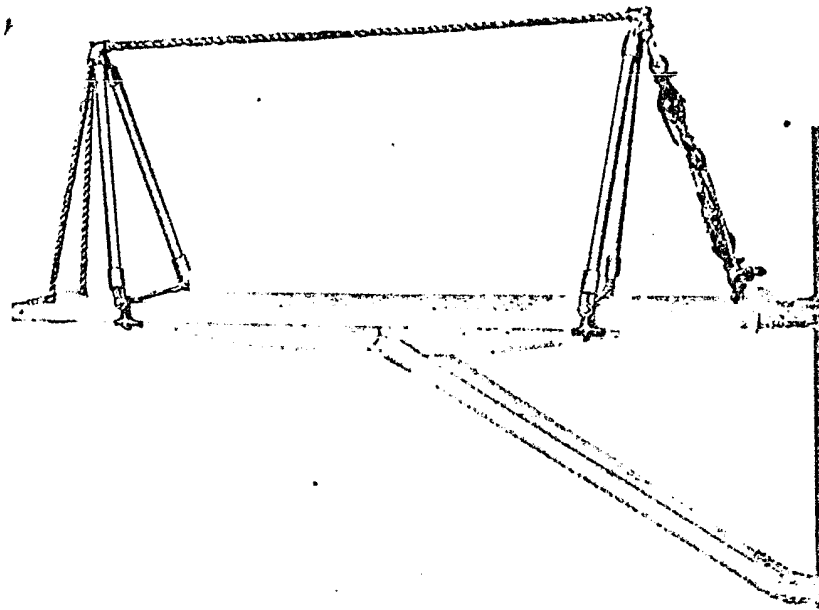


FIGURA No. 53

Sirve de apoyo a 1 ó 2 linieros para permitirles un mejor ángulo de trabajo y tiene su piso antiderrapante de 25.4 x 180 cm. Se sujeta a postes, puede soportar 272 Kg. de carga de trabajo y pesa 35.4 Kg. Se emplea en líneas de 115 KV y menores.

ESCALERA CON GANCHOS (Cat. H4924-10)

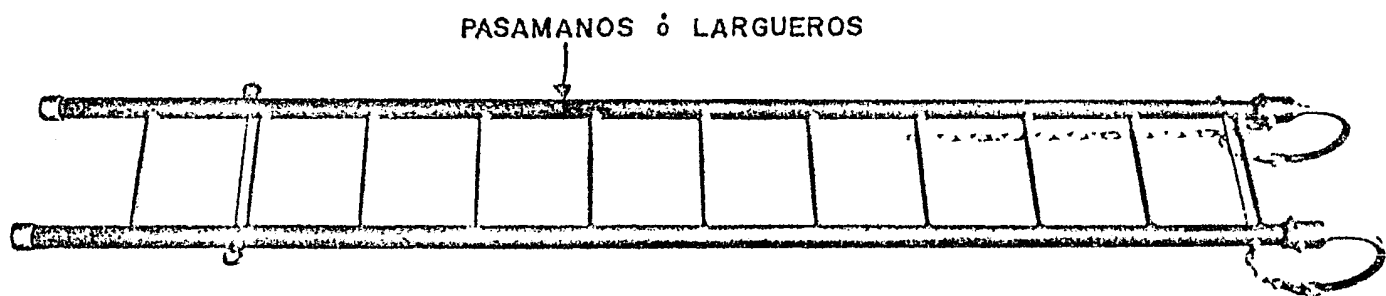


FIGURA No. 54

Se utiliza en torres de 115 y 230 KV para que un liniero pueda asumir posturas de trabajo a un potencial diferente de tierra y del conductor, que le permitan tener cercanía adecuada y mejor ángulo de trabajo. Son usuales las que tienen pasamanos de 5 x 305 cm (2" x 10') con una distancia entre ellos de 37 cm (14.5") con ganchos de 35 cm (14") que pueden soportar una carga de 907 Kg. (2000 Lb). Pesa 16 Kg.

ESCALERA DE SECCIONES ENSAMBLABLES (Cat. C402-)

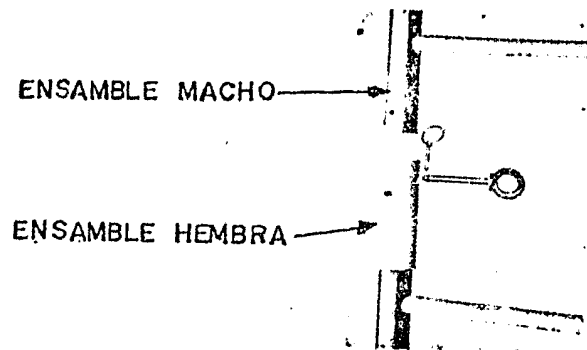
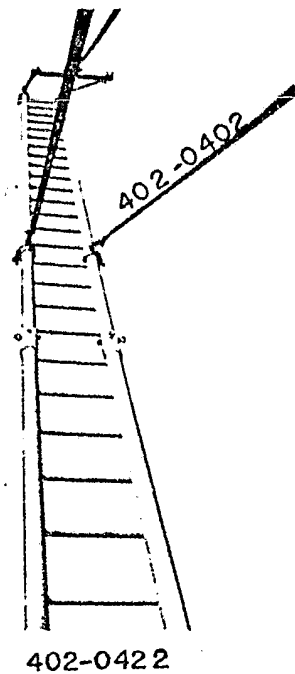
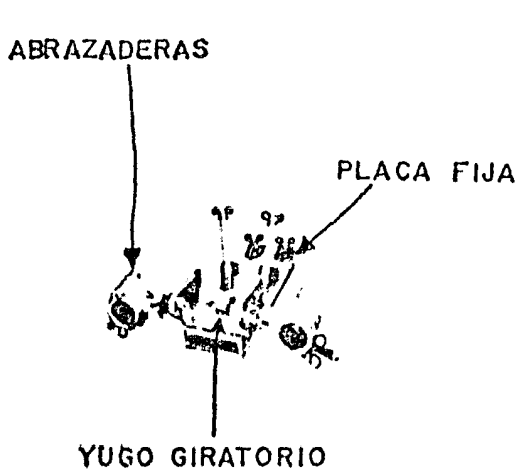


FIGURA No. 55

Sirve como medio de traslado del liniero con traje conductor, desde la torre al conductor energizado. También se utiliza como plataforma de trabajo.

En líneas de 230 y 400 KV, se utilizan dos secciones de 6.3 x 365 cm (2 1/2" x 12'). La sección superior pesa 21.7 Kg. (48 Lb) y la inferior 25.8 Kg. (57 Lb); la sección superior tiene ganchos de 20 cm (8") en cambio la inferior carece de ellos.

Las dimensiones de las secciones facilitan su transporte y su ensamble se fija con los pernos y sus respectivos seguros, para darle rigidez y seguridad a la unión.



BASE DE ESCALERA (Cat. 402-0140)

Sirve para darle a la escalera, un apoyo que -- le permite moverse horizontal y verticalmente. La placa fija (E402-0087) se sujeta en un -- miembro horizontal de la torre. Las dos abraza-- deras (E402-0092) sostienen los pasamanos de la escalera de 6.3 cm (2 1/2"). El yugo gira-- torio (E402-568) gira horizontalmente y las -- abrazaderas verticalmente. El conjunto pesa 28 Kg.

FIGURA No. 56

PERTIGAS TIRANTE DE ESCALERA (Cat. E402-0141)

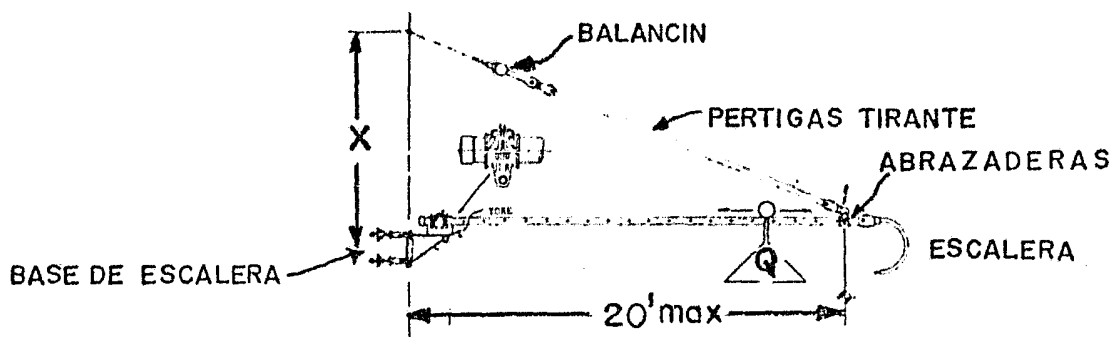


FIGURA No. 57

Las dos pértigas tirante (Cat. E402-0141), son de fibra de vidrio con epoxi con anillo en el lado de las ABRAZADERAS y con articulación del lado del BALANCIN. Sus dimensiones son 3.2 x 366 cm (1 1/4" x 12') y cada una pesa 4 Kg. (9 Lb). Considerando un esfuerzo de 200 Kg para cada pértiga, la carga (Q) ilustrada puede ser de 148 Kg a 250 Kg de acuerdo con la altura (X) -- como lo muestra el cuadro siguiente:

X. (m.)	CARGA MAXIMA DE TRABAJO " Q "
2.4 (8')	148 Kg.
3.6 (12')	205 Kg.
4.8 (16')	250 Kg.

Regularmente la carga " Q " aplicada es de 80 Kg.

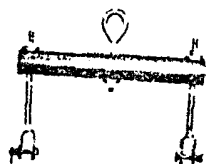


FIGURA No. 58

BALANCIN (Cat. E402-0099)

Sirve para repartir la carga entre las dos pértigas tirante de la escalera. La barra aislante es de fibra de vidrio con epoxi, de 7.6 x 50 cm (3" x 20"). Pesa 3.2 Kg. (7 Lb)

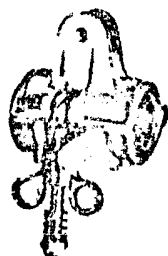


FIGURA No. 59

ABRAZADERAS FIJAS PARA TIRANTES (Cat. E402-0138)

Tienen como diámetro interno 6.4 cm (2 1/2") y articulación para sujetar el anillo de la pértiga tirante. Cada una pesa 1.36 Kg.

PERTIGAS TIRANTE DE TRIPLE (Cat. H4721-112)

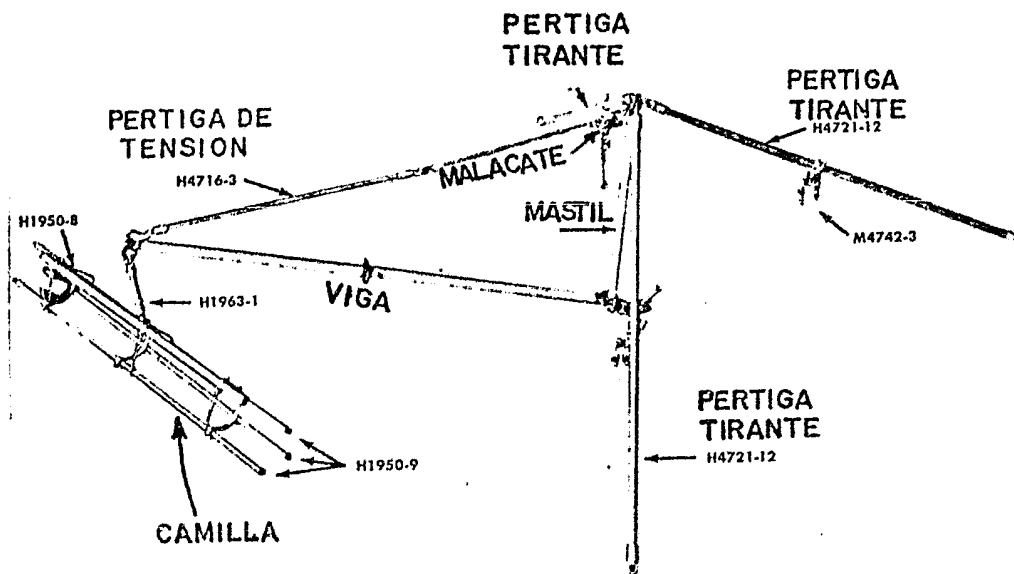


FIGURA No. 60

Son utilizadas como tres tirantes ó como puntales que mantienen vertical el mástil que sostiene la viga de la pluma giratoria en torre de 400 KV.

Cada pértiga mide 6.3 x 360 cm (2 1/2" x 12') y pesa 8.32 Kg.

Esta pértiga (fig. 61) es la misma empleada como pértiga riel y como pértiga plato.

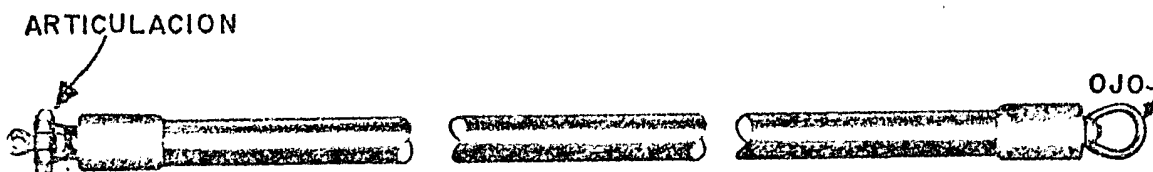
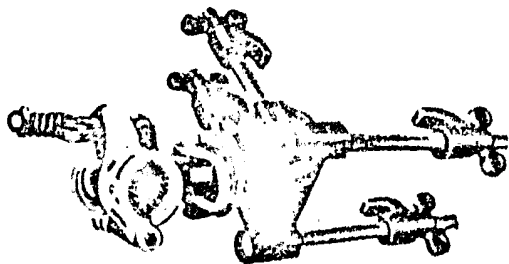


FIGURA No. 61

APOYO PARA TORRE (Cat. M4742-3)



Sujetan en la torre, las pértigas tirante del triple de la pluma giratoria. La abrazadera de 6.3 cm (2 1/2") permite ajustar la longitud útil de cada pértiga para lograr la verticalidad del mástil. Pesa 6.2 Kg.

FIGURA No. 62

PLUMA GIRATORIA (Cat. C400-0464)



FIGURA No. 63

El conjunto comprende lo siguiente:

- Una viga de 10 x 10 x 487 cm (4" x 4" x 16'),, de sección cuadrada.
- Un mástil de 7.6 x 240 cm (3" x 8')
- Apoyo del mástil para torre.

La " VIGA " de sección cuadrada es de fibra de vidrio epoxi. Tiene una carga máxima de trabajo de 453 Kg (1000 Lb) que se cuelga del extremo libre de la viga, mediante la abrazadera y camilla Tipo J.

El " MASTIL " (fig. 64) de sección circular, es de fibra de vidrio con epoxi y tiene una capacidad de 691 m-Kg (5000 pie-Lb)

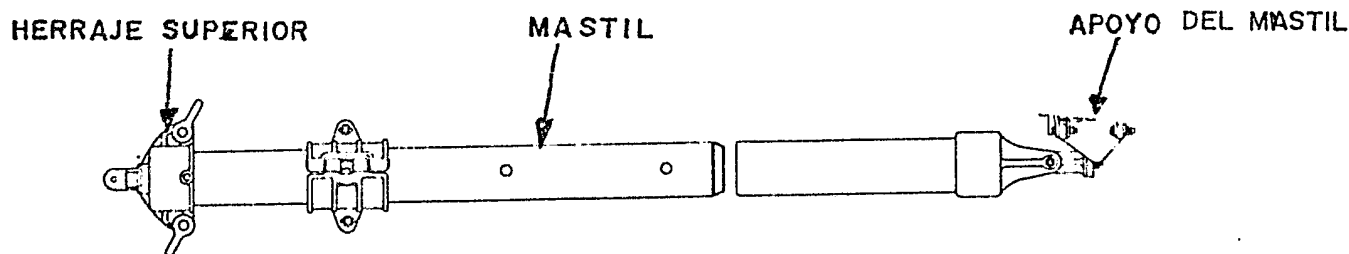
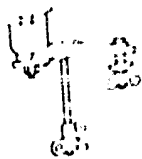


FIGURA No. 64

El herraje superior sujeta las tres pértigas tirante del tripie.

El " APOYO DEL MASTIL " (fig. 65) está diseñado para sujetarse a la torre mediante tornillos. Sirve de apoyo y pivote que permite girar el mástil junto con la viga.



El conjunto es empleado en torres de tensión, de 400 Kv para transportar la cadena de aisladores de su lugar a la torre. Pesa 58 Kg.

FIGURA No. 65

CAMILLA TIPO " J " (Cat. C401-0355)

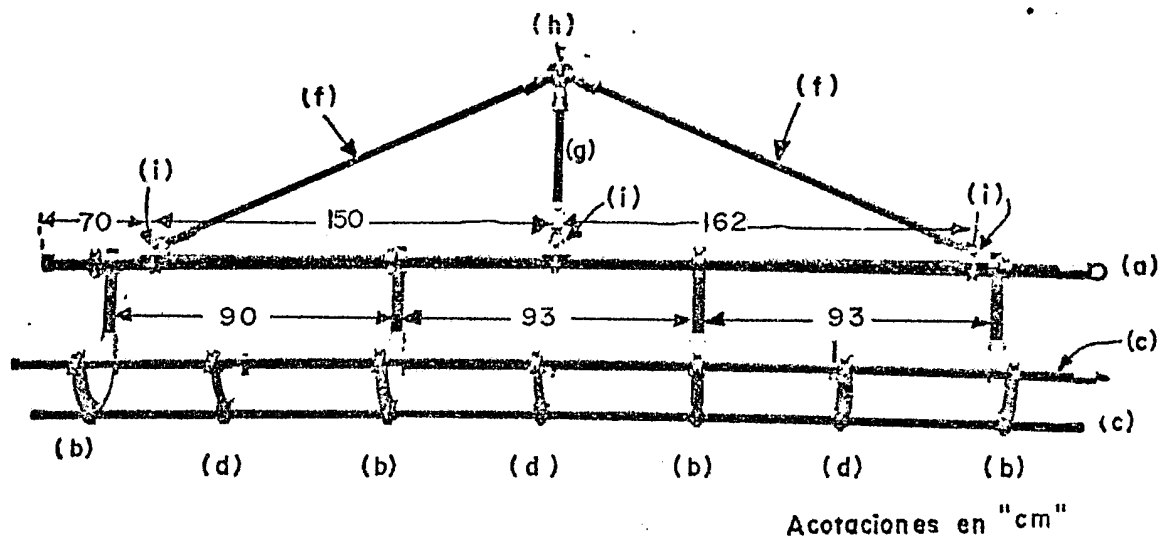


FIGURA No. 66

Es utilizada para retirar una cadena de aisladores en estructuras de tensión de dos, tres ó cuatro cadenas de aisladores por fase; la forma de gancho elimina la necesidad de retirar las cadenas superiores para poder retirar las cadenas inferiores.

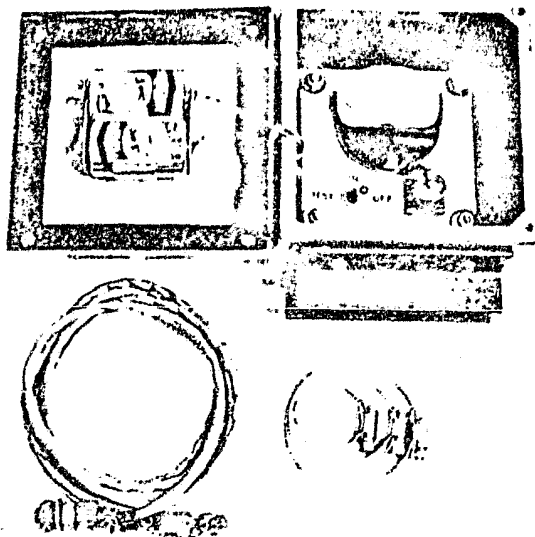
Esta camilla cuenta con brida para colgar a la viga de la pluma giratoria; con los ganchos de 78 cm (31") sirve también para cadenas dobles en " V " y tiene una carga nominal de 453 Kg (1000 Lb).

El plato evita que la cadena de aisladores resbale en la camilla; cada plato pesa 3.4 Kg (7 1/2 Lb); cada gancho pesa 11.3 Kg (25 Lb) y toda la camilla pesa 59 Kg (130.5 Lb).

Sus componentes son los siguientes:

- (a) Pértiga de ojo, de 6.4 x 488 cm (2 1/2" x 16')
- (b) 4 ganchos "J", de 5 x 79 cm (2" x 31")
- (c) 3 pértigas larguero con ojo, de 3.8 x 366 cm (1 1/2" x 12')
- (d) Plato para retener aisladores, evitando su deslizamiento.
- (e) 2 estobos con gancho, para colgar la pértiga tensora (No ilustrada)
- (f) 2 pértigas de articulación y anillo, de 3.8 x 152 cm (1 1/2" x 5')
- (g) Pértiga de articulación y anillo, de 3.8 x 30 cm (1 1/2" x 1')
- (h) Grillete de articulación y anillo, para colgar de la pluma giratoria.
- (i) 3 abrazaderas de articulación y ojo.

PROBADOR DE ESCALERAS (Cat. C4020288)

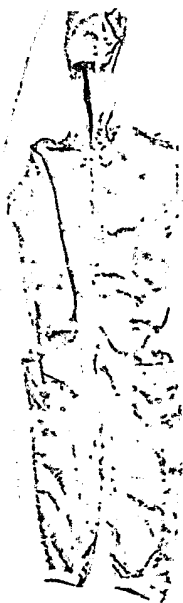


Sirve para detectar la corriente de fuga en las escaleras, que es indicada en la escala de cero a 200 microampere.

Consta de 4 abrazaderas, dos pilas y un cable - que se conecta entre el aparato y la escalera - en cuestión. Pesa 3.4 Kg.

FIGURA No. 67

TRAJE CONDUCTOR (Cat. C402-0534)

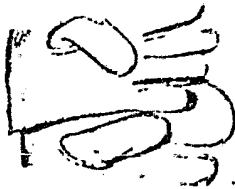


Es de nylon cubierto con plata, lo cual da una trayectoria de baja resistencia a la corriente asegurando la protección al liniero dentro del campo eléctrico. Tiene dos colas del mismo material de 150 cm cada una y bolsas para guardarlas.

Cada traje pesa 907 gramos y los hay en tallas mediano, grande y extra grande.

FIGURA No. 68

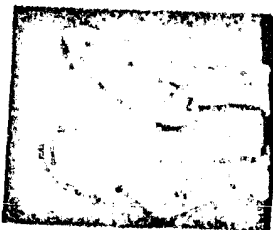
GUANTES CONDUCTORES (Cat. C402-0558)



Tamaño grande, pesan 56 gramos. Son del mismo material del traje.

FIGURA No. 69

CALCETINES CONDUCTORES (Cat. C402-0577)



Están hechos de algodón con hilos de carbón; los hay en talla, 10, 11 y 13. Pesan 170 gramos cada par.

FIGURA No. 70



BOTAS CONDUCTORAS (Cat. P625-2)

Son de suela conductora. El par pesa 453 g.

FIGURA No. 71

II.- FABRICACION DE LAS PERTIGAS DE VIDRIO EPOXI.

La resina EPOXI reforzada con fibra de vidrio, vino a partir de 1950, a revolucionar la fabricación de pértigas aislantes en la industria eléctrica de E.U.A.

1.- MATERIALES UTILIZADOS.

La Cía. A. B. Chance emplea los materiales siguientes:

1.1) POLIETILENO

Es una espuma plástica blanca y esponjosa, con solamente el 5% de --- poros. Su fabricación consiste en mezclar los ingredientes en un recipiente en forma de prisma de base rectangular, donde reaccionan químicamente durante media hora para dar como resultado el polietileno.

Se utiliza como núcleo de las pértigas, debido a sus características -- siguientes:

- a) Rigidez dieléctrica ligeramente mayor a la del aire seco (30 KV/cm).
- b) No absorbe fácilmente la humedad.
- c) Baja densidad.

El núcleo de polietileno sirve para reforzar interiormente la pared del cuerpo aislante de las pértigas de vidrio epoxi.

1.2) FIBRA DE VIDRIO.

La Chance lo adquiere en grandes carretes, para utilizarlo como refuerzo de las pértigas, por sus características:

- a) Aislante
- b) Inorgánica
- c) Inerte
- d) Estable dimensionalmente
- e) Alta resistencia a la Tensión mecánica
- f) Incombustible
- g) No se descompone
- h) No es higroscópica
- i) Inodora

1.3) RESINA EPOXI.

Pertenece a los plásticos termofijos ó termoestables, que mediante catalizador cambia su estado físico de líquido o pastoso al estado sólido.

Es utilizado como pegamento y aislante. Al mezclar los ingredientes - - reaccionan endotérmicamente por lo que debe aplicarse calor para conservarlo en estado pastoso para su aplicación.

1.4) GAS FREON 22

Es utilizado para llenar a presión, los poros del núcleo de polietileno. Este gas es de poca densidad y buena resistencia eléctrica.

1.5) CEMENTO EPOXI.

Es empleado para pegar los herrajes al cuerpo de la pértiga, en virtud de su fuerte adherencia y alta resistencia al esfuerzo cortante. Esta es una resina poliéster.

1.6) HERRAJES.

Para la fabricación de los herrajes se utiliza el bronce o el aluminio.

En la actualidad se usa muy poco el bronce debido a su mayor peso respecto al aluminio, pero esta en ventaja en lugares muy húmedos y salinos.

En cambio los herrajes fabricados con aleación de aluminio son los mas utilizados actualmente, por su buena resistencia mecánica y por ser mas ligeros que los herrajes de bronce.

Para la fabricación de los herrajes se parte de lingotes del metal deseado.

2.- PROCESO DE FABRICACION DE LAS PERTIGAS.

2.1) El polietileno es cortado en prismas de 6 pies de longitud y base --- cuadrada, de lados iguales al diámetro de la pértiga descada, tales - -

como $1\frac{1}{4}$ " , $1\frac{1}{2}$ " , 2" , $2\frac{1}{2}$ " y 3" .

2.2) Los prismas anteriores son pasados en una máquina que les da la forma

cilíndrica. Un clavo de madera desfleada una cada tramo de 6' , conformando el núcleo cilíndrico continuo de polietileno.

- 2.3) Una máquina con una guía y carretes de fibra de vidrio, aplica una capa longitudinal de miles de fibras de vidrio sobre el núcleo de polietileno y después otra aplica una capa de miles de fibras de vidrio en sentido transversal.
- 2.4) El núcleo con dos capas de fibra de vidrio, es pasado por un baño de --epoxi color naranja. El colorante no altera las características electromecánicas del epoxi, que originalmente es viscoso e incoloro.
- 2.5) El núcleo cilíndrico, ahora recibe otra capa de fibra de vidrio longitudinal y después otra en sentido transversal, para finalmente recibir --otro baño de epoxi naranja, color que le da mayor visibilidad a las pértigas. El epoxi es mantenido caliente con vapor para que conserve su --estado pastoso, lo que facilita su penetración en las fibras de vidrio al aplicarlo a presión.
- 2.6) El proceso continúa en un dado que da el diámetro final a la pértiga --sin fin. El dado cubre la pértiga con plástico para evitar que se pegue al propio dado.

Un horno de secado final a 40°C, hace que la pértiga continua, solidifique.

- 2.7) Posteriormente un esmeril se encarga de quitar las rebanadas que dejó --el dado al dar el diámetro final.

Un aparato electrónico montado al final de la línea del proceso, prueba en forma continua la calidad del aislamiento eléctrico sin parar el tren de fabricación, avisando en forma visual y sonora cuando el aislamiento de la pértiga deja pasar una corriente de fuga inadmisibles, aplicándole 100 KV/pie.

- 2.8) La pértiga continua es cortada en las longitudes deseadas, por una sierra eléctrica, en forma automática.
- 2.9) Hasta aquí las pértigas, tienen su núcleo de polietileno microcelular, cubierto con dos capas longitudinales, dos transversales de fibra de --vidrio y dos baños de epoxi color naranja (Fig. 72), con las propiedades siguientes:

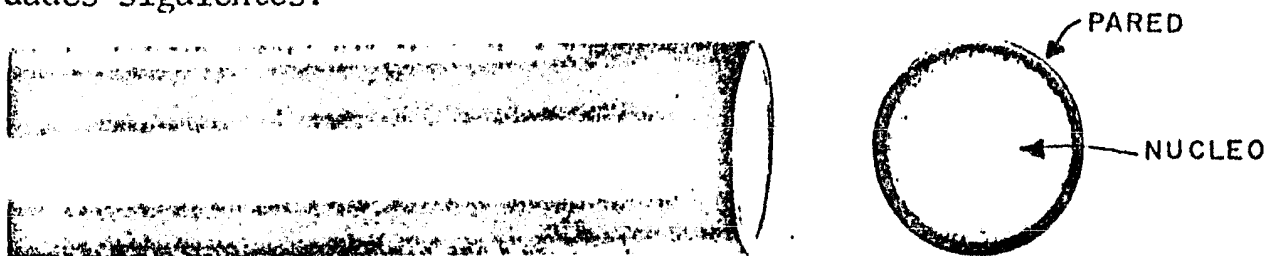


FIGURA 72
PERTIGA DE VIDRIO EPOXI

PROPIEDAD DEL CUERPO AISLANTE	D I A M E T R O			
	1 1/4 "	1 1/2 "	2 "	2 1/2 "
Densidad Relativa de la Pared	1.96	1.86	1.89	1.84
Densidad Absoluta del Núcleo (g/cm ³)	0.048	0.048	0.048	0.048
Peso de la Pértiga (g/m)	429.71	700.37	1046.38	1520.74
Diámetro Exterior (cm)	3.180	3.860	5.130	6.375
Diámetro Interior (cm)	2.770	3.225	4.445	5.677
Espesor Promedio de la Pared (cm)	0.22	0.30	0.37	0.411

2.10) Un extremo de la pértiga es sellado con epoxi de fraguado rápido y por el otro extremo se inyecta gas freón 22, desalojando el aire húmedo del núcleo y evitando su condensación en su interior. El gas queda a una presión mayor que la atmosférica, así ante una raspadura profunda de la pértiga, la humedad no penetra al núcleo y por ello el aislamiento de la pértiga no se afecta. Finalmente es sellado el extremo de inyección del gas, quedando la pértiga herméticamente sellada.

2.11) Las pértigas son enviadas al Departamento de Ensamble, donde les serán montados los herrajes respectivos para formar las herramientas deseadas.

3.- PROCESO DE FABRICACION DE LOS HERRAJES.

3.1) Inicialmente se elaboran los moldes con arcillas especiales, partiendo de los modelos respectivos.

3.2) La fusión del aluminio se hace en hornos que utilizan gas natural, en los cuales se ponen los lingotes de aluminio para su fundición.

3.3) El aluminio fundido se vacía en ollas de fundición donde se agrega una sustancia que provoca una fuerte ebullición para que el aluminio suelte los gases contenidos, evitando así que las piezas fundidas resulten porosas y mecánicamente débiles.

3.4) El desgasificado del aluminio se efectúa durante el viaje de la olla --

desde el horno hasta los moldes.

- 3.5) Se hace el vaciado del aluminio en los moldes, dejando que solidifique por enfriamiento natural, evitando así que surjan esfuerzos térmicos elevados, como sucedería con enfriamiento acelerado.
- 3.6) Para extraer las piezas metálicas vaciadas, se destruyen los moldes de arcilla.

La arcilla se recupera para nuevos moldes, previo tratamiento para recuperar su finura y pureza, separando mediante criba los granos grandes y las impurezas metálicas que pudiera haber adquirido.

- 3.7) Una vez que las piezas se han enfriado por sí mismas hasta la temperatura ambiente, son separadas unas de otras con segueta manual.
- 3.8) Para su limpieza las piezas se introducen en una cámara de malla gruesa metálica giratoria, con una cubierta fija. Dentro de la cámara se lanza neumáticamente una tolvanera de arena contra las piezas; los granos de la arena golpean con fuerza a las piezas metálicas, eliminándoles las impurezas superficiales de la fundición.
- 3.9) En hornos especiales se da el tratamiento térmico a las piezas, calentándolas a 594°C para anular los esfuerzos térmicos que pudieran haber surgido por enfriamiento desigual. El calentamiento es durante 8 horas y el enfriamiento lento y gradual es durante 16 horas para lograr un enfriamiento uniforme de las partes de los herrajes para evitar que adquieran nuevamente esfuerzos térmicos, lo que reduciría su capacidad de carga de trabajo. Al romperse una pieza, no debe soldarse pues el tratamiento térmico se altera y puede fallar la soldadura.
- 3.10) Las piezas metálicas son probadas con rayos "X", para descubrir poros internos o fallas del metal, en cuyo caso la pieza se rechaza.
- 3.11) Durante el maquinado, los herrajes son dimensionados, perforados, roscados y ranurados, para ser armados, los que tengan más de una parte, quedando terminado el herraje correspondiente. Los herrajes son enviados al Departamento de Ensamble, donde serán montados en el cuerpo de las pértigas correspondientes.

4.- ENSAMBLE DE LAS HERRAMIENTAS.

- 4.1) La unión de los herrajes al cuerpo de la pértiga se hace con cemento epoxi de muy alta adherencia, logrando un ensamble mecánicamente eficiente.
- 4.2) Las pértigas de soporte (fig. 73), que son para trabajar preferentemente a la compresión, se ensamblan con cemento epoxi, cuya resistencia al

esfuerzo cortante es elevado.

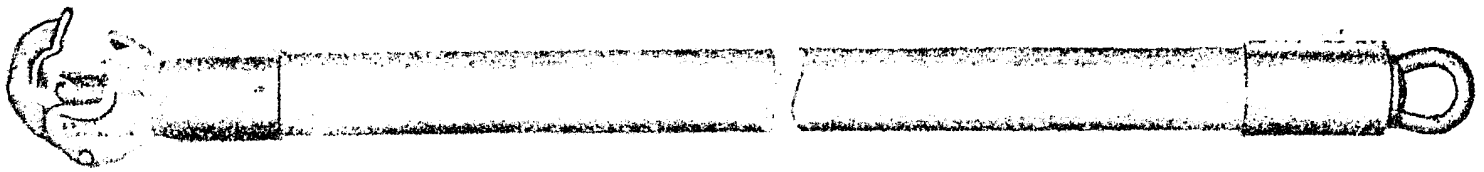
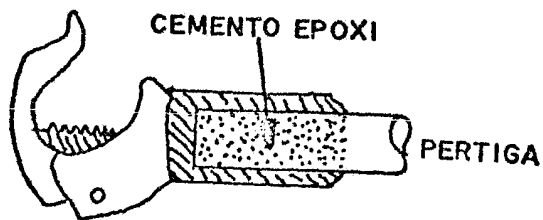


FIGURA No. 73
ENSAMBLADO DE PERTIGA SOPORTE

4.3) Las pértigas de tensión (fig. 74), se ensamblan con cemento epoxi y - - con remaches, para soportar esfuerzos mayores a la tensión mecánica.

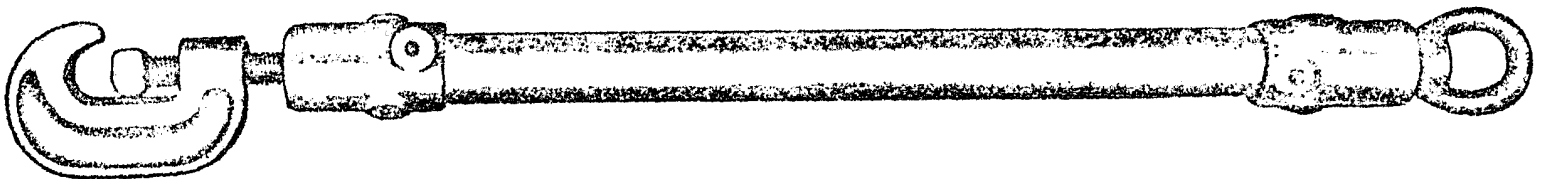
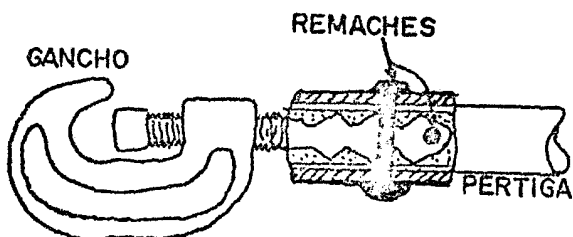


FIGURA No. 74
ENSAMBLE DE PERTIGA DE TENSION

4.4) Finalmente las herramientas pasan al Departamento de Pruebas, donde se verá que funcionen correctamente y se harán las pruebas mecánicas. Después se almacenan a 40°C, con humedad de 30 a 32 partes por millón.

III.- C A R A C T E R I S T I C A S M E C A N I C A S D E L A S
P E R T I G A S .

Después del ensamble de los herrajes, las pértigas de vidrio epoxi deben -- aprobar individualmente pruebas mecánicas con 200 % como mínimo de los -- valores de trabajo nominal, dependiendo del diámetro y diseño específico de la herramienta.

Por lo que respecta al cuerpo aislante de las pértigas de vidrio epoxi, ha -- sido sometido a las pruebas mecánicas siguientes:

- 1.- Tensión
- 2.- Compresión
- 3.- Flexión
- 4.- Torsión
- 5.- Impacto

Muchas de estas pruebas son destructivas, como lo es la fuerza de ruptura en sus diferentes formas, por ello se eligen muestras representativas de la -- calidad del cuerpo aislante de las pértigas de vidrio epoxi. Estas pruebas dan resultados comparativos con las pértigas de madera, solamente para destacar la superioridad del vidrio epoxi.

1.- TENSION MECANICA.

Para esta prueba se aplicó la tensión mecánica en pértigas de tensión con -- herrajes ensamblados con remaches. La superioridad del vidrio epoxi frente a la madera, queda mostrada en la tabla 75 .

TABLA 75
TENSION DE RUPTURA EN (Kg)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		PINABETE	ARCE
1 1/4"	6 513	2 143	3 817
1 1/2"	9 178	2 596	4 957
2"	11 652	-	5 896
2 1/2"	11 939	-	-

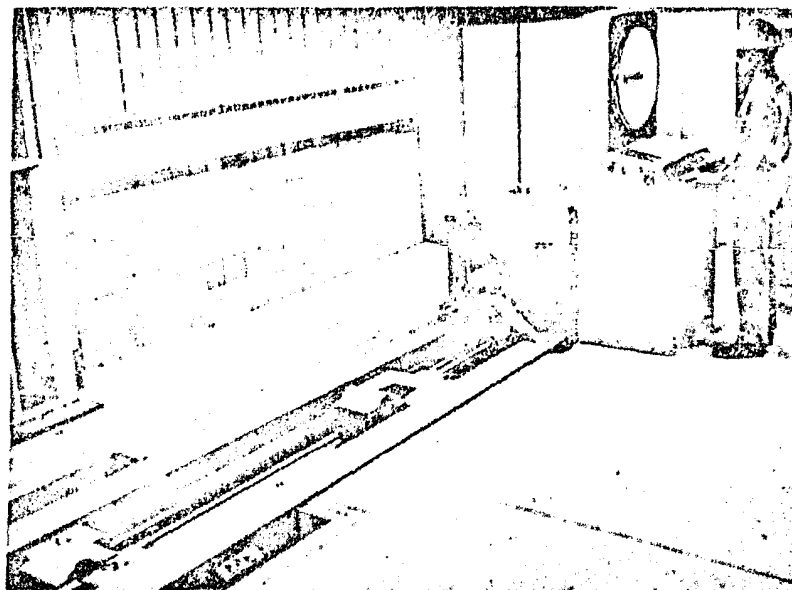


FIGURA No. 76
PRUEBA DE TENSION

2.- COMPRESION.

El vidrio epoxi se somete a compresión en dos posiciones, horizontal y vertical.

2.1) COMPRESION HORIZONTAL.

La muestra ilustrada en posición horizontal (fig. 77) se eligió de - 15 cm por ser igual a la longitud de las abrazaderas que comprimen a las pértigas en esa forma y también por ser el ancho del zapato del -- liniero que puede pisar accidentalmente la pértiga.

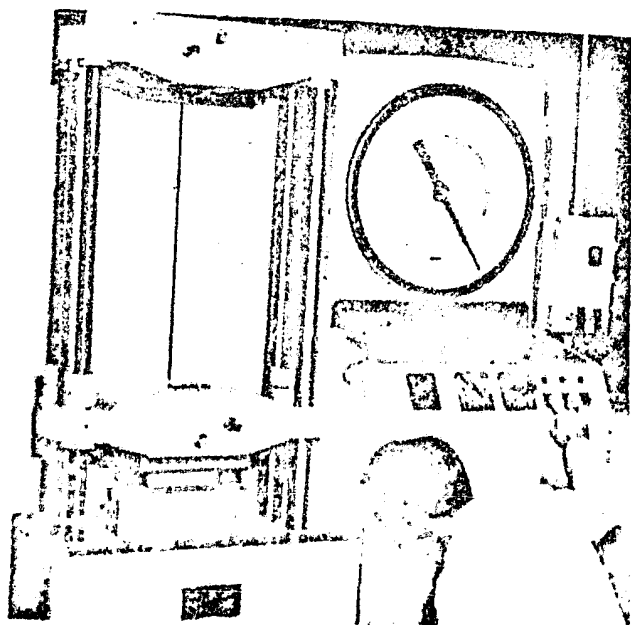


FIGURA No. 77
COMPRESION HORIZONTAL

TABLA No. 78

FUERZA DE RUPTURA A LA COMPRESION
HORIZONTAL (Kg)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI (Horizontal)
1.1/4"	779
1.1/2"	852
2"	857
2.1/2"	1 298

La fuerza de ruptura a la compresión para la muestra de 15 cm a 21°C colocada horizontalmente, se anota en la tabla No. 78.

2.2) COMPRESION VERTICAL

La muestra tiene una longitud igual a dos diámetros (fig. 79) y una temperatura de 21.1°C.

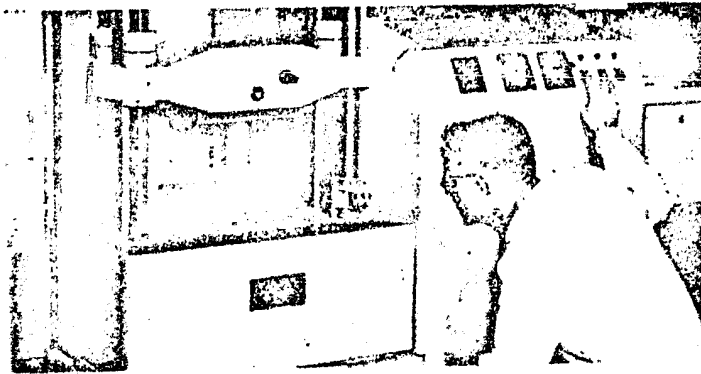


FIGURA No. 79
COMPRESION VERTICAL

Los resultados (tabla 80) muestran que el vidrio epoxy, es mejor que el abeto pero le supera el arce.

TABLA No. 80
FUERZA DE RUPTURA A LA COMPRESION VERTICAL (Kg)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	5 427	3 941	7 103
1 1/2"	11 303	7 543	9 979
2"	17 000	12 873	16 329
2 1/2"	22 562	20 584	25 945

3.- FLEXION.

La aplicación de un momento flexionante sobre las pértigas , trae como consecuencia una deflexión, una fatiga ocasionada por la aplicación alternativa del momento y por última consecuencia la ruptura.

3.1) DEFLEXION.

La pértiga es apoyada por dos abrazaderas de 10 cm de largo cada una, a semejanza del apoyo que en el trabajo dan las manos del liniero, separadas entre si por 91 cm (3') y un lado volado (fig. 81) de 151 cm (5'). En el extremo del volado se aplica una carga de 22.6 Kg (50 Lb), estando la pértiga a 21°C.

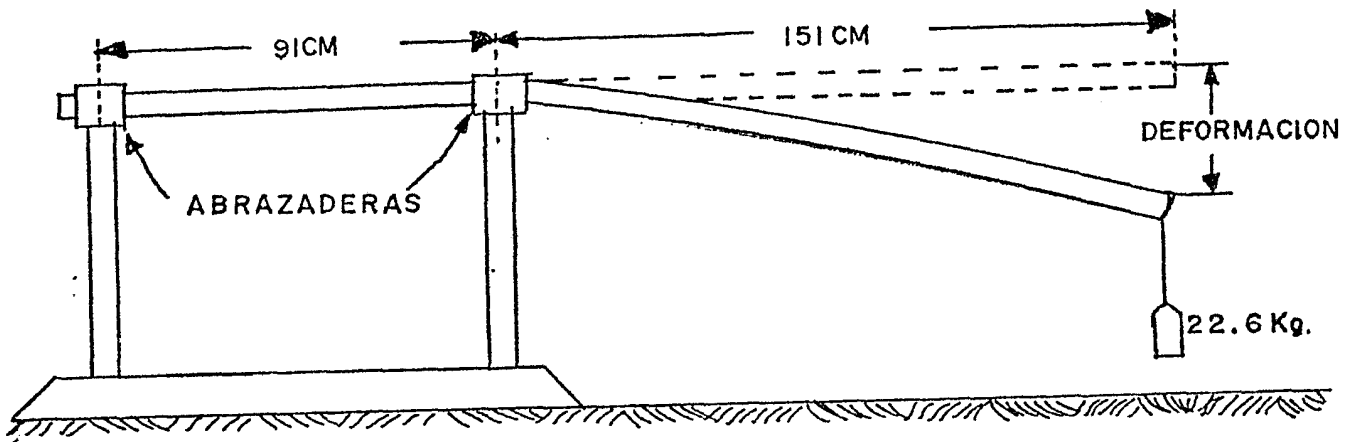


FIGURA No. 81
DETERMINACION DE LA DEFORMACION

La tabla No. 82 muestra que el vidrio epoxi es tan rígido como el arce y mas rígido que el abeto, material del que se fabricaban casi todas las pértigas de madera.

TABLA No. 82

DEFLEXION EN (CM)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	51.9	63.6	58.0
1 1/2"	23.5	31.8	26.0
2"	9.2	10.8	8.0
2 1/2"	4.3	4.3	-

El arreglo (fig. 83) sirve de base para la elaboración de las gráficas No. 85 al 88, las que permiten hacer cálculos prácticos de las deflexiones que sufren las pértigas de vidrio epoxi, para distintas cargas y volados.

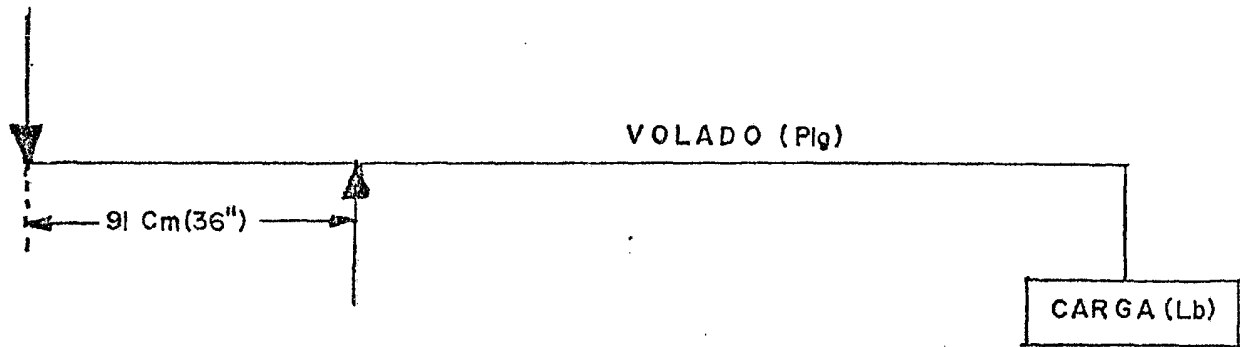


FIGURA No. 83

ARREGLO BASE PARA CALCULO GRAFICO DE DEFORMACION

3.2) DEFLEXION ALTERNATIVA (Fatiga)

Una manivela de 20 cm de brazo (fig. 84) imprime una deformación alternativa de 20 cm (8") a la pértiga de 3.1 cm x 2.44 m (1 1/4" x 8'). La deformación total de 40 cm es mayor que la producida por una carga normal.

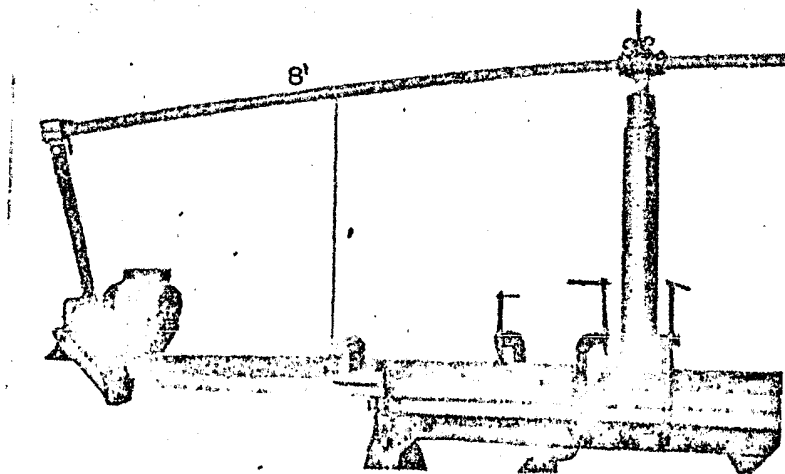


FIGURA No. 84

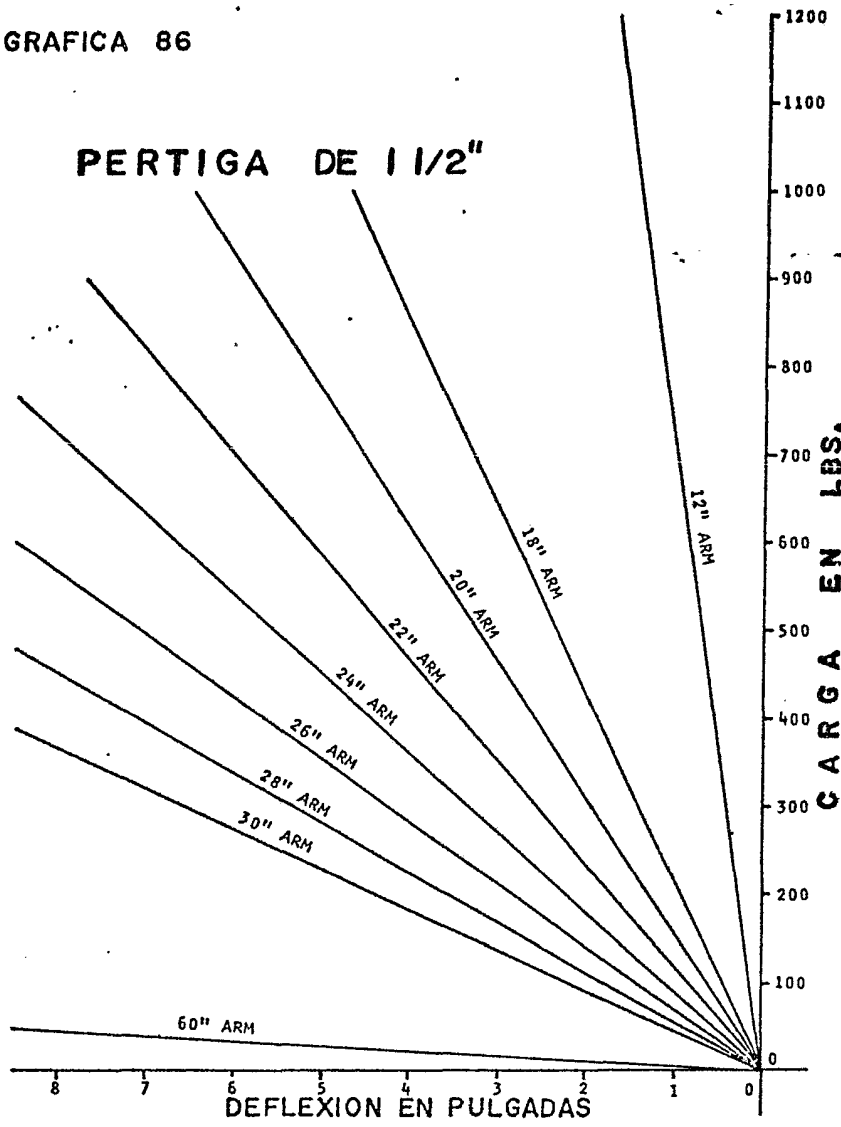
DEFORMACION ALTERNATIVA

La pértiga fue sometida a 100 000 ciclos de deformación causados por igual número de vueltas de la manivela impulsada por el motor, - - -

DEFLEXION DE LAS PERTIGAS

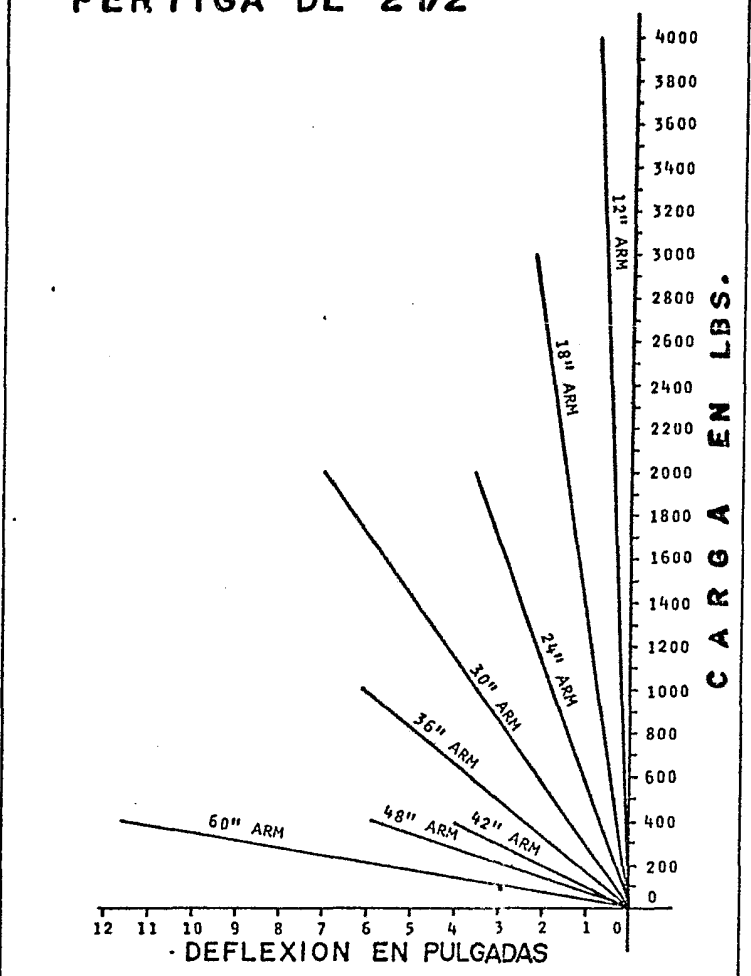
GRAFICA 86

PERTIGA DE 1 1/2"



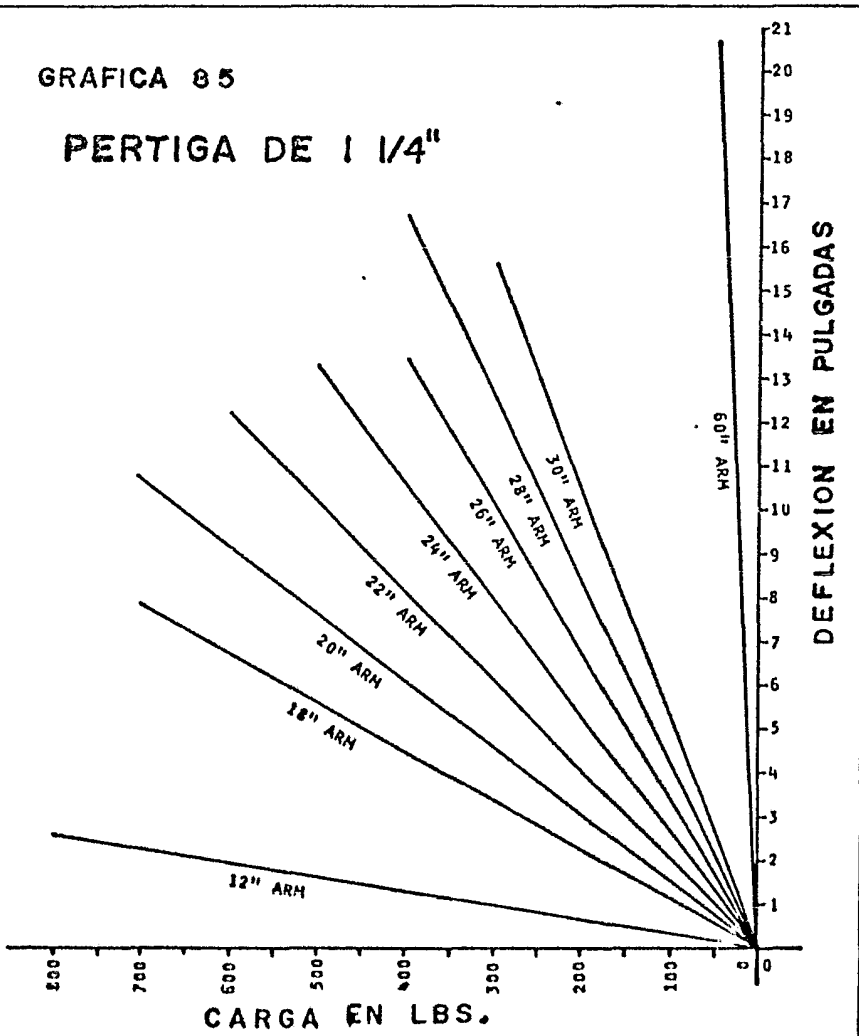
GRAFICA 87

PERTIGA DE 2 1/2"



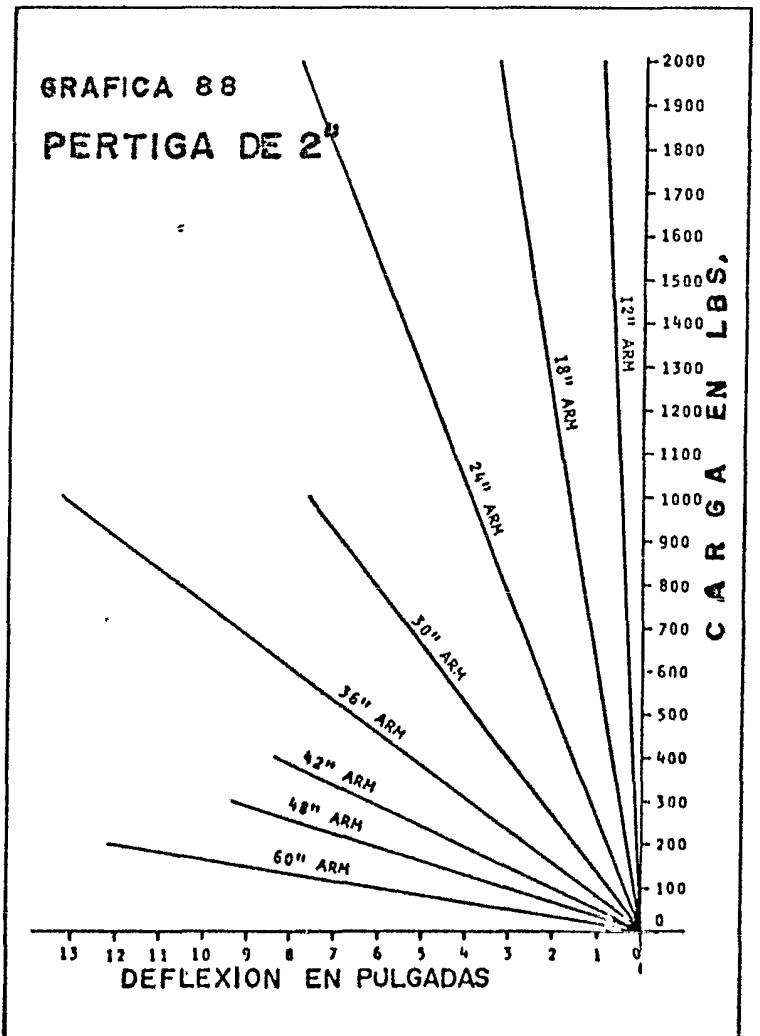
GRAFICA 85

PERTIGA DE 1 1/4"



GRAFICA 88

PERTIGA DE 2"



habiendose observado que la resistencia a la flexión no disminuyó - - - apreciablemente en la pértiga, ni tampoco se encontraron grietas en la superficie u otros cambios físicos al final de la prueba, la que fue - concluida al término de 100 000 ciclos porque era evidente que no --- presentaba problemas de fatiga.

Con una carga de 25 Lb colgada en el extremo (fig. 84) antes de las 100 000 ciclos, se observó una deflexión inicial de 12 1/8" la que prácticamente se conservó constante como lo indica la tabla No. 89.

TABLA No. 89
DEFORMACIONES DE LA PERTIGA POR CICLOS DE FLEXION

CARGA (Lb)	DEFORMACION			
	INICIAL	DESPUES DE 20 000 CICLOS	DESPUES DE 40 000 CICLOS	DESPUES DE 50 000
25	12 1/8"	12 1/4"	12 3/8"	12 3/8"

La pértiga de madera falló a los 25 000 cíclos al fracturarse su cubierta de plástico.

3.3) CARGA DE RUPTURA A LA FLEXION.

Para determinar la carga (Q) de ruptura a la flexión de las pértigas, se considera una longitud de 1.22 m (4'), apoyada con dos abrazaderas de 10 cm (4") separados 46 cm (1.5') y dejando un volado de 76.2 cm (2.5'), como lo indica la figura No. 90.

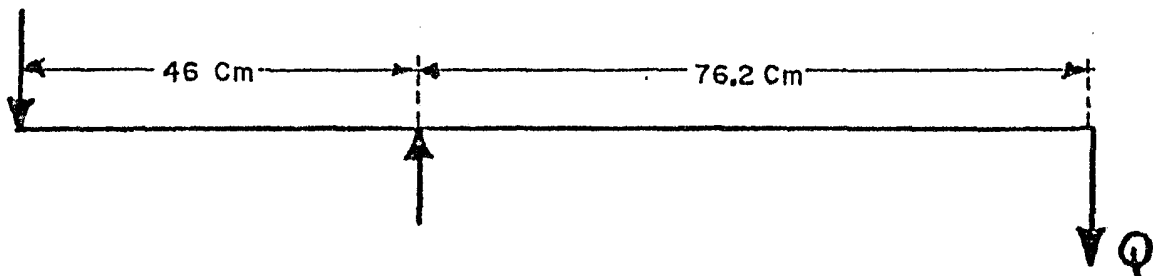


FIGURA No. 90
ARREGLO PARA CARGA DE RUPTURA A LA FLEXION

Los resultados (tabla 91) muestran que la resistencia a la ruptura - del vidrio epoxi, es muy superior a la madera, ya que el arce soporta la mitad y el abeto solamente una tercera parte, que el vidrio epoxi.

TABLA No. 91
MOMENTO FLEXIONANTE DE RUPTURA EN (m-Kg) A 21°C

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	117.3 850 *	36 262 *	64 462 *
1 1/2"	235.5 1704 *	60.4 437 *	130 938 *
2"	457.9 3312 *	142.5 1031 *	250 1810 *
2 1/2"	620.4 4488 *	244 1766 *	-

* (Pie - Lb)

Pruebas adicionales han demostrado que las bajas temperaturas de - - - (± 45.5°C) no disminuyen la resistencia a la ruptura del vidrio epoxi.

Un hecho importante en las pértigas de fibra de vidrio con epoxi es el fuerte ruido que producen antes de romperse, lo cual constituye una -- alarma sonora que opera justamente antes de fallar. Es también impor- tante el hecho que la pértiga de vidrio epoxi al fallar no se rompe -- totalmente, pues no se separan los tramos en el punto de falla, con- servando así un control parcial.

En la práctica se aconseja nunca permitir que se deformen demasiado las pértigas, ya que eso sería indicativo de que se van a romper.

El diámetro (fig. 92) indica la fuerza de ruptura por flexión, en -- las condiciones de apoyo y volado mostrados.

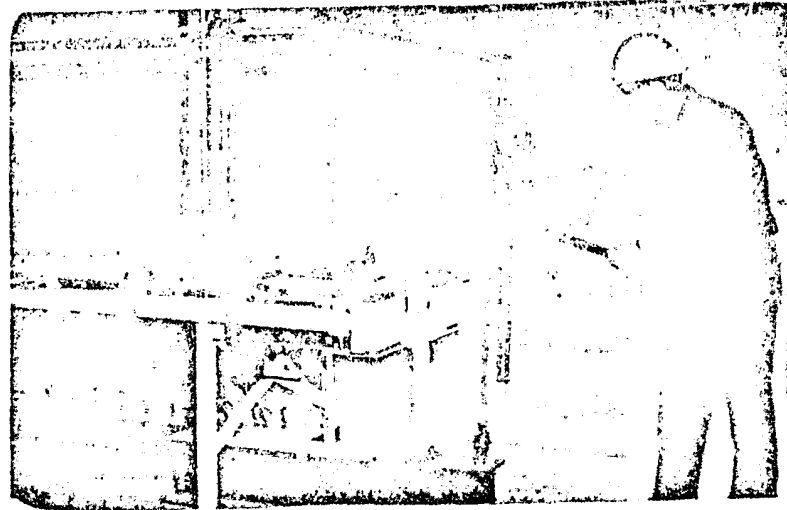


FIGURA No. 92
ARREGLO PARA FUERZA FLEXIONANTE DE RUPTURA

Los resultados de esta prueba estan contenidos en la tabla 93.

TABLA No. 93
CARGA FLEXIONANTE DE RUPTURA (Kg)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	154	47.5	83.8
1 1/2"	309	79.2	170.0
2"	600	187.0	398.0
2 1/2"	814	320.0	-

La gráfica 94 permite determinar de manera aproximada, la carga flexionante de ruptura en (Lb), correspondiente a diferentes volados en -- (plg), para las pértigas de vidrio epoxi de diámetro 1 1/4" , 1 1/2" , 2" y 2 1/2" . Cada pértiga es apoyada como lo ilustra la fig. 92.

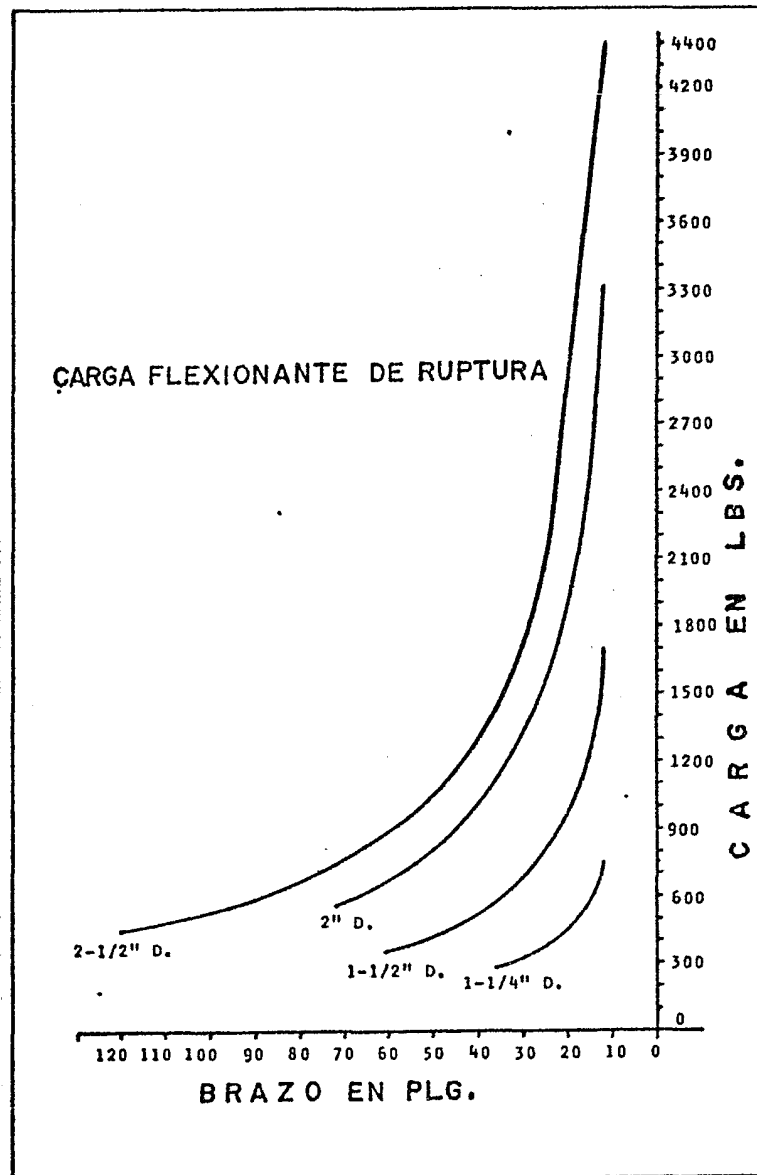


FIGURA No. 94

CALCULO DE CARGA FLEXIONANTE DE RUPTURA

4.- TORSION.

Las herramientas de mano tales como las pértigas universales, pértiga escopeta, pértigas de soporte, son sometidas a esfuerzos de torsión. El par de torsión promedio aplicado por las manos del liniero a las herramientas, es de 2.76 a 4.14 m-Kg (20 - 30 pic lb).

El cuerpo aislante (fig. 95) mediante un brazo de palanca y un malacate

es sometido a una fuerza de torsión, medida por un dinamómetro, hasta conseguir su ruptura.

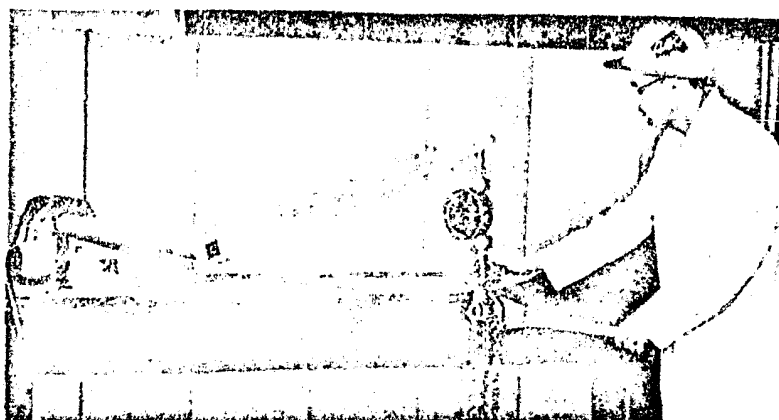


FIGURA No. 95
ESFUERZO DE TORSION

Esa fuerza de ruptura por la longitud del brazo de palanca, determina el --
" Par de Torsión de Ruptura " correspondiente a cada diámetro de cuerpo --
aislante de la pértiga de vidrio epoxi (tabla 96).

TABLA No. 96
PAR DE TORSION DE RUPTURA EN (m-Kg) A 21°C

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	20.7	7.6	145
1 1/2"	31.5	-	-
2"	57.8	-	-
2 1/2"	129.6	-	-

La pértiga de vidrio epoxi de 1 1/4" que es la mas débil, resiste cinco -
veces el máximo par de torsión que puede aplicar el liniero con sus manos.

5.- IMPACTO.

El impacto de ruptura de la pértiga de vidrio epoxi es determinado por el aparato Charpy y por caída de un peso sobre la muestra.

5.1) IMPACTO CHARPY.

La máquina de prueba Charpy - Izod (fig. 97), consta de un martillo pendular que golpea a la muestra de vidrio epoxi, con una cuña de acero endurecido. En la carátula del aparato, una aguja indica cual es la energía (Lb - pie) de impacto absorbida por la muestra de 1/2" de ancho, durante el choque que le fractura. La muestra fue cortada de acuerdo con especificaciones ASTM, de una pértiga de 1 1/4", 1 1/2", 2" y 2 1/2" (tabla 98).

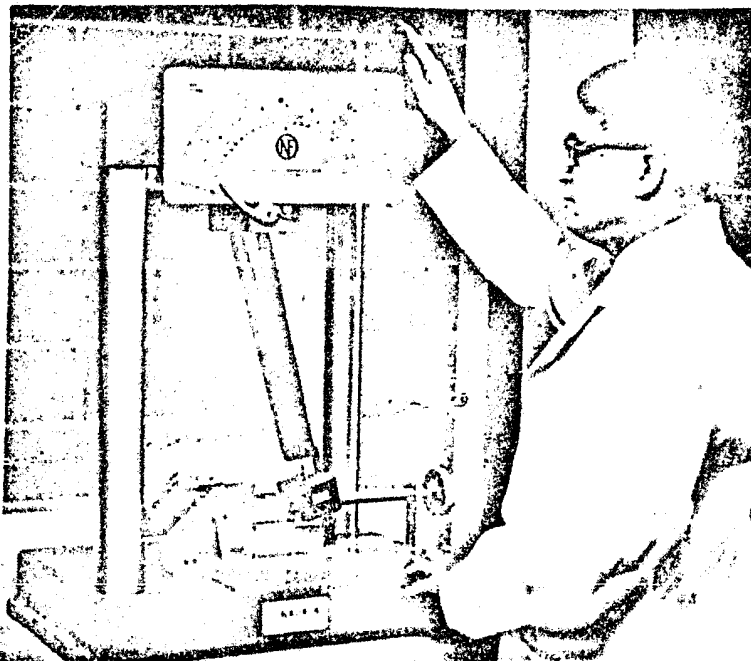


FIGURA No. 97

APARATO DE IMPACTO CHARPY - IZOD

Los resultados (tabla 98) obtenidos para el vidrio epoxi a 21°C, no fueron comparados con las pértigas de madera, debido a la diferencia de diseño de la sección transversal del vidrio epoxi.

TABLA No. 98

IMPACTO DE RUPTURA (Kg - m.)

DIAMETRO	VIDRIO-EPOXI
1 1/4"	0.955
1 1/2"	1.005
2"	1.589
2 1/2"	2.224

5.2) IMPACTO POR CAIDA DE PESO.

El aparato (fig. 99) para la prueba de impacto por caída de peso, utiliza una esfera de acero de peso bien conocido, que se deja caer sobre la muestra de vidrio epoxi, desde una distancia exactamente determinada.



FIGURA No. 99
IMPACTO POR CAIDA DE PESO

Las muestras fueron de 5 cm de longitud y sometidas a temperaturas -- desde (-50°F) hasta 140°F , obteniéndose los resultados (tabla 100) que indican que la temperatura tiene un efecto despreciable sobre la -- resistencia al impacto del vidrio epoxi.

El daño causado al vidrio epoxi, fue solamente un punto diminuto como marca descolorida, que de ninguna manera altera las características -- mecánicas y eléctricas del material aislante de la pértiga.

Cualquier alteración visible sobre la muestra, fue registrada como -- falla.

TABLA No. 100
IMPACTO DE FALLA EN (m - Kg)

DIAMETRO	TEMPERATURA			
	- 45.5°C	-28.8°C	21°C	60°C
1 1/4"	1.52	1.65	1.66	1.38
1 1/2"	3.04	3.31	2.76	2.76
2"	3.31	3.31	3.31	3.31
2 1/2"	4.14	4.42	4.14	4.14

6.- PESO DEL VIDRIO EPOXI

El liniero a menudo trabaja en posiciones incómodas, siendo entonces de gran ayuda tener herramientas ligeras. La tabla 101, muestra que las pértigas de fibra de vidrio con epoxi, tienen un peso aproximadamente igual a las de madera abeto y más ligeras que las de arce.

TABLA No. 101
PESO DE LAS PERTIGAS EN (Kg/m)

DIAMETRO	VIDRIO EPOXI	MADERA	
		ABETO	ARCE
1 1/4"	0.429	0.439	0.569
1 1/2"	0.700	0.595	0.860
2"	1.046	0.981	1.531
2 1/2"	1.520	1.509	2.613

7.- RESUMEN.

Las características sobresalientes del cuerpo aislante de las pértigas de

vidrio epoxi, son las siguientes:

Tabla No. 102
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE VIDRIO EPOXI

CARACTERISTICA	DIAMETRO			
	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
Tensión de Ruptura (Kg)	6 513	9 178	11 652	11 939
Compresión de Ruptura Horizontal (Kg)	779	852	857	1 298
Compresión de Ruptura Vertical (Kg)	5 427	11 303	17 000	22 562
Deflexión (Volado 151 cm, carga 22.6 Kg) (cm)	52	23.5	9.2	4.3
Momento flexionante de Ruptura (m-Kg) (Volado 76.2 cm)	117	235	457	620
Par de torsión de Ruptura (m-Kg)	20	31	57	129
Impacto de Ruptura Charpy, 21°C (Kg-m)	0.955	1.005	1.589	2.224
Impacto de Ruptura Caída de Peso, 21°C (Kg-m)	1.66	2.76	3.31	4.14
Peso del Vidrio Epoxi (Kg/m)	0.429	0.700	1.046	1.520
Esfuerzo de Ruptura a la Tensión (Kg/cm ²)	1 763	3 262	5 250	-

Por otra parte, después de que el cuerpo aislante es ensamblado a sus herrajes respectivos para formar la herramienta respectiva, la carga nominal de trabajo de cada una de ellas, depende del diámetro de la pértiga, del diseño específico de la herramienta y de su relación con otras herramientas (tabla 103).

TABLA No. 103
CARGAS DE TRABAJO A LA TENSION EN (Kg)

HERRAMIENTA	DIAMETRO			
	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
Pértiga de Tensión	1 587	2 494 2 948	-	-
Pértiga de Soporte	-	680	908	1 134
Conjunto Tensador	-	-	6 804	-
Pértiga Tensora con Abrazadera de Tensión	-	-	3 402	-
Pértiga Tensora con Abrazadera de Suspensión	-	-	1 587	-
Pértiga de Tensión de Ojo y Articulación	-	-	5 443	-
Pértiga de Rodaje	-	-	1 134 2 948	-
Eslabón de Espiral	1 587	-	-	-

Los valores anotados se refieren a cargas normales y directas que se pueden aplicar. Se han considerado factores de seguridad de 2.14 a 3.5, respecto a la carga de ruptura a la tensión del cuerpo aislante de vidrio epoxi.

Para las pértigas de Soporte, que son las mas débiles a la tensión mecánica, se considera la tensión de ruptura (R) disminuida en un 15% en previsión de posibles alteraciones en la estructura del ensamble y un factor de seguridad de dos, resultando una carga de trabajo (T), siguiente:

$$T = \frac{100\% R - 15\% R}{2} = 42.5\% R$$

Lo anterior da un factor de seguridad real de 2.35

IV.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LAS PERTIGAS.

1.- EL AISLAMIENTO EN EL PROCESO DE FABRICACION DEL VIDRIO EPOXI.

Esta prueba de control de calidad, no debe ser destructiva, ni tampoco debe alterar, las propiedades eléctricas del cuerpo aislante.

El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), recomienda la aplicación de una tensión eléctrica de prueba no destructiva de 100 KV/pie - cuando las pértigas de vidrio epoxi son nuevas, considerando que la tensión de flameo en seco es de 120 KV/pie. Esto es con el fin de no anticipar el -- daño en las pértigas en prueba por efecto corona o por la descarga de arcos - eléctricos durante el flameo.

El mismo (IEEE), recomienda un espaciamiento entre los electrodos de prueba, - de 30 cm (1') o como mínimo 15 cm (1/2'). Los dos electrodos deben tener - anillo corona a fin de evitar interferencias por ese efecto corona. La corriente de fuga normal esta comprendida entre 6 y 15 μ Amp para pértigas de vidrio epoxi nuevas, de acuerdo con su diámetro, como lo ilustra la gráfica 104.

El equipo electrónico instalado al final de la línea de fabricación del cuerpo aislante de las pértigas de vidrio epoxi, aplica continuamente 100 KV a cada pie de material que pasa por él, ocasionando una corriente de fuga normal, de acuerdo al diámetro de la pértiga (fig. 104).

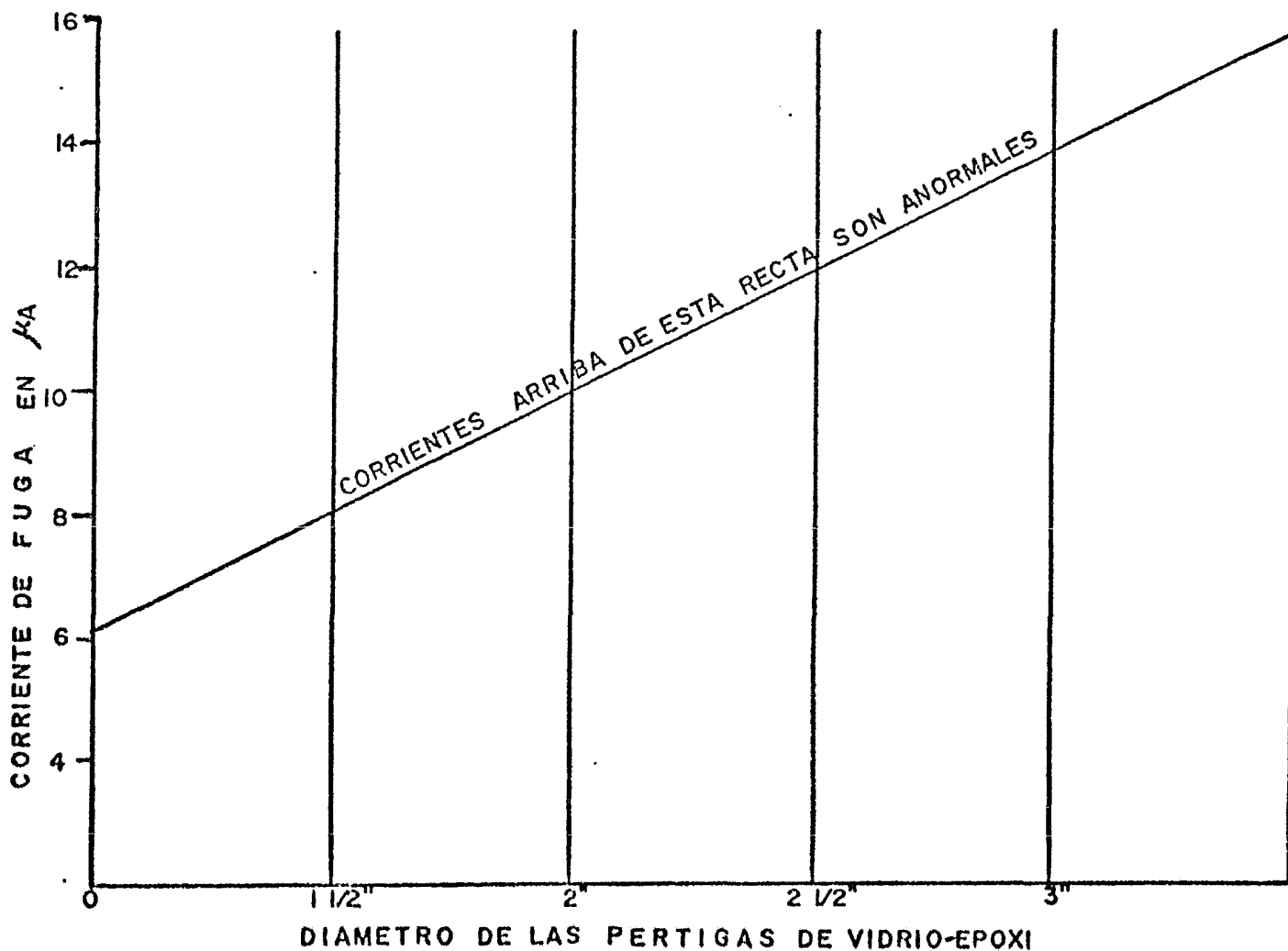


FIGURA No. 104
CORRIENTES DE FUGA NORMALES EN VIDRIO EPOXI NUEVO

Cuando la corriente de fuga es superior a la normal, hace sonar una alarma en la línea de producción para que se corrija la anomalía y se deseche el tramo aislante que no cumple con la calidad de aislamiento deseado. De esta manera el equipo electrónico, constituye un control de calidad permanente.

Cuando la pértiga de vidrio epoxi es usada, debe probarse con 75 KV/pie y aceptar como máximo una corriente de fuga de 25 μ Amp. La menor tensión de prueba evita anticipar el daño de las pértigas entre prueba y prueba de rutina, por parte del usuario.

Las pértigas de madera nuevas se deben probar con 75 KV/pie y cuando usadas con 60 KV/pie, debiendo exigirles la misma corriente de fuga que el vidrio epoxi.

2.- EL AISLAMIENTO ANTE LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD.

Es bien sabido que la humedad reduce la resistencia eléctrica en los aislamientos y en consecuencia la corriente de fuga se incrementa. Por ello en ciertas pruebas, el aumento de la corriente de fuga es indicativo de la humedad absorbida por el aislamiento.

En el uso cotidiano las pértigas de madera, pueden sufrir raspaduras superficiales que rompen la capa protectora de barniz propiciando la absorción de la humedad. Por otra parte las pértigas de vidrio epoxi, son golpeadas por arena, contra aisladores rotos de porcelana, contra roscas de tornillos, sufriendo también raspaduras que no descubren las fibras de vidrio internas.

Las pértigas de vidrio epoxi y las de madera, maltratadas por el uso cotidiano, fueron sometidas a un ambiente con el 95% de humedad, al ser almacenadas en una cámara rociada con agua. Después de 10 días, se sacaron las pértigas de la cámara, fueron limpiadas de su humedad superficial y probadas dentro de los 5 minutos posteriores.

Los resultados (fig. 105) son graficados, considerando como " Corriente de Fuga Máxima Segura " la de 15 μ Amp por cada 100 KV aplicados al aislamiento de 1 pie, de acuerdo con las recomendaciones del Institute of Electrical and Electronics Engineers.

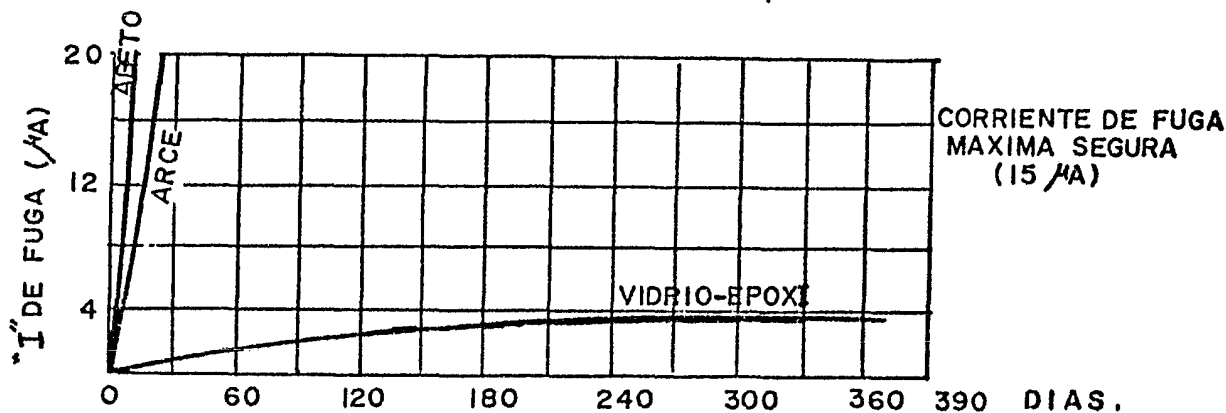


FIGURA No. 10 5

CORRIENTE DE FUGA POR EXPOSICION A LA HUMEDAD

El abeto en 10 días y el arce en 20 días, se contaminaron de humedad al grado de permitir corrientes de fuga inadmisibles. En cambio el vidrio epoxi después de 382 días de exposición, siguió mostrando muy poca contaminación de humedad permaneciendo la corriente de fuga muy por debajo de la máxima segura.

Lo anterior demuestra que la restauración de la superficie raspada, no es requerida para mantener la calidad del aislamiento del vidrio epoxi, sino solamente para mantener una buena apariencia.

La absorción de la humedad en el vidrio epoxi, ha sido determinada pesando las muestras nuevas y después de 24 horas de haber sido sometidas al 95% de humedad. Las muestras fueron pesadas con una aproximación de 0.0001 gramo, - - - empleando la balanza de laboratorio adecuada.

La tabla 106, compara la humedad absorbida por el vidrio epoxi con la tomada por el arce protegido con plástico.

TABLA No. 106
HUMEDAD ABSORBIDA

MUESTRA	PESO PROMEDIO EN GRAMOS	
	VIDRIO EPOXI	ARCE
Nueva	9.8575	15.6080
Después de 24 Hs. de Humedad	9.8618	15.9450
Promedio de Humedad Absorbida	0.043%	2.15%

Es evidente la ventaja de las pértigas de vidrio epoxi, debido a que su núcleo de espuma de polietileno y a la unión entre el núcleo y la pared de epoxi - - reforzada con fibra de vidrio, que hace un sello hermético debido al gas - - inerte que ocupa cada una de las diminutas celdas que componen el núcleo.

Para que la humedad viaje dentro de la pértiga, debe pasar a través de las paredes de miles de diminutas celdas y también vencer la presión del gas en cada celda, lo cual en condiciones normales es muy difícil que suceda.

Muchas pruebas de inmersión en agua, de las pértigas de vidrio epoxi con agujeros hechos a lo largo de ellas y sin sellos en los extremos, han indicado - que no hay migración de humedad en el interior de las pértigas.

3.- EL AISLAMIENTO ANTE LA INTEMPERIE ACELERADA.

El vidrio epoxi es probado en el acelerador de condiciones naturales de la -

intemperie, Atlas de doble arco, que utiliza un método satisfactorio.

En el acelerador se determina el efecto de los rayos ultravioleta en condiciones húmedas, las propiedades eléctricas y la estabilidad del color, de las pértigas de vidrio epoxi.

El acelerador usa electrodos de carbón para producir un arco eléctrico con rayos ultravioleta semejantes a los de la luz solar del mediodía del verano. Además las muestras son rociadas con agua cíclicamente en una temperatura que varía de 24°C a 66°C durante cada ciclo. En esas condiciones, 300 horas (12.5 días) equivalen a un año de exposición a la intemperie.

La tabla No 107, contiene las corrientes de fuga que el aislamiento del vidrio epoxi permitió, después de ser sometido a la intemperie artificial del acelerador Atlas y a la intemperie natural de Missouri, EUA.

TABLA No. 107

CORRIENTES DE FUGA ANTE EL INTEMPERISMO

EXPOSICION EN:	TIEMPO (HORAS)	CORRIENTE DE FUGA (μ Amp)			DAÑO
		NUEVA	DESPUES DE INTEMPERIE	DESPUES DE INTEMPERIE Y 48 Hs. DE ALTA HUMEDAD	
Acelerador Atlas (Leva 7)	1 007.5 (42 días)	0.40	0.45	0.46	NO
Intemperie de Missouri, EUA	30 meses	0.40	0.38	-	NO

Estos resultados confirman el reducido efecto que la humedad tiene sobre el aislamiento de la pértiga de vidrio epoxi.

El color naranja de las pértigas de vidrio epoxi es de fácil visibilidad y contrasta bien en las áreas comunes de trabajo. Como es sabido el color es parte del epoxi y no una capa superficial.

El colorante es absorbente de los rayos ultravioleta, lo cual reduce la degradación causada por esos rayos. Esto asegura que la luz solar no dañe o debilita el material.

La tabla 108, contiene los resultados de la prueba de estabilidad del color.

TABLA No. 108
ESTABILIDAD DEL COLOR

EXPOSICION EN:	TIEMPO	RESULTADO
Acelerador Atlas	1 007 Hs.	Sin cambio notable de color
Atmósfera natural de Missouri, EUA.	30 meses	Sin cambio apreciable de color

Además, la superficie de las pértigas de vidrio epoxi, se ha diseñado relativamente lisa, para reducir la posible contaminación con sustancias extrañas, tales como creosota, grasa, pintura, etc.

4.- TENSIONES ELECTRICAS DE FLAMEO.

Las pértigas de vidrio epoxi, son sometidas a las pruebas de flameo siguientes:

- Flameo en humedo.
- Flameo en seco.
- Flameo al Impulso Positivo.
- Flameo al Impulso Negativo.

Los resultados de los pruebas, son corregidos a una presión atmosférica de 76 cm de Hg y temperatura de 25°C.

4.1) FLAMEO EN HUMEDO.

Una pértiga se toma como representativa de un lote, se le somete a condiciones de humedad y le es aplicada una tensión eléctrica de corriente -- alterna de 60 cps. Se incrementa gradualmente la tensión eléctrica a la muestra, hasta que salta el arco y se toma la lectura de esa tensión de flameo.

En este caso la tensión de flameo en húmedo es de 56 KV por cada pie de longitud de la pértiga de vidrio epoxi.

4.2) FLAMEO EN SECO.

Una pértiga representativa de un lote, es conectada al probador que alimenta gradualmente una tensión eléctrica de corriente alterna de 60 cps, hasta que salta el arco eléctrico (fig. 109).



FIGURA No. 109
FLAMEO EN SECO

La tensión de flameo en seco en este caso es de 120 KV por cada pie de longitud de la pértiga.

La tensión de flameo en seco es prácticamente el doble de la que flamea la pértiga en humedo.

4.3) FLAMEO AL IMPULSO POSITIVO Y NEGATIVO

La pértiga de vidrio epoxi representativa de un lote, es conectada a un generador de impulsos que producirá una descarga eléctrica de muy alta tensión y corta duración, semejante a la de los rayos.

La onda utilizada es de $1\ 1/2 \times 40 \mu$ seg. Los resultados fueron los siguientes:

Tensión de Flameo al Impulso Positivo: 184 KV/pie

Tensión de Flameo al Impulso Negativo: 203 KV/pie

Estos resultados junto con los anteriores, los contiene la gráfica de la figura-No. 110

5.- RESUMEN.

Las pértigas de vidrio epoxi satisfacen los requerimientos de aislamiento eléctrico con corriente alterna de 60 cps, ya que soportan 100 KV/pie y usualmente son sometidas como máximo a tensiones de trabajo de 20 KV/pie solamente.

Las tensiones de flameo al impulso son elevadas y pueden soportar las descargas atmosféricas si las pértigas se llegaran a dejar montadas en la línea durante una noche, lo cual no se recomienda hacer.

Durante la lluvia las pértigas de vidrio epoxi no absorben humedad, pero - - pueden formar hilos de agua en la superficie que pueden conducir corrientes de

FLAMEO DEL VIDRIO EPOXI

CORREGIDO A:

PRESION BAROMETRICA:

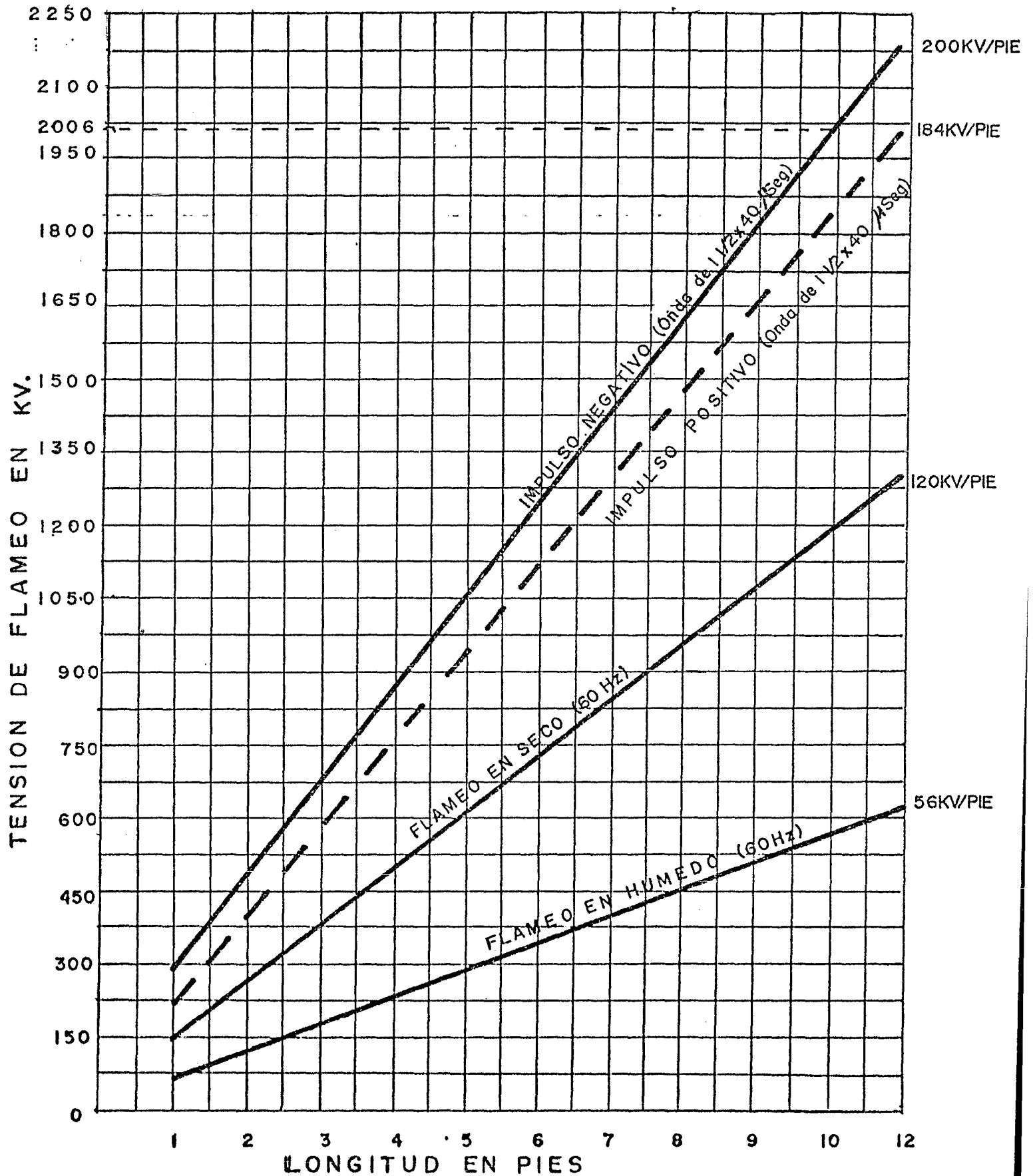
76 Cm Hg

TEMPERATURA:

25°C

PRESION DEL VAPOR:

1,5456 Cm Hg



fuga peligrosas, si esas pértigas se dejan instaladas en la línea durante -- una noche con lluvia.

El flameo de las pértigas que es muy difícil de alcanzar en condiciones normales de trabajo, puede ocasionar carbonización en las pértigas, lo que disminuiría peligrosamente su aislamiento eléctrico. Por ello se recomienda no trbajar con pértigas que tengan vestigios de carbón.

V.- ABSORCION DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN LAS PERTIGAS.

La fibra de vidrio con epoxi puede utilizarse en muy diferentes campos de actividad donde puede entrar en contacto con gran número de soluciones químicas, lo que justifica la prueba de inmersión en soluciones químicas comunes, durante 7 días.

Las muestras fueron cortadas de la línea de producción, fueron pesadas exactamente y sumergidas en varias soluciones. Después de 7 días fueron pesadas nuevamente, habiendose obtenido los resultados contenidos en la tabla 111

TABLA No. 111
ABSORCION DE SUSTANCIAS QUIMICAS

SOLUCION	VIDRIO EPOXI		ARCE	
	Cambio de Peso (%)	Cambio de Diámetro (%)	Cambio de Peso (%)	Cambio de Diámetro (%)
Agua Destilada	+ 0.27	+ 0.04	+ 8.36	+ 1.80
10% Na Cl	+ 0.15	0.00	+ 4.96	+ 1.64
10% H Cl	+ 0.12	0.00	+ 0.38	+ 1.60
25% H ₂ SO ₄	+ 0.04	0.00	+ 4.44	+ 0.66
N/10 Na OH	+ 0.37	0.00	+ 5.87	+ 0.98
Aceite de Transformador	+ 0.15	+ 0.18	+ 1.66	+ 0.31
Gasolina	+ 0.10	+ 0.20	+ 3.46	+ 0.51
Acetona	+ 5.50	+ 0.43	NO PROBADO	
Pentaclorofenol	+ 0.30	0.00	+ 1.35	+ 0.27
Alcohol Metílico	+ 2.49	0.00	Cubierta de Plast.Disuel.	
Líquido de Frenos	+ 0.66	+ 0.04	+ 3.01	+ 0.98
Agua Oxigenada 3% H ₂ O ₂	+ 0.16	+ 0.00	+ 6.34	+ 1.33
Agua Saturada con Detergente	+ 0.41	0.00	+ 6.22	+ 2.04

Los resultados demuestran que el vidrio epoxi, puede ser continuamente empleado en muchas soluciones comunes. Las acetonas pueden utilizarse para limpiar las pértigas de vidrio epoxi, sin dañarlas, en cambio esto no puede hacerse en las pértigas de madera, cuya cubierta de plástico es destruida.

VI.- MANTENIMIENTO DE LAS PERTIGAS DE VIDRIO EPOXI.

1.- INTRODUCCION

Dada la importancia y el grado de peligrosidad que representa el Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas y considerando que nada es suficientemente bueno cuando esta de por medio la vida, resulta ciertamente importante man tener las herramientas dentro de un margen muy amplio de seguridad.

El mantenimiento requerido por las herramientas, depende fundamentalmente de la frecuencia y forma del uso que se haga con ellas.

Las herramientas de vidrio epoxi usadas continuamente pero en forma correcta, propiamente no requieren un mantenimiento mas allá de la limpieza, pero debido al uso inadecuado muchas herramientas se dañan o se rompen.

Las pértigas deben usarse de acuerdo a su diseño y no someterlas a esfuerzos excesivos que pueden causar daños irreparables, que solo admiten la sustitución del equipo dañado.

En general el Mantenimiento de las pértigas de vidrio epoxi, comprende los - Cuidados de Rutina, las Inspecciones, las Pruebas del Aislamiento y las Reparaciones.

2.- CUIDADOS DE RUTINA.

Bajo condiciones ideales de trabajo las pértigas no necesitan mantenimiento, pero debido al mal trato, el abuso, la abrasión y la natural contaminación, los cuidados de rutina se deberán tener durante el trabajo, transporte y almacenamiento.

2.1) CUIDADOS DE RUTINA DURANTE EL TRABAJO.

- a) Las herramientas deben estar apartadas del piso, en tripies (fig. 112) cerca de la estructura, en terreno plano y limpio, en orden de intervención de arriba a abajo.

De no ser posible lo anterior, las herramientas deben colocarse ordenadamente sobre una lona o plástico suficientemente amplio para evitar que el polvo y la humedad contaminen el equipo.

- b) Las pértigas deben limpiarse con franela seca, antes de enviarlas arriba de la estructura, para eliminar el polvo y otros contaminantes superficiales. La franela siliconada deja sobre el equipo que limpia, una capa de silicón que es repelente al agua, lo cual favorece a las herramientas aislantes.

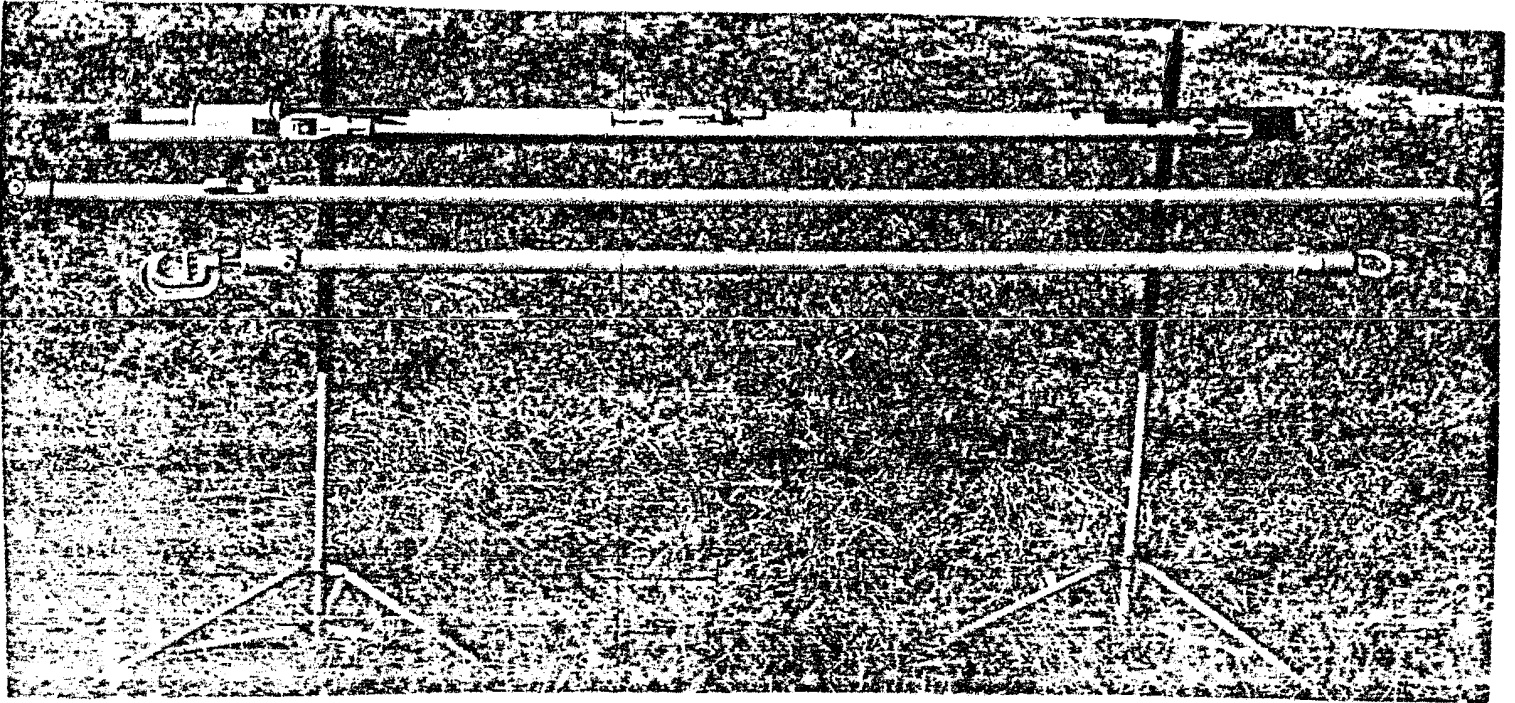


FIGURA No. 112

DISPOSICION DE LAS HERRAMIENTAS

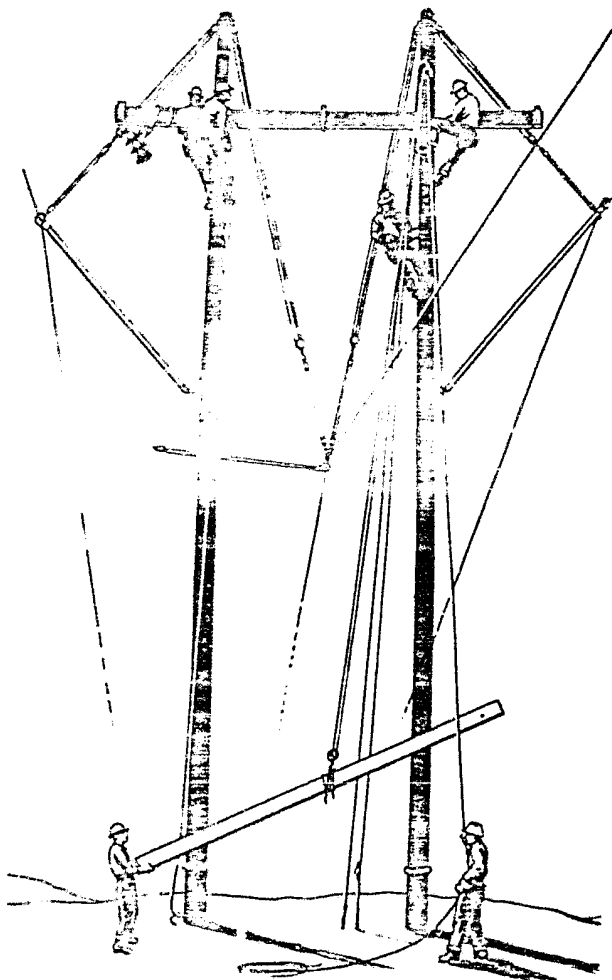


FIGURA No. 113

ASCENSO DE HERRAMIENTAS

- c) Al ascender las herramientas en la estructura (fig. 113), se evitará que se golpeen contra fierros ángulo, tornillos, aisladores rotos, herrajes de otras herramientas, etc., impidiendo así marcas y raspaduras.
- d) Al instalar las herramientas se tendrá - - cuidado de no sobrecargarlas, lo que puede dañarlas seriamente y poner en peligro la seguridad del personal.
- e) Al concluir la maniobra, las pértigas deberán limpiarse antes de ser guardadas.

2.2) CUIDADOS DE RUTINA DURANTE EL TRANSPORTE.

Cuando se transporta el equipo, las pértigas deben ir firmemente sujetas sobre las perchas ahuladas dentro del remolque (fig. 114), que tiene compartimientos para los herrajes a fin de evitar daños de estos sobre

las pértigas y otros materiales aislantes, durante el viaje.

En caso de no contar con el remolque, el transporte se puede hacer en un vehículo cerrado. Las pértigas se protegerán con fundas de lona y viajarán apartadas de las piezas metálicas.

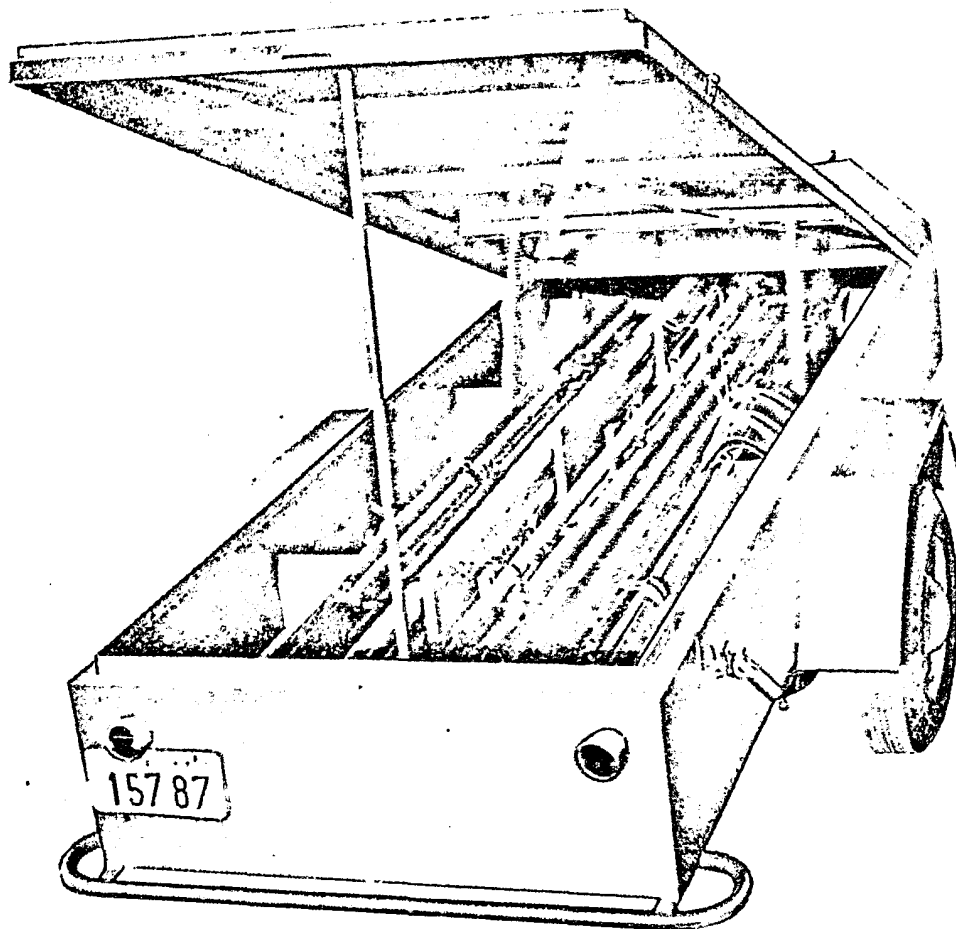


FIGURA No. 114

EL REMOLQUE PARA HERRAMIENTAS

Nunca deben ponerse los apoyos, las cadenas, abrazaderas, etc., sobre las pértigas, debido a que el movimiento durante el transporte dañará la superficie de las pértigas.

2.3) CUIDADOS DE RUTINA DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Las pértigas de vidrio epoxi, han demostrado que sumergidas en agua - - durante un año, no absorben humedad, ya que basta con secarlas con fra-nela para estar de inmediato en condiciones de trabajo seguro. Por lo - anterior estas pértigas, no exigen mas que almacenarlas bajo techo que les proteja de la intemperie.

Dentro del local, las pértigas deben colocarse sobre perchas cubiertas de hule o plástico para no dañarlas y separadas 20 cm (fig. 115)

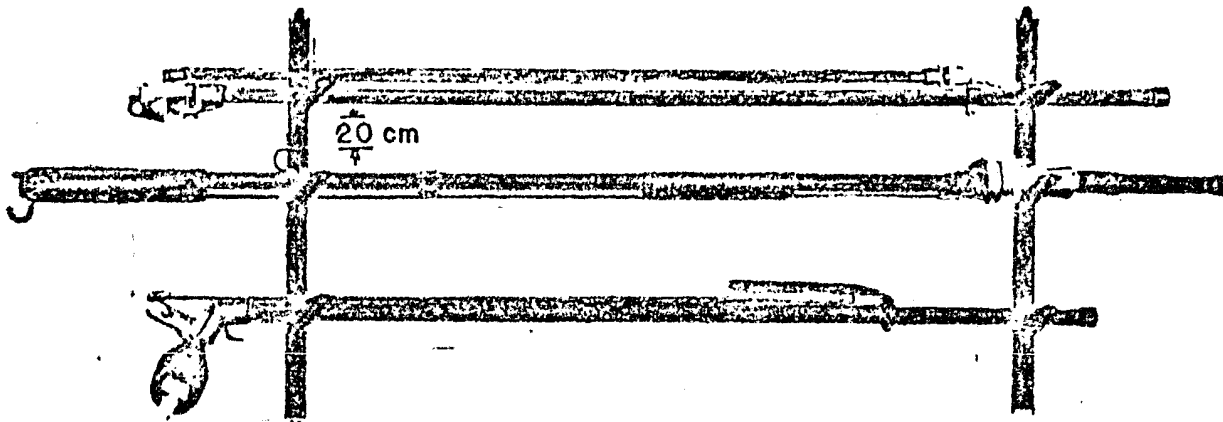


FIGURA No. 115
ALMACENAMIENTO DE PERTIGAS

El acomodo deberá prever que las pértigas mas largas y pesadas esten -- abajo , procurando colocarlas ordenadas por diámetro y longitud.

Los herrajes, cables, cubiertas, etc., deben colocarse en casilleros de madera, por separado piezas metálicas de piezas aislantes. También las herramientas mas pesadas se ubicarán abajo y las ligeras arriba, por -- comodidad y seguridad.

Los accesorios universales, se recomienda guardarlos en un tablero - - (fig. 116).

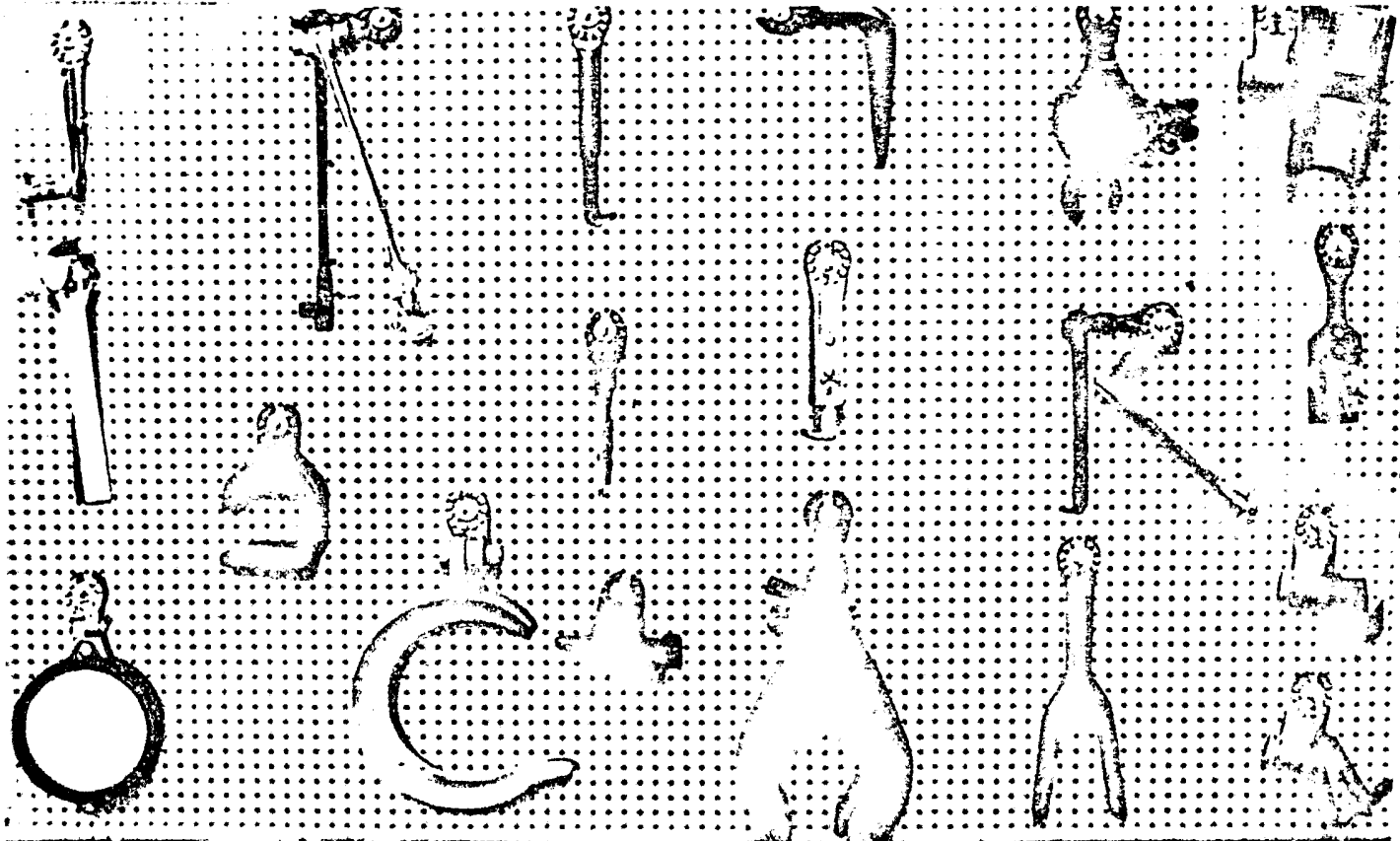


FIGURA No. 116
ALMACENAMIENTO DE ACCESORIOS

El tablero anterior, deberá tener pintada la silueta de cada accesorio -- para advertir su ausencia y evitar que se pierda.

Un almacenamiento de las herramientas en la forma descrita, significará -- mejor control del equipo, comodidad y rapidez en la selección del equipo que debe llevarse al trabajo, además de significar mejor conservación de las herramientas y mayor seguridad para el liniero.

EL REMOLQUE (fig. 114) es un magnífico lugar para transportar y para -- almacenar correctamente el equipo, cuando este cabe todo en dicho remolque.

Aún cuando el remolque es a prueba de agua, es conveniente guardarlo bajo -- techo para proteger su pintura y su lámina. Cuando se guarde mucho tiempo, deben levantarse sus llantas para protegerlas.

El remolque, además de sus compartimientos para cables, garruchas, herra-- jes, cubiertas aislantes y pértigas, cuenta con un calentador con abanico de 125 Volts, que puede controlar la temperatura y humedad dentro del -- remolque, evitando así que se humedezcan las pértigas de madera y los ca-- bles, ya que las pértigas de vidrio epoxi no requieren de ese cuidado.

3.- INSPECCION DE LAS HERRAMIENTAS.

Estas inspecciones tienen el propósito de descubrir deficiencias o fallas en -- las herramientas, antes de que ocasionen un accidente.

Al someter una herramienta a esfuerzos excesivos, puede ocasionar partes dobla-- das, partes fracturadas por remaches o tornillos doblados, grietas en los he-- rrajajes, desplazamiento de partes metálicas fuera de su posición original en -- el cuerpo aislante de la pértiga, etc.

Al trabajar una herramienta a una tensión eléctrica excesiva, puede ocasionar -- carbonización del cuerpo aislante por flameo, especialmente cuando se dejan de un día para otro, montados en la línea.

Las herramientas sometidas a condiciones excesivas se debilitan y después pue-- den fallar en el momento en que se les trabaje dentro de los límites de diseño. Por ello en caso de duda, la herramienta debe ser minuciosamente inspeccionada y probada antes de decidirse a utilizarla nuevamente. Una herramienta claramen-- te dañada no debe usarse, es mas seguro reemplazarla por otra.

No hay una periodicidad rigurosa para las inspecciones, ya que el daño que pue-- den sufrir las herramientas depende de la frecuencia del uso y de la medida en que se respeten las recomendaciones de diseño y de los cuidados de rutina.

Por lo anterior se recomienda que las pértigas, accesorios universales, cables, malacates y el equipo en general, se inspeccione antes de cada trabajo y al -- terminarlo.

Al limpiar las pértigas con franela seca, antes y después del trabajo, no solamente es para quitar el polvo o humedad sino que debe ser también para hacer una INSPECCION cuidadosa del equipo con el fin de tratar de descubrir posibles daños en el equipo empleado.

4.- PRUEBAS DE AISLAMIENTO DE LAS PERTIGAS.

Para garantizar la seguridad del liniero las pértigas usadas de vidrio epoxi, deben ser probadas periódicamente. En condiciones normales las pruebas se harán cada 3 meses y en regiones de alta humedad se harán cada mes. Las pértigas de madera deben probarse después de una excesiva exposición a la humedad.

Los métodos de prueba del aislamiento de las pértigas, tienen por objeto comprobar que la corriente de fuga no exceda los $100 \mu\text{Amp}$, que es la máxima corriente admisible, basada en estudios hechos por científicos sobre el efecto de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano (cap. II).

Antes de aparecer en el mercado el probador de pértigas portátil, se utilizaron dos métodos de prueba.

4.1) METODO DE PRUEBA No. 1

Tres resortes de acero a manera de electrodos, hacian contacto alrededor de la pértiga en prueba, con una separación de 7.6 cm (3") (fig.117).

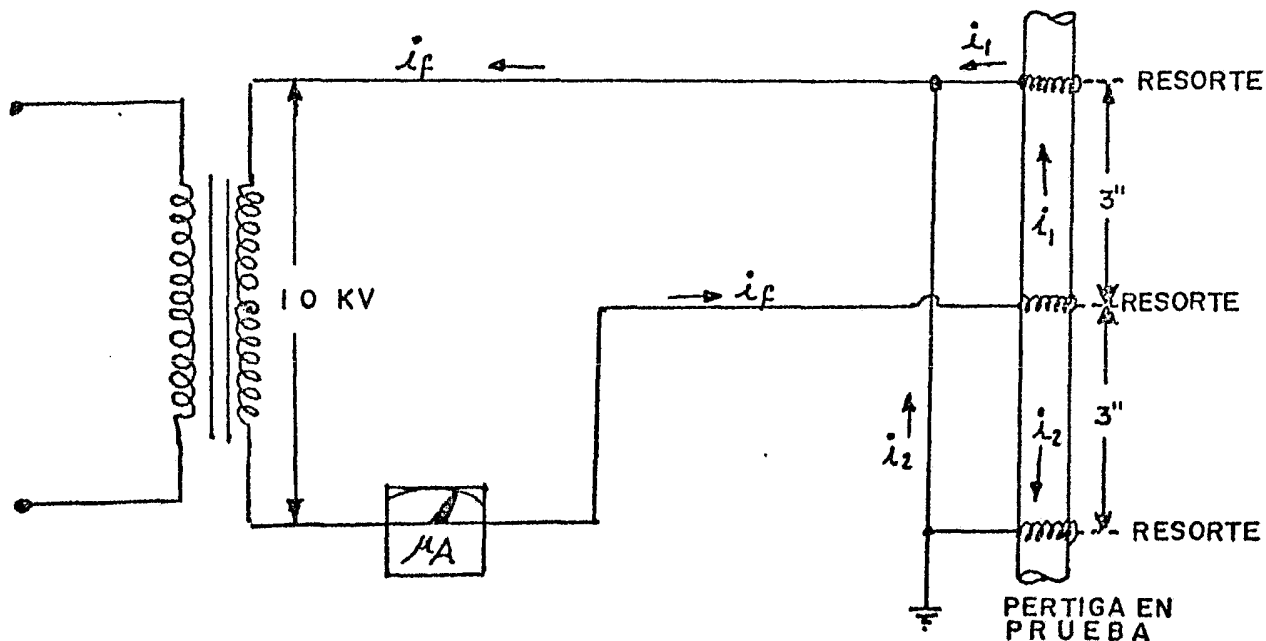


FIGURA No. 117

METODO DE PRUEBA No. 1

Entre el resorte central y cada exterior se aplicaban 10 KV de corriente alterna de 60 cps, lo que representaba una tensión aplicada de 40 KV/pie, que es el doble de lo que comunmente soportan las pértigas en el trabajo real, como máximo.

La pértiga era pasada lentamente por los electrodos y la corriente de fuga era medida por el microamperímetro. Cualquier corriente mayor de 100 μ Amp rechazaba la pértiga.

4.2) METODO DE PRUEBA No. 2

Se aplicaba una tensión de prueba, equivalente a la que soportaba una pértiga de 8', desde las manos del liniero a un conductor de una línea de 220 KV. En este caso la tensión al neutro es de 127 KV, lo que equivale a 15.8 KV por cada pie de longitud de la pértiga.

El transformador de prueba solo suministraba 100 KV y era aplicada a una longitud de 5.5' de pértiga (fig. 118), lo que equivale a 18.18 KV/pie, que es semejante a la que soportan como máximo las pértigas en el trabajo real.

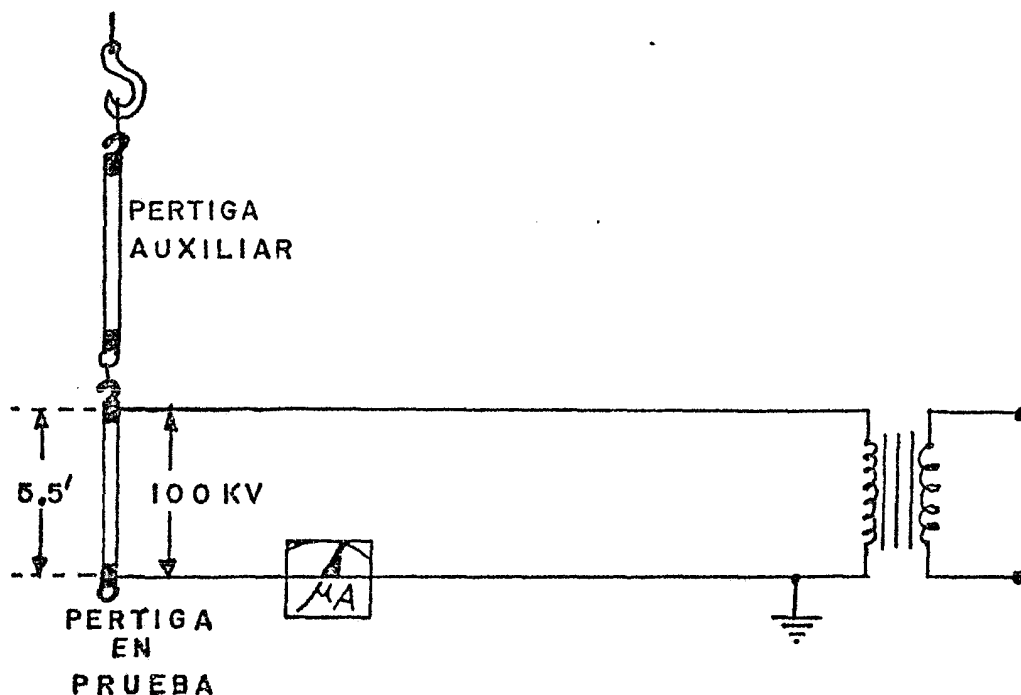


FIGURA No. 118

METODO DE PRUEBA No. 2

La corriente de fuga, medida por el microamperímetro, se consideraba normal con 25 μ Amp, lo cual hoy en día es válido debido a que esta muy por debajo de la corriente de 100 μ Amp que no produce sensación ni efecto en el organismo humano.

4.3) EL PROBADOR PORTATIL DEL AISLAMIENTO DE LAS PERTIGAS .

A) GENERALIDADES.

Este aparato elimina la necesidad de tener un banco de pruebas fijo, costoso y que requiere altas tensiones de 100 KV. Además es portátil, opera a la temperatura ambiente de 40°C, es de encendido instantáneo debido a su circuito transistorizado y solamente requiere 125 Volts.

Este probador de pértigas, marca A. B. Chance modelo LT-10 (fig. 119), tiene una ranura en " V " en cuyo interior estan dos electrodos que al -- ser montados sobre la pértiga en prueba aplican una tensión eléctrica - - constante de corriente alterna de 60 cps.

Como la tensión eléctrica aplicada no cambia, la corriente de fuga medida en el aparato, depende solamente de la resistencia de aislamiento de la pértiga en prueba.

El aparato cuenta con una " Resistencia Patrón " que permite el paso de una " Corriente de Calibración (I_c) " que es medida por el microamperímetro (fig. 119). Al probar una sección de pértiga de acuerdo con su -- resistencia de aislamiento dejará pasar una " Corriente de Fuga (I_f) " , mayor, menor o igual que la " Corriente de Calibración (I_c) " , detectando así la calidad del aislamiento de la sección probada de la pértiga.

Si la corriente de fuga es de 25 μ Amp como máximo, la pértiga se acepta como buena, de lo contrario se rechaza, para su reparación.

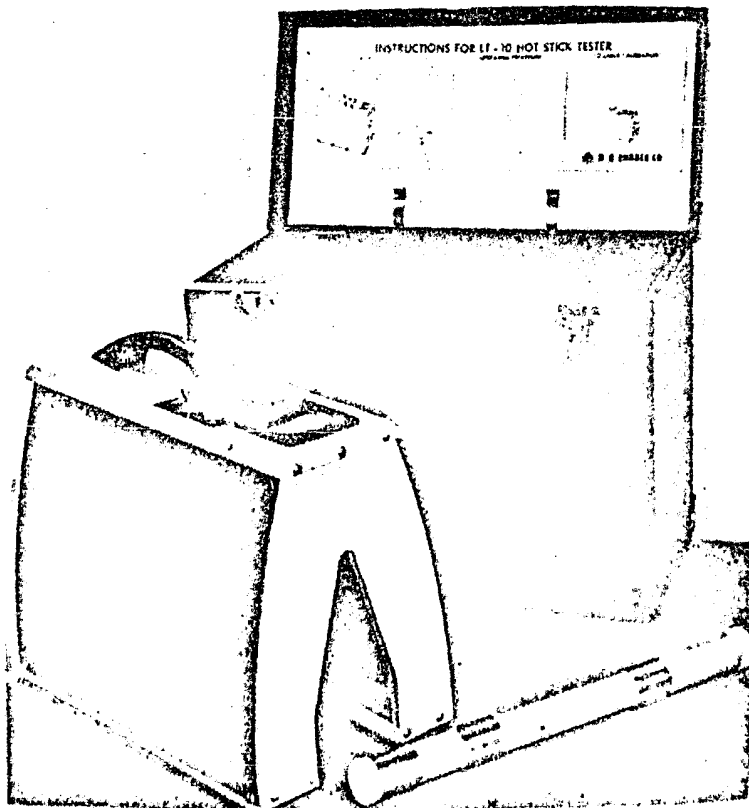


FIGURA No. 119

EL PROBADOR DE PERTIGAS

Para su utilización correcta se recomienda proceder de la manera siguiente:

- Calibrese el probador de pértigas.
- Verifiquese el buen funcionamiento del probador.
- Hagase la prueba de las pértigas.

B) CALIBRACION DEL PROBADOR DE PERTIGAS.

Para la calibración del probador (fig. 120) es necesario seguir la secuencia de pasos siguiente:

- 1º) Coloque el probador sobre una superficie horizontal, plana y aislante. -- En su defecto, sostengalo por el asa.

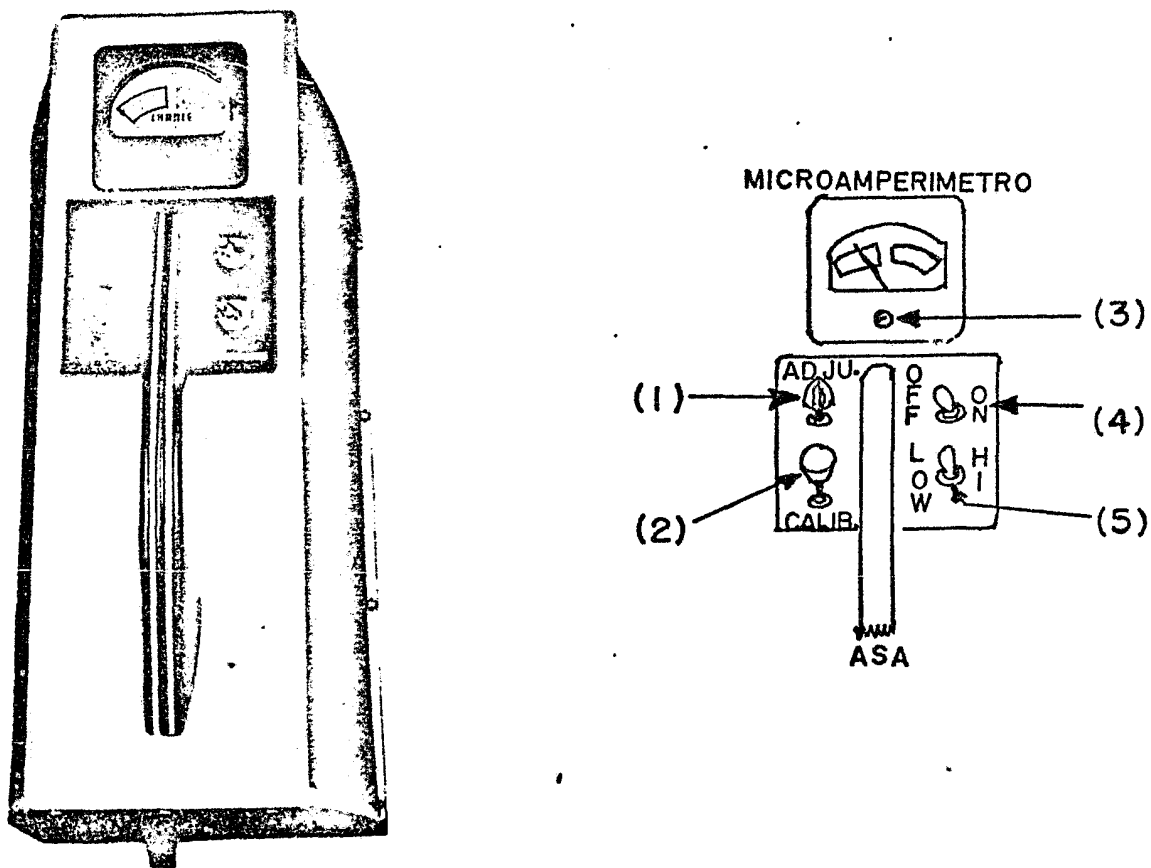


FIGURA No. 120.

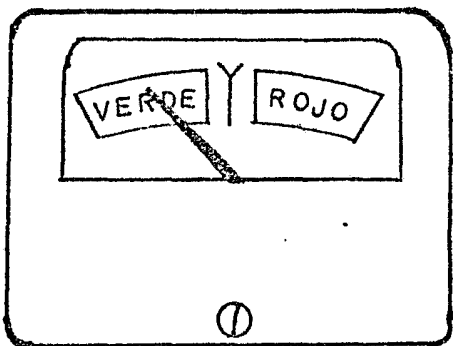
PROBADOR Y RESISTENCIA PATRON

- 2º) Ponga la perilla selectora (5) en la posición " HI " ó en la posición " LO ", según se requiera.

La posición " HI " se recomienda para probar las pértigas que se usarán en líneas de 69 KV ó más. En cambio, la posición " LO " se recomienda para probar las pértigas que se usarán en líneas de menos de 69 KV. --

Cuando se cambie de posición a la perilla (5), el probador deberá ser --nuevamente calibrado en esa posición. Las pértigas de vidrio epoxi, UNICAMENTE SERAN PROBADAS EN LA POSICIÓN " HI " .

- 3º) Gire el botón de ajuste (1) a la izquierda (↶), hasta el tope, para --evitar daños al aparato al conectarlo.
- 4º) Asegurese que el interruptor (4) esta en posición de apagado (OFF).
- 5º) Conecte el cable de alimentación a una fuente de 125 Volts. Si el aparato fuese el LT-11A, se conectaría a 220 Volts.
- 6º) Pase el interruptor (4) a la posición de encendido.
- 7º) Con el tornillo de cero (3), ponga la aguja del microamperimetro (fig.120), en cero.
- 8º) Mantenga oprimido el botón de calibración (2) y a la vez gire lentamente el botón de ajuste (1) a la derecha (↷) hasta que la aguja quede en el centro de la carátula del microamperimetro (fig. 121).



- 9º) Suelte el botón (2), apague el aparato con el interruptor (4) y asegurese que la aguja del microamperimetro regresa a cero.

En estas condiciones el probador ha quedado calibrado.

FIGURA No. 121
CARATULA DEL MICROAMPERIMETRO (6)

C) VERIFICACION DEL PROBADOR PORTATIL

Es necesario asegurarse que el probador no este averiado, para ello la --calibración anterior debe ser verificada con la Resistencia Patrón - -- (fig. 119).

Para ello el liniero debe proceder como sigue:

- 1º) Coloque el probador sobre una superficie horizontal, plana y aislante.
- 2º) calibre el probador con la perilla selectora (5) en la posición III, exclusivamente.
- 3º) Apague y desconecte el probador.

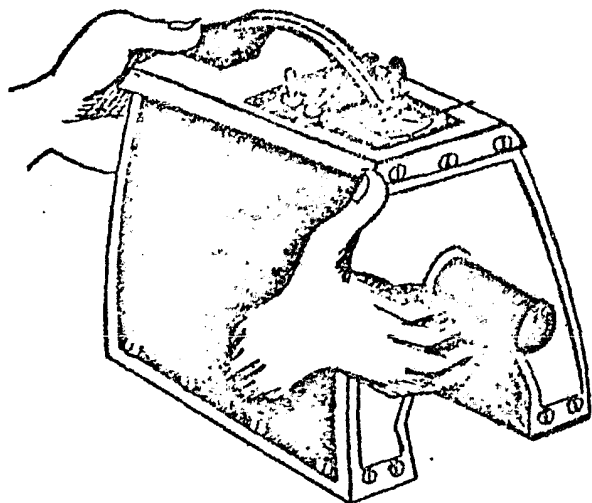


FIGURA No. 122

COLOCACION DE LA RESISTENCIA PATRON

- 4^o) Su ayudante sujetará la resistencia -- patrón contra los electrodos del probador, tomándola por los extremos aislados y teniendo cuidado de que el anillo solo y la etiqueta de la resistencia, - queden del lado del microamperímetro (fig. 122).
- 5^o) Asegurese que el interruptor (4), esta en la posición de apagado.
- 6^o) Conecte el cable de alimentación a 125 Volts.
- 7^o) Pase el interruptor (4), a la posición de ENCENDIDO.
- 8^o) En estas condiciones, la aguja del microamperímetro deberá situarse en - el CENTRO o tener una tolerancia de 1/2 cm hacia uno u otro lado del - centro.
- 9^o) En caso de que la aguja del microamperímetro esté fuera de la tolerancia indicada, deberá apagar y desconectar el probador y proceder a limpiar - con alcohol, los electrodos y los soportes de plástico de esos electro- dos del probador; también limpie con alcohol, la barra de la resistencia patrón.
- 10^o) Vuelva a ajustar el probador y a seguir los pasos indicados para la veri- ficación del probador.
- 11^o) Si a pesar de lo anterior, la aguja del microamperímetro no se sitúa -- dentro de la tolerancia ya explicada, el probador deberá ser reparado. - SE RECOMIENDA NO USAR EL APARATO DURANTE UN DIA LLUVIOSO.
- 12^o) Una vez hecha la verificación con la perilla Selectora (5) en la posición " HI " como única posibilidad, para emplear el aparato en la posición -- " LO ", solamente se requerirá CALIBRARLO en esa posición, pero ya no es necesario verificarlo. Además la Resistencia Patrón solamente se puede - utilizar con la perilla (5) en la posición "HI".

4.4) PRUEBA DE LAS PERTIGAS.

Por razones de seguridad, se probarán las pértigas solamente con un pro- bador previamente CALIBRADO y VERIFICADO su correcto funcionamiento. -- Para probar las pértigas el liniero deberá de proceder de la manera - - siguiente:

- 1º) Coloque la pértiga entre dos soportes de manera que el probador pueda --
montarse sobre ella ó maneje la pértiga y probador como se ilustra - - -
(fig. 123)



FIGURA No. 123

PRUEBA DE LA PERTIGA

- 2º) Asegurese que el interruptor (4) del probador, esté en la posición de --
APAGADO (OFF), para evitar choques eléctricos al conectarlo.
- 3º) Confirme que la perilla selectora (5) del probador, se encuentre en la --
posición en que fue calibrado, para evitar una prueba errada y un posi-
ble accidente al aceptar una pértiga en mal estado.
- 4º) Conecte el cable de alimentación a un contacto de 125 Volts.
- 5º) Introduzca ligeramente el probador en la pértiga y luego pase el interrup-
tor (4) a la posición de ENCENDIDO (ON).
- 6º) Acerque lentamente el probador a la pértiga, cuidando que la aguja del -
microamperímetro (6) NO LLEGUE AL TOPE de su escala, para no dañarlo.
- 7º) Si la aguja del microamperímetro se encuentra en el área ROJA, antes de
tocar los electrodos del probador a la pértiga, indica que el aislamien-
to de la pértiga es muy MALO.
- 8º) Ya con el probador sobre la pértiga, si la aguja señala la región VERDE,
indica que el aislamiento de la pértiga es BUENO. Cuando están muy secas
las pértigas, la aguja del microamperímetro puede desviarse muy ligera-
mente ó no desviarse.

- 9^o) Cuando la aguja del microamperímetro señala la región VERDE pero se acerca al centro, es conveniente girar la pértiga para ver si se obtiene una desviación mayor. Todas las pértigas de 2 a 3 pulgadas de diámetro - debén ser giradas.
- 10^o) Si la aguja señala la región ROJA, la pértiga NO tiene un aislamiento - SEGURO y por ello debe restaurarse mediante el MANTENIMIENTO que corresponda y después debe ser nuevamente PROBADA dicha pértiga.
- 11^o) El aparato probará toda la longitud de la pértiga, tramo por tramo. EVITE DESLIZAR EL PROBADOR sobre la pértiga, para evitar posibles raspaduras.
- 12^o) Las herramientas con vestigios de CARBON deben ser rechazadas.
- 13^o) NUNCA TOQUE LOS ELECTRODOS DEL PROBADOR ENERGIZADO, para lo cual debe -- APAGAR y DESCONECTAR el probador antes de desmontarlo de la pértiga.

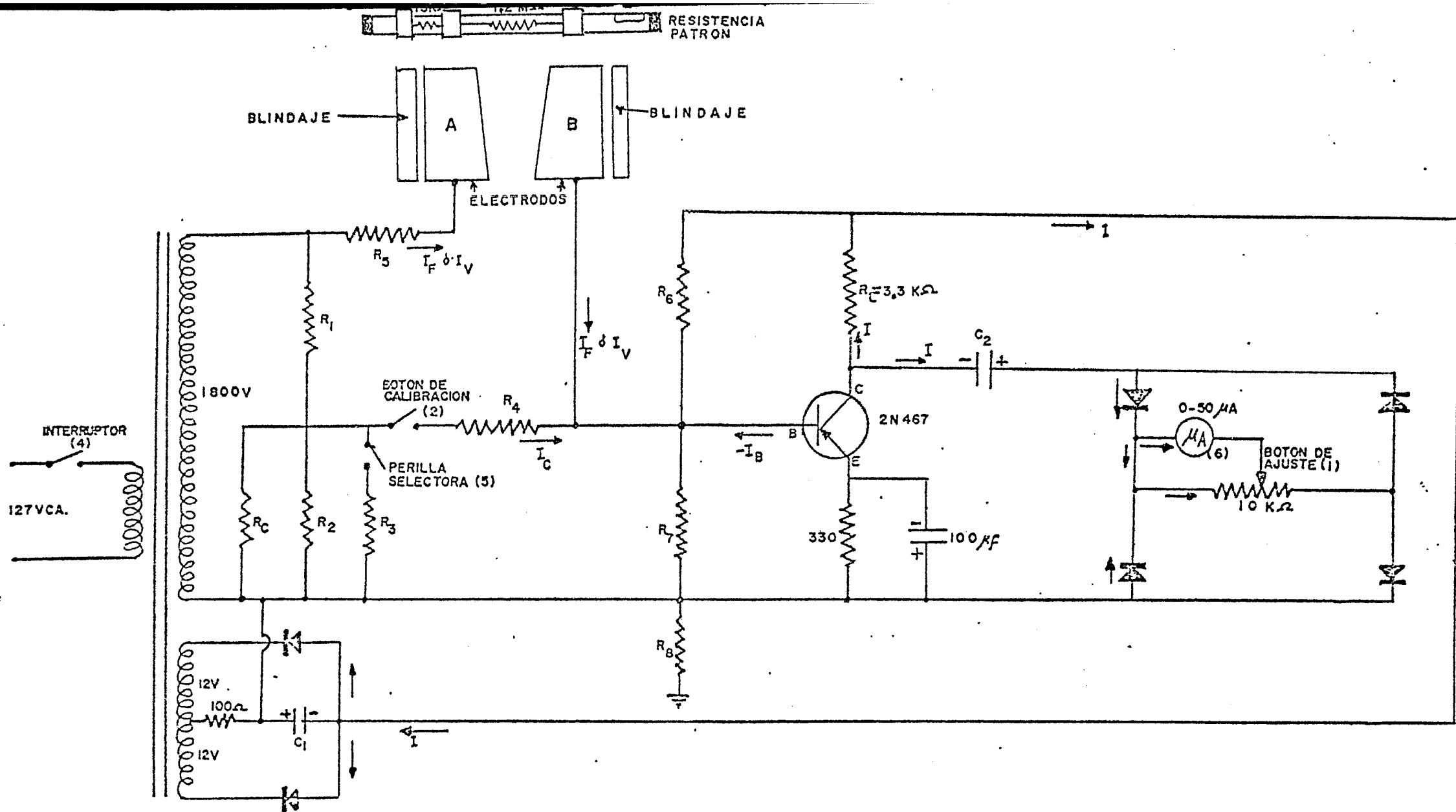
4.5) CIRCUITO ELECTRONICO DEL PROBADOR (Diagrama 124).

El transformador de potencia eleva la tensión eléctrica de 115 Volts a 1800 Volts de corriente alterna de 60 cps; al ser cerrado el interruptor (4). La alta tensión es aplicada a través de las resistencias R_1 Y ($R_C - R_2$), divisoras de la tensión eléctrica.

Cuando el botón de calibración (2) es oprimido, la tensión eléctrica - - aplicada a ($R_C - R_2$), hace pasar por (R_4) la corriente de calibración (I_C), que es amplificada por el transistor (2N 467) y enviada - - - a través de (C_2) al rectificador de onda completa y finalmente al - - microamperímetro (6) para su medición. El potenciómetro con botón de --- ajuste (1), permite calibrar la aguja del microamperímetro que tiene - - escala de 0 - 50 μ Amp, para que indique el centro de la escala, o sea - 25 μ Amp.

Cuando el probador es verificado, el botón de calibración (2) mantiene - desconectada la resistencia (R_4) y por ello la corriente de calibración ahora es nula. La perilla selectora (5) en " HI " determina una división de la alta tensión con ($R_C - R_2 - R_3$) y R_1 , aplicando así una tensión a la RESISTENCIA PATRÓN de 1.2^3 M Ω a través de los electrodos - " A " y " B ". En condiciones normales, esto ocasionará una corriente de verificación (I_V) a través de la resistencia patrón, la que causará una desviación en el microamperímetro (6), igual a la causada por la corriente de calibración (I_C). Esto siempre y cuando (I_V) sea igual a (I_C).

Al probar una pértiga, los electrodos aplicarán la tensión de prueba -- sobre ella, produciéndose una corriente de fuga (I_f), determinada por la resistencia de la sección de la pértiga en prueba. Si la (I_f) - -- resulta menor o igual que la corriente de calibración (I_C), el aparato indicará que la pértiga es aprobada; pero si (I_f) es mayor que (I_C),



- I_C = CORRIENTE DE CALIBRACION
- I_V = CORRIENTE DE VERIFICACION
- I_F = CORRIENTE DE FUGA
- I_B = CORRIENTE DE BASE

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
JORGE GUERRERO BECERRIL

CIRCUITO DEL PROBADOR DE PERTIGAS

MEXICO DF 1983 DIAGRAMA 124

La aguja del microamperímetro (fig. 121) señalará la región ROJA, - - rechazando la pértiga.

Cuando las pértigas son utilizadas en altas tensiones como 115, 230 y 400 KV, se requiere mayor aislamiento de ellas, que cuando se les usa en tensiones de menos de 69 KV. Para ello el probador tiene la perilla selectora (5) de dos posiciones; cuando está en posición " HI ", la -- resistencia (R_3) es conectada en paralelo con (R_2) y (R_c), lo que reduce la tensión para ($R_1 - R_2 - R_3$), disminuyendo también la corriente de calibración (I_c) y haciendo más sensible el aparato para rechazar las pértigas con bajo aislamiento.

La resistencia (R_5) limita la corriente a valores seguros para evitar choques eléctricos peligrosos, evita sobrecargas al transformador, evita sobrecargas al amplificador y permite una caída de tensión para una calibración normal.

El transistor (2 N 467) cuenta con sus resistencias (R_6) y (R_7) - que lo polarizan junto con la resistencia de 330Ω , capacitor de -- $100 \mu f$ y resistencia de $3.3 K\Omega$. Dos diodos de germanio y un capacitor (C_1) aplanador de onda, forman parte del rectificador de onda completa que suministra la corriente directa al amplificador (2 N 467).

La resistencia (R_8) evita una lectura cero en caso de corto circuito - entre los electrodos y sus blindajes.

El capacitor de acoplamiento (C_2) permite el paso de corriente alterna proporcional a la de fuga, al rectificador de onda completa de 4 diodos y al microamperímetro, para su medición.

La resistencia patrón de $13 K\Omega$ que se conecta entre el electrodo " A " y el blindaje, junto con (R_5), reducen la tensión del electrodo " A ".

De no existir los blindajes de los electrodos, al poner las manos en la pértiga cerca de la sección probada, causaría dispersión del campo eléctrico afectando la lectura.

Puesto que el probador únicamente compara la corriente de fuga (I_f) -- con la corriente de calibración (I_c), la exactitud del microamperímetro y del amplificador, no es importante.

5.- REPARACIONES DE LAS PERTIGAS DE VIDRIO EPOXI

Los trabajos de mantenimiento que se pueden hacer en las propias herramientas, son los siguientes:

5.1) Lavado de las pértigas.

5.2) Restauración del brillo de pértigas de vidrio epoxi.

- 5.3) Reparación de raspaduras del cuerpo aislante.
- 5.4) Eliminación de la carbonización del cuerpo aislante.
- 5.5) Recuperación de herrajes.
- 5.6) Cambio de herrajes.

5.1) LAVADO DE LAS PERTIGAS DE VIDRIO EPOXI.

Cada seis meses, o más a menudo si las pértigas se han contaminado notablemente, será necesario lavarlas con una solución de agua fuertemente detergente, lo cual casi siempre resulta suficiente para dejar limpias a las pértigas de vidrio epoxi.

En caso de no eliminarse de la pértiga, todas las materias extrañas, - - deberá lavarse con ACETONA ó con GASOLINA BLANCA, lo cual deberá hacerse en local ventilado para evitar la contaminación del ambiente y la posible intoxicación de las personas que ejecuten el trabajo.

Si la pértiga de vidrio epoxi se ha dejado a la intemperie, en constante uso o almacenadas, deberán limpiarse a mas tardar CADA 6 MESES y - - despues pulirse con el BARNIZ PARA VIDRIO EPOXI (fig. 125).

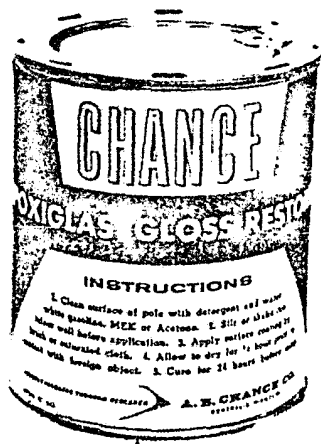


FIGURA No. 125
BARNIZ PARA VIDRIO EPOXI

5.2) RESTAURACION DEL BRILLO DE PERTIGAS DE VIDRIO EPOXI.

Después de reparar las pértigas de vidrio epoxi o de lavarlas, debe recuperarse el brillo original, en la forma siguiente:

- 1º) Si la pértiga fue reparada, lavela como se indica en (5.1).
- 2º) Agite el bote de barniz para vidrio epoxi (fig. 125).

- 3º) Con una brocha, gasa, o con un trapo de algodón (fig. 126') impregnado con barniz, aplique una capa delgada sobre la superficie de la pértiga, de manera rápida y vigorosa para que la capa sea delgada.

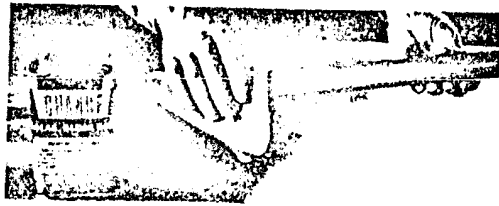


FIGURA No. 126
APLICACION DEL BARNIZ

- 4º) Evite el contacto de objetos extraños con la pértiga durante 30 minutos, incluyendo las manos.
- 5º) La pértiga debe secarse durante 24 horas para poderla usar luciendo nuevamente brillante.

5.3) REPARACION DE RASPADURAS DEL CUERPO AISLANTE.

Las raspaduras sobre las pértigas de vidrio epoxi, se detectan a simple vista y para su reparación se recomienda que el liniero proceda, de la manera siguiente:

- 1º) Retire las fibras de vidrio dañadas con una navaja.
- 2º) Lave el área dañada con acetona o gasolina blanca.

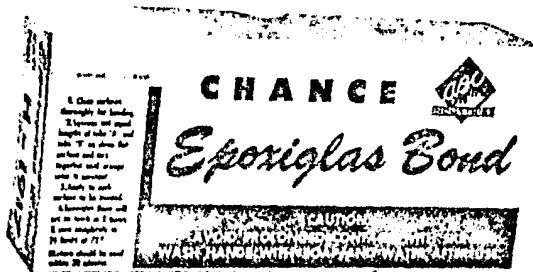


FIGURA No. 127
CEMENTO PARA VIDRIO EPOXI

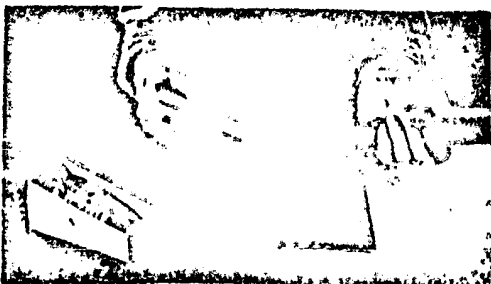


FIGURA No. 128
APLICACION DEL CEMENTO

- 3º) Prepare el cemento para vidrio epoxi (fig. 127), mezclando partes iguales de la resina epoxi y del endurecedor, hasta que el color naranja se vea uniforme. Evite el contacto del cemento con la piel y en caso contrario lavesé las manos con agua y jabón.

- 4º) Aplique el cemento para vidrio epoxi en el área dañada, con una paleta (fig. 128). La aplicación debe ser antes de 20 minutos después de haber preparado el cemento, para evitar que endurezca.

- 5º) Con una cinta adhesiva transparente (scotch), bien tensa, envuelva la pértiga en el área dañada para hacer que la superficie quede lisa y - - cilíndrica.
- 6º) El cemento seca en 2 horas y tarda en fraguar 48 horas. Después de 2 - - horas retire la cinta adhesiva, pule la superficie con lija de madera -- fina de (6/0) hasta eliminar toda aspereza.
- 7º) Aplique dos ó tres manos de barniz (fig. 126), dejando secar durante - 30 minutos entre cada mano.
- 8º) Cuelgue la pértiga verticalmente, a 25°C durante 24 horas y después - -- pruebe su aislamiento antes de usarla.

La arena lanzada por el viento sobre las pértigas de vidrio epoxi, causan - - manchas ligeras que no alteran sus propiedades electromecánicas. Por ello no hay necesidad de repararlas mientras no aparezcan raspaduras o carbonización.

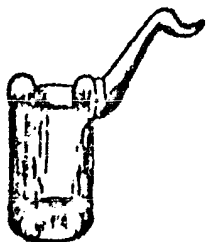
5.4) ELIMINACION DE LA CARBONIZACION DEL CUERPO AISLANTE.

- 1º) Con una navaja retire la carbonización totalmente. En caso de haber resultado dañadas todas las fibras de vidrio, no se recomienda la reparación. La pértiga debe ser eliminada.
- 2º) En caso de que la carbonización no haya dañado todas las fibras de vidrio, proceda igual que en la " Reparación de Raspaduras ".

5.5) RECUPERACION DE HERRAJES.

Este trabajo se requiere al romperse una pértiga de la cual es posible - aprovechar una sección de la misma. Para ello el herraje de la sección inservible, debe ensamblarse a la sección aprovechable.

- 1º) Con un punzón quite los remaches del herraje recuperable.
- 2º) Con una segueta corte la pértiga cerca del herraje recuperable.
- 3º) Empareje el extremo de la sección aprovechable de la pértiga.



- 4º) Retire del herraje recuperado (fig. 129) , - todos los residuos y cemento, calentandolo entre 150°C y 200°C, para no dañarlo.

FIGURA No. 129
HERRAJE RECUPERADO

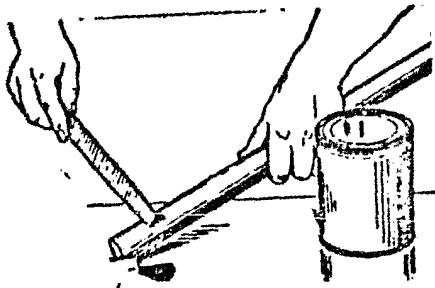


FIGURA No. 130-
RASPADO Y RANURA

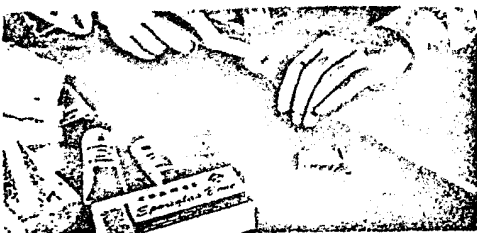


FIGURA No. 131
APLICACION DEL CEMENTO

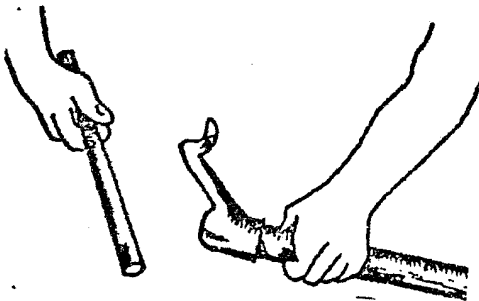


FIGURA No. 132
ENSAMBLE DEL HERRAJE

- 5º) Raspe la superficie del extremo aprovechable con una longitud igual a la profundidad del herraje recuperado (fig.130).
- 6º) Haga 3 ó 4 ranuras longitudinales en el área raspada, para facilitar la salida del aire y exceso de cemento, al introducir el herraje.
- 7º) Aplique una capa de cemento de 1.5 a 3 mm de espesor, en el área raspada, en la sección transversal para tapar el núcleo de polietileno y en el interior del herraje (fig. 131).
- 8º) Ensamble el herraje en la sección aprovechable (fig. 132), con ligeros golpecitos o a presión. Evite usar martillo metálico para no dañar el herraje.
- 9º) Retire el exceso de cemento expulsado del interior del herraje.
- 10º) Antes que endurezca el cemento, haga los agujeros en la pértiga, guiándose con los agujeros del herraje, procurando no agrandarlos. Hay herrajes que no requieren remaches.

11º) Coloque nuevos remaches iguales a los originales y con una lima fina -- pule las cabezas de ellos.

12º) Después de 48 horas que tarda en fraguar el cemento, la pértiga se podrá utilizar nuevamente.

5.6) CAMBIO DE HERRAJES.

Nunca se recomienda soldar los herrajes rotos de las pértigas, ya que se altera el tratamiento térmico del aluminio y lo debilita, pudiendo fallar durante el trabajo normal.

Por lo anterior es preferible cambiar los herrajes dañados por uno nuevo, para ello debe procederse de manera idéntica a la " Recuperación de Herrajes " .

CAPITULO

CUARTO

REGLAS DE SEGURIDAD

CAPITULO CUARTO

REGLAS DE SEGURIDAD

I.- GENERALIDADES .

La SEGURIDAD es la actividad que tiene por objetivo la prevención de los accidentes, mediante el control de las causas que los producen. Vela por la vida e integridad física del trabajador y protege las instalaciones de la empresa, -- reduciendo con ello el dolor humano y los daños materiales.

Un ACCIDENTE es la interrupción de un proceso, no planeado ni deseado. Las causas de los accidentes son las siguientes:

- 1.- RIESGOS HEREDADOS, tales como agresividad, timidez, nerviosismo, rebeldia, indiferencias, etc.
- 2.- FALLAS DE PERSONA, tales como alcoholismo, drogadicción, etc.
- 3.- ACTOS INSEGUROS, tales como emplear métodos peligrosos de trabajo, no usar el equipo de protección, trabajar enfermo, no revisar su equipo de trabajo, acercarse demasiado a los conductores energizados, etc.
- 4.- CONDICIONES INSEGURAS, tales como usar herramientas en mal estado, orden mal dada, orden mal recibida, falta de equipo de protección personal, estructura en mal estado, desorden de las herramientas, falta de autoridad, etc.

Las causas anteriores pueden motivar accidentes con lesión o sin lesión. Una lesión es todo daño corporal o traumático de la persona.

Las estadísticas de los accidentes al nivel de países y de industrias, demuestran que el 98% de los accidentes ocurridos se deben a fallas humanas y solamente el 2% se deben a hechos fuera del control del hombre. Las fallas humanas se especifican así:

El 85% de los accidentes se deben a Actos Inseguros.

El 13% de los accidentes se deben a Condiciones Inseguras.

Los Actos Inseguros se deben a lo siguiente:

- a) Las personas no saben hacer su trabajo. Se corrige con Capacitación y -- Adiestramiento.

- b) Las personas no pueden hacer su trabajo. Se corrige con el reacomodo donde el personal resulte diestro.
- c) Las personas no quieren hacer su trabajo. Se puede corregir con el convencimiento que en ocasiones es muy difícil, por lo cual cobra importancia la -- selección adecuada del personal.

Las Condiciones Inseguras principalmente se deben a riesgos que presenta el -- trabajo, lo cual se corrige eliminando el riesgo o resguardando los puntos de peligro o protegiendo al personal.

Por lo que se refiere al Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, los - accidentes ocurridos en C. F. E. han sido muy pocos, dos de ellos por caída de objetos desde la torre y otro de ellos al cambiar un poste de madera.

Trabajar en líneas energizadas ha resultado mas seguro que trabajar en líneas desenergizadas, que accidentalmente se han energizado mientras se trabaja en ellas.

En general el liniero que trabaja en líneas energizadas, conciente del peligro existente, se conduce con mayor precaución y respeta las reglas de seguridad.

II.- EL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

1.- LA ROPA DE TRABAJO.

La camisola debe mantenerse siempre bien abotonada en el frente y las mangas y también debe usarse fajada dentro del pantalón. Esto evita posibles atoro- nes con las herramientas y con la estructura.

El pantalón debe tener botones en lugar de cierre metálico, lo que favorecería la conducción eléctrica.

En general debe evitarse el uso de ropa con partes que caigan sueltas, como -- mangas, corbata, camisola. Debe evitarse también el uso de relojes, llaves, -- anillos, pulseras, cadenas y en general las prendas de metal.

2.- EL CASCO DIELECTRICO.

En líneas energizadas se prefiere el casco de cachucha en lugar del tipo som- brero, porque es comodo para ver hacia arriba debido a la ausencia de aleta en la nuca.

El casco dieléctrico, no contiene partes metálicas y soporta desde 2.2 hasta 30 KV, dependiendo del fabricante. El peso no debe exceder de 477 g.

Además de la protección eléctrica, el casco protege contra impactos causados por caída de objetos pequeños, tales como tornillos, tuercas, pernos, acceso- rios de pértigas universales, desarmadores, pinzas, etc.

El casco cuenta con una suspensión apoyada en la coraza, debiendo haber una - separación entre ambos de 3.2 cm (1 1/4 "). La " Coraza " (fig. 1) absor- be parte del impacto causado por el objeto al caer y la " Suspensión " absor- be la mayor parte del impacto. De esta manera el impacto transmitido a la - - cabeza y a la columna vertebral, estará dentro de los límites admisibles.

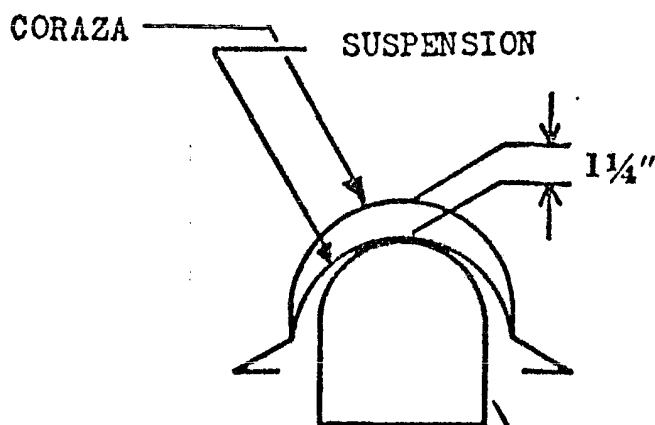


FIGURA No. 1

EL CASCO DIELECTRICO

La suspensión de polietileno es resistente, no se pudre con el sudor y permite lavarse con agua y jabón. Es importante cuidar la separación indicada (fig.1) entre la suspensión y la coraza, así como desechar cualquier suspensión en mal estado.

El cuerpo humano resiste de 380 a 410 Kg sobre la cabeza antes de romper la columna vertebral o el cuello, lo que provocaría la muerte instantánea. La suspensión puede evitar la transmisión de fuerzas peligrosas a la columna vertebral, dentro de límites razonables.

Se recomienda el uso del barboquejo (fig. 2) debido a que evita la caída del casco hacia atrás.

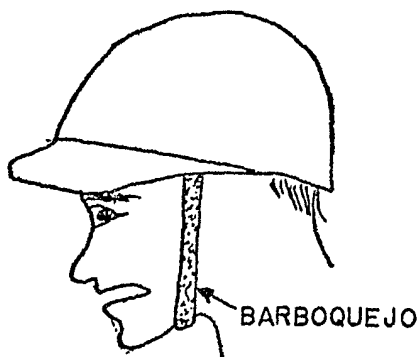


FIGURA No. 2

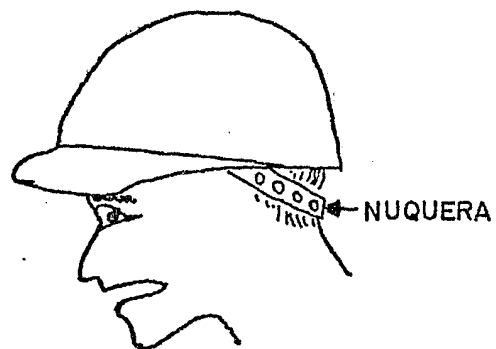


FIGURA No. 3

La nuquera (fig. 3) evita la caída del casco hacia adelante. Para sujetar debidamente el casco, debe usarse el barboquejo y la nuquera.

3.- LOS LENTES DE SEGURIDAD.

Los Lentes de Seguridad protegen al liniero contra deslumbramientos producidos por el sol y contra posibles impactos causados por objetos pequeños al caer, tales como chavetas, pernos, accesorios de pértigas, etc.

Para lo anterior deben ser opacos y endurecidos.

4.- LOS GUANTES DE PIEL.

Deben usarse Guantes de Piel para prevenir heridas en las manos al subir una estructura, causadas por astillas, clavos, puntas de alambre, anuncios de latón, etc. No se requieren durante la manipulación de las pértigas de vidrio epoxi y además se recomienda no usarlos para que en caso de fallas incipientes de las pértigas, el liniero sienta la corriente de fuga y deseche la pértiga a tiempo.

5.- EL CALZADO DIELECTRICO.

Las botas dieléctricas ofrecen ciertas características aislantes debido a que su construcción carece de partes metálicas. Debido al polvo, agua, desgaste, no ofrecen un aislamiento muy elevado.

Debe evitarse el uso de cordones largos, que pueden causar caídas y también el uso de tacones y suelas muy gastados.

6.- EL CINTURON DE SEGURIDAD.

Consta de una tira ancha acojinada con hebilla y lengüeta en sus extremos. La sección acojinada cuenta con anillos " D " en sus extremos y con bucles a lo largo de ella para colgar herramientas de mano (fig. 4).

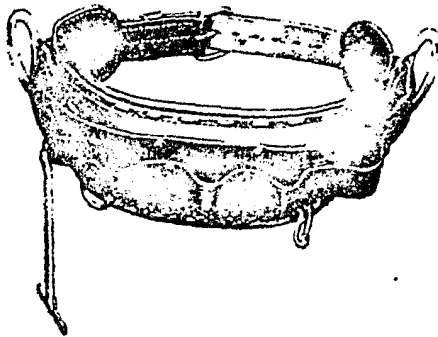


FIGURA No. 4

EL CINTURON DE SEGURIDAD

Tradicionalmente en C. F. E. se usaban cinturones de cuero de 5 cm de ancho, que resultaban incómodos para el liniero que tiene que permanecer mucho tiempo apoyado de su cinturón. Actualmente los linieros usan cinturones de nylon de 14 cm de ancho, acojinados, mas cómodos y además ese material no se reseca ni agrieta, lo cual era peligroso en el cuero. El cinturón ancho y acojinado, reduce la fatiga y el dolor muscular en el liniero.

Se recomienda no usar bucles para colgar herramientas en un espacio de 5 cm a ambos lados de la columna vertebral, pues en caso de una caída puede lesionarse con dichas herramientas. Por costumbre en líneas energizadas, no se usa ningún bucle.

Los cuidados y mantenimiento, son los mismos que se describen para las bandolas de seguridad.

7.- LA BANDOLA DE SEGURIDAD.

Tiene una longitud entre ganchos de 1.5 a 2.3 m por 5 cm de ancho y debe soportar una tensión mecánica de rotura de 340 Kg como mínimo.

La función de la bandola de seguridad (fig. 5), es sostener al liniero por

la cintura, conjuntamente con el cinturón de seguridad, cuando se encuentra parado en la estructura, permitiéndole tener las manos libres.

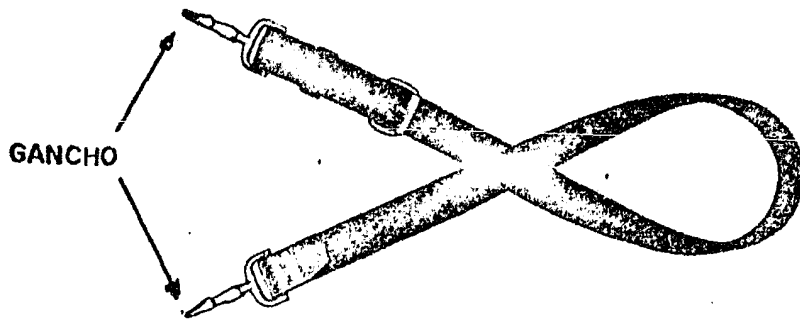


FIGURA No. 5

LA BANDOLA DE SEGURIDAD

Los ganchos tienen trinquetes que impiden que salgan accidentalmente de sus apoyos. Si las muelles se aflojan, se debilitan o se gastan, debe desechar -- esos ganchos.

La bandola de nylon, tiene una resistencia de ruptura de 907 Kg pesa 1.7 Kg, es flexible, durable e impregnada con neopreno resiste el ataque de aceites y creosota. Debido a estas características, estas bandolas se prefieren a las -- de otros materiales.

Los cinturones y bandolas de cuero, se resecan y se vuelven quebradizos, por ello al advertir cualquier grieta, corte ó desgaste excesivo, deben desechar -- se. Al trabajar en postes de concreto, la abrasión sobre la bandola es mas -- severa, por lo que debe hacerse inspecciones mas frecuentes para evitar usar una bandola que se adelgace demasiado.

Al inspeccionar los cinturones y bandolas, el liniero debe buscar costuras -- rotas, remaches sueltos; hebillas, ganchos ó broches gastados.

Durante el transporte, el liniero debe evitar que su cinturón y bandola sufran daños causados por otras herramientas y materiales metálicos con filos y pun-- tas.

8.- EL EQUIPO PARA ASCENDER.

En los trabajos de mantenimiento preventivo de líneas energizadas, debe haber libertad para que el liniero ascienda en postes de madera, con lo que se sien-- ta mas seguro, con mancas o con espuelas. Para subir en las torres metálicas no se requiere equipo debido a que esas estructuras cuentan con pernos a mane-- ra de escalones, para el ascenso.

8.1.- LAS MANEAS (fig. 6), se pueden hacer de henequen, de polipropileno, -- de polietileno, etc. Se usan en cualquier tipo de poste ya sea de made-- ra, fierro ó concreto. En igualdad de habilidad en el uso de espuelas -- y meneas, se recomienda el uso de estas últimas.

El ascenso con maneas es seguro pero algo lento, lo cual no es muy importante pues se prefiere la seguridad y no la velocidad.

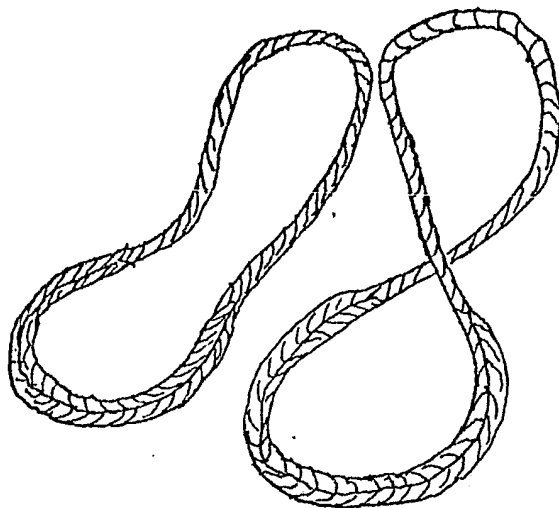


FIGURA No. 6
LAS MANEAS

8.2- LAS ESPUELAS (fig. 7), son el medio mas rápido para ascender en postes de madera, brindan la facilidad para librar obstaculos durante el ascenso, pero esta limitado su uso a postes de madera al que pican demasiado y lo astillan. También representan un grave riesgo de caída, cuando sus garfios carecen de filo o cuando el liniero no es diestro en su empleo.

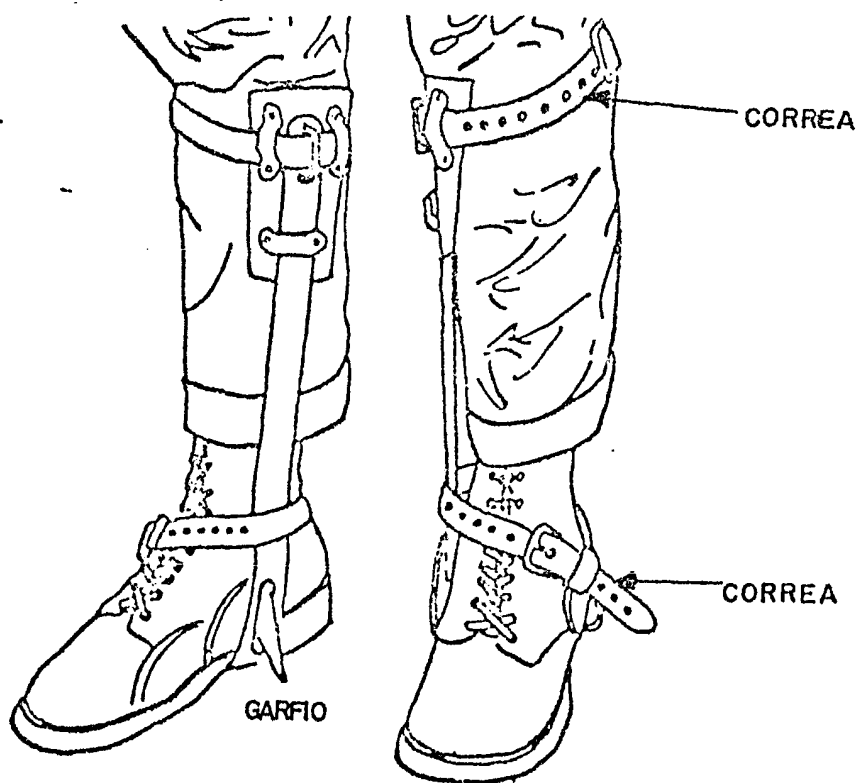


FIGURA No. 7
LAS ESPUELAS

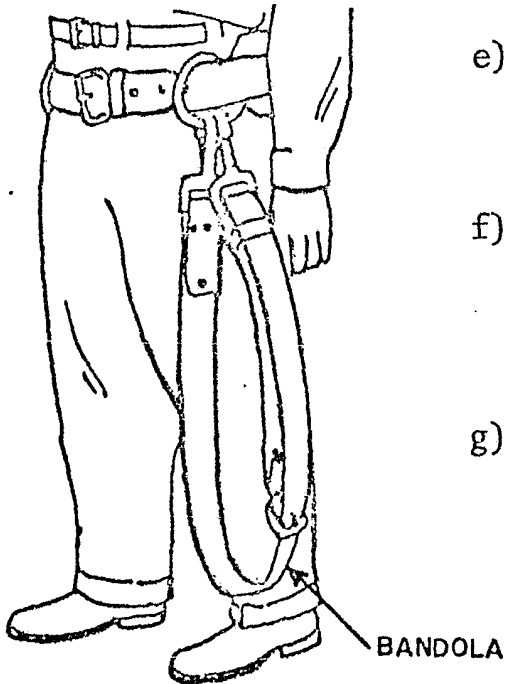
Las correas de las espuelas deben ser atendidas con los mismos cuidados que los cinturones y bandolas. No debe caminar el liniero con las

espuelas puestas, ni tampoco viajar con ellas.

9.- LOS PREPARATIVOS PARA EL ASCENSO.

Antes de subir a un poste de madera, el liniero debe hacer lo siguiente:

- a) Con un martillo golpee el poste a diferentes alturas, donde suene hueco - indica el mal estado del poste.
- b) Escarbe unos 20 cm alrededor del poste y luego trate de introducir un desarmador. En caso de que el desarmador se introduzca con facilidad en el poste, indica que está en mal estado, podrido.
- c) En caso de que el poste se encuentre en mal estado y deba subir en él, -- asegúrelo con tres vientos a 120° . No use las picas como puntales, ya que no resisten.
- d) En caso de que el poste este ligeramente inclinado, ascienda por el lado - contrario a la inclinación.



- e) Antes de subir, deberá tener la responsabilidad de revisar su equipo. Su casco deberá - - usarlo con barboquejo y nuguera.
- f) Los seguros de los ganchos de la bandola - - (fig. 8) deberán orientarse hacia lados con - trarios, en el anillo " D " izquierdo del - - cinturón del liniero derecho.
- g) Si se prepara para subir a una torre, la bandola deberá llevarla sobre el hombro, a fin - de evitar que se atore en los pernos que sirven para ascender.

FIGURA No. 8

LA BANDOLA

10.- EL ASCENSO A LA ESTRUCTURA.

10.1- ASCENSO CON MÀNEAS.

- a) Cuide que las manecas en cada paso aprieten bien en el poste, para - evitar que resbalen, especialmente en postes muy lisos.

- b) Deberá usar guantes de piel para evitar heridas en las manos.
- c) Al pasar obstaculos, tales como contravientos, retenidas y crucetas, debe embandolarse antes de retirar del poste manea por manea, evitando una posible caída.

10.2-ASCENSO CON ESPUELAS:

- a) No camine demasiado con las espuelas puestas, ya que puede herirse -- y maltratar los garfios contra piedras del piso.
- b) Durante el ascenso mantenga la cadera, hombros y rodillas, separados del poste.
- c) Procure que mientras sube en cada paso los garfios vayan rozando el -- poste. En caso de resbalar una espuela, la otra automáticamente se -- clavará en el poste, evitando la caída.
- d) Mientras sube, observe el poste, evitando poner los garfios en clavos, nudos, agujeros, etc.

11.- LA POSICION DE TRABAJO.

Para asumir la posición de trabajo, se recomienda que el liniero proceda de la manera siguiente:

- 1) Embandolense antes de pararse sobre las maneadas.
- 2) Parese sobre las dos maneadas cruzadas para evitar que resbalen sus pies. -- Además dos maneadas resisten mas que una.
- 3) Si usa espuelas, parese firmemente en el poste y despues procederá a embandolarse como se ilustra (fig. 9).

Los dos seguros de los ganchos deben quedar orientados hacia afuera para -- impedir que la presión del cinturón safe los ganchos. La bandola debe quedar sin torceduras, el rodillo y perno de la hebilla deberán quedar hacia afuera del poste. Nunca se confie en el sonar del seguro del gancho " Click ", ni -- del sentido del tacto, sino que debe ver que el gancho queda asegurado en el anillo " D " correspondiente.

- 4) Al desembandolarse, evite dejar caer el extremo que desengancha para -- evitar la posibilidad de golpear al compañero que esta en el nivel inferior.

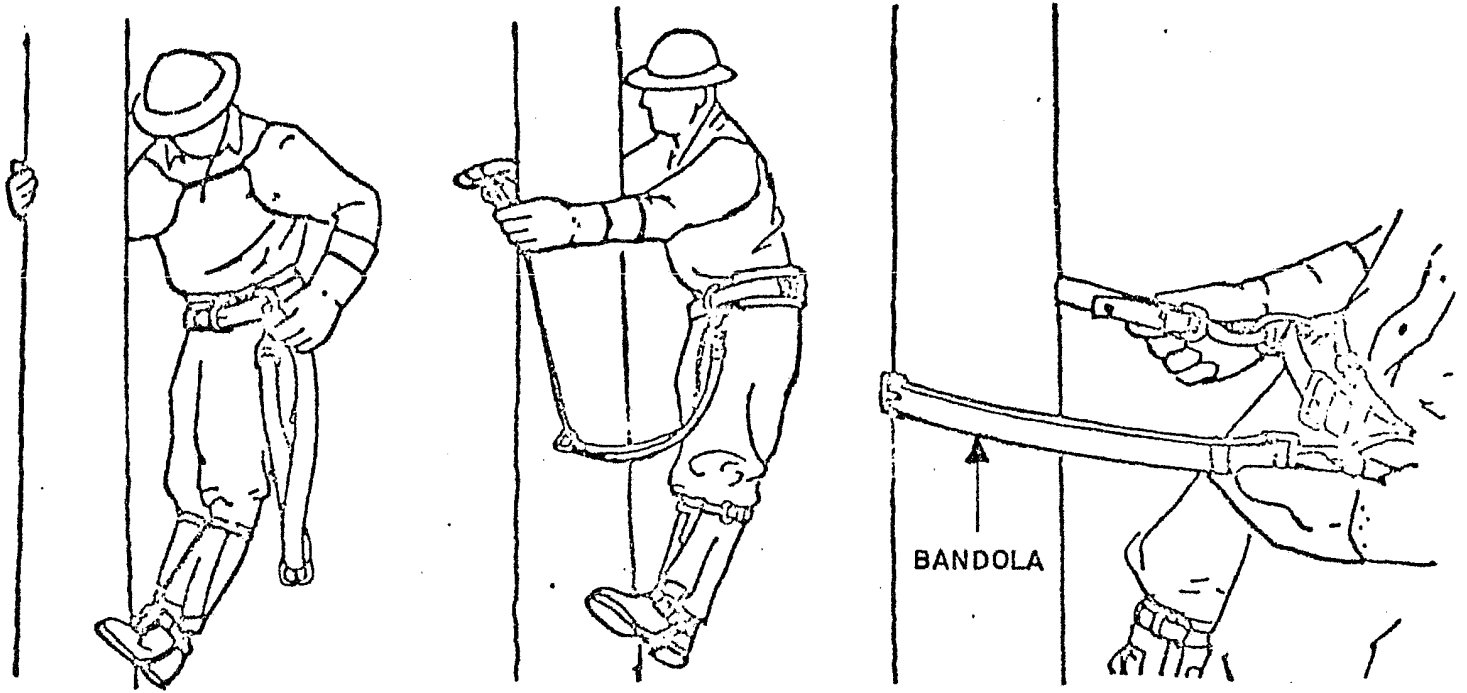


FIGURA No. 9
PROCEDIMIENTO PARA EMBANDOLARSE

III.- L A S A R E A S E N E L P I S O .

Con objeto de evitar accidentes por caída de objetos, se deben respetar las áreas siguientes:

1.- AREA DE PELIGRO.

Comprende el espacio debajo de los conductores donde se trabaja y además un círculo de radio igual a un tercio de la altura del punto de trabajo.

El área de peligro, normalmente debe permanecer despejada, para que en caso de caer el conductor, los aisladores ó alguna herramienta, no lesione a los ayudantes.

Los ayudantes para entrar al área de peligro, deben avisar a los linieros - quienes al autorizar será porque están seguros de que no hay peligro de que caiga algún objeto.

2.- AREA DE TRABAJO.

Esta área puede tener una amplitud entre 3 y 10 m, rodeando el área de peligro. En este espacio los ayudantes tendrán las herramientas dispuestas en -- los tripies, manipularán la soga de mano para subir y bajar las herramientas, etc. Este espacio debe estar libre de obstáculos que dificulten el trabajo de los ayudantes y del cabo.

3.- AREA DE OBSERVACION.

Estará definida por el espacio disponible alrededor del área de trabajo y se destina al personal que por necesidades de aprendizaje deben observar los -- trabajos y también para observadores por curiosidad.

Todos los observadores deben guardar silencio para evitar confusiones o imposibilidad de comunicación entre la cuadrilla.

Cuando se trabaje en lugares poblados, es necesario acordonar el área de trabajo para evitar que sea invadida. El área de peligro es conveniente limitar la con rayas de cal en el piso, conos o con otras soluciones disponibles.

IV.- LA SEGURIDAD DE LA CUADRILLA.

Muchos de los accidentes ocurridos al personal que labora en líneas desenergizadas, han sido durante el ascenso, ubicación arriba de la estructura, - - cambio de lugar y descenso de esas estructuras . Esos accidentes pudieron ser evitados si hubiera concurrido lo siguiente:

- Un equipo de trabajo adecuado, usado correctamente y con mantenimiento oportuno.
- Una consideración mas justa del estado de la estructura y del estado del -- equipo de protección personal.

La cuadrilla debe entonces, estar conciente que no es excusa ignorar las reglas de seguridad para justificar un accidente. Por lo anterior la cuadrilla ademas de conocer las características, limitaciones y uso correcto del -- equipo, debe tener presente las reglas de seguridad que deben regir su conducta, así como sus responsabilidades antes y durante el trabajo de mantenimiento preventivo de Líneas Energizadas.

1.- CONDUCTA ANTES DEL TRABAJO.

El día anterior al trabajo, toda la cuadrilla debe abstenerse de ingerir bebidas embriagantes y no trasnochar. Con esto, la cuadrilla dispondrá de sus - - plenas facultades físicas y mentales, que les permitirá actuar con lucidez en cualquier momento del trabajo.

Ademas en el caso de una remota electrocución, el alcohol en la sangre sería una lamentable desventaja.

2.- CONDUCTA DURANTE EL TRABAJO.

Ningun miembro de la cuadrilla podrá fumar durante el trabajo, tampoco tomar alimentos, ni masticar chicle o tabaco. En caso de un choque eléctrico, la -- aplicación de los primeros auxilios a la victima, se dificultará mucho sin -- esta conducta.

La cuadrilla no podrá bromear, ni platicar durante el trabajo, para evitar -- confusiones. Se debe procurar que haya silencio, facilitando la comunicación entre ellos en cualquier momento. En torres muy altas, es recomendable un - - medio de comunicación electrónico, entre el personal de arriba de la torre y el personal del piso, especialmente en alturas de 30 a 40 m y con viento; el medio puede ser un megáfono ó radio portatil

El trabajo debe hacerse con seguridad, aun cuando tome mas tiempo, ya que -- nunca ha sido buena práctica omitir precauciones por apresuramientos.

3.- RESPONSABILIDADES DEL JEFE DE LA CUADRILLA (CABO).

- 3.1- EL CABO, no permitirá trabajar a ningun miembro de la cuadrilla que no este apto para hacerlo a causa de enfermedad, excesiva preocupación, alcohol ó por cualesquiera otro motivo.
- 3.2- El cabo será la única persona facultada para dirigir las maniobras, debiendo estar siempre atento a ellas. En caso de duda, el criterio del cabo debe prevalecer, evitando asi la discusión y confusión.
- 3.3- Si el cabo tiene la necesidad de retirarse de la maniobra, ésta debe suspenderse, para continuarla a su regreso bajo su acción directiva y vigilante.
- 3.4- El cabo debe conocer plénamente lo siguiente:
 - a) Las herramientas, su almacenamiento, transporte, manipulación, características, limitaciones, pruebas y reparaciones.
 - b) Los métodos de trabajo y su aplicación correcta.
 - c) Las líneas bajo su cuidado, su tensión eléctrica, potencia; tipo, calibre y peso de los conductores; claros y tensiones mecánicas de los conductores; limitaciones de las estructuras; interconexiones, etc.
 - d) La administración de primeros auxilios, tal como respiración artificial de boca a boca, masaje cardiaco a pecho cerrado, contención de hemorragias, tratamiento del estado de choque, rescate de accidentados, etc.
- 3.5- Estar atento acerca de la capacidad y condición física y mental de cada miembro de su cuadrilla.

4.- RESPONSABILIDADES DE LOS LINIEROS.

- 4.1- Mantener las distancias seguras a los conductores energizados y emplear las longitudes correctas de pértigas de acuerdo a la tensión eléctrica de la línea.
- 4.2- Nunca someter a esfuerzos mecánicos excesivos a las pértigas.
- 4.3- Al cambiar de posición de trabajo arriba de la estructura, debe verificar a su alrededor que no hay obstaculos.
- 4.4- Evitar colocar las herramientas en la estructura, de modo que puedan caer.

- 4.5- No deben usar guantes de hule, que les impediría sentir a tiempo la corriente de fuga de las pértigas cuando aun no es peligrosa.
- 4.6- Nunca tirar ninguna herramienta aun siendo de hule, todo debe ser bajado por la sogá de mano.
- 4.7- Mantener su equipo en óptimas condiciones de trabajo.
- 4.8- Al mover un conductor energizado, cuidar que no se acerque peligrosamente a árboles u otros objetos.
- 4.9- Asegurarse que las herramientas sujetan firmemente al conductor y se apoyan correctamente de la estructura, antes de transferirles las cargas mecánicas.

5.- RESPONSABILIDADES DE LOS AYUDANTES.

- 5.1- Conservar los cables limpios y secos en recipientes adecuados, evitando ponerlos en contacto con tierra. De manera especial la sogá de mano.
- 5.2- La sogá de mano (cable), no debe ser arrastrada en el piso, ni deslizarla contra superficies asperas o con filos.
- 5.3- No acercar la sogá de mano a los conductores energizados.
- 5.4- Subir las pértigas amarradas en ambos extremos, para evitar que sean golpeadas contra la estructura. La pértiga de madera con la mas leve raspadura, debe ser retirada.
- 5.5- Mantenerse atentos en todo momento en el desarrollo del trabajo y no subir ninguna herramienta sin previa solicitud de los linieros o del Jefe de la Cuadrilla.

V.- CONDICIONES AMBIENTALES SEGURAS .

1.- HUMEDAD.

Ningun trabajo de mantenimiento preventivo en líneas energizadas, se desarrollará en un día lluvioso o con llovizna, ni tampoco con neblina. Solamente se trabajara en días asoleados y con tiempo no amenazante. Se recomienda no iniciar el trabajo si desde el lugar de trabajo, es visible un rayo en el horizonte.

En caso extremo de lluvia mientras se trabaja, se deberá suspender la maniobra dejando el equipo que no pueda ser retirado rápido y fácilmente. Al reanudar el trabajo despues de la lluvia , primeramente se procederá a secar las pértigas mojadas, con una franela limpia acoplada en el extremo de una pértiga seca, tratando como línea energizada a la pértiga mojada.

Las pértigas de madera mojadas deben ser retiradas y colocadas en un cuarto de secado con temperatura entre 32°C y 38°C y con suficiente ventilación.

Cuando una pértiga esta húmeda, zumba al acercarla a un conductor energizado y el liniero tendrá desde una sensación desagradable en las manos, hasta una --- posible descarga considerable. Por ello las pértigas siempre deben estar lim-
pias y secas. Cuando el liniero siente la corriente de fuga, la pértiga debe -
ser retirada de inmediato.

Una humedad relativa del ambiente de hasta 60%, se considera normal para el --
desarrollo de trabajos de Mantenimiento de Líneas Energizadas. A partir del --
70% no es recomendable este tipo de trabajo, especialmente si las cadenas de -
aisladores estan contaminadas.

2.- VIENTO.

Para trabajar en líneas energizadas es normal una velocidad del viento de hasta 40 Km/hora, que es un viento fresquito de segundo grado (Tabla 10) que alcan-
za a extender una banderola, ejerciendo una presión de 15.5 Kg/m^2 .

Los trabajos de líneas energizadas con velocidades del viento de 60 Km/hora --
que mueve ramas delgadas de arboles, deben quedar a criterio del Jefe de la --
Cuadrilla, quien tomará en consideración la habilidad de su cuadrilla, el gra-
do de dificultad que ofrece el trabajo , si la velocidad del viento es variable
y si lleva polvo ó arena.

Ante un remolino, debe suspenderse momentaneamente el trabajo y los linieros asegurarse en la torre, en caso de que no fuese posible bajar de ella.

TABLA No. 10

ESCALA DEL VIENTO DE TIERRA

GRADO	VIENTO	VELOCIDAD (Km/Hr)	CARACTERISTICA
0	CALMA	HASTA 1.5	El humo sube verticalmente
1	FLOJO	" 20	Mueve una banderola
2	FRESQUITO	" 40	Extiende una banderola
3	FRESCO	" 60	Mueve ramas delgadas
4	FUERTE	" 85	Mueve ramas gruesas
5	TEMPORAL	" 115	Mueve los troncos
6	HURUACAN	MAS DE 115	Arranca los árboles

3.- LA TEMPERATURA.

La temperatura debe ser normal de un día soleado con viento fresquito, flojo ó calma.

Debe evitarse trabajar en bajas temperaturas que alcancen el punto de rocío o que impidan al personal de la cuadrilla tener sus movimientos normales de sus manos.

Es normal una temperatura de 25°C a 40°C.

4.- LA LUZ.

Como el trabajo debe ser planeado en un día soleado, la luz debe ser la natural. No se debe trabajar con luz artificial sea cual sea el nivel de iluminación.

VI.- DISTANCIAS SEGURAS .

1.- GENERALIDADES.

La seguridad del liniero y la continuidad de servicio, durante los trabajos de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, dependen del aislamiento de los materiales de la línea, del aislamiento de las herramientas y del - - aislamiento del aire.

El aislamiento de los materiales y las herramientas es afectado por la humedad del ambiente, la contaminación, la densidad del aire, la temperatura y - el descuido que se tenga con esos materiales.

El aislamiento del aire, soporta el campo eléctrico de la línea y su gradiente disruptivo depende de la humedad del ambiente, densidad del aire, distancia forma y medida de los electrodos energizados y de la característica de - la tensión eléctrica aplicada.

El aislamiento de los materiales limpio y seco, tiene una rigidez dieléctrica 6% menor o igual que la del aire.

La distancia mínima permisible entre un liniero y cualquier parte energizada de la línea, esta determinada por la diferencia de potencial mas elevada que puede presentarse a traves de esa distancia.

2.- CALCULO DE LA LONGITUD MINIMA ABSOLUTA DE LAS PERTIGAS.

El IEEE aprueba y recomienda para el cálculo de la distancia mínima absoluta de aislamiento, la fórmula empírica (1), que es aplicable al aislamiento del aire y a pertigas limpias y secas, sólidas o huecas, destinadas al -- mantenimiento de líneas energizadas cuya altitud es de hasta 1 000 m s n m .

$$D = (C_1 C_2 + a) S (KV_n) - - - - - (1)$$

DONDE:

(D) Distancia mínima absoluta del aislamiento (PERTIGA ó AIRE) en pies.

(C₁) Constante de longitud de aislamiento por (KV_n) de fase a tierra, con - - valor del 1% o sea C₁ = 0.01.

Este factor se basa en que las tensiones de flameo en seco de 60 HZ - - entre puntas, para valores de hasta 707 KV, son aproximadamente de - - 120 KV/pie. El 83% del valor anterior da la tensión de prueba de 100 KV/pie, lo que representa una longitud de aislamiento requerido de 0.01 Pie/KV_n, o sea el 1% señalado.

(C₂) Factor de corrección que vale C₂ = 1 para el aislamiento del AIRE y C₂ = 1.10 para el aislamiento de las pértigas.

Este factor se debe a que las tensiones de flameo y las tensiones soportadas por las pértigas limpias y secas, son aproximadamente el 6% menores que las tensiones para el AIRE, con la misma distancia entre electrodos. Se considera un 4% adicional arbitrario por intangibles, sumando en total el 10%, por ello C₂ = 1.10

(a) Factor de Saturación por efecto corona. Las sobretensiones por operación de interruptores, son substancialmente las mismas para valores de cresta de 60 cps menores de 700 KV, en cuyo caso a = 0. Para sobretensiones mayores, hay un fenómeno de SATURACION por efecto CORONA, en cuyo caso el factor (a) se determina mediante la gráfica 11, que convierte la sobretensión máxima por operación de interruptores en distancia de aislamiento requerida para soportarla.

(S) Factor de Sobretensión por Operación de Interruptores, también conocido como : Factor de Sobretensión por Maniobra "

La longitud mínima de las pértigas depende del factor de sobretensión por maniobra, que tiene un valor de acuerdo a las características del sistema respectivo (Tabla 12)

(KVn) Tensión de fase a tierra en Kilovolts.

TABLA No. 12

FACTORES DE SOBRETENSION POR MANIOBRA

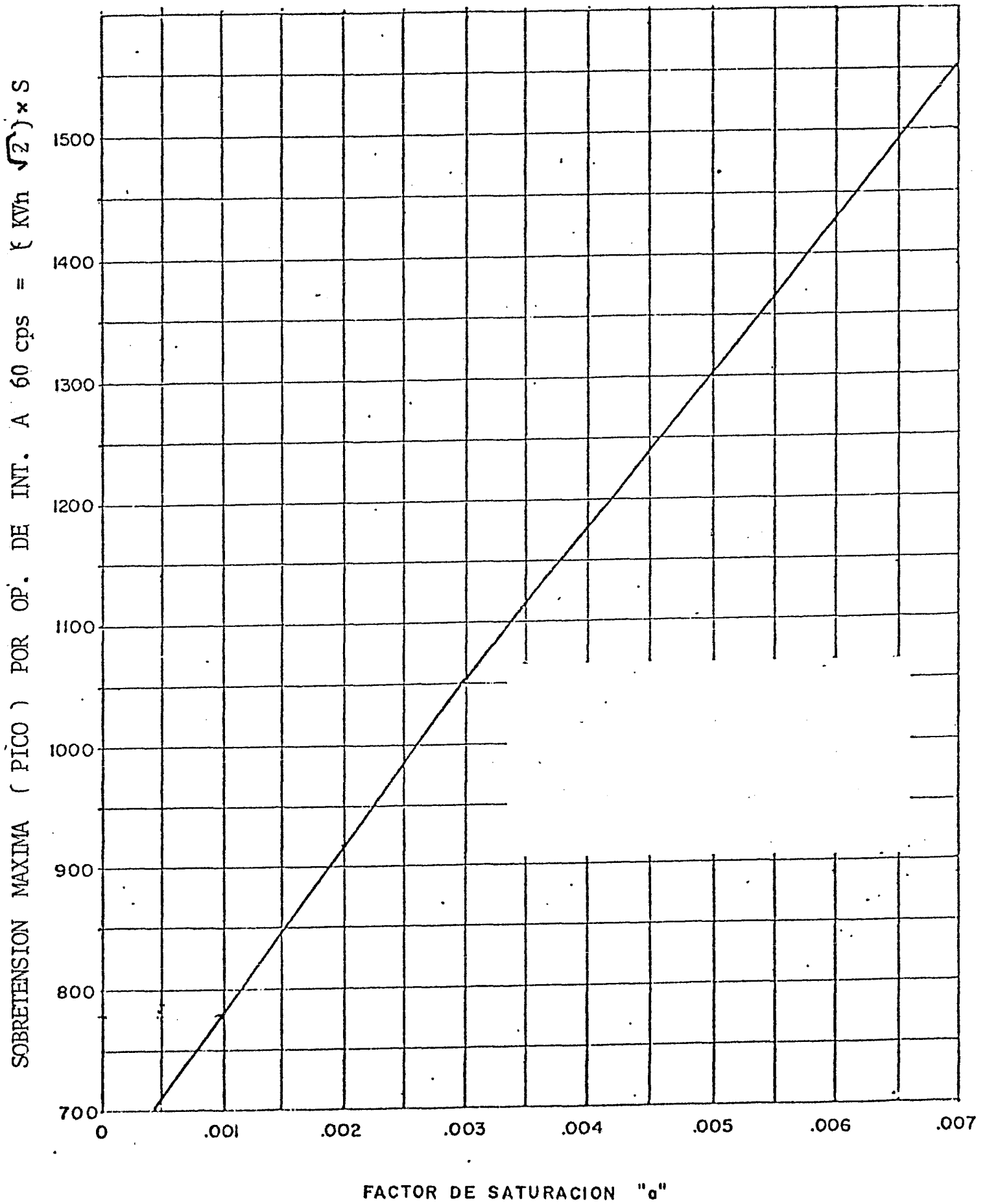
TENSION DE LINEA LINEA (KV)	* FACTOR DE SOBRETENSION		
	A. B. CHANCE	DISEÑO C. F. E.	
115	2.6	2.2	
230	2.6	2.4	
400	2.6	2.5	

* Adoptado por resultar el mayor.

La fórmula empírica general (1), aplicada para el cálculo de la LONGITUD MINIMA ABSOLUTA DE PERTIGAS, tendrá los factores siguientes:

$$C_1 = 0.01$$

$$C_2 = 1.10 \text{ Para pértiga}$$



GRAFICA No. 11
FACTORES DE SATURACION (a) POR CORONA

Sustituyendo estos valores en la fórmula (1), se tiene:

$$D = (0.011 + a) \cdot S \cdot (KVn) - - - - - (2)$$

Aplicando la fórmula (2) en las líneas que aqui interesan, se tiene:

TABLA No. 13
LONGITUDES MINIMAS ABSOLUTAS DE PERTIGAS

TENSIONES EFICACES		"a"	(0.011 + a)	S	LONGITUD " D " (Pie)
DE LINEA (KV)	A TIERRA (KV)				
115	66	0	0.011	2.6	1.9
230	133	0	0.011	2.6	3.8
400	231	0.001	0.012	2.6	7.2

Las longitudes mínimas absolutas de las pértigas (tabla 13), no permiten movimientos accidentales e imprevistos del liniero y por ello nunca deben ser rebasadas. Estas longitudes constituyen un sustancial acuerdo confiable, derivado de experiencias prácticas en industrias eléctricas - de EUA y Canada.

3.- LONGITUD MINIMA DE TRABAJO DE LAS PERTIGAS.

Esta longitud debe ser capaz de soportar los fenómenos transitorios provocados por las sobretensiones por maniobra mas pesimistas, ademas algunos errores humanos del liniero y también altitudes del orden de 2700 msnm.

Como no es factible que las pértigas sean equipadas con dispositivos que eleven las tensiones de flameo, a la longitud mínima absoluta de las pértigas -- (Tabla 13), se suma una longitud en previsión de lo siguiente:

- 1^o) Se suma un 27% a la longitud mínima absoluta, considerando un 10% por - - regulación, mas un 17% por la variación de la altitud de 1000 a 2700 msnm. Este último porcentaje de acuerdo con la norma ANSI C37.30-1970.

2º) Se agrega una longitud de 2 pies para permitir los movimientos de manipulación de las pértigas que serán sometidas a la tensión mecánica de los conductores y que llamaremos " Pértigas en Tensión ". Esta longitud previene también movimientos inadvertidos y errores de apreciación del liniero.

3º) Se suma una longitud de un pie a la longitud anterior, para permitir la manipulación de las " Pértigas de Mano ", considerando el apoyo de las manos en la pértiga durante el trabajo.

Las longitudes mínimas de trabajo de las pértigas en tensión y las pértigas de mano, con el criterio anterior y ajustandolas al número de pies mas próximo, son las siguientes:

TABLA No. 14

LONGITUDES MINIMAS DE TRABAJO DE LAS PERTIGAS

KV _L	KV _N	LONGITUD MINIMA ABS. (D)	MAS 27%	LONGITUD MINIMA DE TRABAJO	
				PERT. EN TENSION	PERT. DE MANO
115	66	1.9'	2.4'	4'	5'
230	133	3.8'	4.8'	7'	8'
400	231	7.2'	9'	11'	12'

La longitud de las pértigas en tensión, al soportar las cargas mecánicas de los conductores, queda obligada a ajustarse a la longitud de la cadena de aisladores, mas la longitud de los herrajes de la línea tales como el estribo de suspensión, y el triangulo de levantamiento de la cadena de aisladores, etc.

Lo anterior hace que las pértigas en tensión siempre sean mas largas y seguras que lo calculado (Tabla 14), debido a que la longitud de las cadenas de aisladores, es mayor como se aprecia en la tabla 15 y sin considerar la longitud de los herrajes.

4.- CALCULO DE LA DISTANCIA MINIMA ABSOLUTA DE ACERCAMIENTO.

El limite absoluto de acercamiento, es la distancia mínima permisible entre un punto energizado y el liniero. El punto energizado puede ser el conductor energizado y cualquier objeto metálico en contacto con el conductor.

TABLA No. 15

LONGITUDES DE PERTIGAS Y CADENAS DE AISLADORES

KV _L	LONGITUDES EN PIES		AISLADORES
	PERTIGAS EN TENSION	CADENAS DE AISLADORES	
115	4	3.3	7
230	7	8.1	17
400	11	11.9	25

Para el cálculo de esta distancia mínima absoluta de acercamiento o sea la longitud del aislamiento de aire, se utiliza la misma formula general (1) con los factores siguientes:

$$C_1 = 0.01$$

$$C_2 = 1.00 \text{ Para el aire}$$

Susutituyendo en la ecuación (1), se tiene:

$$d = (0.01 + a) S (KV_n) \text{ --- (3)}$$

La aplicación de la fórmula (3) para las tensiones de las líneas de interes, arroja los resultados siguientes:

TABLA No. 16

DISTANCIAS MINIMAS ABSOLUTAS DE ACERCAMIENTO

TENSIONES EFICACES		(a)	(0.01+a)	(S)	DISTANCIA " d " (pies)
DE LINEA (KV)	A TIERRA (KV)				
115	66	0	0.01	2.6	1.7
230	133	0	0.01	2.6	3.4
400	231	0.001	0.011	2.6	6.6

En ningun momento la distancia entre el conductor y un objeto aterrizado, podrá ser menor que las contenidas en la tabla 16, que no permiten movimientos accidentales y solo sirven para marcar el límite que nunca debe violarse.

5.- DISTANCIA MINIMA SEGURA DE ACERCAMIENTO.

Es la distancia mínima permisible entre el punto energizado y el cuerpo del -- liniero durante el trabajo, considerando la posibilidad de movimientos inadvertidos y las posibilidades de la maniobra.

Por seguridad se adopta el mismo criterio que sirvió para determinar la longitud de trabajo de las pértigas de mano, aun sabiendo que el aire tiene un aislamiento 6% mayor que las pértigas. Así se tiene la tabla 17, agregando a las distancias de la tabla 16, tres pies.

TABLA No. 17

DISTANCIAS MINIMAS SEGURAS DE ACERCAMIENTO

KV _L	KV _n	DISTANCIA "d" (Tabla 16)	MAS 27%	DISTANCIA SEGURA
115	66	1.7'	2.1'	5'
230	133	3.4'	4.3'	7'
400	231	6.6'	8.4'	11'

Estas distancias son seguras al igual que las longitudes mínimas de trabajo de las pértigas (Tabla 14), debido a que para que ocurra un accidente debe presentarse una sobretensión por operación de interruptores y además en ese instante el liniero debe rebazar los tres pies previstos por error de juicio. Por ello, estas distancias no requieren ser aumentadas y si en cambio pueden ser reducidas en circunstancias excepcionales cuando otras precauciones son rigurosamente observadas simultáneamente, como por ejemplo cuando el acercamiento es de muy corta duración.

En todo caso, bajo ninguna circunstancia se recomienda reducir las longitudes y distancias mínimas absolutas dadas en las tablas 13 y 16. Tampoco se recomienda que estas distancias sean del conocimiento del personal de la cuadrilla, con excepción del Jefe de la Cuadrilla a juicio del Ingeniero encargado del -- mantenimiento de las líneas respectivas.

Las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la Secretaria de Industria y Comercio, consideran las distancias mínimas a partes energizadas descubiertas (fase a tierra), muy semejantes a las distancias de trabajo aqui calculadas - para 115 y 230 KV.

C A P I T U L O

Q U I N T O

M A N I O B R A S B A S I C A S

CAPITULO QUINTO.- MANIOBRAS BASICAS.

Se incluyen algunas de las maniobras que se ejecutan en casi todos los trabajos de mantenimiento preventivo de líneas energizadas.

I.- PREPARATIVOS ANTES DE VIAJAR HACIA LA LINEA.

- 1.- Revisar que el equipo personal de la cuadrilla, esté completo y en --- buen estado.
- 2.- Verificar que las pértigas y herramientas, esten completas y en buen - estado.
- 3.- Planear la maniobra y asegurarse que se lleven todas las partes de la línea que se van a cambiar.
- 4.- Confirmar que el radio receptor transmisor del vehículo, funciona co-- rrectamente.
- 5.- El jefe de la cuadrilla, hará los trámites necesarios para obtener la licencia para trabajar en la línea energizada respectiva.

II.- LICENCIA PARA TRABAJOS EN LINEA ENERGIZADA.

La licencia sin libranza, es la autorización para trabajar en una instala-- ción eléctrica energizada.

- 1.- Es requisito para solicitar la LICENCIA para trabajar en la línea ener-- gizada, contar con radio comunicación entre el punto de trabajo y el - Area de Control correspondiente (Operación Sistema), o con el operador de subestación que alimente la línea.
- 2.- La comunicación puede ser directa con el área de control o través del operador de subestación.
- 3.- El "Radio Receptor y Transmisor" deberá permanecer encendido desde el principio hasta el final de la maniobra.
- 4.- El Cabo (Jefe de Cuadrilla) debe solicitar la libranza un día antes -- del trabajo y confirmarla antes de principiarlo, para que quiten el -- recierre del Interruptor que alimenta la línea.
- 5.- Si durante el trabajo se comprueba que el radio no funciona, la manio-- bra debe suspenderse hasta reanudar la comunicación por cualquier me-- dio.
- 6.- Al concluir el trabajo, el cabo verá que el equipo y personal se hayan retirado de la línea, para proceder a cancelar la libranza.
- 7.- Si dentro del plazo de vigencia de una Licencia, el trabajo se suspen-- de temporalmente, el cabo debe suspender la licencia temporalmente tam-- bién y reanudarla antes de reiniciar el trabajo.

III.- OPERACION DE LA ESCOPETA.

La escopeta hace la función de una pinza, operada a distancia mediante una pértiga aislante y mecanismo adecuado (Fig. 1).



FIGURA No. 1
PERTIGA ESCOPETA

El gancho sirve para sujetar firmemente diferentes piezas y permanece abierto cuando el mecanismo está en el tope delantero. El gancho es operado eficazmente mediante los tres pasos siguientes:

- 1.- Si el mango deslizante es llevado a su tope posterior, el "GANCHO" se encuentra cerrado y retraído.

MECANISMO - MANGO

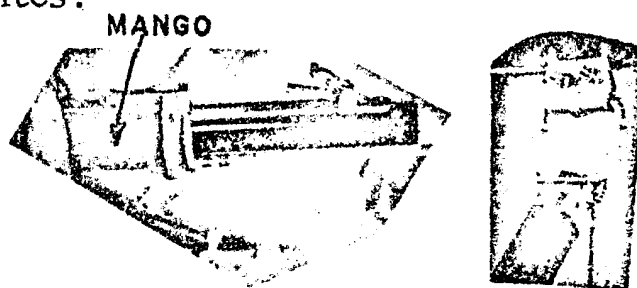


FIGURA No. 2

- 2.- Oprimiendo la "Palanca", el mango deslizante puede ser desplazado hasta el extremo opuesto. El "Gancho" es soltado pero se mantiene cerrado.

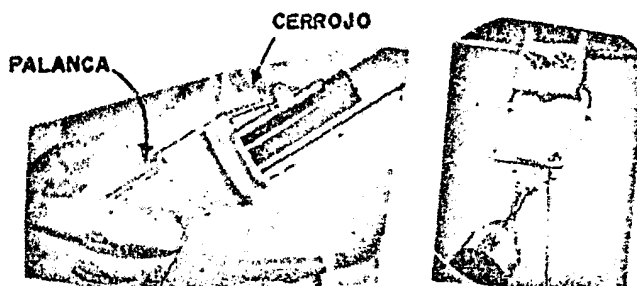


FIGURA No. 3

- 3.- Oprimiendo el "cerrojo", el mango deslizante puede llevarse hasta el tope delantero, en cuyo caso el "Gancho" queda completamente abierto.

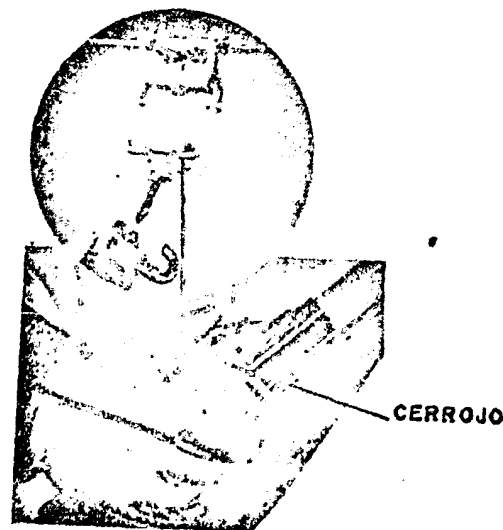


FIGURA No. 4

IV.- MANIPULACION DE CHAVETAS Y PERNOS.

1.- HERRAJES CON AISLADORES DE CALAVERA-BOLA.

Los aisladores de porcelana con herrajes de Calavera-Bola (Fig. 5), son ampliamente utilizados en las líneas de transmisión.

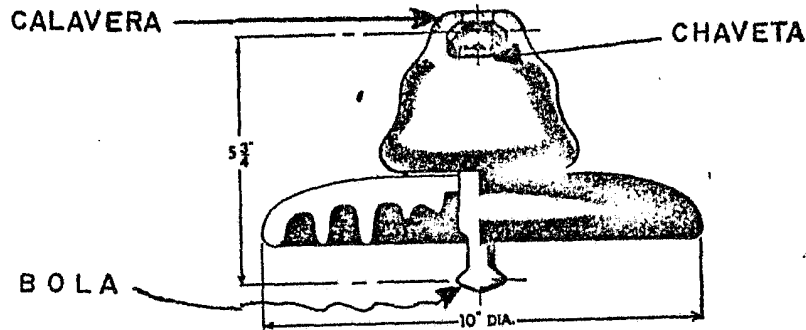


FIGURA No. 5
AISLADOR CALAVERA-BOLA

Para sujetar un conductor de la línea a su cadena de aisladores, se utiliza el Adaptador Calavera-Cjo (Fig. 6) y la Clema de suspensión o de tensión, según se requiera.

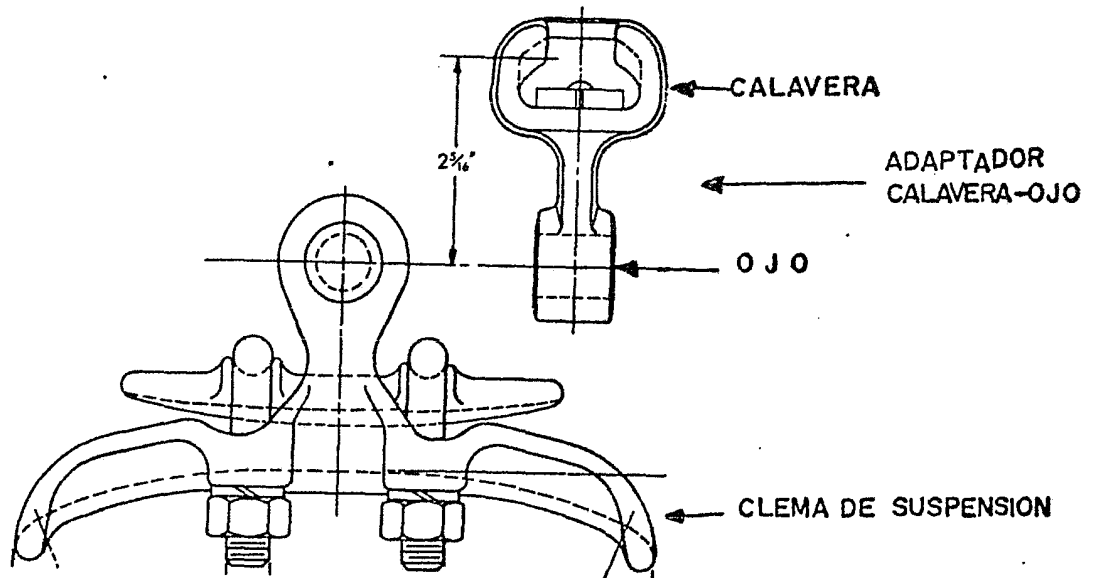


FIGURA No. 6
CLEMA Y ADAPTADOR.

En este caso, el conductor se apoya en la clema. El Adaptador con su ojo, sujeta a la clema mediante perno y chaveta; por otro lado el adaptador con su calavera se apoya en la bola del último aislador de la cadena.

2.- MANIPULACION DE CHAVETAS.

El cambio de la cadena de aisladores es muy común en trabajos de líneas energizadas, en cuyo caso un punto clave consiste en maniobrar

con la chaveta de la unión del adaptador calavera-bola y la cadena de aisladores, de la manera siguiente:

El tenedor ajustable (Fig. 7) llegado el momento oportuno de la maniobra, - sujeta el último aislador de la cadena.

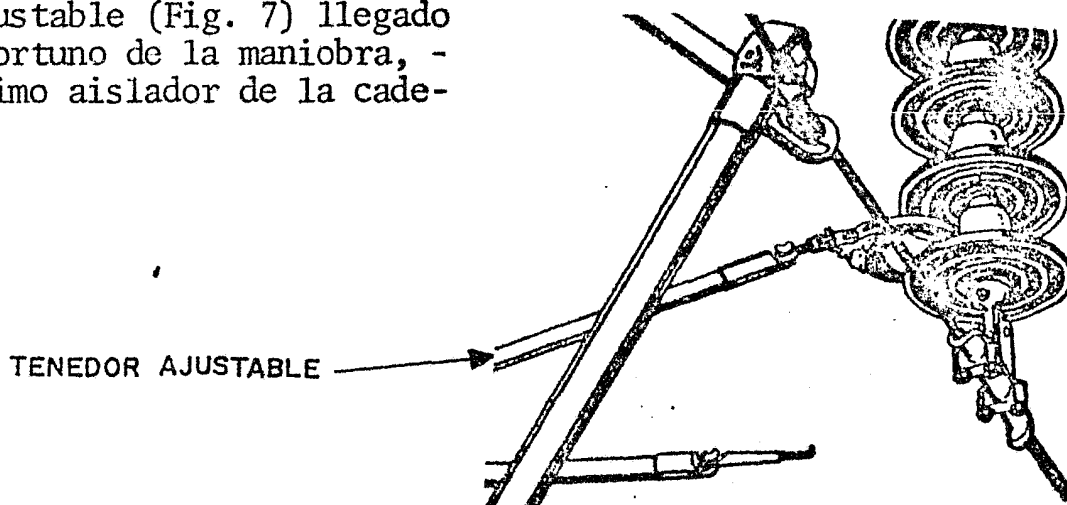


FIGURA No. 7

El deschavetador de gancho (Fig. 8) - extrae la chaveta de la calavera del adaptador calavera-ojo. La bola del último aislador, queda en libertad de salir de la calavera del adaptador.

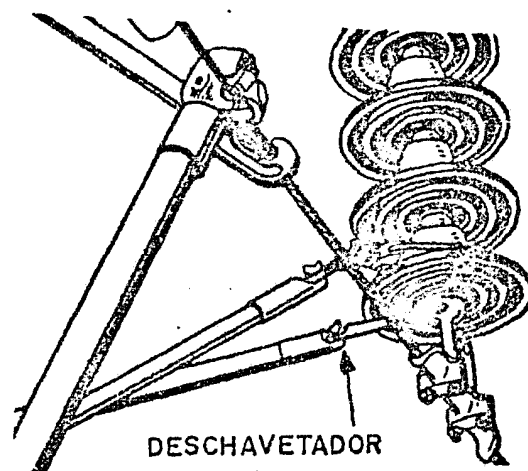


FIGURA No. 8

Conjuntamente con el gancho tipo "G" y el tenedor ajustable (Fig. 9), una vez liberada la cadena de aisladores de la carga del conductor, es separada la cadena del conductor.

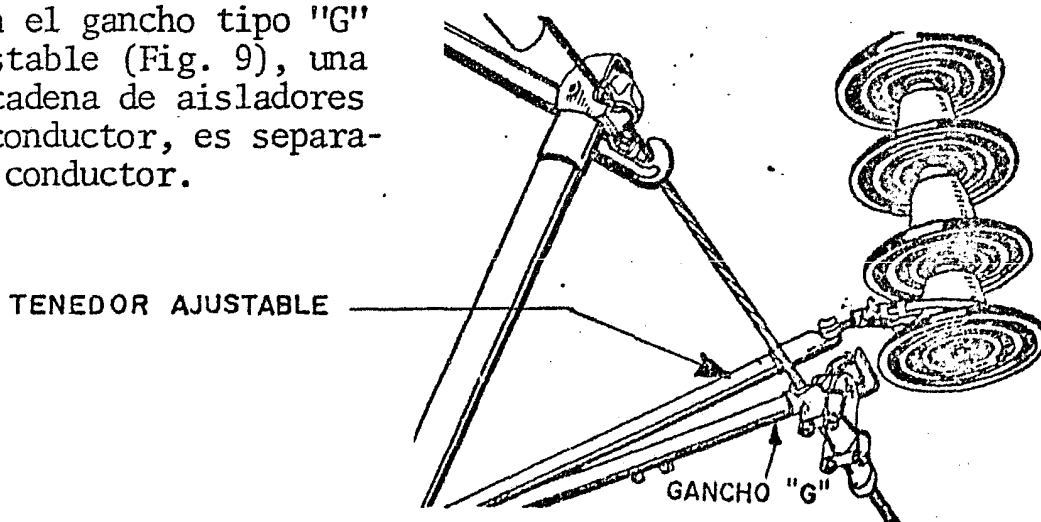


FIGURA No. 9

En la maniobra para sujetar el conductor a la nueva cadena de aisladores, con el gancho "G", se introduce la --chaveta en la calavera del adaptador.

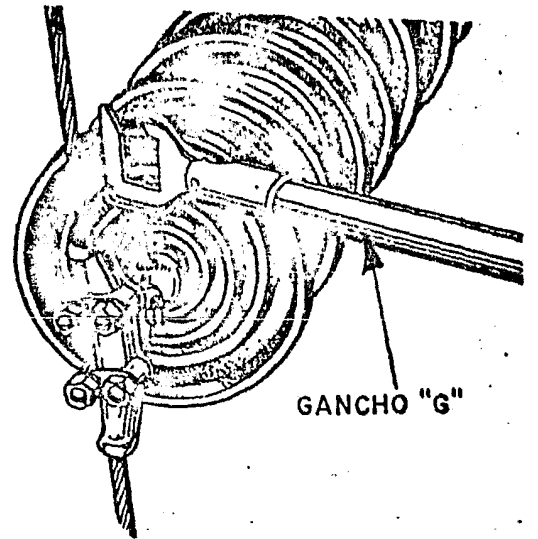


FIGURA No. 10

3.- HERRAJES CON AISLADORES DE ARTICULACION-OJO.

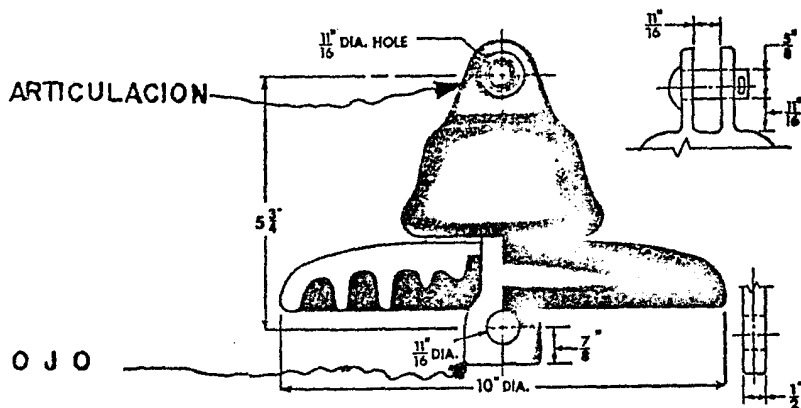


FIGURA No. 11

AISLADOR ARTICULACION-OJO

En este caso, los herrajes que sujetan el conductor con la cadena de - aisladores, son a base de pernos y chavetas (Fig. 12).

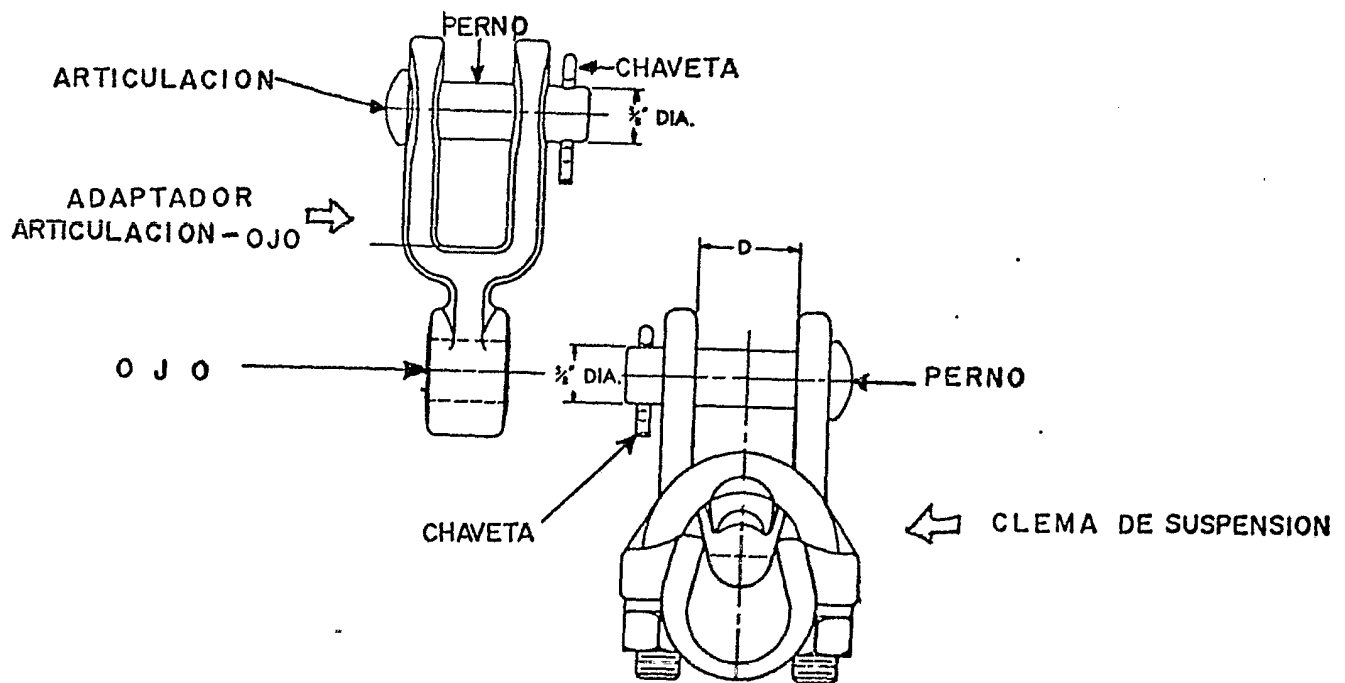


FIGURA No. 12

CLEMA Y ADAPTADOR.

4.- MANIPULACION DE PERNOS Y CHAVETAS.

Durante el cambio de cadenas de aisladores es necesario operar con los pernos y chavetas, de la manera siguiente:

En su oportunidad se extrae la chaveta del perno, con el deschavetador de gancho (Fig. 13). Luego se quita a la cadena de aisladores, la carga del conductor.

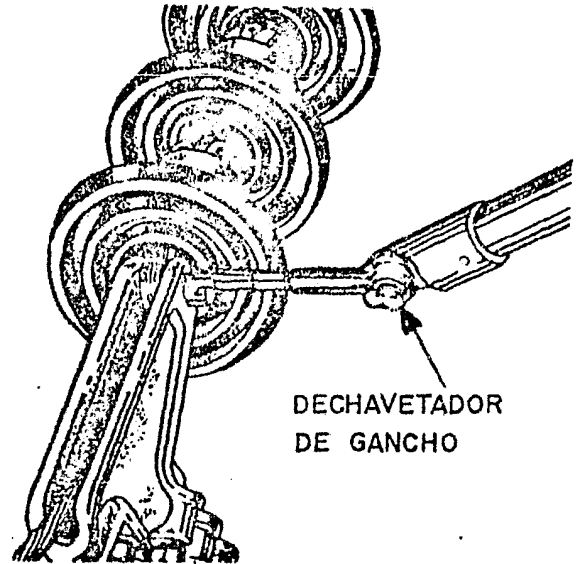


FIGURA No. 13

Con el porta-pernos (Fig. 14), se extrae el perno del adaptador o el perno de la clema, si ésta es de tensión.

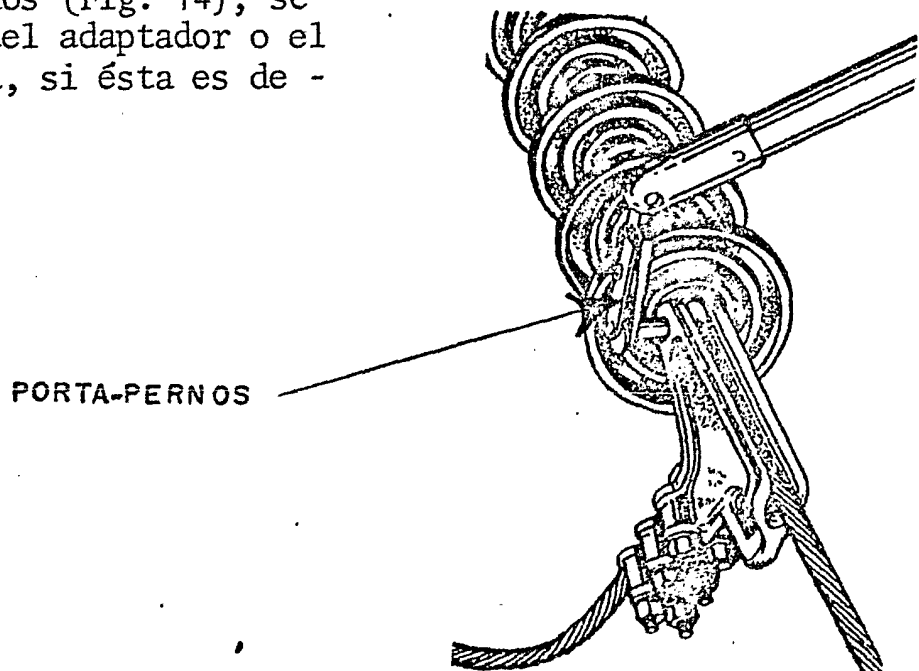


FIGURA No. 14

Para la instalación de la nueva cadena de aisladores, en este caso presenta mayor grado de dificultad para colocar el perno, debido a que debe haber una alineación exacta entre el ojo del aislador y la articulación del adaptador o de la clema.

La introducción de la chaveta en el perno, también presenta dificultad, considerándose que se hace a distancia mediante pértigas aislantes.

CAPITULO

SEXTO

LA

ADMINISTRACION

DE LAS

MANIOBRAS

CAPITULO SEXTO

LA ADMINISTRACION DE LAS MANIOBRAS

I.- GENERALIDADES .

1.- ADMINISTRACION.

ADMINISTRAR es lograr un objetivo a través de los demás.

Los pasos fundamentales para administrar son la Planeación, Organización, Ejecución y Control.

Para administrar las maniobras de manera eficiente, es necesario planear, organizar, ejecutar y controlar la actividad de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.

- 2.- La PLANEACION, escoge y relaciona hechos para formular las actividades necesarias para lograr resultados. Para ello se investiga, se fijan objetivos, políticas, procedimientos, Programas y Presupuestos.
 - a) La investigación en el mantenimiento preventivo se hace mediante inspecciones y patrullajes de la línea, para obtener datos de partes deficientes de la línea a fin de identificar y analizar el problema.
 - b) Los objetivos son metas que deben lograrse y por ello es necesario que sean concretos y razonablemente alcanzables.
 - c) Las políticas son las normas de acción a seguir y los límites que deben respetarse.
 - d) Los procedimientos son la serie de labores cronológicas para ejecutar un --trabajo.
 - e) El programa define las actividades en función del tiempo en que deben desarrollarse.
 - f) El presupuesto contempla el costo de las actividades a realizarse.
- 3.- La ORGANIZACION, define quienes harán las actividades programadas.
- 4.- La EJECUCION, es hacer lo planeado y organizado, de acuerdo con el programa de Mantenimiento trasado.
- 5.- El CONTROL, verifica si los objetivos son alcanzados de acuerdo con lo planeado y determina la acción correctiva en caso necesario.

II.- EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

1.- TIPOS DE MANTENIMIENTO.

a) MANTENIMIENTO.- En general, es el conjunto de actividades encaminadas a conservar las instalaciones en condiciones de funcionamiento normal.

b) MANTENIMIENTO PREVENTIVO.- Es el conjunto de actividades desarrolladas con oportunidad a fin de anticiparse a las posibles fallas.

Este mantenimiento es previsible y se adapta a la planeación, organización, ejecución y control. Se puede ejecutar en jornadas ordinarias de trabajo, lo que baja su costo.

c) MANTENIMIENTO CORRECTIVO.- Es el conjunto de actividades necesarias para remediar los daños causados por fallas en una instalación, a fin de restablecer las condiciones normales de funcionamiento.

Es una reparación urgente que puede requerirse en cualquier momento, aun en condiciones muy desfavorables tales como una noche lluviosa y fría.

d) MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LINEAS DESENERGIZADAS.- Es el conjunto de actividades que tienen por objeto corregir las anomalías de las partes de la línea, antes de que fallen. Para corregir las anomalías se espera un tiempo razonable para acumular varias partes defectuosas y después se selecciona un día de menor consumo de energía eléctrica para suspender el servicio y proceder a la reparación correspondiente. A pesar de cortar el servicio con previo aviso al público, causa molestias a los usuarios y pérdidas por energía no vendida.

e) MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LINEAS ENERGIZADAS.- El mantenimiento preventivo de líneas energizadas, es el conjunto de actividades encaminadas a corregir las anomalías de los elementos de las líneas, de manera sistemática, anticipándose a su momento de falla y sin cortar el servicio de suministro de energía eléctrica.

Este mantenimiento minimiza la posibilidad de fallas en la línea, reduce los tiempos fuera de servicio. Con ello logra reducir las pérdidas a los usuarios industriales, comerciales y domésticos y también eleva la confiabilidad y calidad del servicio.

2.- PLANEACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

La planeación del programa de mantenimiento preventivo de líneas energizadas, principia con una adecuada investigación de las anomalías de los elementos de las líneas, a fin de conocerlas con anticipación y poderlas corregir oportunamente.

2.1.- INVESTIGACION.- Exige una severa observación y vigilancia de las líneas - - mediante patrullaje, inspección menor e inspección mayor. Es necesario contar con los planos y perfiles de las líneas, para conocer con precisión el trazo de las líneas y los accidentes del terreno.

2.1.1) PATRULLAJE.- Es una revisión rápida, aérea ó terrestre, con objeto de detectar deficiencias que pueden causar fallas en las líneas.

El patrullaje en los casos de difícil acceso se hace en helicóptero o en -- avioneta. En este último caso debido a la velocidad no es posible hacer - - anotaciones, resultando necesario grabar la voz de quien describe las anomalías, para vaciar posteriormente los datos, en los reportes correspondientes.

Quando hay camino paralelo a la línea, el patrullaje se hace en camioneta y en caso de haber solamente veredas o la brecha, el patrullaje se hará a pie. En todos los casos se utilizarán prismáticos para ver mejor las irregularidades de la línea.

En formatos especiales se anotan la fecha y condiciones en que se encuentra cada estructura, con su número respectivo y las partes de la línea deficientes; tales como aisladores, amortiguadores, clemas, remates preformados, - hilo de guarda, verticalidad, placa de señal de peligro, etc.

La frecuencia de los patrullajes dependerá de las necesidades de vigilancia que establecen las estructuras y zonas de las líneas, en base a lo siguiente:

- a) Estructuras sujetas a contaminación, tales como las cercanas al mar, a fabricas de cemento, pedreras, fundidoras, etc.
- b) Estructuras cercanas al cauce de un río, que en la temporada de lluvias - - puede desbordarse y deslamar los cimientos de esas estructuras. El río puede también arrastrar basura, ramas y árboles, que pueden formar represas en las estructuras y someterlas a esfuerzos mecánicos capaces de derribarlas.
- c) Estructuras en terrenos de cultivo, como cañaverales, que durante la zafra - el fuego puede alcanzar los conductores, recociendolos y debilitandolos - - mecánicamente.
- d) Estructuras en lugares altos, arbolados y con alto nivel cerámico
- e) Estructuras cercanas a zonas pobladas, donde los habitantes enredan papalotes en las líneas que al mojarse provocan fallas; con pedradas o balazos - rompen los aisladores; roban el cobre de conexión a tierra, etc.

2.1.2) INSPECCION MENOR.- Es una revisión mas detallada que los patrullajes y debe hacerse antes y después del período de lluvias. También son necesarias - - cuando los resultados de los patrullajes lo recomiendan.

Durante una inspección menor, se revisan los elementos siguientes:

- a) BASE DE LA ESTRUCTURA.- Para verificar la cimentación y el terreno alrededor de la torre, para asegurar que no hay riesgo de deslave causado por - - corrientes de agua de lluvias o por erosión.
- b) ESTRUCTURA.- Para localizar faltantes de ángulos, cruceta doblada , ángulos rotos ó deformados, faltantes de escalones y tornillería.
- c) CADENAS DE AISLADORES.- Para asegurarse que estan bien sujetas a la estructura y verticales las de suspensión. Los aisladores sucios, flameados, rotos ó despostillados, son reportados.
- d) AMORTIGUADORES.- Para revisar su posición, que no esté corrido, flojo ó - - tirado. También debe verificarse que no exista vibración con solo tocar la estructura.
- e) CONDUCTORES.- Para verificar que no tengan hilos rotos, que sus empalmes, - guardalíneas y separadores, esten en buen estado, que su distancia al piso - sea correcta, especialmente en cruces con carreteras, caminos y vías férreas.
- f) HILOS DE GUARDA.- Para revisar que no tengan hilos dañados, que esten bien - sujetos a la estructura y bien conectados a tierra.
- g) BRECHA.- Para constatar que esté limpia, que los árboles no aproximen sus - ramas a los conductores, lo que podría ocasionar fallas transitorias. Con - viento huracanado puede provocar la caída de árboles sobre los conductores, rompiendolos y causando fallas de gran duración y pérdidas.
- h) HERRAJES.- Para revisar clemas, conectores, tornillos, calaveras-ojo, grilletes, eslabones, cuernos de arqueo, arillos equipotenciales, yugos, placas, etc. Debe cuidarse que no esté presente la corrosión o deterioro del galvanizado.

2.1.3) INSPECCION MAYOR.- Se debe programar una vez por año para cada línea. En - este caso debe revisarse además de lo hecho en la " Inspección Menor ", lo siguiente:

- a) CONDUCTORES.- Para verificar con binoculares a todo lo largo de la línea, - especialmente en barrancas, hondonadas, presas, ríos, pantanos , etc., -- que no existan roturas de hilos causados por balazos o por descargas atmosféricas, en cuyos casos los conductores se debilitan y pueden reventarse -

ante un cortocircuito.

- b) PUNTOS CALIENTES.- Para localizar estos puntos se debe hacer mediante un -- aparato detector, especialmente en estructuras de remate que cuentan con - puentes unidos mediante conectores mecánicos de aluminio-cobre ó conectores de compresión. También deben revisarse los empalmes, clemas y guardalíneas.

Los puntos calientes se provocan por contactos débiles en las partes mencionadas, cuya resistencia eléctrica de contacto aumenta y el efecto Joule crece de manera proporcional a esa resistencia.

- c) VERTICALIDAD DE LAS TORRES.- Se revisa la verticalidad debido a que en ocasiones el terreno sufre algun asentamiento por falla mecánica del suelo o - por erosión causada por las lluvias. Esto puede permitir que alguna de las patas se hunda junto con su respectiva cimentación, lo cual podría ocasionar en el futuro la caída de esa estructura.
- d) CORROSION DE LAS TORRES.- La corrosión es causada por los agentes naturales como el agua, aire y las variaciones de temperatura, en presencia del fierro de la torre. Al revisar la torre, deben observar cuidadosamente los tornillos y ángulos, a fin de detectar la corrosión de ellos.
- e) POSTES DE MADERA.- Debe revisarse su verticalidad, condiciones de sus retenidas. También debe verificarse que no existan quemaduras de peligro, así - como demasiadas picaduras por pájaros carpinteros y espuelas.

A pesar de que éstos postes estan tratados con creosota o con pentaclorofenol para soportar mejor los agentes de la intemperie, es necesario revisar que no esten podridos a diferentes alturas y de manera especial en su empotramiento.

- f) POSTES DE CONCRETO.- Debe revisarse su verticalidad, retenidas, despostilladuras, impactos, etc.
- g) SISTEMA DE TIERRAS.- Para la conexión a tierra de las torres se utilizan -- enrollamientos de cable de cobre 4/0 AWG y varillas copperweld de 16 mm de diámetro. Se recomienda revisar que los cables de cobre mencionados existen, ya que en ocasiones son desenterrados y robados.

También se mide la Resistencia a Tierra de cada torre, para verificar que - esté dentro de los valores aceptables, ya que de lo contrario se daña el aislamiento ante las descargas atmosféricas, ocasionando la salida de servicio de la línea.

- h) AISLADORES.- Se mide la tensión en cada aislador para determinar su estado ó también con pértiga universal y horquilla dentada se escucha el zumbido de cada aislador al ser corto circuitado

2.2.- OBJETIVOS.- La información obtenida en la investigación, es analizada, es -- gerarquizada, dando prioridad a la atención de anomalías que pueden causar - fallas de la línea. De esta manera se obtienen los objetivos o trabajos concretos que deben ser realizados, ya sea con la línea energizada o con la - - línea fuera de servicio, según sea necesario.

2.3.- POLITICAS.- No todos los trabajos de mantenimiento serán realizados con la - línea en operación, sino únicamente aquellos que sean seguros para el personal y para la continuidad del servicio.

Debe procurarse utilizar las técnicas más modernas y seguras con objeto de ejecutar cada vez más trabajos en líneas energizadas.

2.4.- PROCEDIMIENTOS.- En el capítulo VII, se proponen algunos procedimientos para el cambio de aislamiento en líneas de transmisión de 115 KV , energizadas, utilizando pértigas aislantes de vidrio epoxi. En el capítulo IX, están contenidos para el cambio de aislamiento en líneas de transmisión de 230 y 400 KV, energizadas, utilizando el método de pértigas y el del traje conductor.

2.5.- PROGRAMA.- Contiene los trabajos a desarrollar durante un año en cada línea de transmisión, mediante la técnica de línea energizada. Se anotan los - - - tiempos estimados para cada trabajo en base a las experiencias y también las fechas en que deben realizarse si el tiempo lo permite.

2.6.- PRESUPUESTO.- Contempla los costos por mano de obra, materiales, transporte, gastos de administración, costo de las herramientas, selección y entrenamiento del personal de las cuadrillas.

Para justificar el presupuesto, es necesario hacer un análisis de costo-beneficio, para demostrar la conveniencia de invertir en el mantenimiento preventivo de líneas energizadas, por el alto beneficio que significa mejorar la - continuidad del servicio. En la sección III de este capítulo, se presenta un estudio económico con este fin.

3.- ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se define quienes harán los trabajos de mantenimiento preventivo en las líneas energizadas. Para esto se debe seleccionar, capacitar y adiestrar, el personal idóneo que formará parte de las cuadrillas, como se sugiere en el capítulo II.

4.- EJECUCION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se cuida que los trabajos sean realizados apegándose a las reglas de Seguridad presupuestas en el capítulo IV.

Es necesario mantener actualizado el almacenamiento, en las Subestaciones y en lugares estratégicos de las líneas, del material de repuesto que la experiencia aconseja, como aisladores, empalmes, remates preformados, amortiguadores, - - clemas de suspensión y de remate, una torre de suspensión y otra de remate, - postes de concreto y de madera, etc.

5.- CONTROL DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- 5.1.- AVANCE DEL PROGRAMA.- Se debe marcar en el Programa de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, los avances logrados en tiempo y forma, para que en caso de desviaciones se puedan tomar las medidas correctivas.
- 5.2.- ACTUALIZACION DEL PROGRAMA.- Siempre habrá la necesidad del mantenimiento, - debido a los agentes de la intemperie, vandalismo y falla de partes de la -- línea, que frecuentemente estarán imponiendo nuevas necesidades de manteni- miento, al ser descubiertas por los patrullajes e inspecciones menores y -- mayores.
- 5.3.- EVALUACION DEL PROGRAMA.- LOS REPORTES DE FALLAS de las líneas y contingencias de operación de las mismas, revelan información muy valiosa para actualizar y evaluar el Programa de Mantenimiento Preventivo en Líneas Energizadas ó Desenergizadas. Estos reportes clasifican las SALIDAS de servicio de las las líneas, en los tres grupos siguientes:

GRUPO No. 1.- SALIDAS POR FALLAS DE LA PROPIA LINEA.

- (A₀) ESTRUCTURAS.- Falla del material o mala cimentación.
- (A₁) HERRAJES.- Rotura por mala calidad ó falla por efecto galvánico.
- (A₂) AISLADORES.- Rotura por esfuerzo mecánico, vandalismo ó flameo.
- (A₃) CONDUCTOR.- Rotura por esfuerzos mecánicos y térmicos, empalmes defectuosos.
- (A₄) HILO DE GUARDA.- Rotura por falla del soporte o por esfuerzos mecánicos.
- (A₅) BRECHA.- Caída de árbol o ramas sobre la línea, brecha angosta o nula.
- (A₆) CONTAMINACION.- En el aislamiento por salitre, neblina, tolvánicas, - - cemento, hollín, etc.
- (B₀) DESCARGAS ATMOSFERICAS.- Sobre la línea o cerca de ellas.
- (C₀) VIENTOS FUERTES.- Provocan cortos circuitos entre fases, de fase a tierra ó rotura de estructura, conductores y aisladores.

(C₁) QUEMA DE CAÑA.- Disparo de línea por quema de caña o vegetación, debajo de ella.

(Do) IGNORADAS.- Proviene de suspensiones momentáneas de energía, sin la -- operación de las protecciones que indican el origen de la -- falla.

GRUPO No. 2.- SALIDAS POR CAUSAS AJENAS A LA LINEA.

(E_o) FALLA DE EQUIPO EXTREMO.- Falla de equipo instalado en las subestaciones, plantas o cualquier instalación anexa a la -- línea que origine su disparo.

(E₁) DISTURBIO DEL SISTEMA.- Salida de línea , por inestabilidad, sobretensiones, sobrecorrientes, que originen su disparo.

(E₂) EXTRAORDINARIAS.- Salida de línea por sismos, explosiones, accidentes aéreos y ataques directos a la línea.

(E₃) FALLA TECNICA.- Salidas de línea por mala maniobra, conexión errónea de equipo y operación manual accidental de protecciones.

(E₄) FALTA DE ENERGIA.- Por falta de capacidad o por falta de alimentación - por otra línea:

GRUPO No. 2.- SALIDAS POR MANIOBRAS.

(Fo) MANIOBRAS Y PRUEBAS.- Salidas de línea ordenadas por operación sistema ó por cambio de equipo.

(F₁) LIBRANZAS Y OPERACION MANUAL.- Salidas de línea, solicitadas como libranzas para dar mantenimiento preventivo en 'línea desenergizada.'

Las tablas 1 y 2, contienen los datos estadísticos de salidas y tiempos fuera de servicio, de las líneas de 115, 230 y 400 KV, durante 1981 .

TABLA No. 1

SALIDAS POR CAUSAS PROPIAS DE LAS LINEAS, DURANTE 1981

C L A V E	C A U S A	115 KV		230 KV		400 KV		TOTAL NACIONAL INCLUYE 138Y150 KV	
		SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)
A0	ESTRUCTURAS	4	80:59	0	0	0	0	6	80:40
A1	HERRAJES	11	67:34	0	0	0	0	12	70:52
A2	AISLADORES	31	92:02	14	35:53	0	0	45	127:55
A3	CONDUCTOR	11	32:23	1	12:17	1	72:52	13	117:32
A4	HILO DE GUARDA	9	49:02	9	1:40	0	0	18	47:42
A5	BRECHA	25	52:10	12	2:40	7	54:52	68	134:56
A6	CONTAMINACION	27	20:43	66	30:16	0	0	108	56:46
BO	DESC. ATM.	396	197:16	75	36:56	70	16:09	583	268:38
CO	VIENTOS FUERTES	58	2,659:50	3	866:18	0	0	61	3,726:10
C1	QUEMA CAÑA	8	7:43	5	0:34	14	1:36	40	10:17
DO	IGNORADAS	121	30:43	86	24:25	5	1:07	219	57:50
T O T A L		701	3,490:20	271	1,010:50	97	146:36	1,173	4,711:19
INDICE DE SALIDAS POR FALLA		5.22		2.83		1.62		3.69	
DURACION PROMEDIO POR FALLA (HS)		4:58		3:43		1:25		4:00	
INDICE DE SALIDAS POR TIEMPO FUERA		26.01		10.55		2.44		14:80	
NUMERO DE LINEAS		257		91		33		430	
KM. DE LINEA		13,419		9,581		5,997		31,825	

TABLA No. 2

SALIDAS DE LINEAS POR CAUSAS AJENAS Y POR MANIOBRA, DURANTE 1981.

C L A V E	C A U S A S	115 KV		230 KV		400 KV		TOTAL NACIONAL INCLUYE 138,150 y 161 KV.	
		SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)	SALIDAS	TIEMPO(HS)
E0	FALLA EQUIPO EXTREMO	129	147:55	41	76:52	29	29:30	208	279:16
E1	DISTURBIO SISTEMA	147	123:00	32	1,927:09	15	14:35	225	2,081.48
E2	EXTRAORDINARIAS	35	41:58	9	14:01	8	235:06	63	297:46
E3	FALLA TECNICA	40	55:19	5	0:31	19	43:06	66	99:10
E4	FALTA DE ENERGIA	377	173:26	36	57:23	0	0	419	242:58
SUMA POR CAUSAS AJENAS		728	541:38	123	2,075:56	71	322:17	981	3,001:00
INDICE POR MANIOBRAS		5.43	4.04	1.28	21.67	1.18	5.37	3.08	51.72
FO	MANIOBRAS Y PRUEBAS	334	2,943:02	121	12,455:09	149	1,042:43	617	16,480:48
F1	LIBRANZAS Y OP. MAN.	459	7,160:55	163	1,465:17	302	3,268:07	948	12,032:36
SUMA POR MANIOBRAS		793	10,103:57	284	13,920:26	451	4,310:50	1,565	28,493:24
INDICE POR MANIOBRAS		5.91	75:30	2.96	145:50	7.52	71:88	4.92	89.53
T O T A L		1,521	14,136:03	407	17,027:21	522	4,779.43	2,546	49,665:31
DISPONIBILIDAD		99.37 %		97.66 %		96.35 %		98.68 %	

El INDICE DE SALIDAS POR FALLA (F), dado en la tabla 1, es el número de salidas de servicio de la línea por cada 100 Km de longitud en un año. Permite comparar las salidas de un año a otro y se calcula así:

$$F = \frac{n \times 100}{(\text{Km}) \times p} \quad (1)$$

DONDE:

F = Índice de Salidas por falla de la línea.

n = Número de salidas durante un período.

Km = Longitud de la línea.

p = Período considerado, comunmente 1 año.

El INDICE DE SALIDAS POR TIEMPO FUERA (T), dado en las tablas 1 y 2, es el tiempo que la línea permanece fuera de servicio, por cada 100 Km de longitud en un año. Se calcula de la manera siguiente:

$$T = \frac{t \times 100}{(\text{Km}) \times p} \quad (2)$$

DONDE:

T = Índice de Salidas por Tiempo Fuera.

t = Tiempo Fuera de Servicio de la línea, durante un período.

Km = Longitud de la línea.

p = Período considerado, comunmente 1 año.

El " Índice por Causas Ajenas " y el " Índice Por Maniobras ", dados en la tabla 2, se obtienen de manera semejante a los anteriores.

ANALISIS DE LOS REPORTES.- La tabla 1, indica que por " Causas Propias ", las líneas de 138 a 400 KV durante 1981, salieron de servicio 1,173 veces durante un tiempo total de 4,711:19 horas. Casi el 50 % de esas salidas se debieron a disparos de las líneas por descargas atmosféricas, durando las líneas fuera de servicio 268:38 horas, solamente por esas descargas.

Lo anterior puede indicar un aislamiento deficiente ó una elevada resistencia eléctrica de la conexión a tierra de los hilos de guarda. Durante 1980 se obtuvieron resultados muy semejantes y las inspecciones determinaron la necesidad de reducir los valores de resistencia a tierra encontrados y también centrar los conductores centrales de las líneas de 400 y 230 KV. Como dicho programa no

ha sido concluido, los resultados no mejoraron en 1981.

La quema de caña ocasionó 40 salidas con un tiempo de 10:17 horas, que es -- menor a lo reportado en 1980, debido a que en las zonas con este problema, se -- pusieron torres intermedios para elevar los conductores de la línea, teniendose -- ahora una evaluación muy positiva del programa de mantenimiento preventivo elabo- rado para el 1981.

En la tabla 2, destacan las 948, salidas de servicio de las líneas durante un -- tiempo total de 12,032:24 horas, debidas a Libranzas (F1) solicitadas para -- dar mantenimiento preventivo en las líneas fuera de servicio.

Este dato es muy interesante por considerar que representa una pérdida por varios millones de pesos por concepto de energía eléctrica no vendida durante las - - - 12,032:24 horas y ademas por saber que la gran mayoria de los trabajos de mante- nimiento preventivo de las líneas y subestaciones, se pueden desarrollar con esas instalaciones estando energizadas.

III.- E S T U D I O E C O N O M I C O .

Con objeto de hacer un análisis económico específico, se ha seleccionado la línea de transmisión de 400 KV de Tula-Poza Rica II.

1.- CARACTERISTICAS DE LA LINEA TULA-POZA RICA II.

Tensión de Línea:	400 KV
Clave:	A 370
Circuitos :	uno
Longitud:	202 Km.
Altitud :	40 a 2,700 msnm.
Servicio:	continuo
Conductores:	Dos por fase, ACSR blue jay 45/7 (7 hilos de Alumoweld), calibre 1113 mcm.
Hilos de Guarda:	Dos de Alumoweld # 8
Aisladores:	De vidrio y de porcelana, normal y anti-humo Suspensión: 23 piezas de 10" x 5 3/4" de 25,00 Lb. Tensión: 24 piezas de 12 5/8" x 6 1/2" de 36,000 Lb.
Torres:	De acero estructural galvanizado y extra galvanizado. Total de 419 torres Tomesa, 21 de tensión y 398 de suspensión.
Conexión a Tierra:	Alambre copperweld # 2
Varilla de Tierra:	De copperweld de 5/8".
Brecha:	Ancho mínimo de 30 m.
Terreno:	Abrupto, de difícil acceso y alta resistividad.
Dependencia:	Región de Transmisión Central.

2.- COMPORTAMIENTO DE LA LINEA TULA-POZA RICA II.

La cantidad de salidas de servicio, así como los tiempos que permaneció - - fuera de servicio la línea de transmisión Tula Poza Rica durante 1981, esta contenida en la tabla 3. En total esta línea tuvo 16 salidas con una duración global de 107:18 horas.

3.- COSTO POR SALIDAS DE LA LINEA TULA-POZA RICA.

El cálculo se hace considerando solamente la energía no vendida durante las interrupciones de la línea, sin tomar en cuenta las pérdidas causadas a la industria, comercio y público en general.

Para este cálculo se aplica la fórmula siguiente:

$$CI = \frac{C_1 \times t \times P_A}{720} + C_2 \times t \times P_R \quad \text{----- (3)}$$

DONDE:

CI = Costo de la interrupción en (\$)

C_1 = Costo de la Capacidad instalada de recepción (2,108.03 \$/KVA)*

C_2 = Costo por energía no transmitida (0.091 \$/KWH)*

t = Tiempo de interrupción en horas y minutos/60

P_A = Potencia Aparente trifásica interrumpida (KVA)

P_R = Potencia Real trifásica interrumpida (KW)

720 = Horas de un mes.

Con la aplicación de la fórmula (3) se obtienen los costos indicados en la tabla 3.

El costo completo que considera todos los factores que afectan la interrupción de la línea, como son las pérdidas de los usuarios, se estima que es cinco veces el costo calculado (tabla 3).

* Costos en 1981.

TABLA No. 3
SALIDAS DE LA LINEA TULA-POZA RICA II, EN 1981

CLAVE	CAUSA	FECHA	H O R A		SALIDA (HS)	POTENCIA CORTADA		COSTO INTERRUPCION(CI)
			DISPARO	CIERRE		KVA	KW	
A3	CONDUCTOR	81-07-15/18	15:52	16:44	72:52	93,750	75,000	\$ 21'341,579.00
B0	DESC. ATMOSF.	81-03-10	17:00	17:09	0:09	62,500	50,000	\$ 28,130.00
B0	" " " " " " " "	81-05-23	0:40	0:59	0:19	468,750	375,000	\$ 444,463.00
B0	" " " " " " " "	81-05-24	14:59	15:12	0:13	156,250	125,000	\$ 101,270.00
B0	" " " " " " " "	81-07-08	14:52	15:29	0:37	12,500	10,000	\$ 23,104.00
B0	" " " " " " " "	81-07-30	14:20	14:41	0:21	18,750	15,000	\$ 19,690.00
B0	" " " " " " " "	81-04-28	19:04	19:12	0:08	50,000	40,000	\$ 19,953.00
B0	" " " " " " " "	81-05-29	18:29	18:40	0:11	81,250	65,000	\$ 44,614.00
B0	" " " " " " " "	81-08-03	14:20	14:41	0:21	21,250	17,000	\$ 22,316.00
B0	" " " " " " " "	81-10-12	19:38	19:46	0:08	250,000	200,000	\$ 99,769.00
TOTAL CAUSAS PROPIAS		10 S A L I D A S			75:19			\$ 22'144,888.00
E0	FALLA EQ. EXTREMO	81-04-21	19:05	20:04	0:59	375,000	300,000	\$ 1'106,095.00
TOTAL CAUSAS AJENAS		1 S A L I D A			0:59			\$ 1'106,095.00
F0	MANIOBRAS Y PRUEB.	81-04-21	21:29	22:28	0:59	225,000	180,000	\$ 663,657.00
F1	LIBRANZAS Y OP.MAN.	81-02-26	9:46	12:44	2:58	75,000	60,000	\$ 667,483.00
F1	" " " " " " " " " "	81-03-06	15:30	18:28	2:58	11,250	9,000	\$ 100,122.00
F1	" " " " " " " " " "	81-06-09	0:29	17:00	13:00	312,500	250,000	\$ 12'189,937.00
F1	" " " " " " " " " "	81-06-20	4:55	16:00	11:05	16,250	13,000	\$ 540,404.00
TOTAL MANIOBRAS		5 S A L I D A S			31:00			\$ 14'161,603.00
TOTAL GLOBAL		16 S A L I D A S			107:18			\$ 37'412,586.00

4.- COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA LINEA ENERGIZADA.

Tomando en cuenta que la línea Tula-Poza Rica II, tiene una longitud de 202 Km, para darle mantenimiento preventivo es necesaria una cuadrilla integrada por un cabo, 3 linieros, 3 ayudantes de liniero y un ayudante de liniero chofer.

4.1.- COSTO DE MANO DE OBRA POR DIA (*).

a) SALARIO DIARIO NORMAL

1 Cabo de \$ 1,209.30 diarios	\$ 1,209.30
3 Linieros de \$ 1,043.90 diarios c/u	\$ 3,131.70
3 Ayudantes de Liniero \$ 966.35 diarios c/u	\$ 2,899.05
1 Ayudante de Liniero Chofer \$ 980.00	\$ 980.00
Total de Salario Diario Normal	\$ 8,220.05

(*) Datos de la Región de Transmisión Central del Dic 81.

b) TIEMPO EXTRA.

El mantenimiento preventivo de líneas energizadas se lleva a cabo dentro de la jornada normal, por lo cual no causa gastos por tiempo extra.

c) PRESTACIONES.

El personal de C.F.E. tiene como prestaciones sociales el 20 % de su salario normal y tiempo extra por concepto de Fondo de Ahorro, otro 20 % para Ayuda de Renta, mas otras cantidades por concepto de Servicios Médicos, --- Ayuda para Transporte, Servicio Eléctrico, Despensa, Fondo de Previsión, etc., que en total representan un 69 % del salario normal y tiempo extra.

Prestaciones \$ 8,220.05 x 0.69 \$ 5,671.80

d) TOTAL DE MANO DE OBRA POR DIA \$ 13,891.85

4.2.- TRANSPORTE.

Se considera la depreciación del vehículo, su mantenimiento, consumo de - -

combustible y lubricantes. El costo es de \$ 1,500.00 por día por vehículo.

Transporte	\$ 1,500.00/día	\$ 1,500.00
------------	-----------------	-------------

4.3.- MATERIALES.

Suponiendo que solamente se requieren aisladores para una cadena de 24 -- unidades de la línea.

Aisladores de Suspensión	\$ 175.00 x 24	\$ 4,200.00
--------------------------	----------------	-------------

Miscelaneos del 4% de Materiales		<u>\$ 168.00</u>
----------------------------------	--	------------------

Total Materiales		\$ 4,368.00
------------------	--	-------------

4.4.- IMPREVISTOS.

Se considera del 4% de la mano de obra, transporte y materiales

IMPREVISTOS 0.04 (13,891.85 + 1500 + 4,368)	\$ 790.40
---	-----------

4.5.- GASTOS GENERALES DE OFICINAS REGIONALES.

Se consideran del 8% del costo de la mano de obra, mas transporte, mas -- materiales y mas imprevistos.

OFICINAS REGIONALES 0.08 (19,759.85 + 790.40)	\$ 1,644.00
---	-------------

4.6.- GASTOS GENERAL DE OFICINAS NACIONALES.

Se consideran del 13% del costo de' mano de obra, mas transporte, mas mate- riales, mas imprevistos, mas gastos generales de oficinas regionales.

OFICINAS NACIONALES 0.13 (20,550.25 + 1,644)	\$ 2,885.25
--	-------------

4.7.- COSTO TOTAL DE UN DIA DE TRABAJO DE UNA CUADRILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LINEAS ENERGIZADAS, es:

Mano de obra	\$ 13,891.85
--------------	--------------

Transporte	\$ 1,500.00
------------	-------------

Materiales	\$ 4,368.00
------------	-------------

Imprevistos	\$	790.40
Ofnas. Regionales	\$	1,644.00
Ofnas. Nacionales	\$	<u>2,885.25</u>
TOTAL DIARIO	\$	25,079.50

4.8.- COSTO EN UN AÑO DE TRABAJO DE LA CUADRILLA DE MANTENIMIENTO L.E.

a) Mano de obra:	\$ 13,891.85 x 365 días	\$ 5'070,525.20
b) Transporte:	\$ 1,500.00 x 215 días*	\$ 322,500.00
c) Imprevistos:	(4%) (a + b)	\$ 215,721.00
d) Gastos Ofnas. Regionales	(8%) (a + b + c)	\$ 448,699.70
e) Gastos Ofnas. Nacionales	(13%) (a + b + c + d)	\$ <u>787,467.90</u>
TOTAL ANUAL		\$ 6'844,913.80

4.9.- COSTO DE LAS HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO L.E.

De acuerdo con la cotización de A. B. Chance (tabla 4) de diciembre de 1981, se tiene:

Costo herramientas Líneas Energizadas	\$	790,750.00
---------------------------------------	----	------------

4.10.-COSTO TOTAL ANUAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LINEAS ENERGIZADAS PARA LA LINEA TULA-POZA RICA II.

a) Costo anual de trabajo de la cuadrilla	\$	6'844,913.80
b) Depreciación de las herramientas (10% anual)	\$	79,075.00
c) Costo total del Mantenimiento con Línea Energizada	\$	6'923,988.80

5.- ANALISIS COSTO-BENEFICIO.

De manera muy conservadora, basta considerar las libranzas de las fechas - 810609 y 810620 con una duración total de 24:05 horas (Tabla 3), -- cuyo costo de interrupción es de \$ 12'730,341.00.

Estas libranzas fueron solicitadas para centrar los dos conductores de la

fase central en la ventana de la torre, maniobra que es perfectamente posible hacerse con la línea energizada, por lo cual no debió salir de servicio la línea durante esas 24:05 horas.

De esta manera si se hubiese hecho ese trabajo con la línea energizada, el beneficio del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas hubiese sido como sigue:

Costo del Mantenimiento Preventivo con Línea Energizada \$ 6'923,988.80

Costo de 24:05 horas de interrupción evitada \$12'730,341.00

Beneficio del Mantenimiento con Línea Energizada \$ 5'806,352.20

En realidad el beneficio es mucho mayor, puesto que los trabajos de mantenimiento de centrado de los conductores y disminución de resistencia a tierra, deben reducir las fallas por descargas atmosféricas. Esto sin considerar -- las múltiples salidas que reduce el Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas.

TABLA No. 4

COTIZACION DE HERRAMIENTAS A. B. CHANCE (dic. 1981)

No.	DESCRIPCION	CATALOGO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
1	Tripie	M 4660	98.25	4	393.00
2	Franela Siliconada	M 1904	4.75	10	47.50
3	Cable de Polidacrón (1/2")	M 1896-3	6260/100'	1 200'	751.20
4	Pasteca	2230-1	49.35	2	98.70
5	Gancho	M 1849	5.50	2	11.00
6	Garrucha con Polea Triple	C 400-0925	163.50	1	163.50
7	Apoyo para Torre	M 4742-3	151.15	3	453.45
8	Pértiga de Tensión (1 1/2" x 6')	H 4716-3	100.05	1	100.05
9	Pértiga de Tensión (1 1/2" x 10')	H 4716-5	130.00	1	130.00
10	Pértiga de Escopeta	H 1964-6	200.00	1	200.00
11	Pértiga Universal Sección (1 1/2" x 12')	H 4540-4	100.00	2	200.00
12	Pértiga Universal Sección (1 1/4" x 8')	H 4539-2	75.00	2	150.00
13	Deschavetador de Gancho	M 4455-12	13.60	1	13.60
14	Deschavetador de Solera	M 4455-19	26.00	1	26.00
15	Gancho "G"	M 4455-22	9.90	1	9.90
16	Tenedor Ajustable	M 4455-67	78.50	1	78.50
17	Horquilla Dentada Chica	M 4455-87	19.15	1	19.15
18	Deschavetador de Mariposa	M 4455-96	29.65	1	29.65
19	Horquilla Dentada Grande	C 403-0126	25.00	1	25.00
20	Espejo	M 4455-38	30.90	1	30.90
21	Camilla Tipo "J" (2 1/2" x 16')	C 401-0355	1 200.00	1	1 200.00
22	Yugo Posterior	M 2946-12	250.00	1	250.00
23	Maneral de Matraca	M 1948-3	65.20	2	130.40
24	Yugo Superior para Torre Susp.	H 4783-22	470.50	1	470.50
25	Yugo Inferior de Suspensión	H 4794	805.30	1	805.30
26	Yugo Posterior Sencillo	C 401-0095	645.00	1	645.00
27	Yugo Delantero Sencillo	C 401-0095	645.00	1	645.00
28	Abrazadera de Tensión (2")	E 401-0138	62.45	2	124.90
29	Pértigas Tensoras (2" x 15')	M 2947-15	520.50	2	1,041.00
30	Descargador Electrostatico	HG-4230-1	100.20	2	200.40
31	Pértiga Plato de 2 1/2" x 12'	H 4721-112	300.00	3	900.00
32	Malacate de Cadena 2 ton.	4012	354.60	2	709.20
33	Malacate de Nylon 1 ton.	C 309-0029	212.60	2	425.20

TABLA No. 4 (continuación)

No.	DESCRIPCION	CATALOGO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
33	Malacate de Nylon 1 ton.	C 309-0029	212.60	2	425.20
34	Escalera Sección Superior (2 1/2" x 12')	C 402-0402	552.65	1	552.65
35	Escalera Sección Inferior (2 1/2" x 12')	C 402-0422	482.60	1	482.60
36	Base para Escalera	C 402-0140	616.60	1	616.60
37	Pértiga Tirante de Escalera (1 1/4" x 12')	E 402-0141	102.30	2	204.60
38	Pértiga Viento de Escalera (1 1/4" x 12')	E 402-0141	102.30	2	204.60
39	Balancin de Escalera (3" x 20")	E 402-0099	75.00	1	75.00
40	Abrazadera Fija de Escalera (2 1/2")	M 1729-18	30.05	2	60.10
41	Pluma Giratoria (4" x 4" x 16')	C 400-0464	1,165.00	1	1,165.00
42	Probador de Pértigas	LT-10	761.25	1	761.25
43	Probador de Escalera	C 402-0288	450.00	1	450.00
44	Traje Conductor	C 402-0534	466.60	1	466.60
45	Par de Guantes Conductores	C 402-0558	41.00	2	82.00
46	Par Calcetines Conductores	C 402-0577	30.00	2	60.00
47	Par Botas Conductoras	P 625-2	78.00	2	156.00
T O T A L					\$ 15,815.00

Como son herramientas de importación para C. F. E., el dolar es de \$ 50.00 : 15,815 x 50 = \$ 790,750.00

CAPITULO

SEPTIMO

ALGUNAS MANIOBRAS

EN

EN LINEAS DE TRANSMISION

DE 115 KV

I.- GENERALIDADES .

1.- OBSERVACION.

Ante la imposibilidad de describir todas las maniobras que son factibles de desarrollar como parte del Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, a manera de ejemplos en éste capítulo y en el IX, se describen los procedimientos para el cambio de cadenas de aisladores en las estructuras de suspensión y de tensión (remate) de las líneas de 115, 230 y 400 KV.

Es necesario hacer la observación de que los procedimientos de trabajo aquí expuestos, representan una de tantas variantes que son factibles de desarrollar especialmente en cuanto a los detalles, en base a las particularidades que presentan cada estructura y las circunstancias del trabajo.

2.- ESTRUCTURAS DE 115 KV.

Las Líneas de Subtransmisión de 115 KV de CFE, cuentan con estructuras metálicas, de madera y de concreto. Aquí solamente se describen las estructuras de concreto de dos y tres postes, debido a que en ellas se hacen las maniobras de cambio de aislamiento, seleccionadas como ejemplo en éste capítulo.

2.1) ESTRUCTURA DE SUSPENSION EN TANGENTE, TIPO 115 I.S. LISTA DE MATERIALES (ver figura 1)

- (1) Poste de concreto sección I, de 15 m.
- (5) Cruceta armada de 15.2 x 840 cm
- (8) Tornillo " J " para suspensión del hilo de guarda.
- (12) Perno de ojo de 1.9 x 25.4 cm
- (15) Clema (Grapa) de suspensión de acero galvanizado.
- (19) Aisladores de porcelana de 10" x 5 3/4" para 25 000 Lb.
- (20) Gancho bola.
- (22) Clema (Grapa) de suspensión de aluminio, con varillas protectoras
- (27) Adaptador de calavera ojo.
- (37) Contraviento de fierro ángulo galvanizado.
- (38) Placa cuadrada de acero galvanizada.
- (40) Alambre para bajadas de tierra.
- (17) Conector para bajada de tierra.

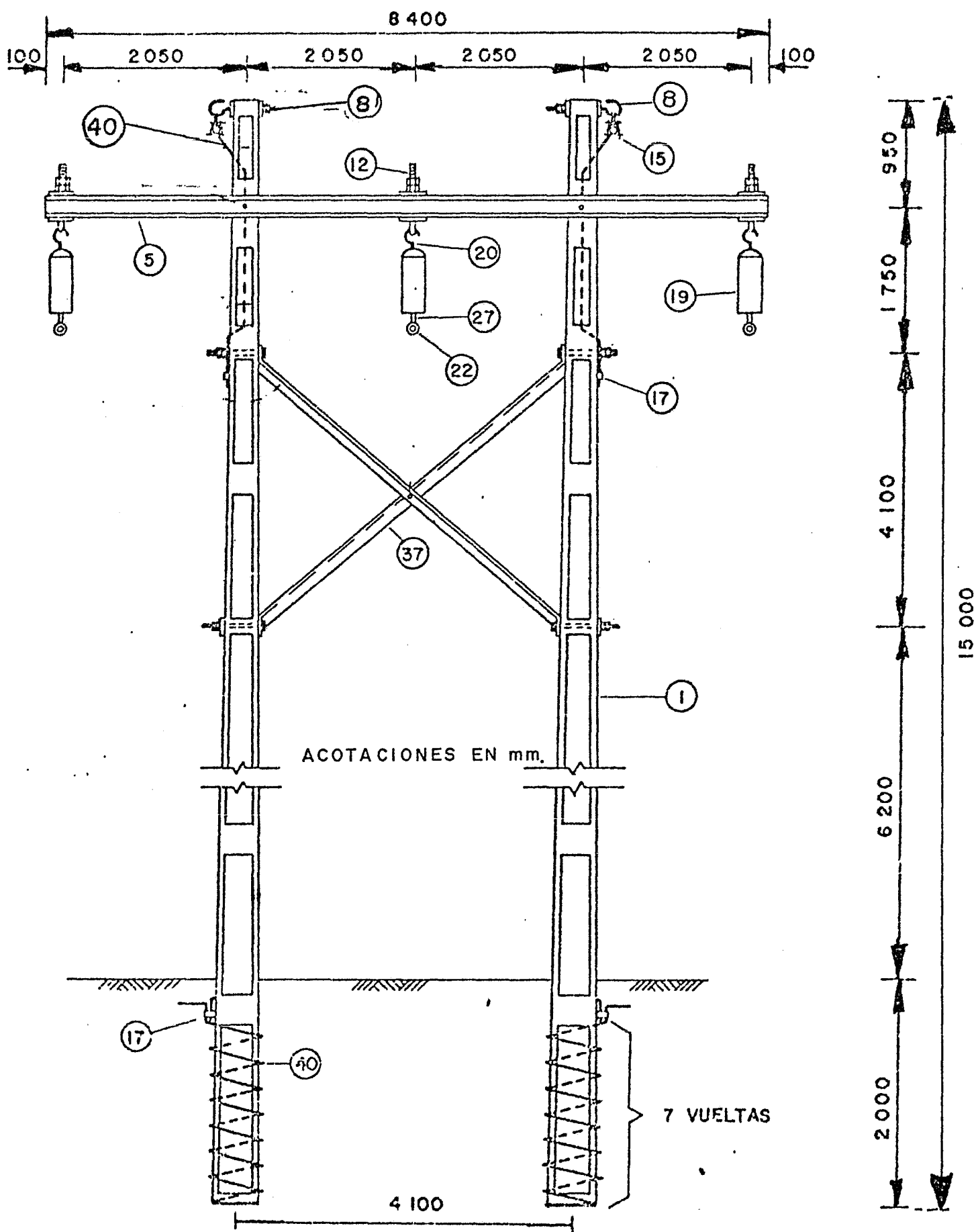


FIGURA No. 1
ESTRUCTURA DE SUSPENSION EN TANGENTE TIPO I, S.

2.2) ESTRUCTURA DE TENSION (REMATE) EN TANGENTE, TIPO 115 I.R.
LISTA DE MATERIALES (ver figura 2)

- (1) Poste de concreto, sección I, de 15 m de longitud.
- (6) Cruceta de 10.2 x 410 cm
- (7) Cruceta de 10.2 x 625 cm.
- (12) Perno de ojo de 1.9 x 17.8 cm
- (13) Perno de ojo de 1.9 x 25.4 cm
- (14) Placa para suspensión del cable de guarda.
- (17) Conector para bajada de tierra.
- (18) Placa de retenidas y remate del cable de guarda.
- (19) Aislador de porcelana de 10" x 5 3/4" para 25 000 Lb.
- (19R) Aislador de porcelana de 10" x 5 3/4" para 36 000 Lb.
- (20) Gancho bola largo.
- (23) Clema (Grapa) de suspensión de aluminio con calavera-ojo.
- (24) Estribo para remate del conductor y retenidas.
- (27) Adaptador calavera ojo.
- (28) Clema (Grapa) de tensión de aluminio para remate del conductor.
- (29) Rosadera (Guardacabo) de lámina de acero No. 10 galvanizada.
- (33) Ojo para tornillo de 1.9 cm de diámetro.
- (34) Grapa de ranuras paralelas de acero galvanizado, para dos cables de 9.5mm
- (37) Contraviento de fierro ángulo galvanizado.
- (39) Cable de acero galvanizado de 9.5 mm, siete hilos, alta resistencia mecánica.
- (40) Alambre de cobre para bajada de tierra.

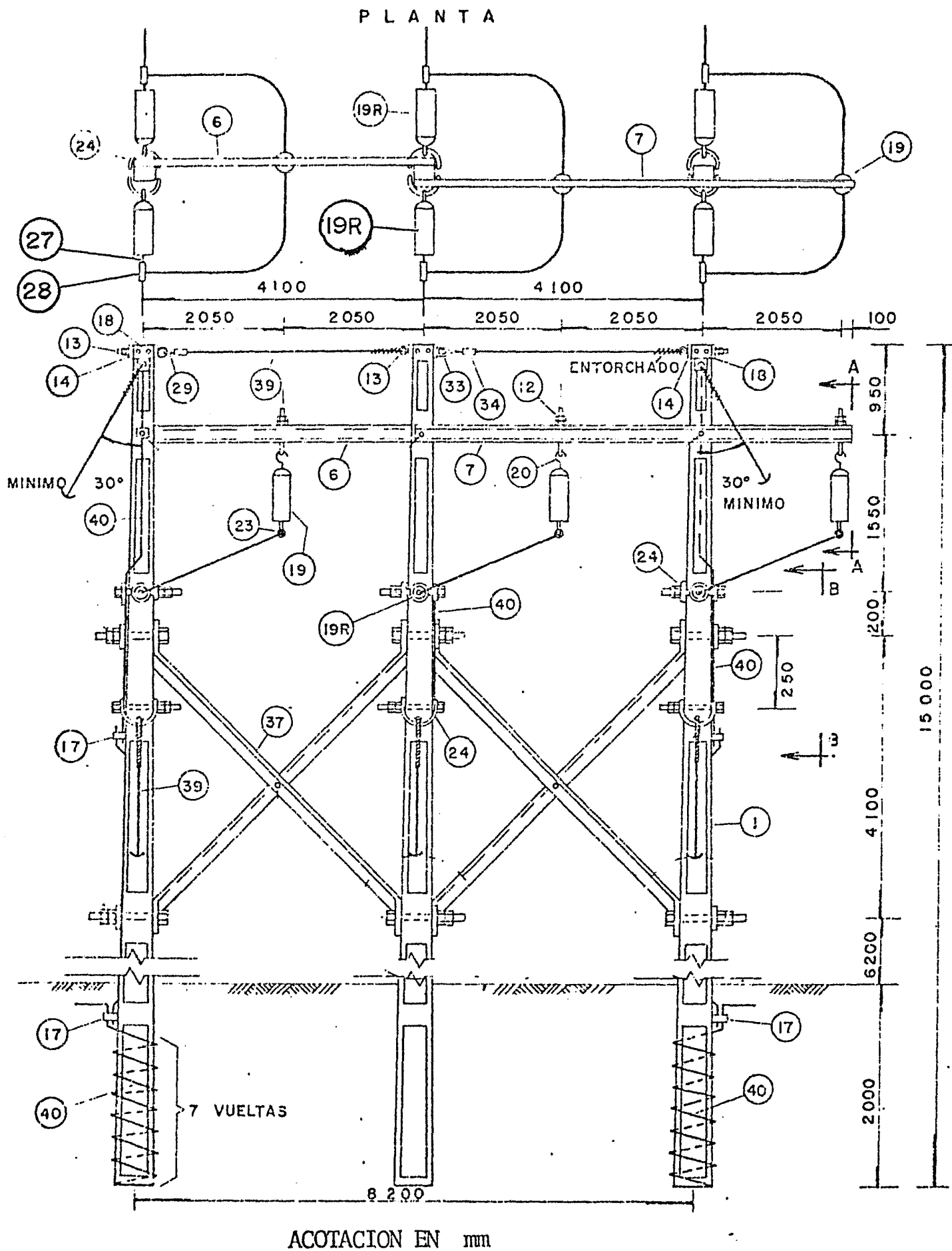


FIGURA No. 2

ESTRUCTURA DE TENSION (REMATE) EN TANGENTE, TIPO 115 I.R.

II.- CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA
TIPO 115 I. S. DE SUSPENSION EN TANGENTE.

A.- METODO DE TRABAJO:

Pértigas aislantes de vidrio-epoxi

B.- PERSONAL REQUERIDO.

3 Linieros
3 Ayudantes
1 Cabo (Jefe de Cuadrilla)

C.- EQUIPO REQUERIDO.

- 1) Dos tripies.
- 2) Una soga de mano con gancho, pazteca y estrobo.
- 3) Dos franelas siliconadas.
- 4) Dos estrobos de polidacrón de 90 cm
- 5) Una garrucha con poleas dobles.
- 6) Una pértiga de tensión 3.8 cm x 1.8 m (1.5" x 6')
- 7) Una pértiga de soporte de 6.3 cm x 3.6 m (2.5" x 12')
- 8) Dos pértigas universales de 3.8 cm x 3 m (1.50" x 10')
- 9) Un apoyo de levantamiento.
- 10) Un apoyo de manopla.
- 11) Un deschavetador de solera.
- 12) Un deschavetador de mariposa.
- 13) Un tenedor ajustable.
- 14) Una horquilla dentada.
- 15) Un gancho G

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA

- 1) La cuadrilla dispone el equipo sobre los tripies y fuera del área de peligro.
- 2) Los tres linieros ascienden en la estructura, el primero de ellos (1), lleva la soga de mano con gancho pazteca y estrobo (figura 3).

- 3) El liniero (1) sujeta la soga de mano, en el poste con el estrobo. El liniero (2) instala una pértiga de soporte - - (6.3 cm x 3.6 m) con su mordaza a 30 cm de la clema. El liniero (3) instala un apoyo de levantamiento, en la cual sujeta la pértiga de soporte (fig. 4).

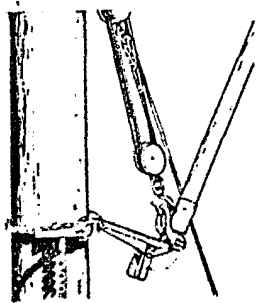


FIGURA No. 4

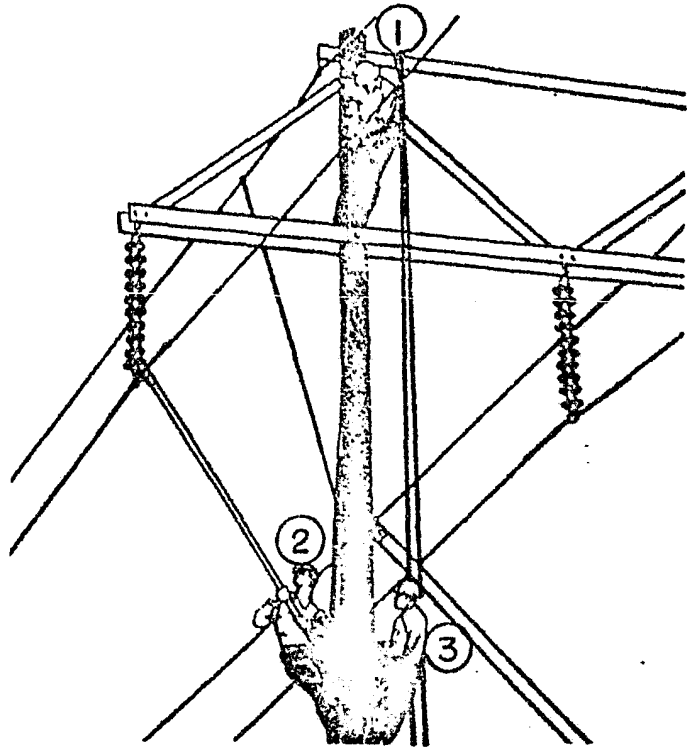


FIGURA No. 3

- 4) El liniero (2) instala una pértiga de tensión (3.8 cm x 1.8 cm), junto a la de soporte previamente montada - - (fig. 5)

El liniero (1) instala una garrucha en el poste y el otro extremo es jalado por el liniero (3), para sujetarlo a la pértiga de tensión.

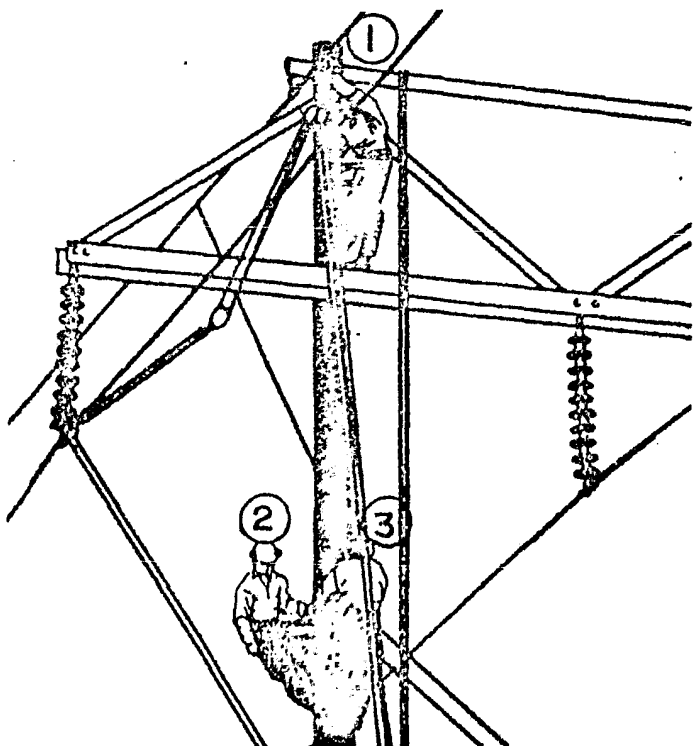


FIGURA No. 6

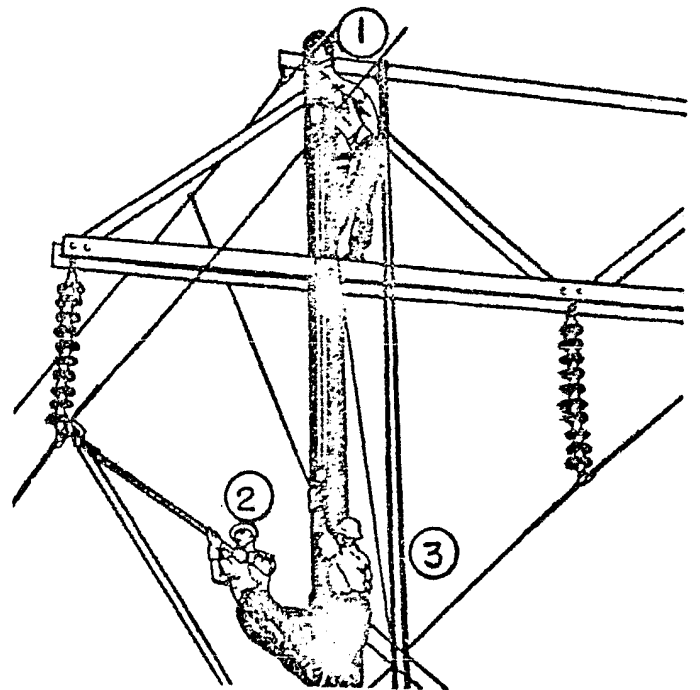


FIGURA No. 5

- 5) El liniero (1), opera la garrucha para tensar ligeramente la pértiga de tensión (fig. 6).

Los ayudantes en tierra amarran el extremo del cable de la garrucha, en un apoyo de manopla, montado en el poste.

- 6) El liniero (2) con una pértiga universal y tenedor ajustable, sujeta el aislador vecino al conductor.

El liniero (3) con una pértiga universal y deschavetador, extrae la chaveta del adaptador de calavera ojo, adaptador que une la clema con la cadena de aisladores (fig. 7).

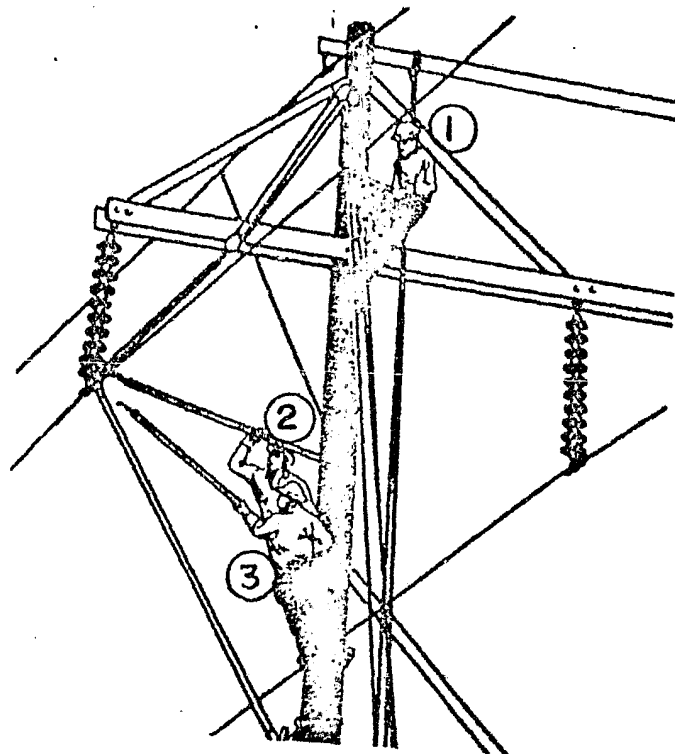


FIGURA No. 7

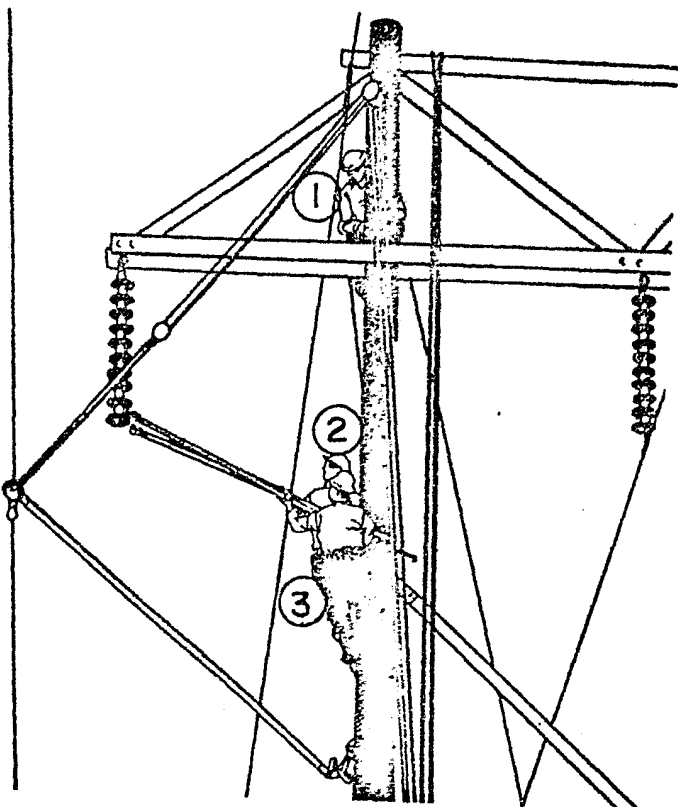


FIGURA No. 8

- 7) El liniero (3) con pértiga universal y horquilla dentada ó con gancho " G " -- desengancha el adaptador de calavera ojo, con lo cual la cadena de aisladores se separa del conductor (fig. 8).

Los ayudantes, desplazan 30 cm aproximadamente el conductor, operando la garrucha desde tierra.

- 8) El liniero (1) con la pértiga universal y tenedor ajustable, jala la cadena de aisladores hasta que el liniero (2) la sujeta con la soga de mano, -- para posteriormente bajarla y repararla, después que el liniero (1) la libere de su apoyo en la cruceta (fig. 9).

- 9) Para montar la cadena de aisladores ya reparada y volver el conductor a su lugar, se procede con los pasos descritos a la inversa.

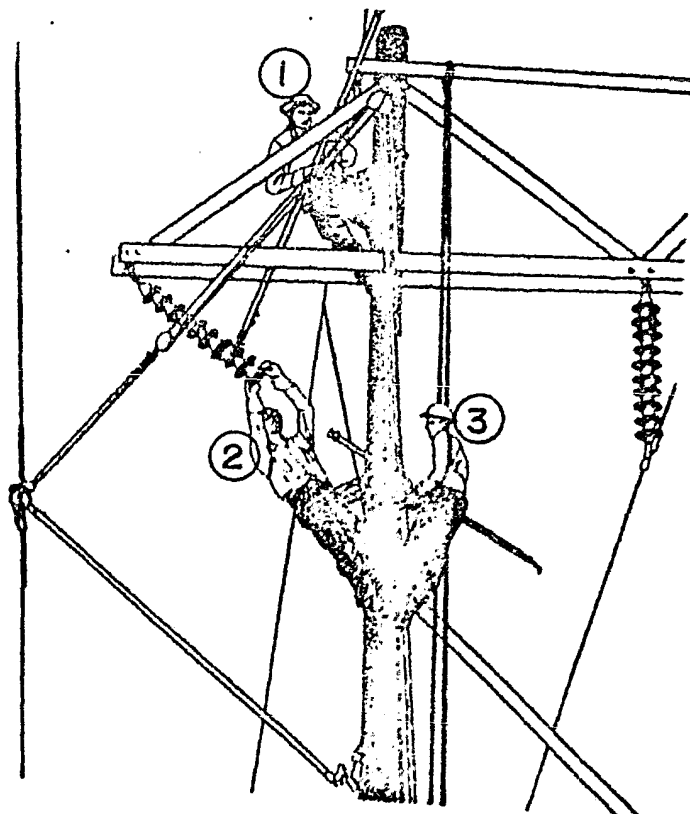


FIGURA No. 9

III.- CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA
TIPO 115 I. R. DE REMATE EN TANGENTE.

A.- METODO DE TRABAJO

Pértigas aislantes de fibra de vidrio con epoxi.

B.- PERSONAL REQUERIDO.

- 3 Liniero
- 3 Ayudantes
- 1 Cabo (Jefe de Cuadrilla)

C.- EQUIPO REQUERIDO

- 1) Dos tripies.
- 2) Dos franelas siliconadas.
- 3) Una soga de mano con gancho, pazteca y estrobo.
- 4) Dos estrobos de polidacrón de 1.3 x 1 50 cm (1/2" x 6')
- 5) Una plataforma con barandal.
- 6) Una espiga giratoria.
- 7) Una pértiga escopeta 3.2 x 180 cm (1.25" x 6')
- 8) Dos pértigas universales de 3.1 x 300 cm (1.25" x 10')
- 9) Una hoja giratorio.
- 10) Dos pértigas tensoras de 5 x 244 cm (2" x 8')
- 11) Dos abrazaderas de tensión de 5 cm (2")
- 12) Un yugo posterior para poste y torre.
- 13) Un yugo delantero con gancho, guía y arillos
- 14) Tensor para ACSR de 477 M C M.
- 15) Camilla de aisladores.
- 16) Un maneral de matraca.
- 17) Un deschavetador de solera.
- 18) Un tenedor ajustable.
- 19) Una horquilla dentada.
- 20) Un gancho "G" .

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA.

- 1) La cuadrilla limpia y dispone el equipo sobre los tripies, fuera del área de peligro.
- 2) Los tres linieros ascienden, el primero de ellos (1) lleva la soga de mano con gancho y pazteca que fijará en la parte superior del poste con un estrobo de polidacrón de 1.5 m.

- 3) Los linieros (2) y (3) instalan la plataforma a 3 m abajo del conductor (fig. 10).

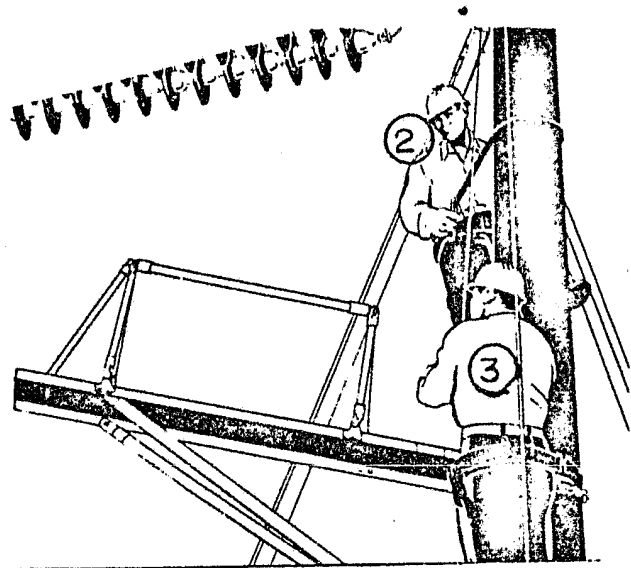


FIGURA No. 10

- 4) El liniero (1) instala en el poste, el yugo posterior, a la misma altura de la cadena de aisladores, que se desea reparar.
- 5) Los linieros (2) y (3) desde la plataforma, auxilian al liniero (1) para instalar sobre el conductor, el yugo delantero con una pértiga tensora. La guía monta en el conductor (fig. 11).

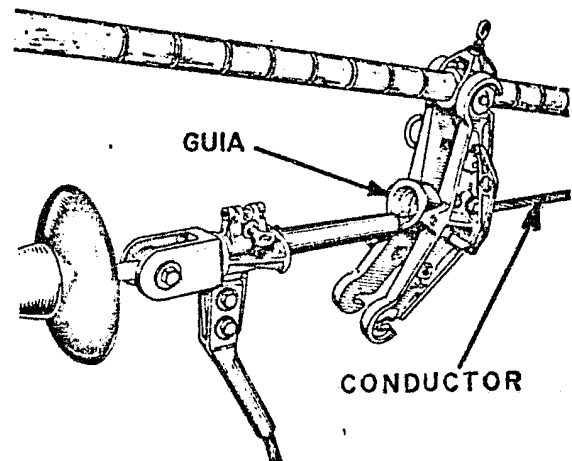


FIGURA No. 11

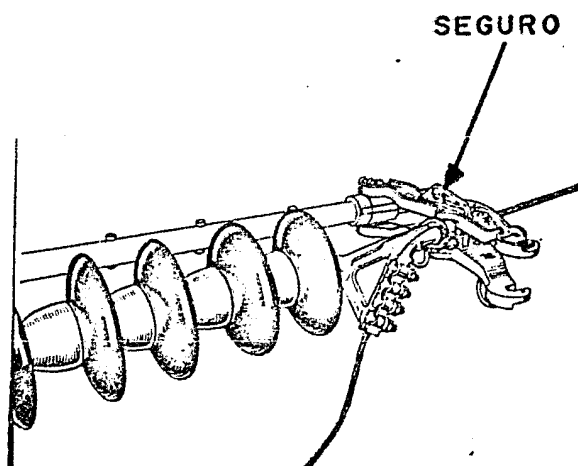


FIGURA No. 12

- 6) El liniero (1) gira el yugo delantero a la posición horizontal con lo cual el seguro cae, para evitar que salga del conductor (fig. 12). El otro extremo de la pértiga tensora, lo fija al yugo posterior.

- 7) Los tres linieros sujetan la segunda pértiga tensora en el yugo delantero (fig. 13).

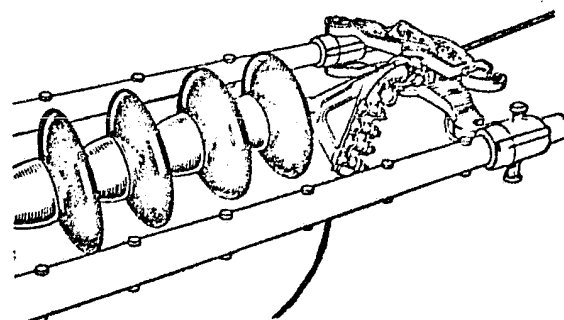


FIGURA No. 13

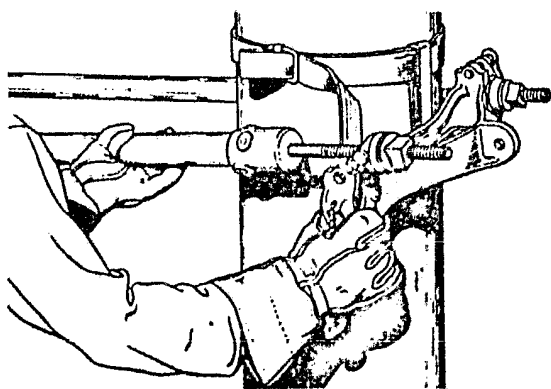


FIGURA No. 14

- 8) El liniero fija la segunda pértiga tensora en el yugo posterior (fig. 14).

- 9) El liniero (3) coloca el tensor en el conductor y lo engancha al yugo delantero (fig. 15).

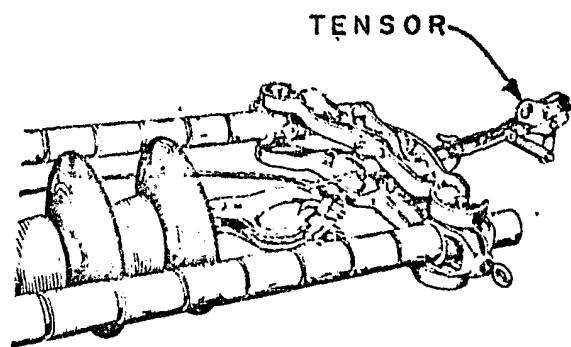


FIGURA No. 15

- 10) El liniero (3) extrae la claveta del adaptador de calavera ojo, que une la clema con la cadena de aisladores (fig. 16).

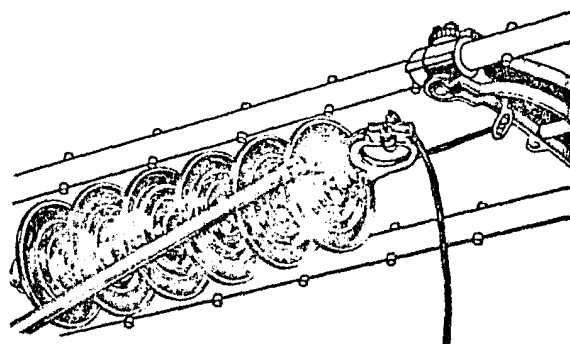


FIGURA No. 16

- 11) Los tres linieros instalan la camilla por debajo de la cadena de aisladores (fig. 17).

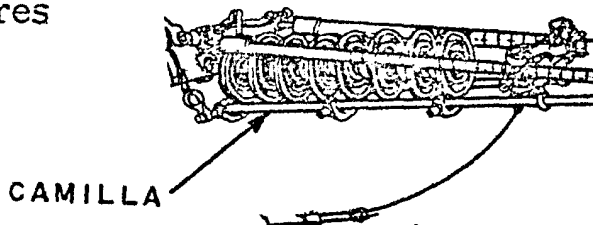


FIGURA No. 17

- 12) El liniero (1) con el maneral aprieta las pértigas tensoras para aflojar la cadena de aisladores (fig. 18).

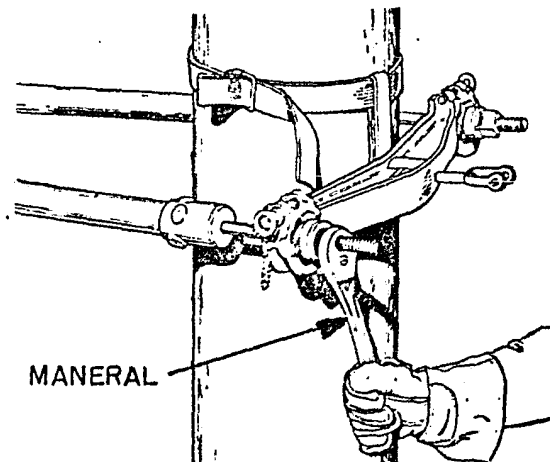


FIGURA No. 18

- 13) Los linieros (2) y (3) con pértigas universales, tenedor ajustable y horquilla dentada, retiran la clema de la cadena de aisladores.

- 14) El liniero (1) amarra la cadena de aisladores con la sogá de mano y la desliza sobre la camilla (fig. 19) Los ayudantes con la sogá bajan la cadena para su reparación.

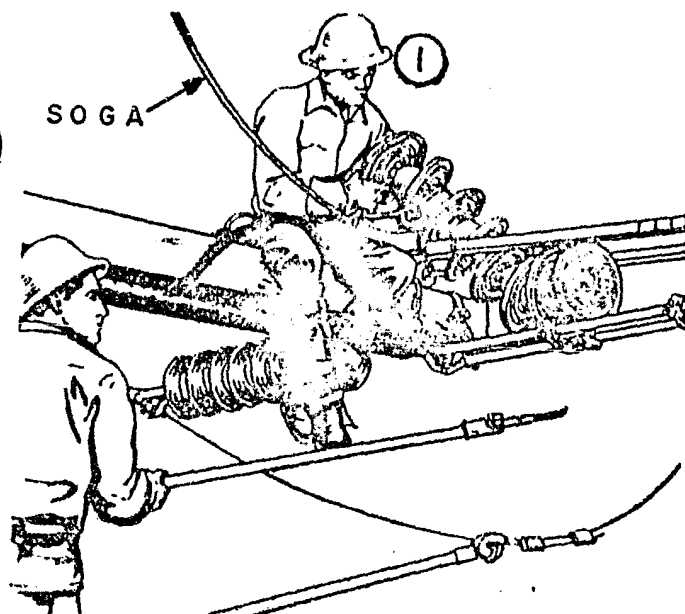


FIGURA No. 19

- 15) Para concluir la maniobra se siguen pasos similares a los descritos en orden inverso.

CAPITULO

OCTAVO

EL TRAJE

CONDUCTOR

I.- LA VESTIMENTA CONDUCTORA.

1.- INTRODUCCION.

En la actualidad la Comisión Federal de Electricidad, opera y mantiene líneas de transmisión de hasta 400 KV; construye mas de esas líneas y probablemente en el futuro se construyan líneas de mayor tensión.

Las líneas de 230 y 400 KV, exigen mayores distancias entre los conductores y entre ellos y las estructuras, que en las líneas de 115 KV; también las -- cadenas de aisladores son mas largas y pesadas en el caso de línea de mayor -- tensión.

Para dar mantenimiento preventivo a las líneas energizadas de 230 y 400 KV, por razones de seguridad, los linieros deberán mantenerse mas alejados de los conductores energizados, que en las líneas de 115 KV. Para ello es necesario utilizar pértigas mas largas y mas pesadas, que multiplican el grado de dificultad para maniobrar.

Para trabajar en líneas energizadas de 400 KV, se requieren pértigas de hasta 3.30 m; en cambio para líneas de 115 KV solamente es necesario el empleo de pértigas de 1.5 m

En la gran mayoría de las cadenas de aisladores, se utilizan aisladores de - - calavera y bola, en los cuales durante el mantenimiento preventivo se requiere desplazar chavetas. En cambio en las cadenas de aisladores del tipo articulación y ojo, es indispensable quitar y poner pernos y chavetas, lo cual exige - un alineamiento perfecto entre el ojo y la articulación de los aisladores que es necesario reemplazar. Lo anterior hecho mediante pértigas de 3 m de largo, incrementa enormemente el grado de dificultad para efectuarlo.

En general las maniobras con pértigas largas, significa mayor grado de dificultad para los linieros en 400 KV que en líneas de 115 KV.

Debido a las dificultades expuestas, el TRAJE CONDUCTOR surgió como el satisfactor de la necesidad de permitir al liniero operar directamente en los conductores energizados, con sus propias manos, los diferentes herrajes y herramientas, con mucho mayor facilidad, comodidad, rapidez y seguridad; todo esto en lugar de hacerlo mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas largas y pesadas.

2.- DESCRIPCION DEL TRAJE CONDUCTOR.

El traje conductor (fig.1) es un conjunto de pantalón, chaqueta y capucha, todo integrado en una sola pieza; la compañía A. B. Chance lo fabrica de hilos de nilón (nylón) impregnados de plata, lo que le hace de baja resistencia eléctrica.



Fig. 1

Cuenta con bandas de nylon, ubicadas en los extremos de las mangas y en las valencianas, sirven para asegurar el contacto de las mangas con los guantes conductores y de las valencianas con los calcetines conductores.

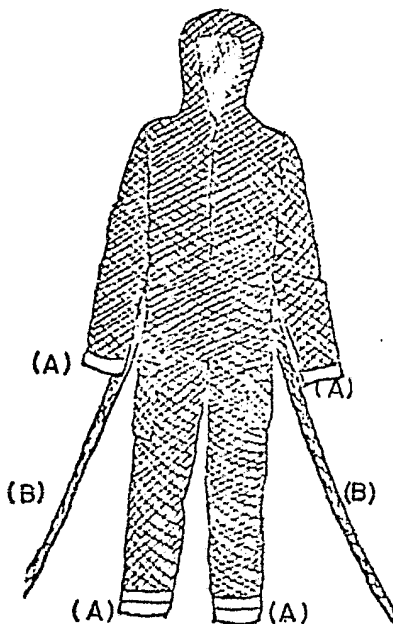


Fig. 2

Forman parte del mismo traje (fig. 2), dos colas del mismo material, de 1.5 m cada una; sirven para conectar el traje al potencial de la línea energizada donde se trabajará.

Los guantes y calcetines conductores son parte de los elementos auxiliares del traje conductor.

(A) BANDAS DE NYLON

(B) DERIVACIONES (COLAS)

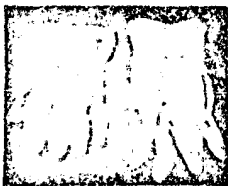


Fig. 3

Los guantes conductores (fig. 3), también son fabricados con hilos de nylon impregnados con plata.



Fig. 4

Los calcetines conductores (fig. 4), son construidos de tela de algodón, con hilos de carbón entre tegidos; son usados encima de los calcetines convencionales del linie ro.

Las BOTAS CONDUCTORAS (fig. 5), son construidas con suela conductora, que --- hace posible mantener al liniero constantemente conectado al potencial del --- lugar donde esté parado.

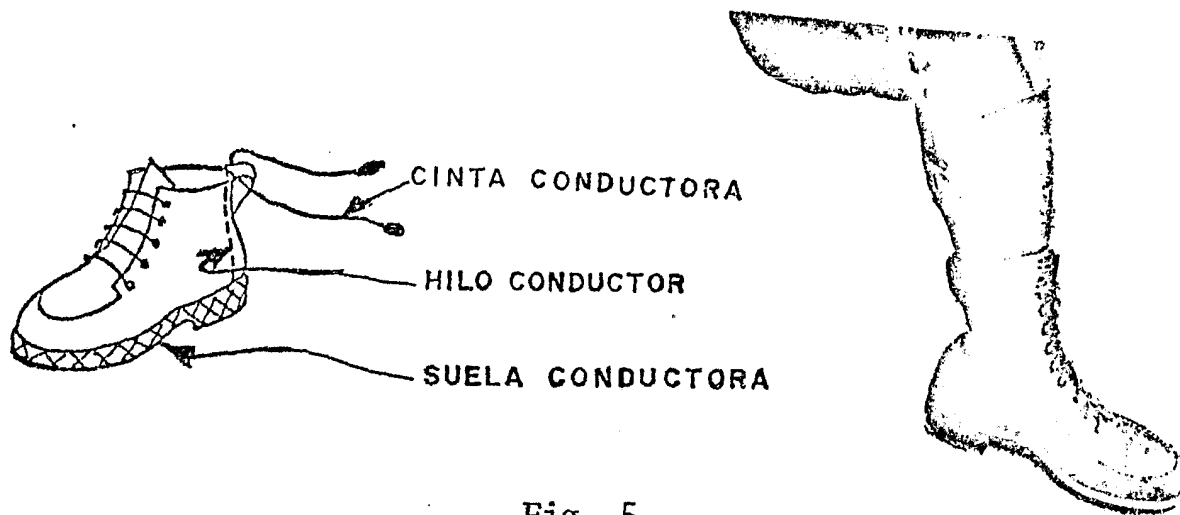


Fig. 5

El hilo conductor, asegura el contacto de la suela con el aza donde se apoya la cinta conductora, que se debe conectar a la pantorrilla desnuda del liniero, para asegurar el contacto de su cuerpo con las botas. La cinta se emplea en el caso de no utilizar los calcetines conductores.

Los elementos antes descritos, forman una superficie conductora cerrada y --- protectora para el liniero, constituyendo un blindaje eléctrico, semejante a la jaula de Faraday.

El Traje Conductor, reúne las características siguientes:

- a) Alta conductividad eléctrica para cumplir su función de blindaje.
- b) Flexibilidad, que da comodidad al liniero, al permitirle todos sus movimientos sin dificultad, ni fatiga.
- c) Ventilación, que el tejido permite a través de los poros; esto es importante en climas cálidos, considerando que el trabajo debe desarrollarse a la intemperie y a pleno sol.
- d) Los materiales utilizados en su fabricación, lo hacen resistente a la abrasión ante un uso normal del mismo, por lo cual no es necesario usar ropa protectora del traje.

3.- RESISTENCIA ELECTRICA DEL TRAJE CONDUCTOR.

La resistencia eléctrica del traje conductor por ningún motivo debe ser mayor de 5Ω , de acuerdo con la recomendación del fabricante A. B. Chance, para

garantizar la conductividad eléctrica necesaria para asegurar un blindaje eléctrico adecuado.

La medición debe hacerse con un Ohmetro convencional, con escala de 0-10 Ω ; una medición se hace entre el guante derecho y la valenciana izquierda; otra medición se hace entre el guante izquierdo y la valenciana derecha. Las dos mediciones deben resultar menores de 5 Ω .

En caso de que alguna medición sea mayor de 5 Ω , indica que el traje ha disminuido su conductividad a un nivel inaceptable; en este caso debe lavarse a mano, en frío, con jabón suave y agua limpia.

Para conservar mejor el traje conductor, debe evitarse su exposición excesiva en atmosferas salinas, como sucede en las costas.

II. LA ESCALERA AISLANTE

1.- EL PROBADOR DE ESCALERAS

Para colocar el liniero con traje conductor al potencial de la línea, primero debe aislarse de tierra, mediante la "Escalera Aislante" de vidrio epoxi, la que además permite al liniero trasladarse desde la estructura hasta los conductores energizados.

El aislamiento de la escalera debe ser probado de manera efectiva con el "Probador de Escaleras", que detecta cualquier pequeña corriente de fuga que pasa a través de dicho aislamiento.

EL PROBADOR DE ESCALERAS contiene un circuito electrónico y un microamperímetro con escala de $200\mu\text{A}$, escala suficiente para medir la corriente de fuga del aislamiento de la escalera, cuando está apoyada en la torre por un lado y en un conductor energizado por el otro.

El Probador de Escaleras (Fig. 6), cuenta con tres abrazaderas (a), un cable con sus terminales (b) y dos pilas (c).

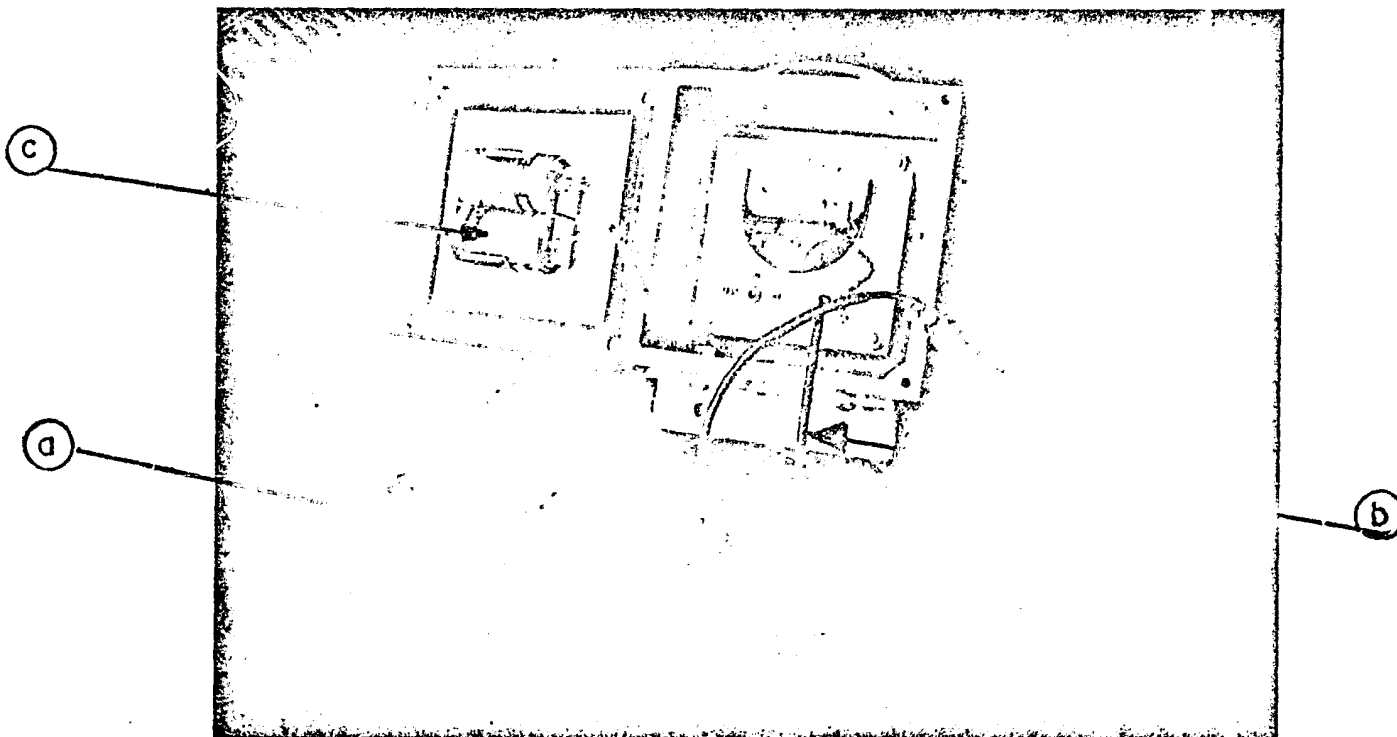


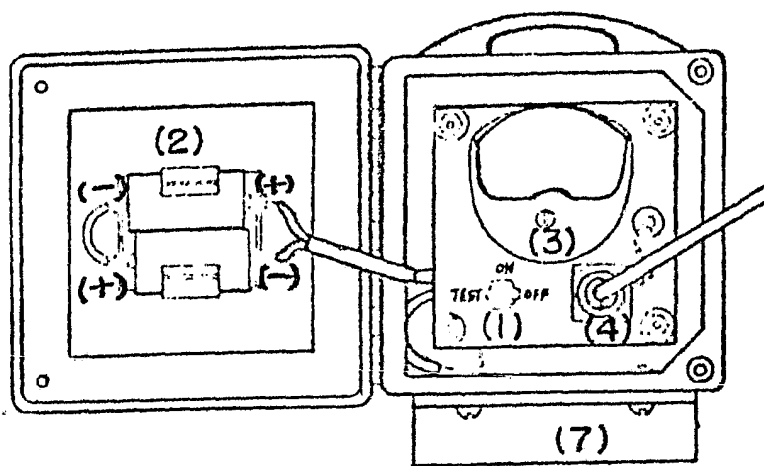
FIGURA 6

EL PROBADOR DE ESCALERAS

2.- VERIFICACION DEL PROBADOR DE ESCALERAS

2.1) Para comprobar el buen funcionamiento del probador, mediante corriente directa, los linieros deben proceder así:

a) Se instalan las pilas (2) de 1.5 V, tamaño "D" y respetando la polaridad indicada en el aparato (Fig. 7)



- (1) PERILLA
- (2) DOS PILAS DE 1.5V
- (3) MICROAMPERIMETRO
- (4) TERMINAL (+)
- (7) TERMINAL DE TIERRA

Fig. 7

- b) Se pone la perilla (1), en la posición de prueba (Test), evitando mantenerla demasiado tiempo, para impedir la descarga violenta de las pilas. Cuando el aparato esta bien, el microamperimetro deberá indicar $100 \mu\text{A}$ aproximadamente; en caso contrario es posible que las pilas esten demasiado bajas, y si -- las pilas estan bien es posible que el probador este dañado.
 - c) En caso de estar en buenas condiciones el aparato, la perilla (1) se debe -- pasar a la posición de apagado (OFF), habiéndose concluido con la verificación.
- 2.2) Para verificar el probador de escaleras, mediante corriente alterna de 125 volts, 60 HZ, se procede de la manera siguiente:
- a) Se aterriza la carcaza del probador y se conecta el neutro del circuito de -- corriente alterna a la terminal de tierra (7).
 - b) La perilla (1) debe estar en su posición de apagado.
 - c) Se conecta el cable (5) a su terminal positiva (4), ubicada en el tablero del aparato (fig. 8).
 - d) Se conecta la mordaza (6) a la fase del circuito de corriente alterna de 125 volts, 60 HZ (fig. 8).
 - e) Se enciende el probador, pasando la perilla (1) a la posición (ON).
 - f) El microamperimetro (3) debe indicar $100 \mu\text{A}$ aproximadamente, en condiciones normales. En caso contrario el aparato debe ser reparado y probado satisfactoriamente.
 - g) La perilla (1) se pasa a la posición de apagado (OFF) y se desconecta, habiendose concluido así la verificación.

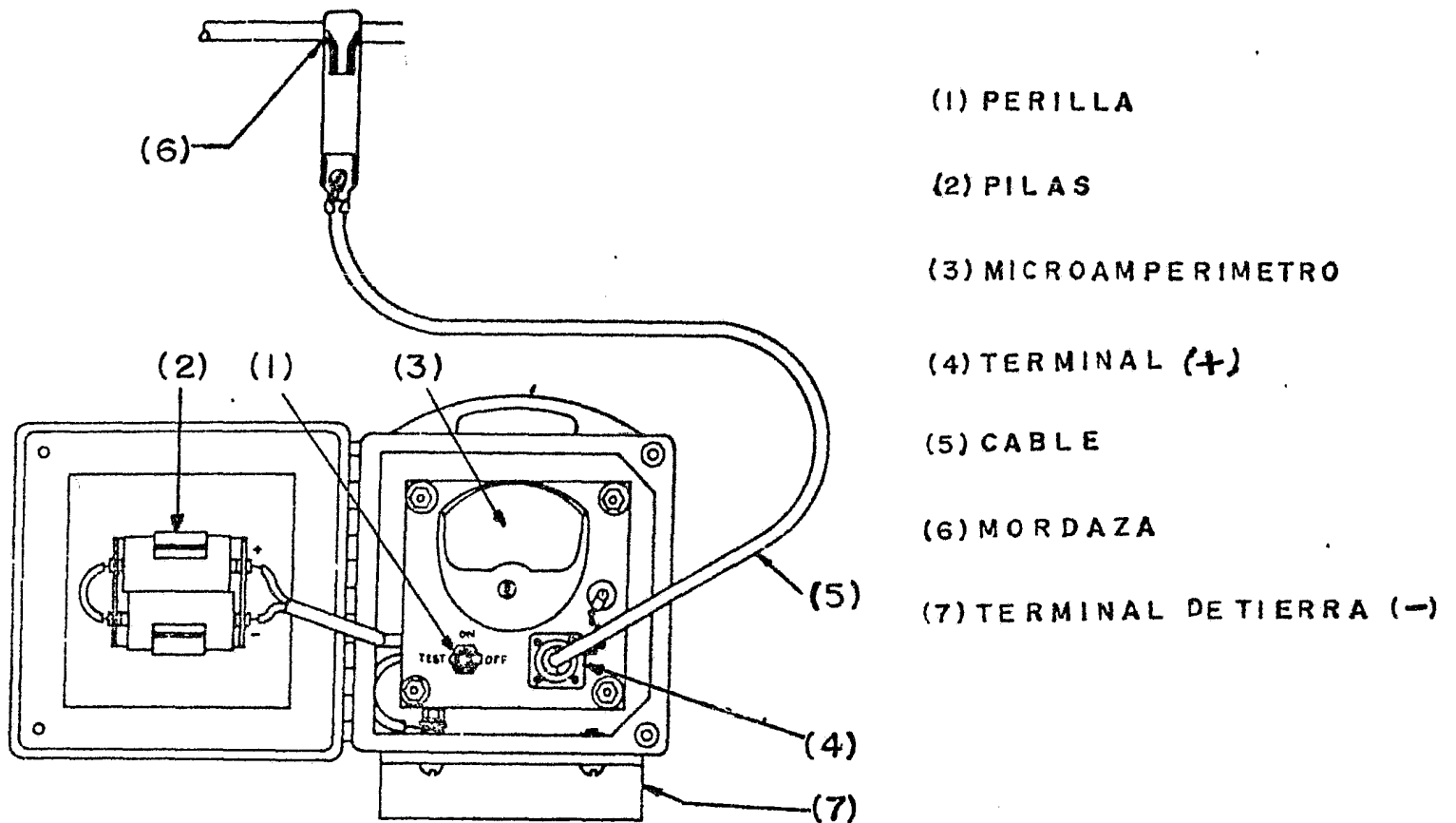


Fig. 8

EL PROBADOR DE ESCALERAS

3.- CIRCUITO ELECTRONICO DEL PROBADOR DE ESCALERAS.

El circuito consta de las partes siguientes: (fig. 9)

- a) Perilla (1) de tres posiciones (TEST, ON y OFF);
- b) Dos pilas (2), tamaño "D" de 1.5 volts cada una.
- c) Microamperímetro (3) con escala de 0-200 μ A
- d) Terminal de tierra (7).
- e) Cable (5) con mordaza (6).
- f) Una resistencia de 1 M Ω , 1 W y otra de 20 K Ω , 1 W.

4.- PRUEBA DEL AISLAMIENTO DE LA ESCALERA.

Para probar el aislamiento de la escalera, se recomienda que los linieros -- procedan de la manera siguiente:

- 4.1) Instalar una abrazadera en cada uno de los pasamanos de la escalera (fig. 10), sobre las arandelas curvadas del tirante metálico, todo ello en el extremo de la escalera que se apoyará en la torre de la línea.

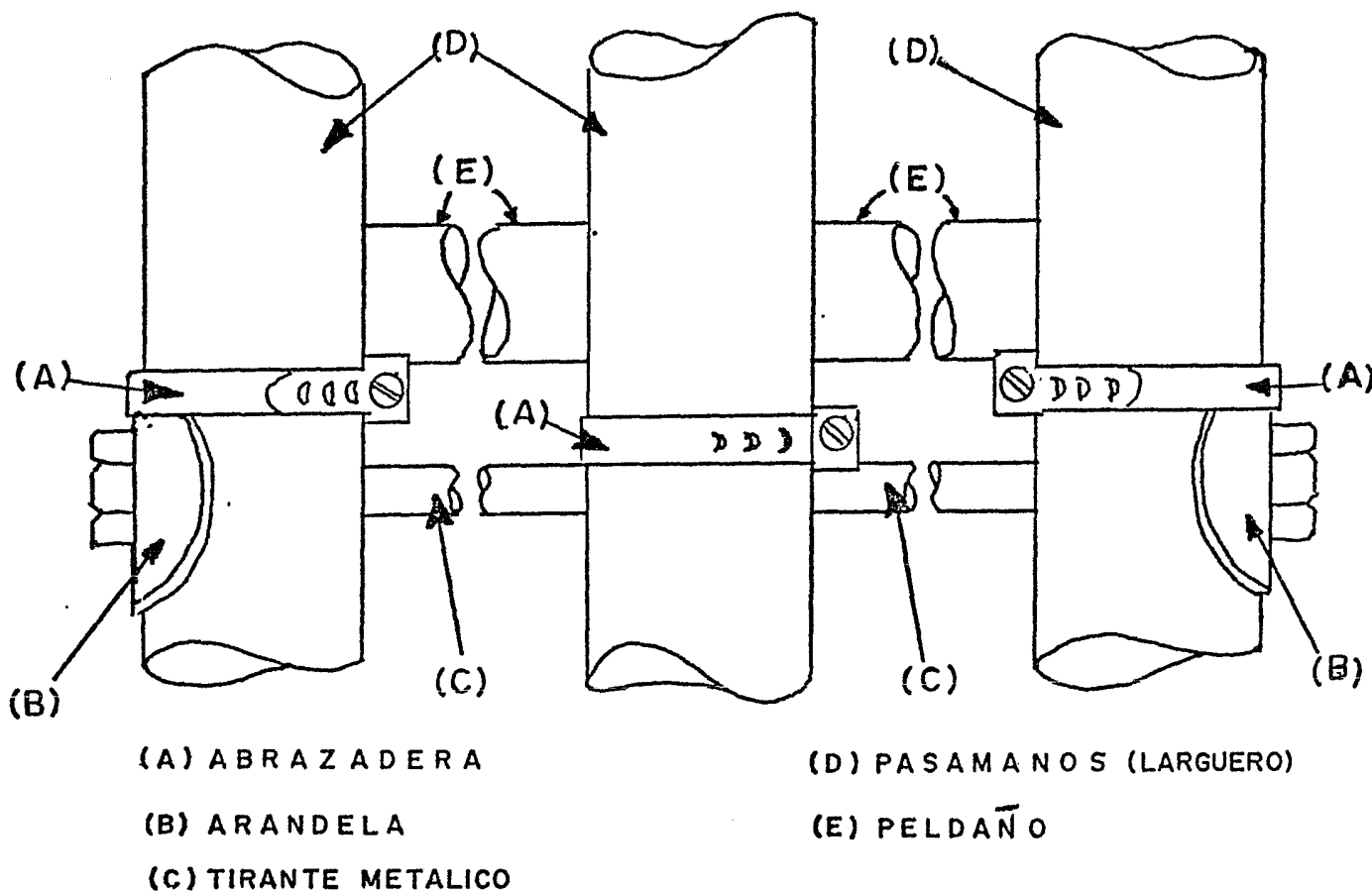


Fig. 10

Las abrazaderas colectarán la corriente de fuga que viaja desde una fase -- energizada de la línea, a lo largo de la superficie de los pasamanos.

- 4.2) Cuando las abrazaderas no se montan sobre las arandelas curvadas, se debe -- utilizar un conductor de cobre calibre 8 AWG que las interconecte (fig. 11).

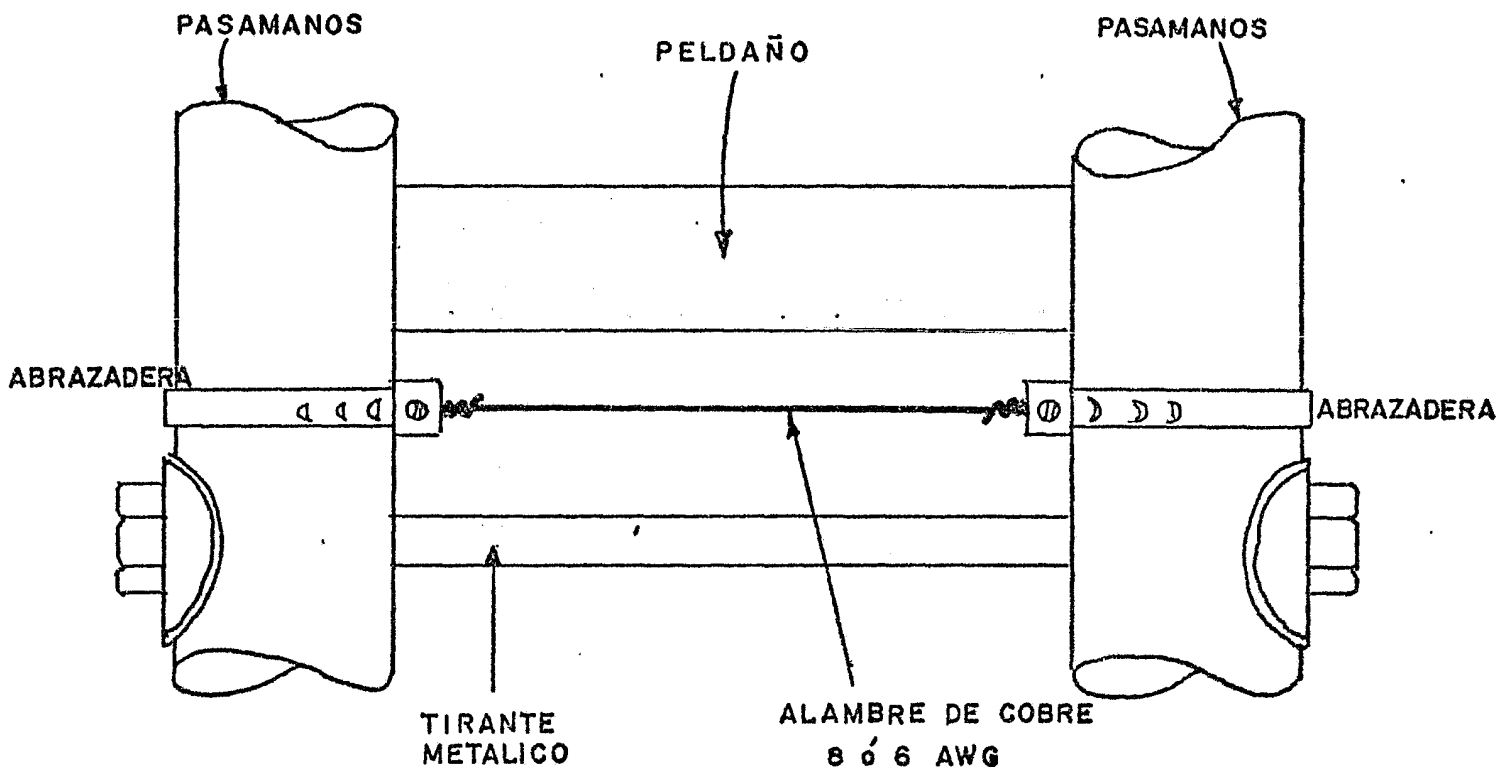


Fig. 11

4.3) Los linieros subirán la escalera en la torre y la apoyan en un punto de la trabe que permita llegar al extremo libre de la misma, al lugar de trabajo en el conductor energizado (fig. 12).

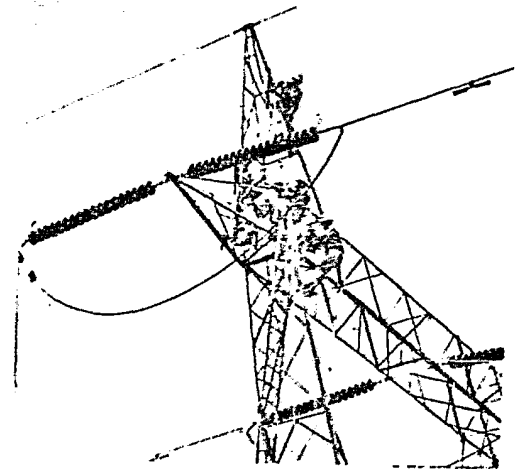


Fig. 12

4.4) La escalera (fig. 13) es instalada de manera que pueda controlarse su movimiento vertical, mediante tirantes y garruchas operados por los linieros que estan arriba de la torre. El movimiento horizontal es controlado por pértigas y cables aislantes de polipropileno, operados por los ayudantes que estan en tierra.

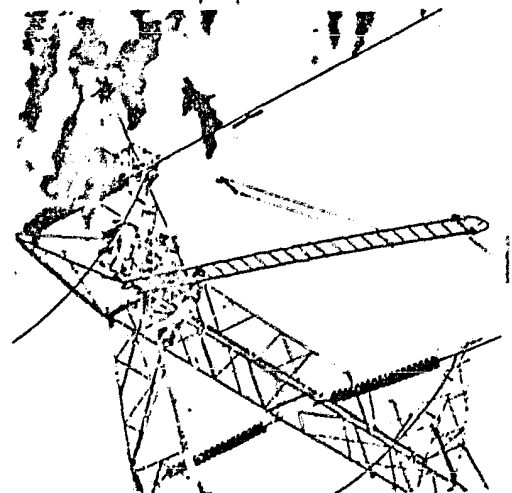
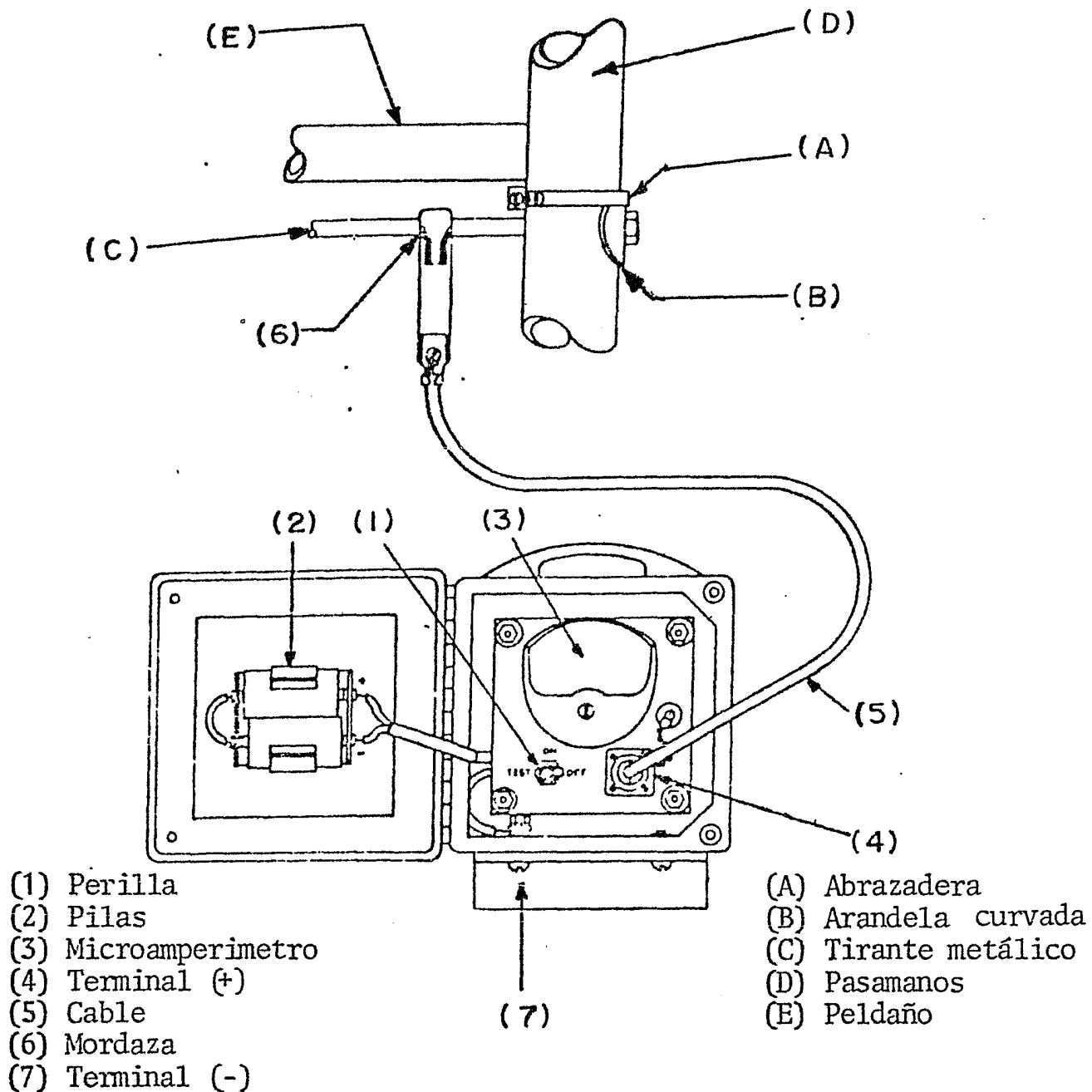


Fig. 13

4.5) El probador de escaleras es apoyado en la torre, mediante su ranura (7) y los tornillos opresores de su carcasa, quedando así conectada a tierra la terminal negativa (7) del probador (fig. 14).



Figs. 14

4.6) Se verifica el probador, utilizando las pilas (2), siguiendo el procedimiento ya explicado anteriormente.

4.7) Es conectado el cable (5) a la terminal positiva (4) del probador.

4.8) Se conecta la mordaza (6) al tirante metálico (c) de la escalera, o en su caso al conductor amarrado entre las abrazaderas.

4.9) Se pone la perilla (1) en la posición de encendido (ON).

- 4.10) Se toman cuidadosamente las lecturas de la corriente de fuga, mientras la escalera es acercada a una de las fases energizadas de la línea, pero únicamente hasta un metro aproximadamente de la fase (fig. 15).

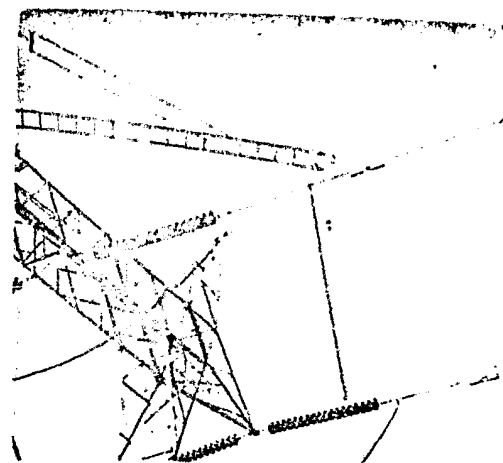


Fig. 15

- 4.11) Se debe retirar la escalera de la fase, en caso que la aguja del microamperímetro (3) se aproxime al tope de su escala, lo cual indicará deficiencia del aislamiento de la escalera y por ello deberá ser bajada y reparada por los medios recomendados en el capítulo III. En caso contrario continuar con el paso siguiente.

- 4.12) Poner la perilla (1) del probador en la posición de apagado (OFF), para evitar que los fenómenos transitorios generados durante el contacto de la escalera con la fase, dañen el aparato (fig. 16).

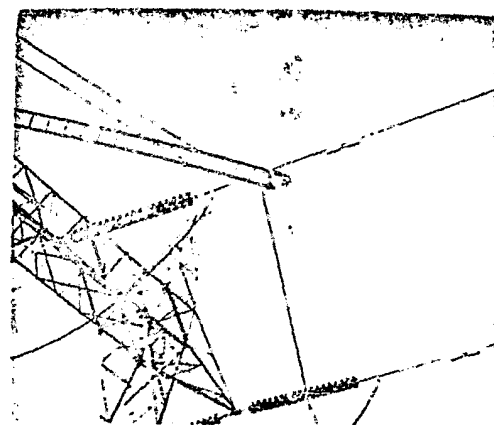


Fig. 16

- 4.13) Poner la perilla (1) del probador en la posición de encendido y tomar la lectura de la corriente de fuga del aislamiento de la escalera.
- 4.14) El fabricante del equipo A. B. Chance de E.U.A. y los usuarios del equipo como Hydroquebec de Canada y C. F. E. de México, recomiendan una corriente máxima de fuga, de " MEDIO MICROAMPERE POR KV DE FASE DE LA LINEA " como indicadora de un aislamiento en buen estado que garantice un desarrollo seguro del trabajo.

La corriente de fuga máxima admisible para las tensiones de las líneas que interesan, son las contenidas en la tabla 17

TABLA No. 17

TENSIONES (KV)		CORRIENTE DE FUGA MAXIMA (μ A)
DE LINEA	DE FASE	
400	230	115
230	133	66
115	66	33

4.15) La corriente de fuga medida por el probador, debe resultar menor a la tabulada, en caso contrario la escalera debe ser reparada y nuevamente probada y aprobada para realizar el trabajo de mantenimiento pretendido en la línea energizada.

III.- TECNICA DEL USO DEL TRAJE CONDUCTOR.



Fig. 18

El liniero usa el traje conductor (fig. 18) encima de su ropa reglamentaria de trabajo, para evitar -- sudarlo.

Es necesario que se desprenda de todos los objetos metálicos, como reloj, cadenas, anillo, pulsera, -- etc., a fin de evitar que rompan el traje o algun -- fenómeno eléctrico indeseable.

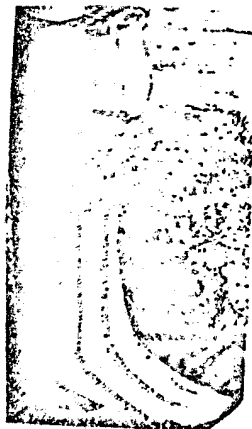


Fig. 19

Los calcetines conductores son usados encima de los calcetines de uso diario (fig. 19)

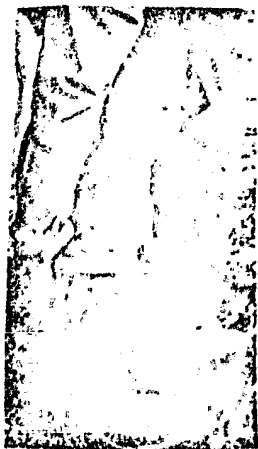


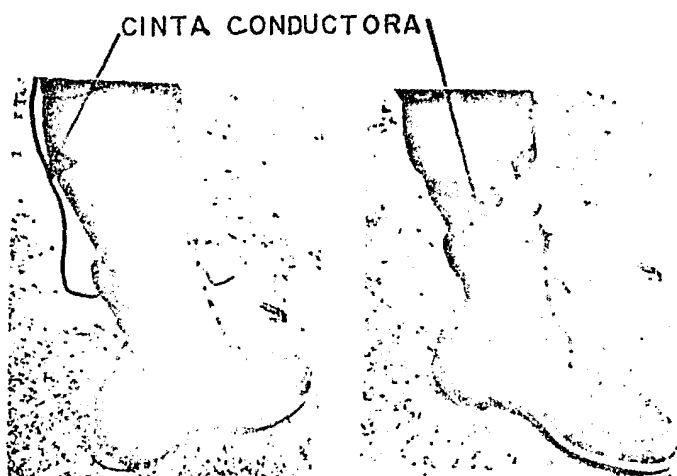
Fig. 20

Las botas con suela conductora, se sujetan en la forma de costumbre como las botas dieléctricas (fig. 20).



La banda de la valenciana del traje (fig. 21), se sujeta firmemente contra el calcetin conductor, para asegurar un buen contacto. Es conveniente utilizar encima cinta aislante para asegurar la unión anterior.

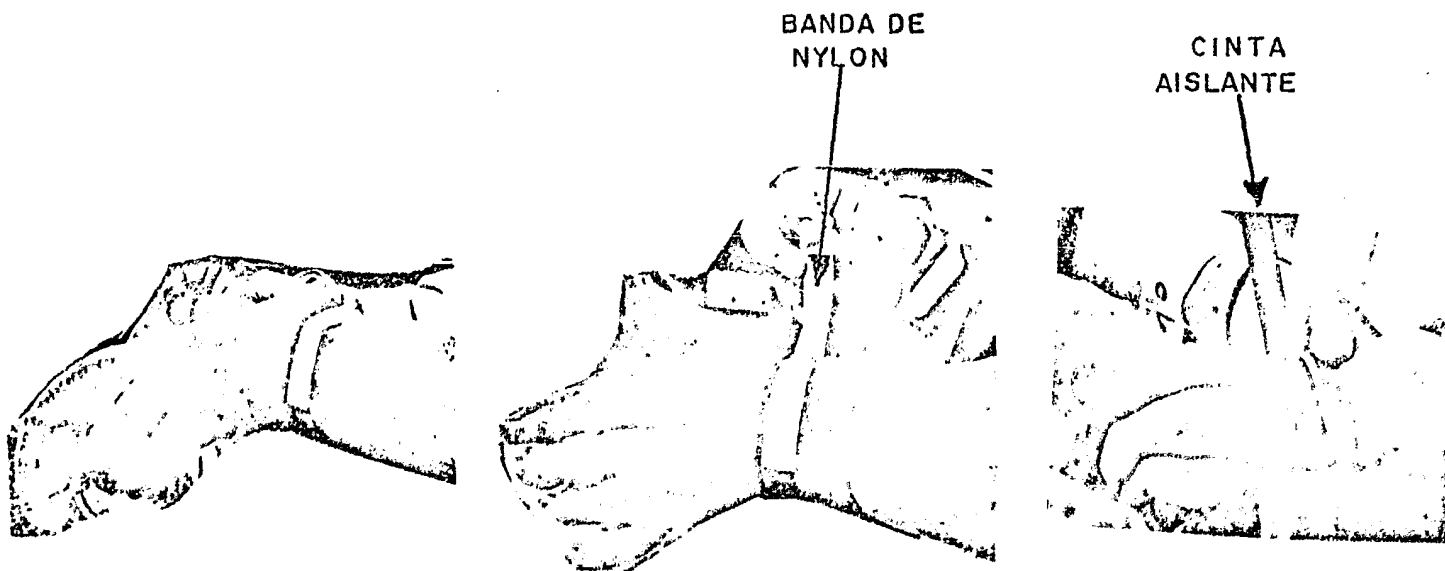
Fig. 21



Cuando no se usan calcetines conductores, los normales tampoco se deben usar, pero se emplea una cinta conductora de la botá a la pantorrilla desnuda, para asegurar el contacto del linie ro a la suela conductora (fig. 22).

Fig. 22

Los guantes conductores también son sujetados con las bandas de nylon del traje conductor y asegurado ese contacto con cinta aislante (fig. 23).



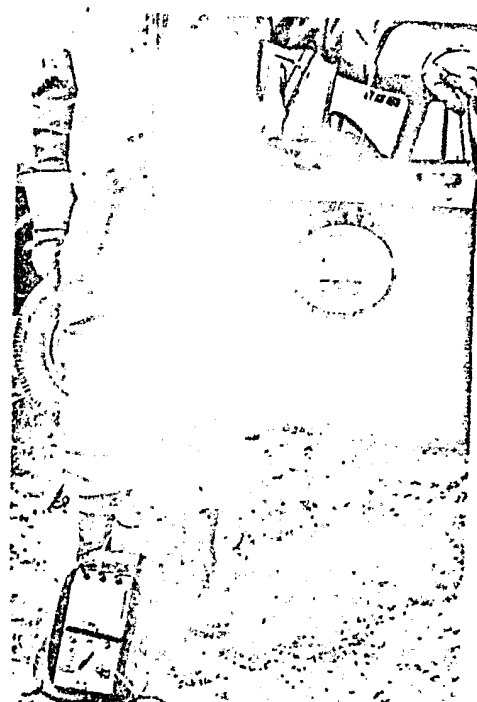
Figs. 23



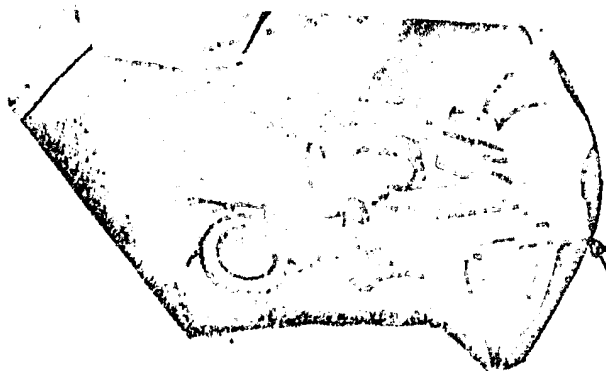
Fig. 24

Quando el liniero ascenderá la estructura vestido con el traje, es conveniente proteger los guantes con otros de gamuza (fig. 24). De lo contrario puede rasgarlos o ensuciarlos con creosota en el caso de postes.

La medición de la resistencia eléctrica del traje conductor, se hace con un Ohmetro conectado entre cada manga y pierna contraria. Ninguna de las dos mediciones excederá de 5 ohms para considerar satisfactoria la conductividad de ese traje (fig. 25).



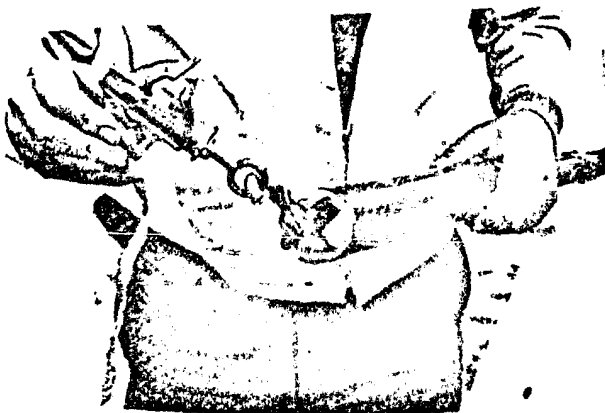
Figs. 25



El liniero arriba de la torre, es auxiliado para conectar una " Cola " de su traje a un conector (fig. 26).

CONECTOR

Fig. 27



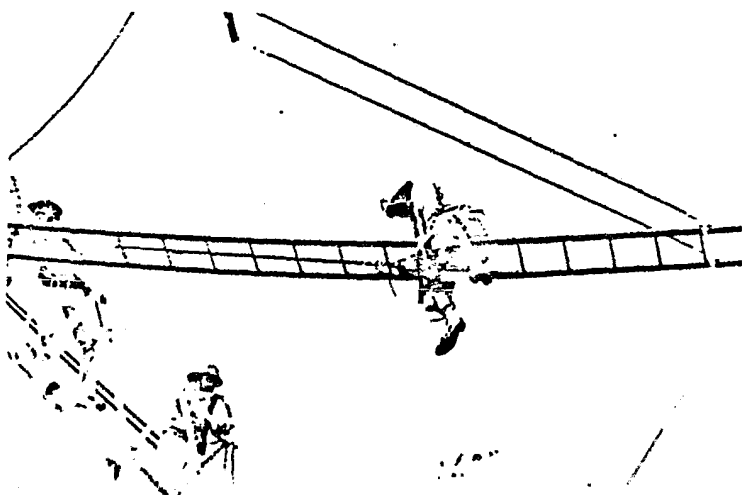
Ese conector es fijado a una pértiga escopeta de 1.80 (6') de largo (fig. 27).

Fig. 27



El liniero con su traje conductor (fig. 28), queda preparado para trasladarse de la torre hacia la fase energizada donde trabajará. El medio para su traslado es la escalera aislante, que en este momento ya debe haber sido instalada y probada como se indicó.

Fig. 28



Estando la escalera en posición paralela a los conductores de la línea, el liniero con traje conductor se sienta en ella y se embandola a la misma para evitar su posible caída (fig. 29). Sentado y embornado se desliza sobre la escalera desde el extremo apoyado en la torre hasta el extremo opuesto, llevando consigo la pértiga escopeta conectada a una cola de su traje conductor.

Fig. 29

Al llegar al extremo opuesto, el liniero pedirá que le acerquen a 1 m del conductor energizado. En este momento se verifica que el aislamiento de la escalera, continúe en buen estado.

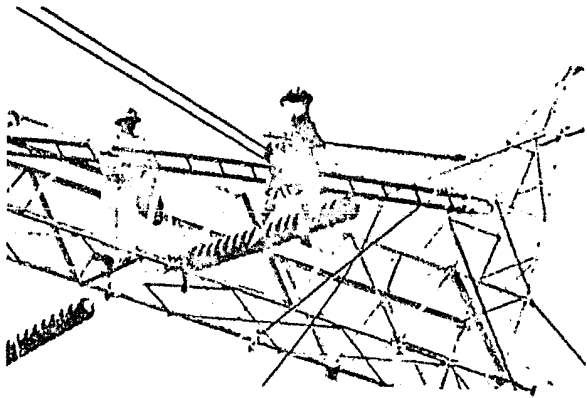


Fig. 30

El liniero en la torre apaga el probador y en seguida el liniero con traje conductor se conecta a la fase energizada, mediante la pértiga escopeta y la cola de su traje, quedando conectado al potencial de la línea (fig. 30).

Un liniero en la torre, verifica constantemente que el aislamiento de la escalera - - siga siendo seguro para el liniero con traje conductor.

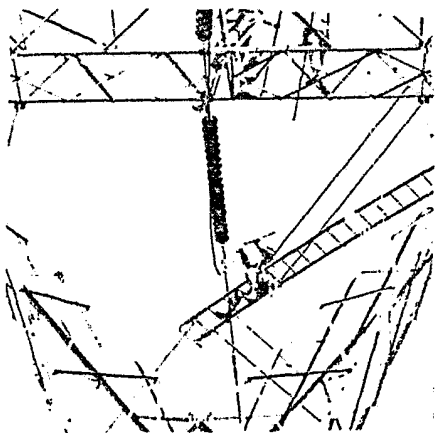


Fig. 31

El liniero con traje conductor (fig. 31), conecta el descargador electrostático. Primero su conector al conductor energizado y luego su tenedor al herraje del primer aislador; con esto, se iguala al potencial de la línea y consecuentemente con el potencial del liniero. Esto evita posibles descargas sobre él en caso de que tocara herrajes con un potencial - - diferente.

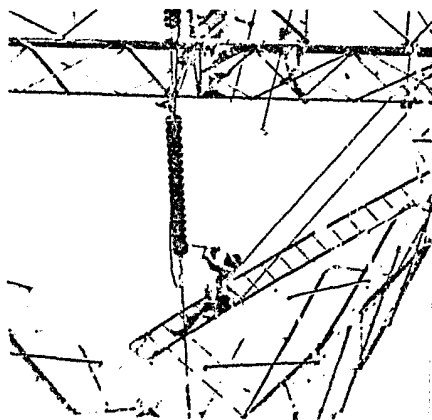


Fig. 32

De esta manera el liniero con traje conductor (fig. 32), puede maniobrar en los herrajes al alcance de su mano, que estan al mismo potencial que él, para instalar con seguridad las diferentes herramientas - - que el trabajo encomendado exige.

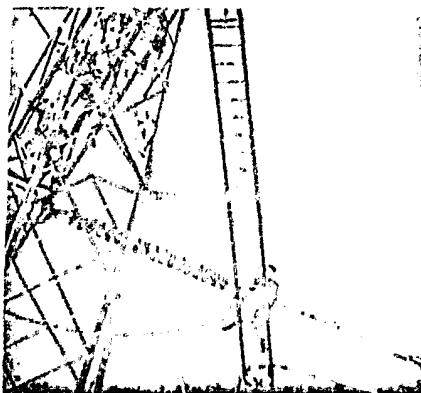


Fig. 33

Terminada la maniobra, se apaga el probador de la escalera y se retira la escalera del conductor -- aproximadamente 1 m (fig. 33).

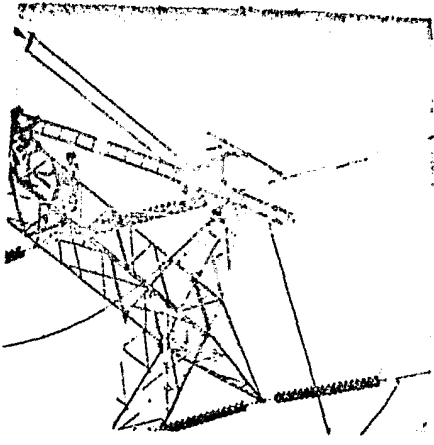


Fig. 34

El liniero con traje conductor desconecta la cola de su traje, del conductor de la línea, mediante la pértiga escopeta (fig. 34).

A continuación, la escalera es retirada del conductor hasta quedar en posición paralela a los conductores.

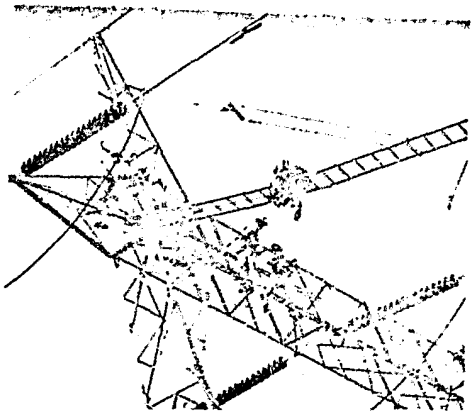


Fig. 35

El liniero se traslada hacia la torre en las mismas condiciones que lo hizo hacia el conductor -- (fig. 35).

Al llegar a la torre, el liniero debe descargarse sobre la estructura, mediante la escopeta y la cola de su traje, como si fuese a conectarse al conductor. Esto evita la sensación molesta de la descarga, que aunque no es peligrosa si podría ocasionar un susto al liniero y con ello una pérdida de equilibrio.

Algunos linieros experimentados, evitan la sensación anterior, tocando firmemente la torre, con sus guantes conductores directamente.

En resumen las reglas básicas del empleo del traje conductor son:

- 1) Proteger al liniero contra el campo eléctrico.
- 2) Aislar el liniero de tierra.
- 3) Conectar el liniero al conductor energizado donde trabajará.

IV. FUNDAMENTO TECNICO

1.- CAMPO MAGNETICO EN UN CONDUCTOR RECTO Y LARGO

Las leyes de Biot y Ampere, establecen que una carga eléctrica en movimiento, crea un campo magnético en el espacio que la rodea. Este campo ejerce una fuerza sobre otra carga eléctrica que se mueve en dicho campo.

Ampere en 1820, sugirió que los electrones que se mueven en torno al núcleo de los átomos, presentan efectos magnéticos.

El campo magnético producido por una corriente eléctrica en un conductor recto y largo, se representa por líneas de fuerza imaginarias circulares con centro en el conductor y cuyo sentido obedece a la regla de la mano derecha.

Partiendo de la ley de Biot, es posible demostrar que el campo magnético (B) producido por un conductor recto y largo, que conduce una corriente, es el siguiente:

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{i}{d} \dots \dots (1)$$

Donde: B = Inducción Magnética en Weber/m²
i = Intensidad de Corriente en Ampere
d = Distancia al conductor en metro.

Debido a que la permeabilidad (μ) del aire es muy baja ($\mu=1$) comparada con la del fierro ($\mu=300$), el campo magnético se transmite mejor por los núcleos de fierro de las máquinas eléctricas que por el aire. Por ello el potencial eléctrico inducido a una distancia del conductor recto y largo a través del aire, es de poca importancia como se ve a continuación.

El flujo magnético (ϕ) está dado por:

$$\phi = B A \dots \dots (2)$$

Sustituyendo (1) en (2):

$$\phi = 2 \times 10^{-7} \frac{A}{d} i \dots \dots (3)$$

$$i = I_m \text{ sen } \omega t \dots \dots (4)$$

Sustituyendo (4) en (3):

$$\phi = 2 \times 10^{-7} \frac{A}{d} I_m \text{ sen } \omega t \dots \dots (5)$$

Donde: A = Area de incidencia del flujo (ϕ) en m²
d = Distancia al conductor en "m"
I_m = Corriente alterna de 60 Hz, valor máximo en Ampere
 ω = Frecuencia angular
t = Tiempo

La ley de Faraday, establece que la Fuerza Electromotriz Inducida (e) está dada por la fórmula siguiente:

$$e = - \frac{d\phi}{dt} \dots \dots (6)$$

Sustituyendo (5) en (6) y derivando, se tiene:

$$e = 2 \times 10^{-7} \omega \frac{A I_m}{d} \cos \omega t \text{ --- (7)}$$

Como $\omega = 2\pi f$ y $f = 60 \text{ Hz}$, Entones: $\omega = 377$

$$e = 7.54 \times 10^{-5} \frac{A I_m}{d} \cos \omega t \text{ --- (8)}$$

El valor máximo de "V", se obtiene cuando $\omega t = 0$ y $\cos \omega t = 1$

$$\therefore e_{\max} = 7.54 \times 10^{-5} \frac{A I_m}{d} \text{ --- (9)}$$

Donde:

e_{\max} = Fuerza Electromotriz Inducida por un campo magnético producido por una corriente I_m , en volts.

A = Area del objeto conductor cercano a la línea, en m^2

d = Distancia al conductor en "m"

I_m = Valor máximo de corriente alterna de 60 Hz, en Ampere

Una línea de transmisión de 400 Kv, conduciendo 660 MW y corriente de 1406 A, induce una fuerza electromotriz sobre una superficie conductora de $1m^2$ a una distancia de 1m del conductor, de acuerdo con la ecuación (9) siguiente:

$$e_{\max} = 0.1 \text{ VOLT}$$

Lo anterior demuestra que la fuerza electromotriz inducida por el campo magnético de una línea de 400 Kv a plena carga, es de poca importancia.

2.- CAMPO ELECTRICO (E)

La ley de Coulomb establece que las cargas eléctricas del mismo signo se repelen y las de diferente signo se atraen, con una fuerza eléctrica (F), siguiente:

$$\bar{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q q'}{d^2} \text{ --- (10)}$$

Donde:

\bar{F} = Fuerza en Newton

q = Carga en Coulomb

q' = Carga en Coulomb

d = Distancia entre cargas (m)

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Coul}^2}{\text{New} \cdot m^2}$

EL CAMPO ELECTRICO (E), es el espacio donde se manifiesta una fuerza creada por una o más cargas eléctricas. Su magnitud está determinada por la fuerza por unidad de carga eléctrica.

$$\bar{E} = \frac{\bar{F}}{q} \text{ --- (11)}$$

Donde:

- \vec{E} = Vector campo eléctrico en New/coul.
- \vec{F} = Vector fuerza en Newton
- q = Carga eléctrica en Coulomb

Se dice que hay campo eléctrico en un punto, si una carga eléctrica situada en el punto, es afectada por una fuerza de origen eléctrico. Al mantener un campo eléctrico en un conductor, habrá un movimiento continuo de cargas libres, llamado "Corriente Eléctrica", debido a que el campo eléctrico aplica una fuerza a cada carga eléctrica para moverla.

Una carga eléctrica ubicada en un campo eléctrico y magnético (Campo electromagnético), es afectada por una fuerza debida al campo magnético únicamente cuando la carga está en movimiento, y otra fuerza debida al CAMPO ELECTRICICO, sin importar que la carga esté en movimiento o en reposo.

El CAMPO MAGNETICO es producido por cargas eléctricas en movimiento, en cambio el CAMPO ELECTRICICO es producido por cargas eléctricas en movimiento o en reposo.

La intensidad de Campo Eléctrico (E), también se expresa así:

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{--- (12)}$$

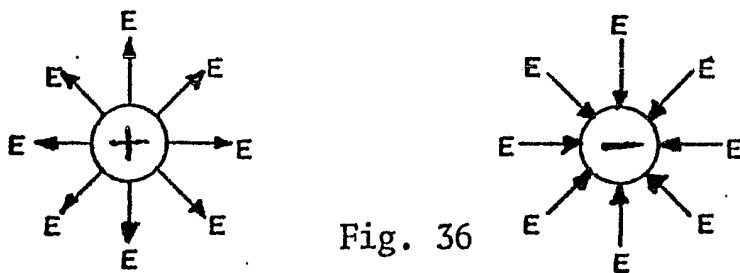
- Donde: E = Campo Eléctrico en volts/m
- V = Tensión Eléctrica en volts (V)
- d = Distancia en metro (m)

La Tensión Eléctrica (V), es la energía potencial requerida por unidad de carga para trasladar una carga de prueba desde el infinito al punto de prueba.

La diferencia de Potencial entre dos puntos de un circuito, es de un volt, cuando es necesario un trabajo de un joule por cada coulomb, contra las fuerzas del campo eléctrico, para mover la carga de uno a otro de los puntos.

El voltmetro mide diferencia de potencial (tensión eléctrica), pero como funciona con corriente, no es adecuado para medidas ELECTROSTATICAS en cuyo caso el ELECTROSCOPIO mide el potencial aproximado.

En 1820, Faraday propuso representar el CAMPO ELECTRICICO mediante LINEAS DE FUERZA IMAGINARIAS que salen de las cargas positivas y entran a las cargas negativas, en forma radial (Fig. 36)



LINEAS DE FUERZA DEL CAMPO ELECTRICICO

El GRADIENTE DE POTENCIAL, es la variación del potencial con la distancia en una dirección determinada

$$E_s = - \frac{\Delta V}{\Delta S} \quad \text{--- (13)}$$

Superficie equipotencial es aquella que tiene el mismo potencial eléctrico. Tiene la característica de ser perpendicular a la línea de fuerza del campo eléctrico y separadas por una distancia (ΔS) que va en función de intensidad del campo eléctrico.

$$\Delta S = \frac{\Delta V}{E} \text{ --- --- --- --- --- (13a)}$$

Para una sección transversal de un conductor largo las líneas de fuerza del campo eléctrico (E) y las superficies equipotenciales, se representan según figura 37.

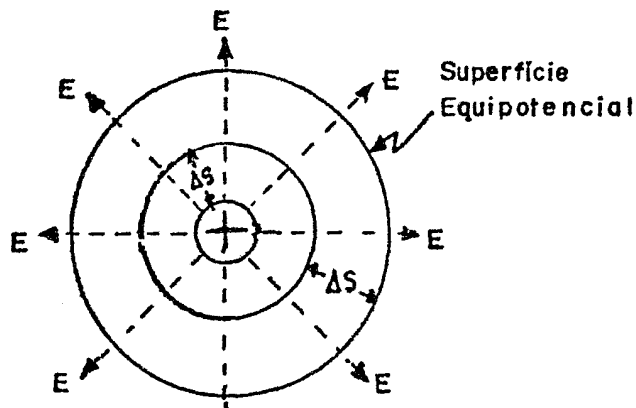


FIG.37 E
SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Cuanto mayor es el campo eléctrico (E), la relación " $\Delta V/E$ " se hace menor y por ello la distancia (ΔS) es menor; esto nos lleva a asegurar que cuanto mayor es el campo eléctrico, las superficies equipotenciales estarán más cerca unas de otras. Por lo anterior las relaciones geométricas entre las líneas de fuerza (E) y las Superficies Equipotenciales, permiten frecuentemente obtener una idea cualitativa de la distribución

de la "carga" y del "Campo Eléctrico".

La resistividad del cuerpo humano es de $40\,000\ \Omega/\text{cm}^3$ en la epidermis y de solo $100\ \Omega/\text{cm}^3$ en la dermis, valores que son muy pequeños comparados con el aire que rodea al cuerpo. Esto permite asumir que el área de la piel del liniero, es una superficie equipotencial.

Las líneas de transmisión de Alta Tensión se encuentran envueltas por fuertes campos eléctricos, dentro de los cuales trabajan los linieros durante el mantenimiento preventivo de esas líneas energizadas

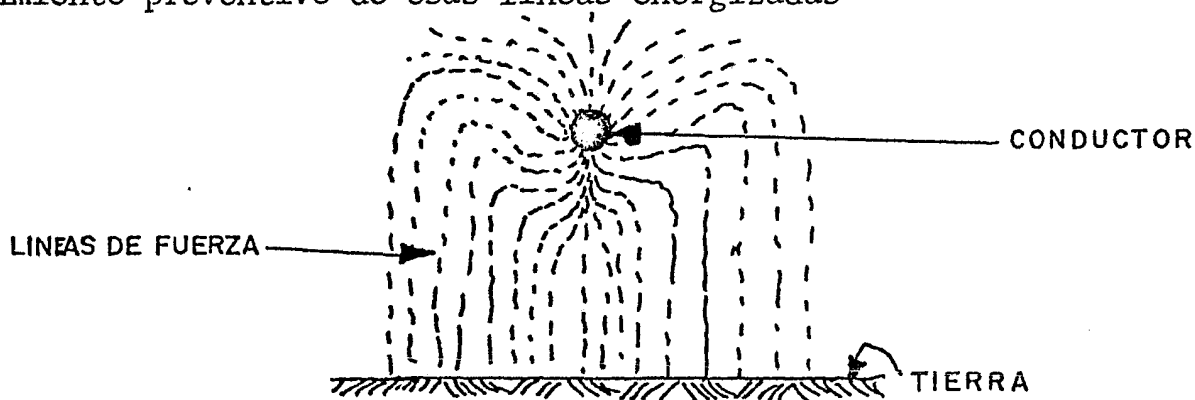


Fig. 38

CAMPO ELECTRICO ENTRE UN CONDUCTOR Y TIERRA

En 1873 Clerk Maxwell publicó, en su tratado sobre campos eléctricos, que las líneas de fuerza eléctricas emanan de los cuerpos cargados y llenan el espacio entre los conductores y tierra (Fig. 38).

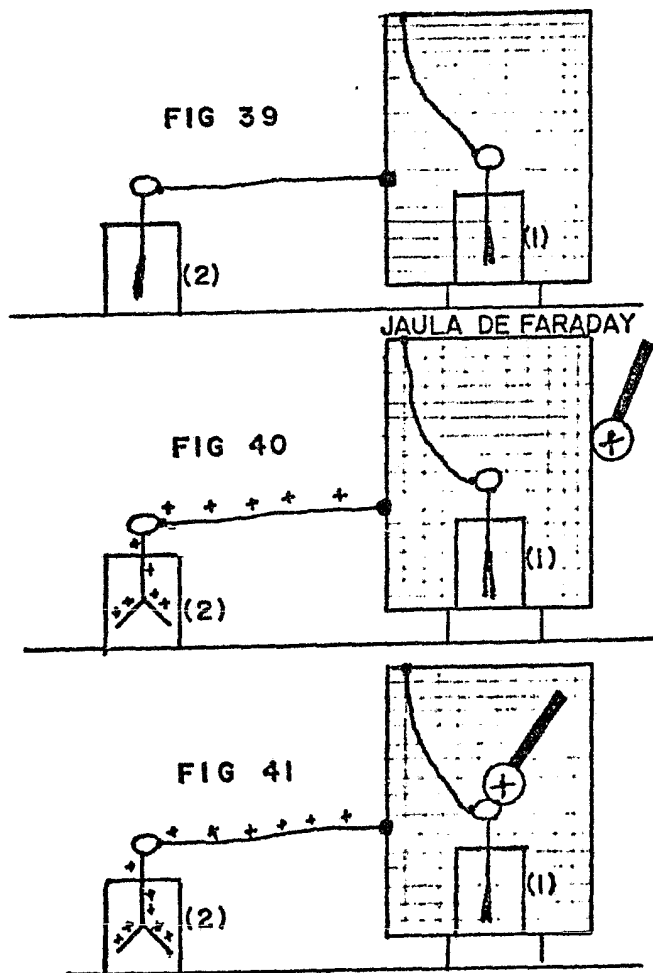
También dijo que a través de las líneas de fuerza del campo eléctrico, pasa una Corriente Eléctrica, como resultado del movimiento de las cargas eléctricas en los átomos del dieléctrico. A esa corriente la llamó "Corriente de Desplazamien

to".

Cuando un liniero trabaja aterrizado en una torre metálica, las líneas de fuerza del campo eléctrico que terminan en la superficie de su cuerpo, producen una corriente eléctrica que fluye por su cuerpo y sale a tierra por sus pies. Si el liniero no está aterrizado, la corriente de desplazamiento, entra por un costado de su cuerpo, fluye a través de él y sale por el otro costado a tierra, asumiendo un potencial diferente al de tierra.

3.- JAULA DE FARADAY

En 1837, Michael Faraday demostró que un cuerpo puede ser protegido de un campo eléctrico, envolviéndolo con una pantalla conductora, ahora llamada "Jaula de Faraday", que es un recipiente cilíndrico de tela de malla de alambre, en cuyo interior y exterior, Faraday midió el potencial electrostático con dos electros copios, para demostrar que la malla de alambre es un efectivo blindaje contra el campo electrostático.



Inicialmente ambos electros copios muestran que el campo electrostático es nulo tanto en el interior como en el exterior (Fig. 39).

Al tocar la jaula con un cuerpo cargado, el electroscopio exterior (2) acusa la existencia de un campo electrostático, en cambio el interior (1) indica que el campo es nulo (Fig. 40).

Al tocar el electroscopio interior con el cuerpo cargado, se aprecia la misma condición anterior, lo que demuestra que el campo electrostático siempre es nulo en el interior de la Jaula de Faraday (Fig. 41).

El Campo Electrostatico (producido por cargas eléctricas en reposo), no puede existir entre dos puntos del blindaje de la Jaula de Faraday, ya que en caso de haber una diferencia de potencial electrostatico, fluiría una corriente eléctrica que tiende a cancelar esa diferencia.

El Campo Eléctrico, producido por cargas eléctricas en movimiento, induce cargas eléctricas sobre la Jaula de Faraday y en general sobre las superficies conductoras. Esas cargas eléctricas inducidas; producen un campo eléctrico secundario que cancela el campo eléctrico inicial.

El Campo Electromagnético produce ondas electromagnéticas que al incidir sobre-

la Jaula de Faraday, induce corrientes sobre la malla de alambre, que de acuerdo con la ley de Lenz, se oponen a la causa que las producen, atenuando así la onda electromagnética.

En todo caso, las líneas de fuerza, terminan sobre la pantalla de la Jaula de Faraday, quedando protegido el cuerpo cubierto.

En consecuencia, es posible colocar un liniero dentro de un campo eléctrico intenso, pero protegido mediante una Jaula de Faraday o mediante el traje conductor, en cuyo caso las corrientes de desplazamiento no alcanzan al liniero protegido.

4.- EVOLUCION DEL TRAJE CONDUCTOR

Con apoyo en el hecho de que el Campo Eléctrico en el interior de la Jaula de Faraday, es nulo, el primero de los métodos para colocar un hombre al potencial de la línea, utilizó una Jaula de Faraday construída con barras metálicas con los cruces soldados y dentro de la cual podía estar un liniero sentado. La Jaula fué apoyada con cables aislantes y con una escalera aislante (Fig. 42)

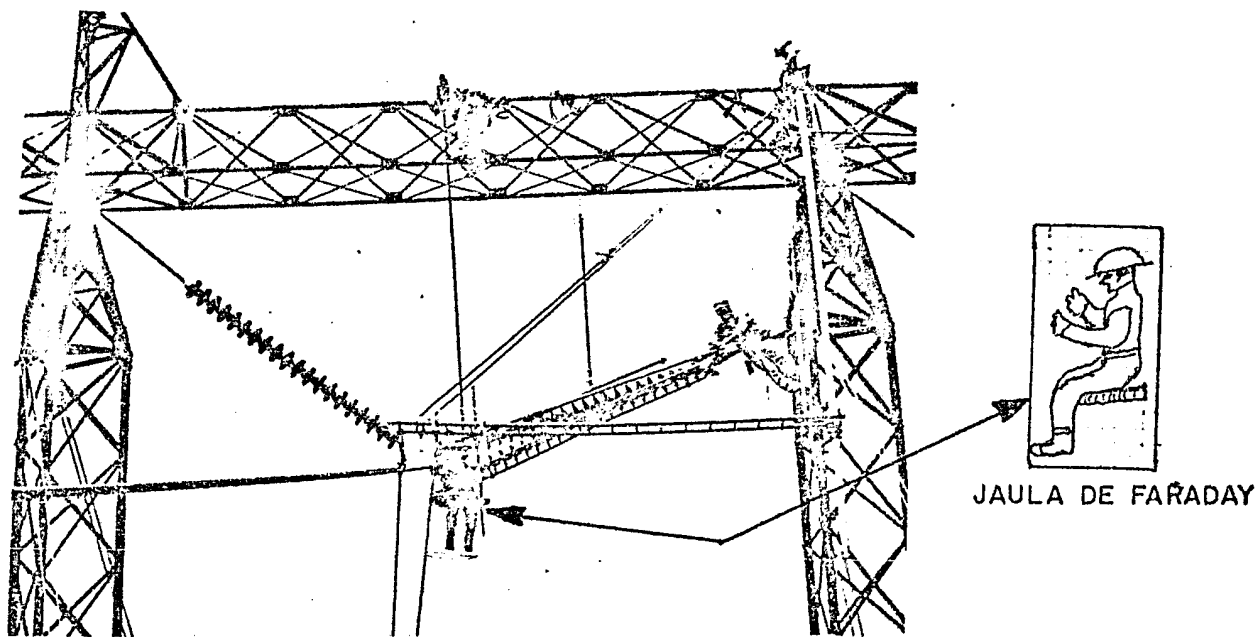


Fig. 42

Este método adoleció de incomodidad, ya que limitaba demasiado los movimientos al liniero.

Posteriormente se usó un Traje Conductor de dos piezas de tela de fibra de vidrio con hilos de carbón entretejidos con una separación de 0.95 cm (3/8") y formando una malla. Este traje ya contó con guantes y calcetines del mismo material, además de zapatos con suela conductora.

En la actualidad se emplea el traje conductor de una sola pieza, de tela de nylon impregnada con plata, que reúne mejores características de conductividad eléctrica, flexibilidad y ventilación. Este traje, junto con sus accesorios, es ilustrado al principio de este capítulo.

5.- MEDICION DE LA INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO

5.1) INTRODUCCION

Para detectar el Campo Eléctrico (E), basta con determinar la presencia de cargas eléctricas sobre los conductores, mediante la diferencia de potencial eléctrico con un electroscoPIO tratándose de campo electrostático, o con un vóltmetro si se trata de un campo eléctrico donde hay corriente eléctrica.

En la proximidad de cualquier línea de transmisión de corriente alterna de 60Hz, existe un campo eléctrico en el espacio comprendido entre los conductores y tierra, y en la vecindad de la línea, de manera que un liniero que trabaja en una línea energizada con pértigas o con traje conductor, está sumergido en el Campo Eléctrico.

Como resultado de la exposición al Campo Eléctrico, fluirán pequeñas corrientes eléctricas por el cuerpo del liniero, cuya magnitud depende de la Intensidad del Campo eléctrico que inside sobre él.

Por otra parte, la presencia del liniero y su equipo, distorsionan considerablemente el campo eléctrico, lo que dificulta demasiado el cálculo de la Intensidad del Campo eléctrico en cualquier posición de trabajo; más aún, el traje conductor utilizado para proteger al liniero, hace prácticamente imposible el cálculo del campo eléctrico residual que choca en el cuerpo del liniero.

Por lo anterior, es necesario un método sencillo de medición de la Intensidad del Campo Eléctrico, ya que la solución analítica es compleja y laboriosa.

5.2) EL MEDIDOR DE INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO

El Dr. Charles J. Miller Jr., desarrolló el medidor de Intensidad de Campo Eléctrico (Fig. 43).

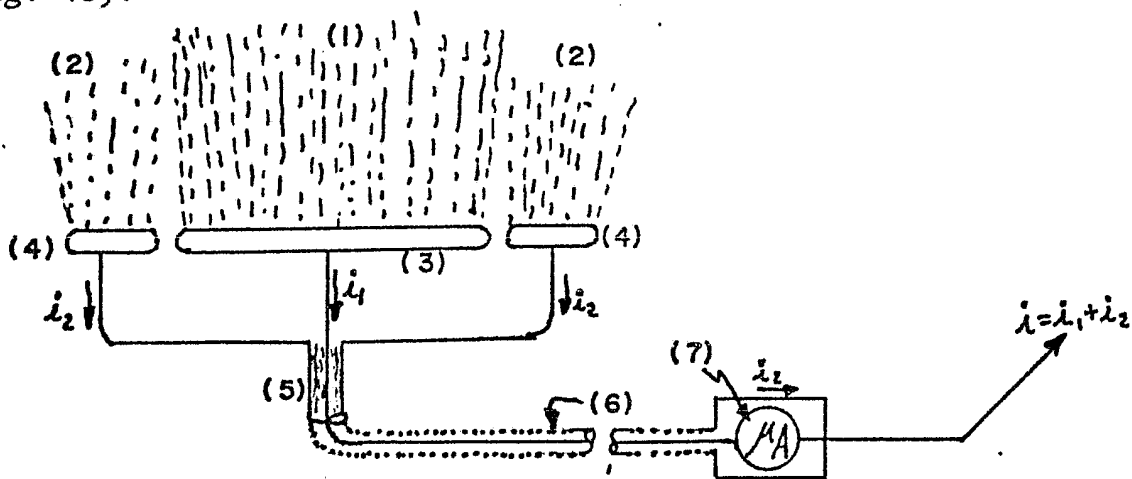


Fig. 43

MEDIDOR DE INTENSIDAD DE CAMPO

- (1) Líneas de Fuerza del Campo Eléctrico, que insiden en el electrodo principal.
- (2) Líneas de Fuerza del Campo Eléctrico, que insiden en el electrodo protector.
- (3) Electrodo Principal
- (4) Electrodo Protector
- (5) Maneral
- (6) Cable Blindado
- (7) Microamperímetro.

El aparato consta de un electrodo principal (3) circular, rodeado por un electrodo protector (4) a manera de escudo en forma de anillo, que elimina las dispersiones del campo. El electrodo principal está conectado a un microamperímetro (7) a través de un cable blindado (6).

El flujo (1) que choca sobre el electrodo principal (3), produce la corriente (i_1) que fluye por el conductor central del cable blindado (5) hacia el microamperímetro (7) y hacia el blindaje de este aparato.

El flujo (2) que choca sobre el electrodo protector (4) y sobre todas las partes metálicas conectadas eléctricamente a ese electrodo, produce la corriente (i_2) hacia las manos del liniero, pero sin pasar por el microamperímetro (7).

De esta manera, la corriente (i_1) que pasa por el microamperímetro (7), es una medida directa de la Intensidad de Campo Eléctrico que choca sobre el electrodo principal del aparato.

El tamaño del electrodo principal (3) es diseñado de manera que al estar en ángulo recto con las líneas de fuerza de un campo eléctrico de corriente alterna de 60 Hz, con intensidad de 1 Kv/plg, produce una intensidad de corriente de desplazamiento de $1\mu A$.

Así, es posible leer directamente en el microamperímetro, la Intensidad de Campo Eléctrico ó Gradiente de Potencial en Kv/plg, existente en el cuerpo del liniero y también la corriente de desplazamiento que entra a su cuerpo.

DISEÑO DEL MEDIDOR.

El diámetro del electrodo principal puede calcularse, asumiendo que es una placa de un capacitor de placas paralelas, con una separación entre ellas de 1 plg. En los cálculos no se considera el flujo de dispersión, puesto que es prácticamente eliminado por el electrodo protector.

El capacitor con un potencial de 1Kv, para permitir una corriente alterna de 60 Hz de $1\mu A$, debe tener la reactancia capacitiva siguiente:

$$X_c = \frac{V}{I} \text{ --- (1)}$$

$$X_c = \frac{10^3}{10^{-6}} = 10^9 \ \Omega \text{ --- (2)}$$

La capacitancia de ese capacitor será:

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \text{ --- (3)}$$

Sustituyendo los datos, se tiene:

$$C = 2.6525 \text{ pF} \text{ --- (4)}$$

Por otra parte para un capacitor de placas paralelas, se tiene:

$$E = \frac{D}{\epsilon_0} \text{ --- (5)}$$

Donde: E = Campo eléctrico en New/Coul.

δ = Densidad de carga en coul/m²

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coul}^2}{\text{New} - \text{m}^2}$$

$$\delta = \frac{Q}{A} \text{ ----- (6)}$$

Donde: Q = Carga en coul
A = Area de una placa en m²

Sustituyendo (6) en (5):

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A} \text{ ----- (7)}$$

La tensión eléctrica o potencial entre las placas es:

$$V = E d \text{ ----- (8)}$$

Donde:

V = Tensión eléctrica entre placas, en volts
E = Campo Eléctrico en volts/m
d = Distancia entre placas en "m"

Sustituyendo (7) en (8)

$$V = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q d}{A} \text{ ----- (9)}$$

Por definición de capacitancia:

$$C = \frac{Q}{V} \text{ ----- (10)}$$

Donde:

C = Capacitancia en Farad
Q = Carga en Coulomb
V = Tensión en volts entre placas

Sustituyendo (9) en (10)

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \text{ ----- (11)}$$

Sustituyendo en valor de " ϵ_0 " en el sistema inglés:

$$C = 0.2244 \frac{A}{d} \text{ ----- (12)}$$

Donde:

C = Capacitancia en pf.

$A =$ Area de una placa en plg^2
 $d =$ Distancia en plg.

Despejando "A" de (12):

$$A = \frac{C \times d}{0.2244} \text{ --- (13)}$$

Como $C = 2.6525 \text{ pf}$ y $d = 1 \text{ plg}$, se tiene:

$$A = 11.82 \text{ plg}^2 \text{ --- (14)}$$

$$\therefore D = 3.88 \text{ plg} \text{ --- (15)}$$

Siendo "D" el diámetro del electrodo principal del medidor.

El electrodo principal y el protector del aparato, son muy delgados, lo que permite colocar el lado posterior de ellos, directamente contra el cuerpo del liniero en los lugares donde se desea hacer la medición.

APLICACION

El gradiente de potencial ha sido medido sobre once diferentes lugares del cuerpo del liniero parado sobre una escalera colgada de la cruceta de la torre de 345 Kv, a 10' del conductor energizado (Fig. 44), que es una posición típica de trabajo

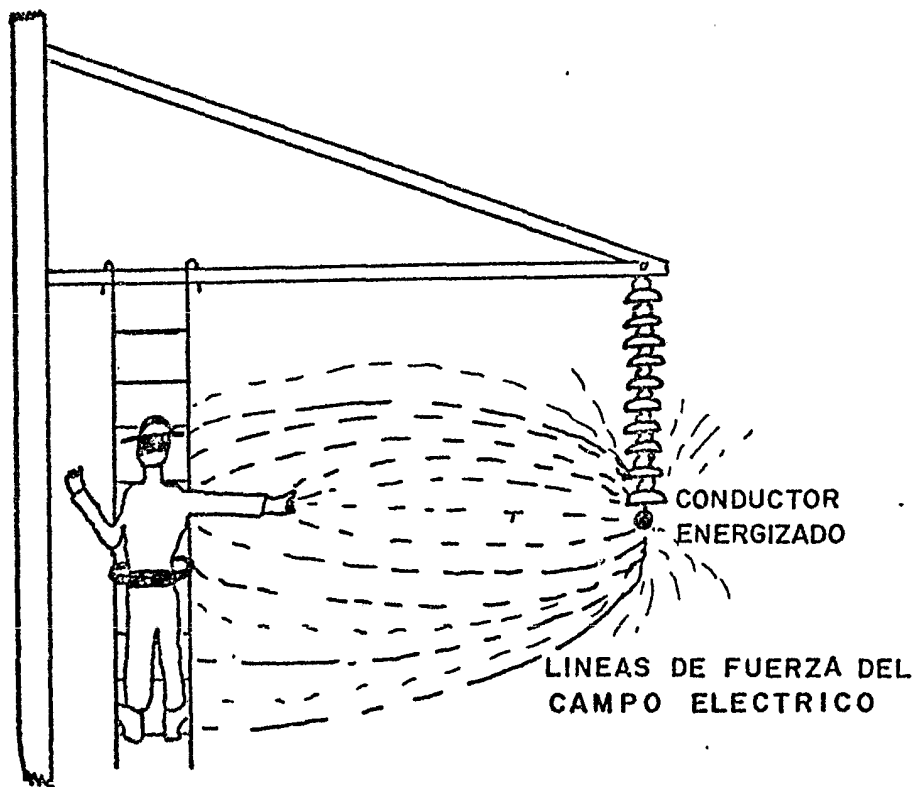


FIGURA 44

POSICION TIPICA DE TRABAJO

Las mediciones fueron efectuadas por el propio liniero que sostuvo el lado posterior del probador, contra su cuerpo en cada lugar indicado en la tabla siguiente.

CAMPO ELECTRICO EN EL CUERPO DEL LINIERO
LINEA DE 345 Kv

LUGAR DEL CUERPO	GRADIENTE DE POTENCIAL MEDIDO Kv/plg	
	LINIERO AISLADO DE LA TORRE	LINIERO CONECTADO A LA TORRE
Pecho	2.0 (78.74 Kv/m)	3.0
Torax costado izquierdo	0.0	0.3
Torax costado derecho	2.0	5.0
Espalda	0.0	2.0
Piernas frente	1.0	2.5
Piernas lado izquierdo	0.0	1.0
Piernas lado posterior	0.0	3.2
Piernas lado derecho	2.0	5.0
Planta de los pies	0.0	0.5
Ingle	0.0	0.3

Con mediciones similares sobre el cuerpo del liniero, para diferentes posiciones de trabajo dentro del Campo Eléctrico, es posible comparar el grado de exposición del liniero.

Un gradiente de potencial de 6 a 7 Kv/plg, mueve ligeramente los cabellos del dorso de las manos, produciendo una suave sensación de brisa. Este gradiente es el nivel de reconocimiento del Campo Eléctrico (E).

La exposición humana a los campos eléctricos de corriente alterna de 60 Hz, con los gradientes indicados por la tabla anterior, no producen ninguna sensación de choque eléctrico, sino hasta que se alcanza el valor del Efecto Corona, que es de aproximadamente de 50 Kv/plg.

6.- MEDICION DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO HUMANO

6.1) INTRODUCCION

Las líneas de fuerza del campo eléctrico de corriente alterna de 60 Hz, al incidir sobre el cuerpo del liniero, producen una corriente alterna esencialmente sinusoidal, que circulará por su cuerpo y a tierra.

Cuando un liniero está dentro de un campo eléctrico de 1 Kv/plg, la corriente que entra a cada 11.82 plg² de su cuerpo, es de 1 μ A. Si fuese posible medir la corriente que fluye por cada pulgada cuadrada del cuerpo del liniero, se obten-

dría la corriente total, sumando todas las mediciones individuales; pero el mejor de estos procedimientos sería tedioso y difícil.

6.2) METODOS DE MEDICION DE LA CORRIENTE

a) GENERALIDADES

La corriente total que fluye por el cuerpo del liniero, puede medirse conectando adecuadamente un microamperímetro en serie con el cuerpo del liniero y con un potencial de referencia. Para lo anterior deben cumplirse las dos condiciones siguientes:

- El cuerpo del liniero debe estar aislado del potencial de referencia (Tierra), de manera que solamente se conecte a ese potencial a través del microamperímetro.
- Los cables para conectar el microamperímetro, deben ser blindados para evitar corrientes errantes que afectarían la medición.

b) MEDICION DE LA CORRIENTE EN UN LINIERO CON POTENCIAL A TIERRA

Para un liniero aterrizado dentro del campo eléctrico, como sucede cuando está parado sobre la torre de una línea, la medición de la corriente en su cuerpo es sencilla pues basta con aislarlo mediante una escalera aislante (Fig. 45) y conectarlo a la torre a través del microamperímetro.

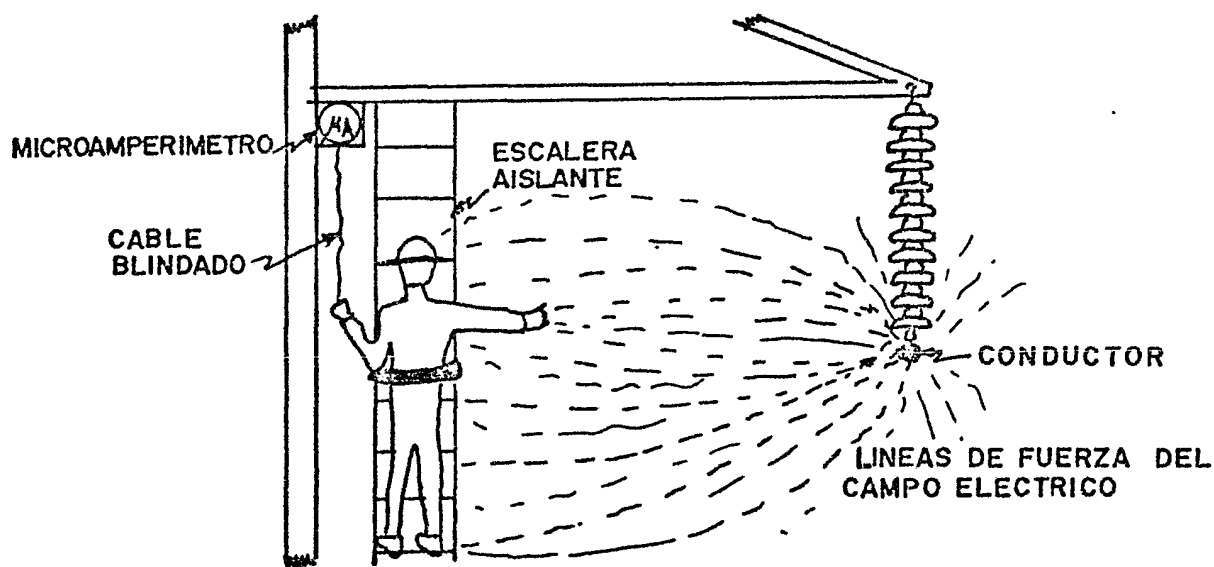


FIGURA 45
LINIERO AL POTENCIAL DE TIERRA

c) MEDICION DE LA CORRIENTE EN UN LINIERO AL POTENCIAL DE LA LINEA Y PARADO EN UNA CANASTILLA.

El blindaje de la canastilla, es conectado a un conductor de la línea. El liniero parado sobre ese blindaje, queda al potencial del conductor, a través de sus botas conductoras. En ese caso, las líneas de fuerza del campo eléctrico que inciden sobre el liniero, causan una corriente que fluye por su cuerpo. La corriente total que entra al liniero, es la suma de las corrientes que ocasionan las líneas de fuerza que terminan en su cuerpo.

Para medir la corriente total, el liniero es conectado al potencial del conductor a través del microamperímetro (Fig. 46)

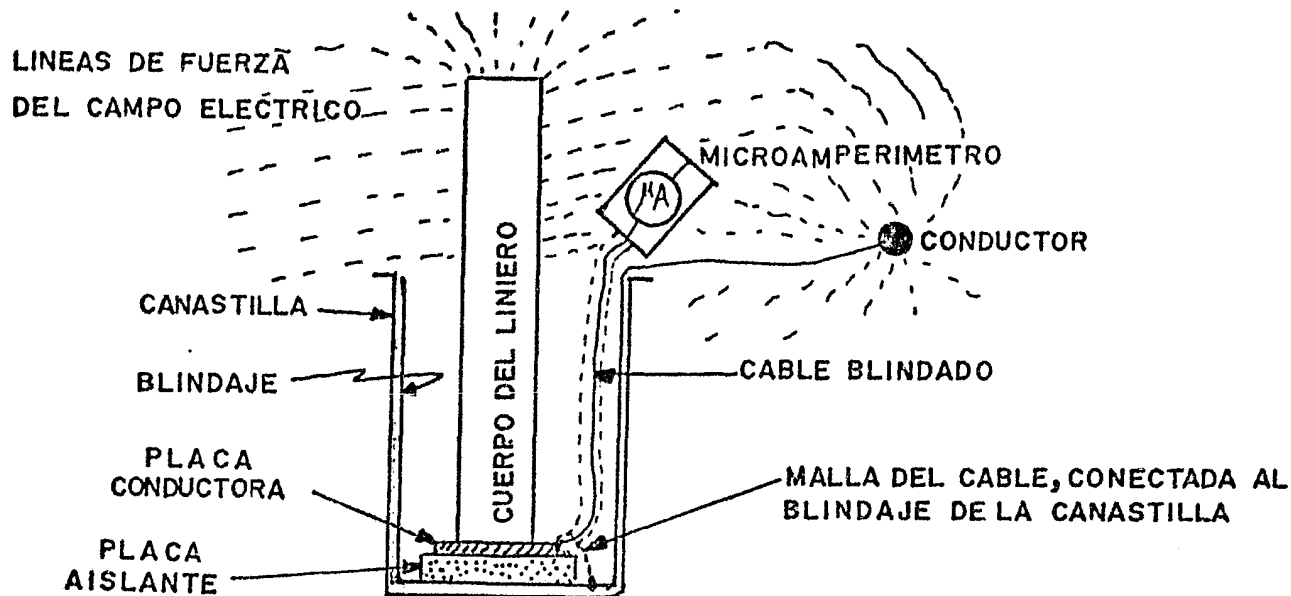


Fig. 46

UN LINIERO AL POTENCIAL DE LA LINEA

La placa aislante, separa al liniero del blindaje de la canastilla; el hilo central del cable blindado se conecta a la placa conductora y la malla de ese cable se conecta al blindaje de la canastilla. Así, el microamperímetro queda conectado en serie, entre el liniero y el blindaje de la canastilla que está al potencial del conductor de la línea.

d) MEDICION DE LA CORRIENTE EN UN LINIERO AL POTENCIAL DE LA LINEA Y UTILIZANDO EL TRAJE CONDUCTOR.

El liniero que usa el Traje Conductor para protegerse del campo eléctrico, debe ser aislado de su traje y después conectado al mismo traje, únicamente a través del microamperímetro. Este aparato medirá la intensidad de corriente total que fluye por el cuerpo del liniero, debida a la exposición al campo eléctrico de las partes del cuerpo no protegidas por el traje conductor.

Mediciones así realizadas en un liniero con traje conductor, trabajando en una línea de 345Kv, con diferentes apoyos y blindajes, arrojaron los resultados siguientes:

A P O Y O	B L I N D A J E	C O R R I E N T E (μA)	
		C U E R P O Y T R A J E	C U E R P O
Placa Blindada para la medición de la corriente.	Traje Conductor de plástico	1,100	40
	Traje conductor de fibra aluminizada	1,100	20
CANASTILLA TIPO "C"		700	40

Indudablemente que un liniero trabajando con traje conductor, está menos expuesto al campo eléctrico que sin él. De esta manera las corrientes en el cuerpo del liniero son bastante bajas debido al blindaje que brinda el traje conductor.

Los guantes de hule, delantales, equipo similar y en general los aislantes, no ofrecen protección contra el campo eléctrico. En cambio el traje conductor sí proporciona un efectivo blindaje contra el campo eléctrico que reduce la corriente en el cuerpo del liniero a valores despreciables.

e) MEDICION DE LA CORRIENTE EN UN LINIERO CON POTENCIAL INTERMEDIO

Un liniero aislado de tierra y de los conductores de la línea, se encuentra dentro del campo eléctrico a un potencial intermedio. Esto sucede cuando el liniero trabaja en una escalera aislante colgada de la cruceta de una torre o cuando trabaja en una estructura de madera.

En este caso, no es posible medir la corriente eléctrica que circula por el cuerpo del liniero, debido a que no hay un potencial de referencia conveniente al cual pueda conectarse el microamperímetro.

Por otra parte, la intensidad del Campo Eléctrico en once lugares del cuerpo del liniero (Punto 5), muestran que hay diferencias de potencial en diversos lugares del cuerpo, por ello es obvio que debe fluir una corriente eléctrica en el cuerpo del liniero. En una posición típica de trabajo, un costado del liniero está hacia el conductor, a un potencial mayor que el costado opuesto hacia la torre (tierra). Por esto, es razonable pensar que la corriente entra por el costado lado conductor, fluye por el cuerpo del liniero y sale por el costado del lado de la torre.

EL BIPOLO.-Para verificar lo anterior, se utiliza el bipolo (Fig. 47) que consta de dos electrodos cilíndricos iguales de cobre, con 12" de diámetro, de 6" de longitud y tapado con una semiesfera de 6" de radio del mismo material.

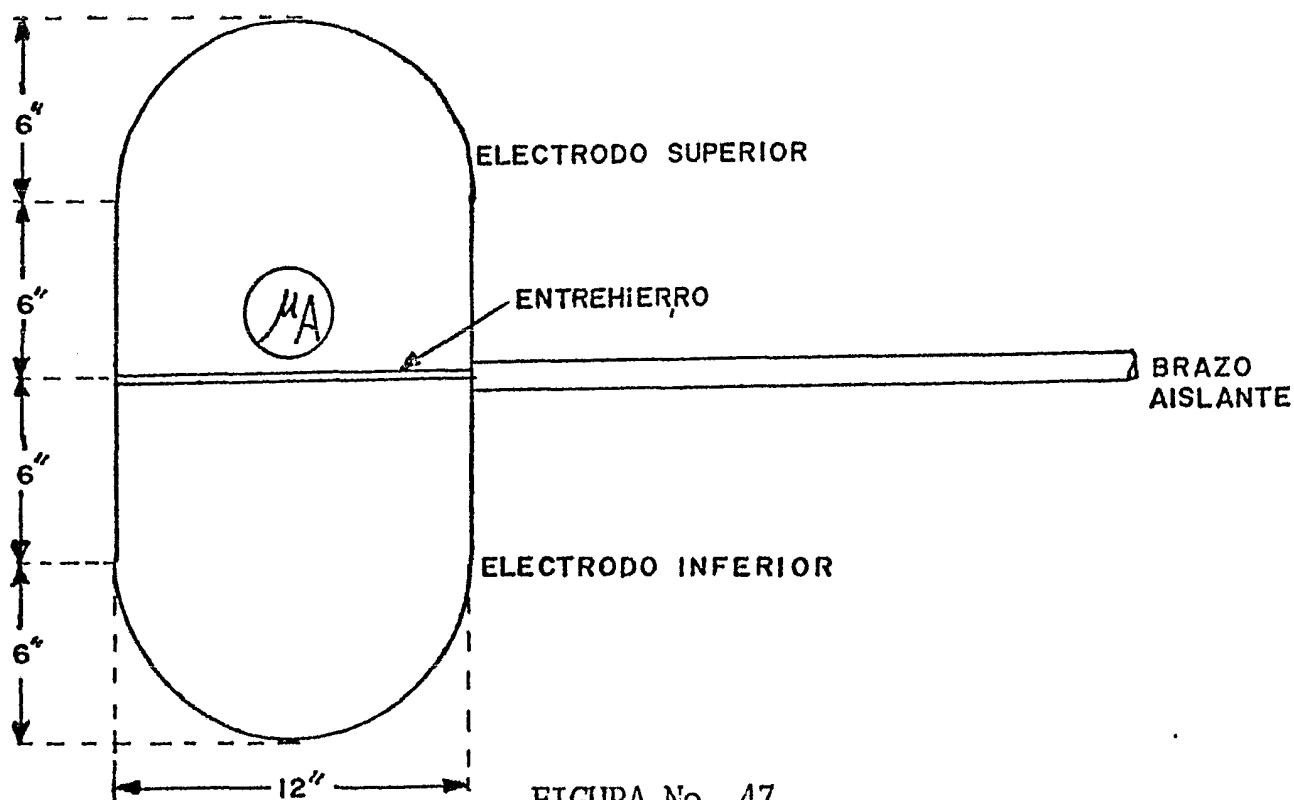


FIGURA No. 47

E L B I P O L O

Ambos electrodos están aislados por un entrehierro de 1/4" y el microamperímetro completamente encerrado dentro del bipolo es conectado entre los dos electrodos, pudiéndose ver la lectura desde afuera a través de una ventana. El brazo aislante permite mantener el bipolo a un potencial intermedio en el lugar de seado y orientarlo en diferentes direcciones.

La lectura máxima del microamperímetro, ocurre cuando el eje longitudinal del bipolo es paralelo a las líneas de fuerza del campo eléctrico. La lectura se anula cuando dicho eje es perpendicular a las líneas de fuerza, en cuyo caso cada electrodo está igualmente expuesto al campo eléctrico, adquiriendo ambos electrodos el mismo potencial, lo cual anula la corriente.

Con el bipolo suspendido en posición vertical a diferentes distancias por abajo de una fase energizada de una línea de 345 Kv (Altura de la fase al piso: 312") se obtuvieron los resultados siguientes:

DISTANCIA DE LA CIMA DEL BIPOLO A LA FASE (Plg)	CORRIENTE EN EL BIPOLO (μA)	CAMPO ELECTRICO EN LA CIMA DEL BIPOLO (Kv/plg.)
33	60	6.50
57	36	3.80
72	27	—
81	24	2.30
105	18	1.50
129	14	1.10
153	11	0.80
177	10	—
225	7	—
273	6	0.28

Los resultados demuestran que efectivamente fluye una corriente en un cuerpo conductor aislado a un potencial intermedio dentro de un campo eléctrico. La magnitud de esa intensidad de corriente depende de la intensidad del campo eléctrico en el lugar del cuerpo conductor.

7.- GRADOS DE BLINDAJE

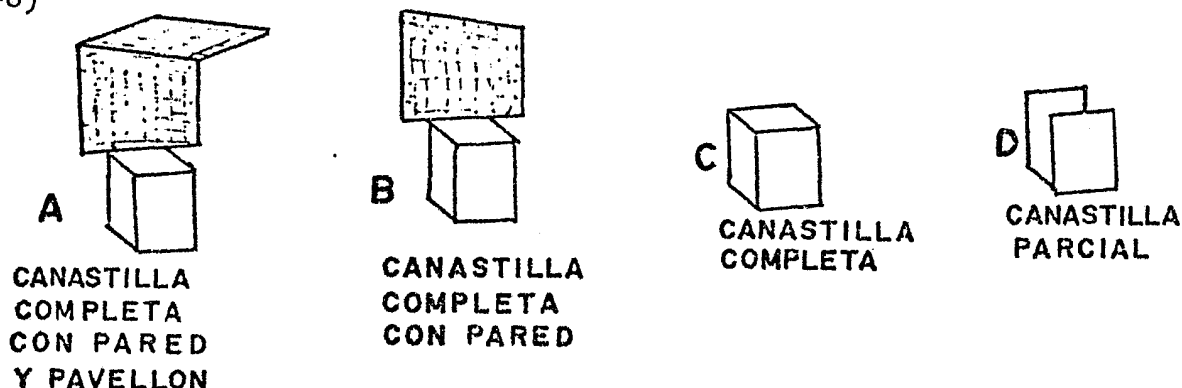
La mayor intensidad de campo eléctrico de una línea, se presenta fundamentalmente en la vecindad de los conductores energizados.

Hace más de 100 años, Michael Faraday demostró que dentro de una jaula hecha de material conductor, no hay campo eléctrico.

Un hombre dentro de un blindaje completo, estaría totalmente aislado del campo-

eléctrico, pero tal arreglo no sería práctico para el trabajo, por lo cual se usa solamente un blindaje parcial pero adecuado.

El grado de blindaje requerido por un liniero para trabajar con comodidad en una línea energizada, depende de la tensión eléctrica de la propia línea. Los blindajes comunes en canastillas, van desde una canastilla con pared posterior y pavellón como en "A", hasta la canastilla parcialmente blindada como en "D" (Fig. 48)



FIGS. 48.- BLINDAJES CON CANASTILLA

El mejor acercamiento al blindaje completo, lo constituye el traje conductor - usado por el liniero. El traje se aproxima mucho a la Jaula de Faraday completa, cuya superficie conductora desvía casi toda la corriente del cuerpo del liniero, cuando se conecta al potencial de la línea.

En EUA se han realizado muchas mediciones en las líneas de transmisión, tanto de la Intensidad de Campo Eléctrico como de la corriente, en el cuerpo de un liniero parado en la torre en la posición común de trabajo utilizando pértigas y también parado en una canastilla blindada, en ambos casos trabajando en líneas de 138 y 345 Kv, con las manos en posición de trabajo.

El grado de exposición del liniero al campo eléctrico en la canastilla, depende del tipo de blindaje, siendo el mejor el Tipo A. La intensidad de campo eléctrico en el cuerpo del liniero, fué medida en su torax, ya que de la cintura para abajo el campo es nulo dentro de la canastilla tipo A, B, y C.

POSICION DEL LINIERO	GRADO DE BLINDAJE	C U E R P O D E L L I N I E R O			
		C O R R I E N T E (μA)		C A M P O E L E C T R I C O (KV/plg)	
		138 KV	345 KV	138 KV	345 KV
EN TORRE	NINGUNO	125	395	2.12	4.96
E N CANASTILLA	A	70	130	0.70	1.06
	B	155	300	4.01	7.91
	C	320	---	5.91	----
	D	375	---	5.91	----
EN CONDUCTOR	T R A J E	---	40	---	---

La mayor corriente obtenida en el estudio fué de $395 \mu\text{A}$, corresponde al liniero sin ningún blindaje, trabajando desde la torre de una línea de 345 Kv y a una distancia del conductor de 3.2 m (10.5'). Esa corriente de $395 \mu\text{A}$, está muy por debajo de la corriente mínima de estado estable que puede sentir el organismo humano y que es de $1000 \mu\text{A}$.

De la tabla anterior, también se observa que el blindaje de la canastilla tipo A, logra reducir bastante la corriente en el cuerpo del liniero y que es mejor que los blindajes tipo "B", "C" y "D"

Evidentemente el mejor blindaje lo constituye el traje conductor, que solamente permitió una corriente de $40 \mu\text{A}$ por el cuerpo del liniero, conectado al potencial de una línea de 345 Kv. Esa corriente entra por las partes del cuerpo del liniero no protegidas, como lo es la cara.

Por lo anterior el traje conductor, es el indicado para trabajar al potencial de las líneas de transmisión de 230 y 400 Kv. Pero el uso del traje conductor debe ser eficiente y seguro, en un marco de confianza derivado del conocimiento de sus características, sus ventajas y limitaciones.

Las ventajas sobresalientes del traje conductor son:

- a) Hacer posible la ejecución de trabajos que no son posibles con pértigas - aislantes.
- b) La ejecución de trabajos es más fácil y rápida que con otros medios.-

Las limitaciones y cuidados sobresalientes del traje conductor son las siguientes:

- a) No debe usarse en la fase central de las torres de suspensión de 230 y 400 Kv y en general, donde reduce el aislamiento de la línea a tierra de manera peligrosa.
- b) Debe protegerse contra objetos filosos, ya que una rotura de su tejido ocasiona puntos calientes. Los remiendos pueden hacerse con hilo conductor de una cola del mismo traje, en caso de no tener hilo de repuesto.
- c) Las impurezas y el sudor lo deterioran, por lo que debe lavarse con detergente suave y enjuagar con agua limpia.
- d) No debe ser expuesto excesivamente al sol y debe guardarse en bolsas que le protejan contra grasa, aceite, agua, etc.

8.- LA DESCARGA ELECTROSTATICA DURANTE EL TRABAJO

El liniero común usa botas dieléctricas que junto con su bandola dieléctrica, lo aíslan de la torre cuando está parado en ella en posición de trabajo. En tales condiciones en las líneas de 230 y 400 Kv, el liniero adquiere un potencial diferente al de la torre. El liniero al tocar la torre con sus manos, causa una descarga electrostática, que le provoca una sensación desagradable.

El mismo efecto se presenta cuando el liniero trabaja parado en una escalera de vidrio epoxi, colgada de una cruceta de la torre, en cuyo caso también ad-

quiere un potencial diferente al de la torre.

El principio del fenómeno es ilustrado en la figura 49, donde el interruptor (s) abierto representa al liniero aislado de la torre, trabajando a un potencial intermedio.

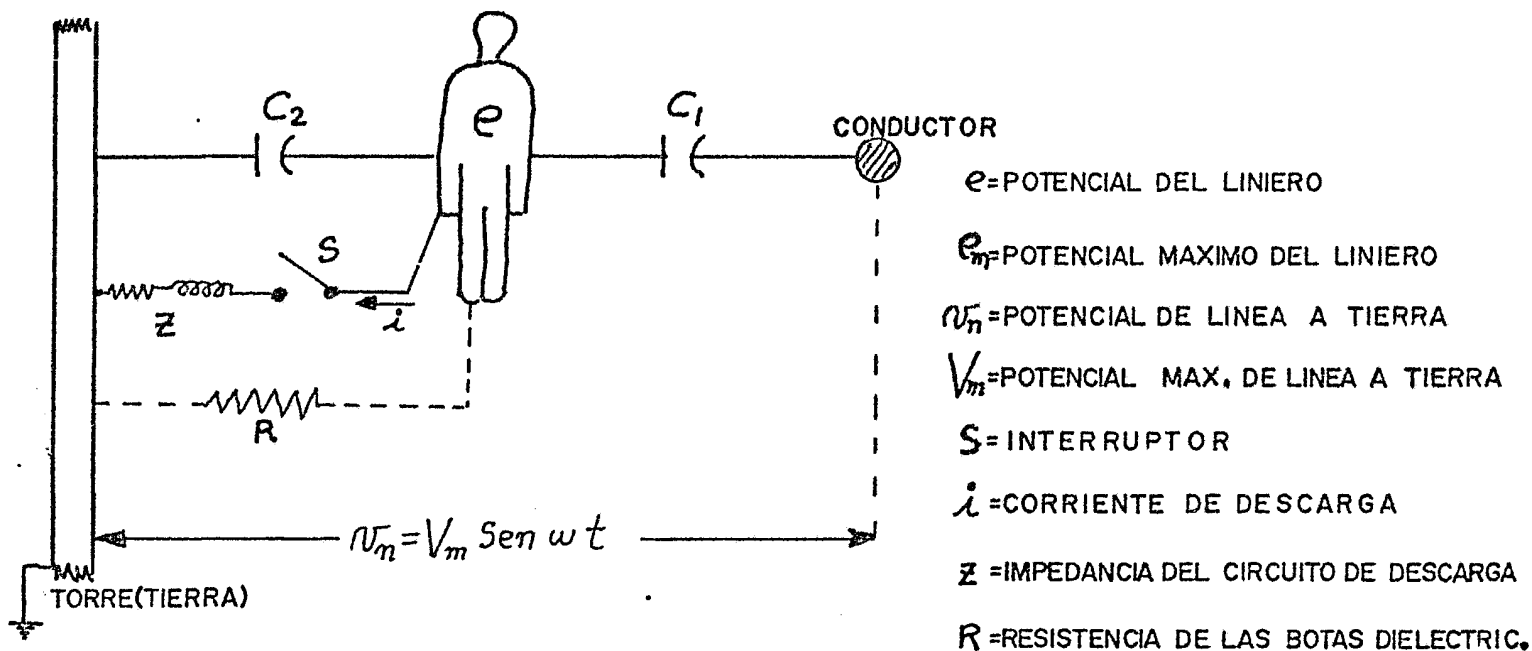


FIGURA 49

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL FENOMENO DE DESCARGA A TIERRA

El liniero sin tocar la torre aterrizada, asumirá un potencial con respecto a tierra, determinado por las capacitancias C_1 y C_2 . Si el potencial de tierra es definido como Potencial Cero y el valor pico de la línea como V_m , el Potencial Máximo del Liniero (e_m), es:

$$e_m = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_m \quad \text{--- (1)}$$

Al cerrar el interruptor (s), representa al liniero haciendo contacto con la torre, en cuyo caso el potencial del liniero se hace cero, pero fluirá una corriente capacitiva (i) desde el conductor a su cuerpo y de él a la torre.

Si el liniero hace contacto con la torre con su mano, la corriente fluirá a través de su brazo y su mano, en cuyo caso el valor eficaz de la corriente de ESTADO ESTABLE (i), es:

$$i = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \omega C_1 \quad \text{--- (2)}$$

Donde:

- i = Corriente eficaz de estado estable
- V_m = Potencial máximo (pico) de la línea a tierra
- ω = Frecuencia eléctrica angular del sistema
- C_1 = Capacitancia del liniero al conductor

Considerando que la frecuencia eléctrica del sistema es de 60 Hz, se tiene:

$$i = 266.5 V_m C_1 \text{ ----- (3)}$$

El liniero aislado de tierra, al intentar tocar la torre, tan pronto como su distancia se hace suficientemente pequeña, saltará el arco eléctrico desde su mano a la torre, descargándose súbitamente su cuerpo a través de la capacitancia C_2 y anulándose repentinamente su potencial (E_m).

La descarga ocurre como una oscilación amortiguada de duración extremadamente pequeña, con alta frecuencia del orden de megaciclos y con una intensidad de corriente muy alta debida al muy corto tiempo de descarga. La elevada corriente de corta duración, causa el choque eléctrico y una reacción involuntaria de los músculos de la mano, especialmente cuando el liniero no está preparado para el choque eléctrico.

Aparentemente la alta densidad de corriente tiene un efecto de excitación sobre ciertos nervios, además del efecto molesto causado por la descarga.

El fenómeno transitorio descrito que usualmente ocurre de manera repentina, es seguido por una corriente capacitiva (i) de 60 Hz que fluye en condiciones de estado estable. Después que el primer arqueo es extinguido al pasar la corriente por cero, el cuerpo del liniero asume nuevamente un alto potencial y el arco vuelve a saltar en el siguiente medio ciclo.

Si el liniero es conocedor del fenómeno, tocará la torre con rapidez y firmeza haciendo un buen contacto que anula el fenómeno transitorio. En este caso no sentirá nada debido a que la corriente de 60 Hz que sigue al transitorio, no es perceptible.

Si el liniero no hace el contacto firme o suelta la torre, ocurrirán algunos fenómenos transitorios débiles y repetitivos, cuyas descargas provocan efectos fisiológicos molestos. Para evitar lo anterior, se deben usar zapatos conductores que mantienen al liniero en contacto permanente con tierra.

PRUEBAS DE LABORATORIO.-Estas pruebas determinaron que los efectos fisiológicos sobre el liniero, dependen de la magnitud de la DESCARGA (Q) que fluye a través del punto de contacto súbito entre el liniero y tierra.

Esa descarga (Q), está determinada por el potencial eléctrico del cuerpo del liniero (e) y por su capacitancia (c), así:

$$Q = e \times C \text{ ----- (4)}$$

Donde:

- Q = Descarga del liniero en Coulomb
- e = Cambio del potencial eléctrico, desde su valor hasta cero volts.
- C = Capacitancia en Farad.

La Descarga Máxima (Q_m) del liniero, es definida por el potencial máximo del liniero (E_m) y por la capacitancia máxima ($C = C_1 + C_2$), teniéndose:

$$Q_m = e_m (C_1 + C_2) \text{ ----- (5)}$$

$$e_m = \frac{Q_m}{C_1 + C_2} \text{ -- (6)}$$

Sustituyendo en (1):

$$\frac{Q_m}{C_1 + C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_m \text{ ----- (7)}$$

$$Q_m = V_m C_1 \text{ ----- (8)}$$

Donde: Q_m = Descarga Máxima.
 C_1 = Capacitancia entre el liniero y el conductor.
 V_m = Potencial Máximo de línea a tierra.

Los efectos de la Descarga Máxima (Q_m) al fluir del cuerpo del liniero a la torre, se han observado en las pruebas de laboratorio, con los resultados siguientes:

De 0.4 a 0.6 μ coul.-Descarga que produce un efecto perceptible en el interior de la mano. La descarga ocurre mediante una herramienta metálica sostenida ligeramente por el liniero, de manera que no es posible el arqueo entre la herramienta y la mano del liniero, pero sí ocurre entre la herramienta y la torre.

De 0.8 a 1.0 μ coul.-Descarga que causa una pequeña reacción muscular involuntaria.

Sustituyendo la ecuación (8) en la (3), se tiene:

$$i = 266.5 Q_m \text{ ----- (9)}$$

Donde:

i = Corriente capacitiva de estado estable, en Amp.
 Q_m = Descarga máxima del liniero, en coul.

LA CORRIENTE CAPACITIVA (i), de estado estable del liniero a la torre, se puede utilizar como una medida de la severidad de la DESCARGA MAXIMA (Q_m), ya que ambas son proporcionales.

De esta manera, el efecto fisiológico de la Descarga Máxima (Q_m), también es apreciado en función de la corriente (i) de estado estable, que fluye de la mano del liniero a la torre, durante el contacto firme, teniéndose lo siguiente:

Hasta 100 μ A.-El liniero no percibe sensación ni efecto, aún cuando afloje su contacto.

De 101 a 150 μ A.-El liniero empezará a sentir el efecto de la descarga tan pronto como afloje su contacto.

De 200 a 250 μ A.- El liniero puede iniciar reacciones musculares involuntarias, al momento de aflojar ligeramente su contacto.

Hasta 1000 μ A.- El liniero no percibe nada mientras no suelte su contacto, o sea mientras la corriente es de estado estable, según "The Threshold of Perceptions Currents" de Charles F. Dalziel, --- AIEE Transactions Pt III B (Power Apparatus & Systems) Vol. 73 Agosto 1954 página 990-996.

PRUEBAS DE CAMPO.- Se han hecho pruebas en Ontario, Canadá en líneas de un circuito de 230 y 460 KV, en las cuales tres linieros adoptaron varias posiciones con respecto a la torre y a los conductores.

La corriente de estado estable (i) fué medida mediante un microamperímetro de corriente alterna, a través del cual, cada liniero hizo contacto intermitente con partes aterrizadas. El potencial (e) de cada liniero respecto a tierra, fué medido en voltmetro electrostático, cuando el contacto fué aflojado.

Se observó que el efecto fisiológico dependió más de las personas y de las condiciones ambientales, que durante las pruebas de laboratorio, pero ambos resultados son compatibles.

En las pruebas de campo, la Intensidad de corriente de Estado Estable (i), también indica el grado de severidad del efecto del arco eléctrico de la descarga. El potencial (e_m) es indicador de la longitud del arco y también el mayor potencial define una mayor duración del fenómeno transitorio de la descarga durante el proceso de asir y soltar un objeto aterrizado. Los resultados de las pruebas de campo son los siguientes:

LINEA KV	DISTANCIA DEL LINIERO		i (μ A) EF.	e_m (KV) PICO	CAPACITANCIA DEL LINIERO	
	A L CONDUCTOR	A LA TORRE			AL CONDUCTOR (C ₁) (μ MF)	A LA TORRE (C ₂) (μ MF)
230	7'	5'	380	14.5	7.2	90
	10'	2'	210	6.0	4.0	125
460	10.5'	6'	900-1000	38-42	8.5 - 9.4	75 - 80
	10.5'	2'	670-730	24-28	6.3 - 6.9	80 - 110
	12'	4.5'	750-800	32	7.1 - 7.6	80 - 85
	12'	0.5'	530-560	12-15	5.0 - 5.3	125 - 170
	14.5'	2'	420-490	14-17	4.0 - 4.6	90 - 125
	16'	0.5'	310-360	8-10	2.9 - 3.4	120 - 155

Es evidente que el valor eficaz de la corriente capacitiva (i) de estado estable, que es indicativa de la severidad del choque eléctrico durante las descargas intermitentes, resultó mayor que el valor del umbral de percepción humana de $100\mu\text{A}$. Por ello, en las líneas de 230 KV y 400 KV, las Descargas (Q_m) transitorias, son perceptibles por el liniero al hacer contacto con la torre.

Los efectos fisiológicos de las descargas, son choques eléctricos que aunque molestos no son peligrosos para la salud y solamente se perciben cuando se interrumpe el contacto entre el liniero y la torre o cuando se restablece ese contacto. En cambio no hay efecto perceptible cuando el contacto es firme.

La pérdida de contacto entre el liniero y la torre es difícil de evitar cuando el liniero usa zapatos dieléctricos, en cambio con zapatos conductores se eliminan las descargas eléctricas del liniero durante su ascenso en la torre.

Cuando el liniero vuelve de la escalera aislante a la torre, se producirá la descarga a pesar del uso de las botas conductoras. Esa descarga por ser sorpresiva para quien ignore el fenómeno, puede ocasionar pérdida de equilibrio y posible caída del liniero.

Por lo anterior, se recomienda que el liniero toque firmemente la torre al volver a ella.

Las piezas metálicas que son enviadas desde el piso mediante cables aislantes, al pasar por el nivel de los conductores de la línea, adquieren un potencial diferente al de tierra y al de los conductores. Al ser recibidas esas piezas por el liniero al potencial de la línea o por los linieros al potencial de la torre, pueden sentir la descarga eléctrica que puede resultar molesta.

Por lo anterior, se recomienda que las piezas metálicas que reciba el liniero al potencial de la línea, primero toquen el conductor para adquirir ese potencial igual al del liniero, en cuyo caso no habrá descarga ni molestia alguna.

9.- ESTUDIO MEDICO.

9.1.- GENERALIDADES.

En el Johns Hopking Hospital de Baltimore, Maryland, EUA., durante 9 años del 17 de diciembre del 1962 al 23 de junio del 1972, se hicieron estudios médicos a 10 linieros, para evaluar los efectos que sobre su salud, tienen los campos eléctricos de alta tensión de corriente alterna de 60 Hz, a los cuales se ven sometidos los linieros que trabajan en el Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, al potencial de tierra, al potencial de la línea o a un potencial intermedio, utilizando el equipo de pértigas de fibra de vidrio con epoxi o el traje conductor.

Los linieros seleccionados tenían excelente salud, con las edades y antigüedades anotadas en la tabla siguiente. Las horas trabajadas en las líneas energizadas, fueron del 2 de enero del 1963 al 23 de mayo del 1966.

T A B L A N o. 1

PERSONA	E D A D		ANTIGUEDAD EN EL TRABAJO	EDAD AL CASARSE	HIJOS	HORAS TRABAJADAS EN L.T.	
	1963	1972				PERTIGAS	T R A J E
O H I O P O W E R C O M P A N Y							
1	31	40	22	26	1	200	480
2	36	45	26	21	3	200	270
3	32	41	23	21	7	800	746
4	35	44	25	22	4	3800	13
A P P A L A C H I A N P O W E R C O M P A N Y							
5	38	47	23 1/2	25	0	477	7.5
6	38	47	18	18	2	515	63
7	30	39	16	24	3	500	0
8	31	40	12	17	4	700	2
9	47	56	35	31 y 46	0	493	69
10	34	43	21 1/2	26	1	499	0

Los linieros de Ohio Power Company, trabajaron con traje conductor en líneas de 765 Kv. y también con pértigas.

Los linieros de la Appalachian Power Company, trabajaron poco con traje conductor, pero muchas horas con pértigas.

Todos los linieros laboraron 40 horas semanales en mantenimiento de líneas energizadas y ocho de ellos son ahora supervisores y aún se exponen a los campos --- eléctricos de las líneas ya que tienen que subir a las torres para vigilar el -- trabajo.

9.2.- NATURALEZA DEL ESTUDIO.

Se hizo un completo historial médico de cada liniero, con un total de siete exámenes durante los 9 años, ocupando 4 días cada exámen.

Cada exámen del estudio comprendió consultas con oftalmólogo, otorrinolaringólogo, urólogo y un neuropsiquiatra.

Los análisis de laboratorio incluyeron: estudio de química sanguínea, ácido úrico, análisis de orina, coproparasitoscópico y la medición de la función tiroidea, de los riñones y del hígado.

Fueron obtenidos también electrocardiogramas, electroencefalogramas, pruebas de audición, placas de rayos X de torax y manos.

El urólogo obtuvo el cómputo de espermias en cada exámen.

9.3.- RESULTADOS DEL ESTUDIO.

Todos los linieros se conservaron esencialmente saludables y subieron de peso en promedio 6.7 Kg en los 9 años.

El liniero No. 6 de 1970 a 1972, desarrolló un tumor en la lengua, cuya biopsia demostró que no fué maligno. Específicamente en estos 9 años, no hubo cambio en la piel, cabello, función cardiovascular, ojos, oídos y sistema respiratorio de todos los linieros. Las manos se mantuvieron normales de acuerdo con los rayos X, los resultados de laboratorio no indicaron anomalías significativas, ni tampoco las consultas encontraron enfermedad que se relacionara en alguna forma con la exposición a los campos eléctricos de las líneas de transmisión de alta tensión.

El electroencefalograma se mantuvo normal, el psiquiatra no detectó ningún cambio emocional significativo en ninguno de los linieros y el urólogo no encontró evidencia alguna de enfermedad genito urinaria.

Los conteos de espermias fueron muy variables, dependiendo del momento de su recolección en relación con el hábito sexual, dando algunas personas conteo normal un día y arriba de lo normal dos días después, lo que hace aventurado sacar alguna conclusión. Sin embargo, en el séptimo año del estudio todos los linieros tuvieron un conteo de espermias normal; en el noveno año, hubo un conteo anormal en un liniero que 13 años antes fué clínicamente estéril, habiendo sido normal dos años antes. En resumen, los conteos de espermias, no fueron influenciados por la exposición a los campos eléctricos.

CAPITULO

NOVENO

ALGUNAS

MANIOBRAS

EN

LINEAS

DE

230 KV y 400 KV

CAPITULO NOVENO.- MANIOBRAS EN LINEAS DE 230 KV y 400 KV.

I.- GENERALIDADES

En los trabajos de cambio de aislamiento en las líneas energizadas de 230 KV y 400 KV, que se describen en éste capítulo es necesario maniobrar en las estructuras y herrajes siguientes:

1.- ESTRUCTURAS Y HERRAJES DE 230 KV

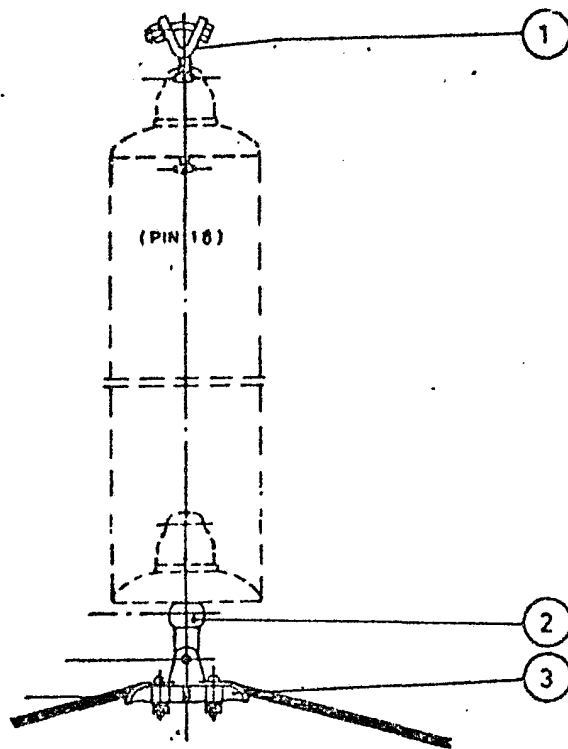


Fig. 1

ESTRUCTURA DE SUSPENSION DE 230 KV

DISPOSICION DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	BOLA ARTICULACION "Y"	ACERO FORJADO
2	CALAVERA OJO, UNE LA CLEMA A LA CADENA DE AISLADORES	ACERO GALVANIZADO
3	CLEMA DE SUSPENSION	ALEACION DE ALUMINIO

Conductor ACSR, 54/7, Canary, 900 MCM

Ultima Resistencia de la clema	8,780	Kg
Ultima Resistencia sin clema	12,000	Kg
Peso Total de los Herrajes	3.92	Kg

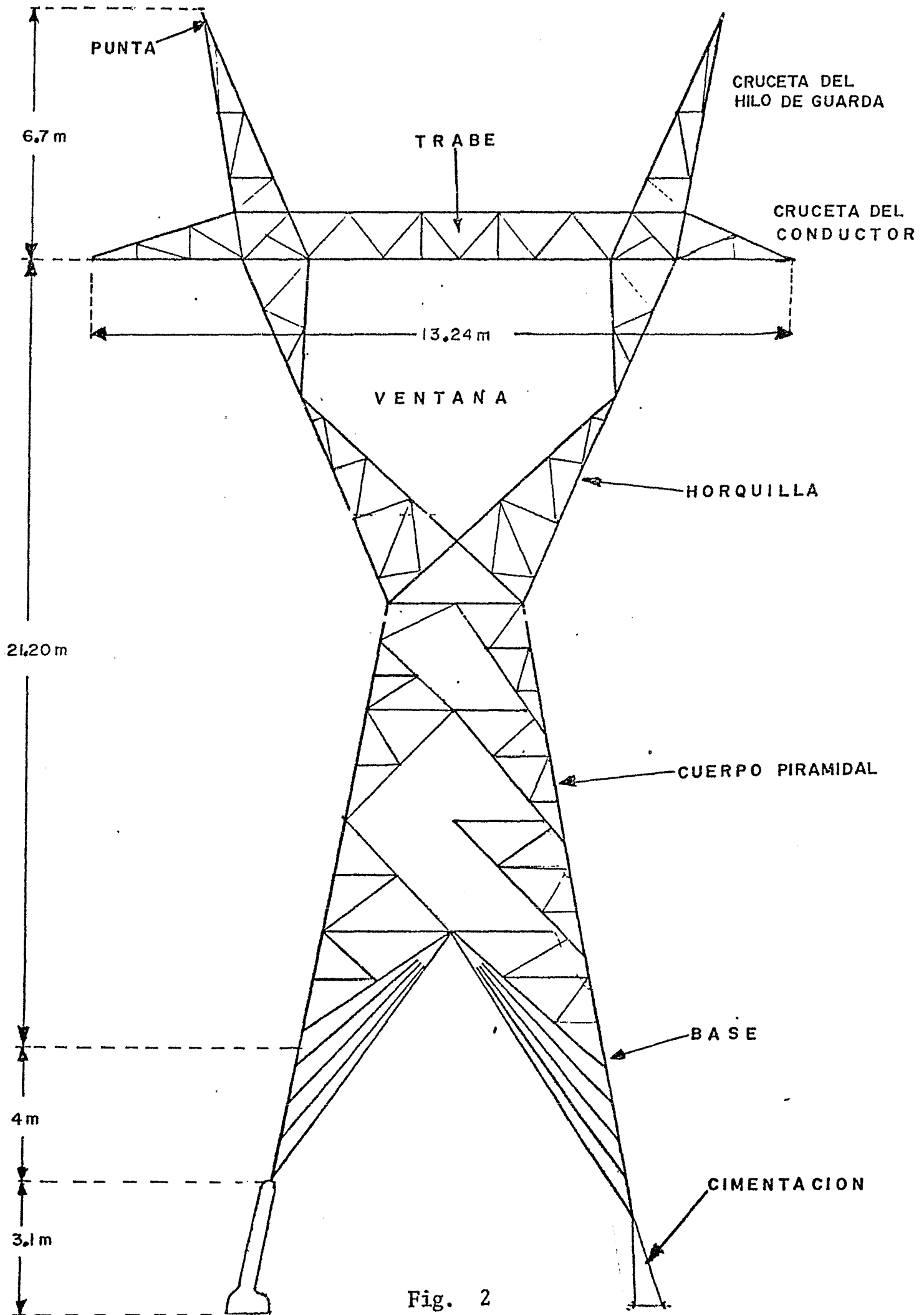


Fig. 2
ESTRUCTURA TIPO

LINEA DE TRANSMISION DE 230 KV

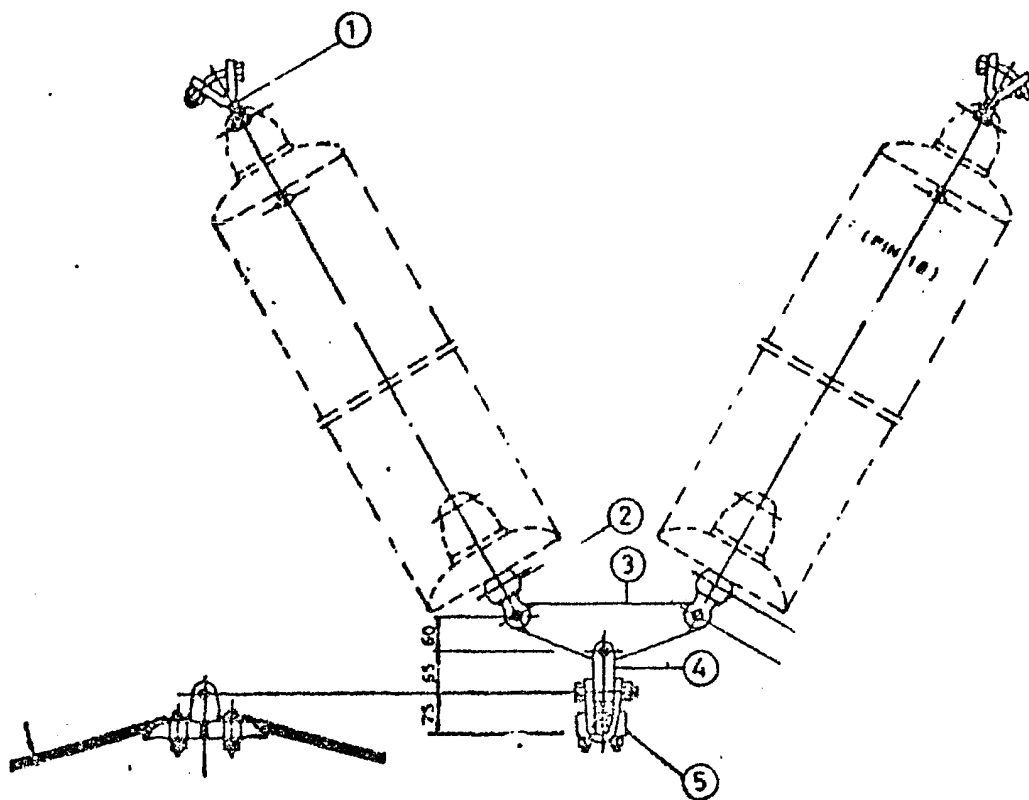


Fig. 3

ESTRUCTURA DE SUSPENSION EN "V" DE 230 KV

DISPOSICION DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	BOLA ARTICULACION "Y"	ACERO FORJADO
2	CALAVERA ARTICULACION	
3	YUGO DE 5/8"	
4	PIEZA DE UNION CON DOS ARTICULACIONES A 90°	
5	CLEMA DE SUSPENSION	ALEACION DE ALUMINIO

Conductor ACSR, 54/7, Canary

900 MCM

Resistencia de Ruptura de la clema

8,780 Kg

Resistencia de Ruptura sin clema

12,000 Kg

Peso Total de Herrajes

10.97 Kg

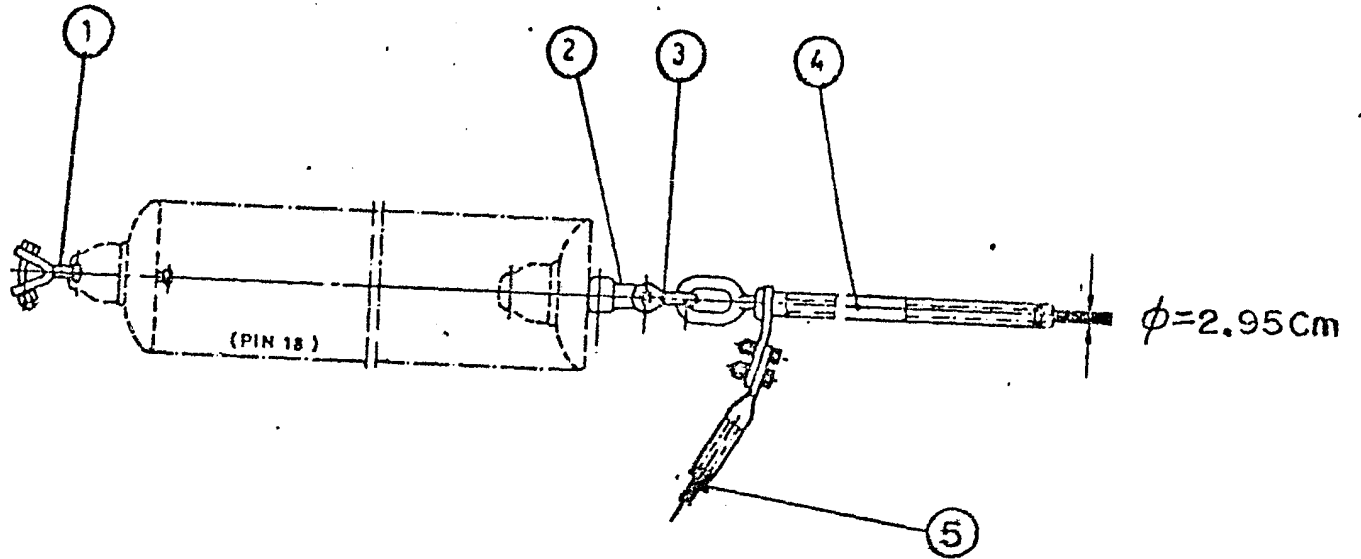


Fig. 4

ESTRUCTURA DE TENSION DE 230 KV

DISPOSICION DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	BOLA ARTICULACION 'Y'	ACERO FORJADO
2	CALAVERA OJO	
3	GRILLETE	
4	CLEMA DE TENSION HEXAGONAL	ALEACION DE ALUMINIO
5	DERIVACION (PUENTE)	ACSR

Conductor ACSR, 54/7, canary, 900 MCM, diámetro 2.95 cm.

Ultima Resistencia de la clema 13,910 Kg

Ultima Resistencia excluyendo clema 12,000 Kg

Peso total de Herrajes 9.16 Kg

2.- ESTRUCTURAS Y HERRAJES DE 400 KV

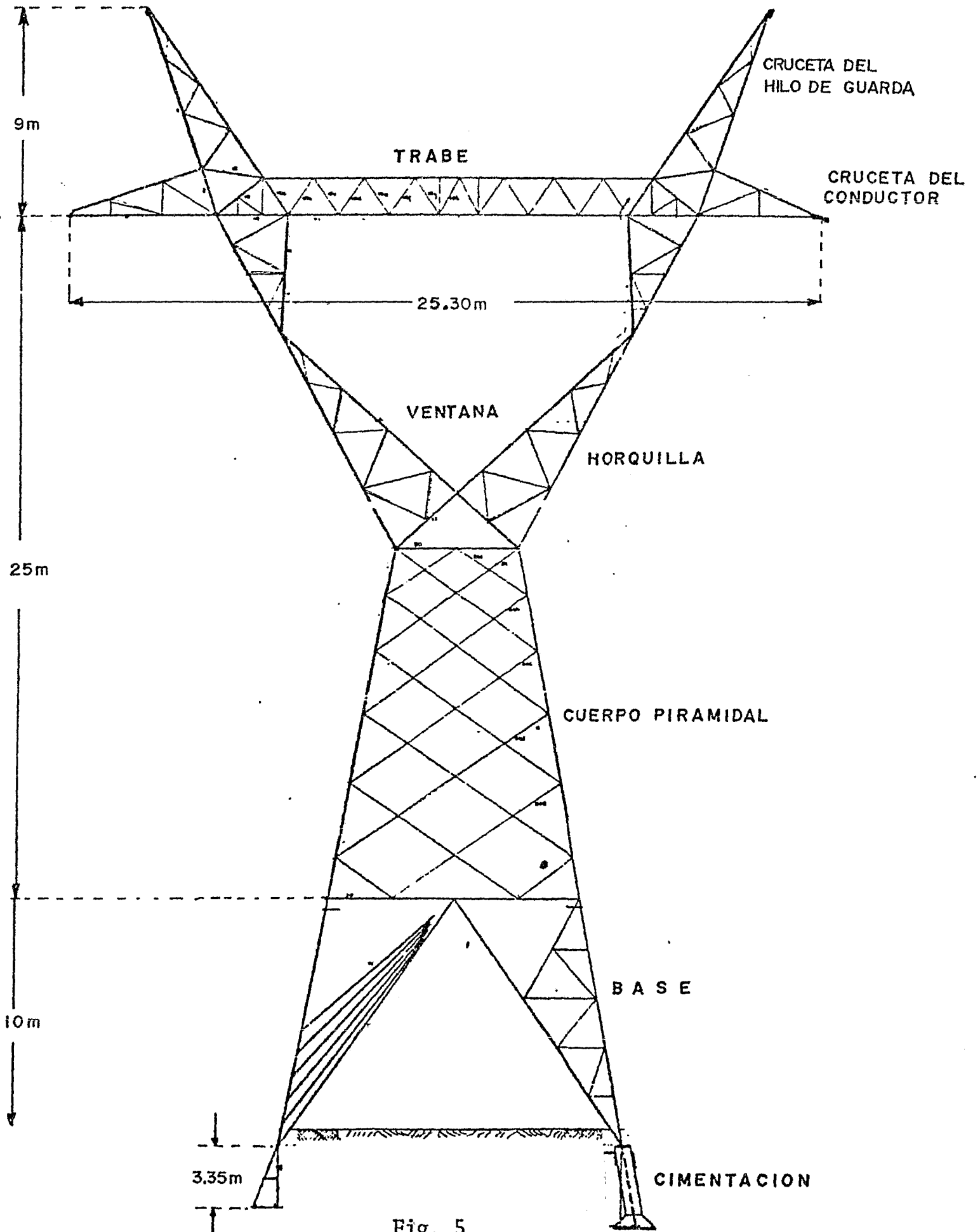


Fig. 5
ESTRUCTURA TIPO
LINEA DE TRANSMISION DE 400 KV

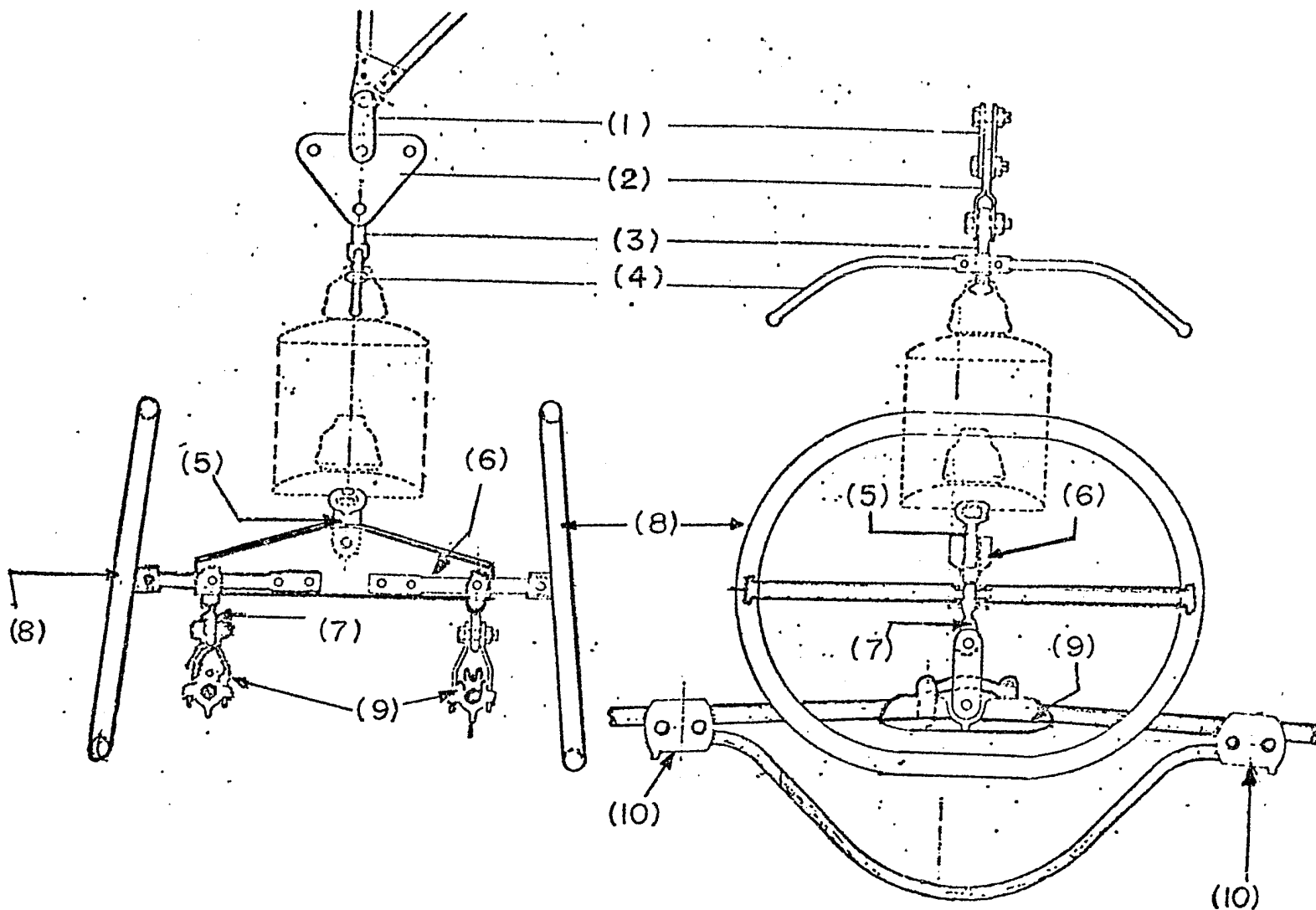


Fig. 6

ESTRUCTURA DE SUSPENSION DE 400 KV

DISPOSICION DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	HORQUILLA DE UNION DE LA CADENA A LA PLACA DE ESTRIBO	ACERO GALVANIZADO
2	TRIANGULO DE LEVANTAMIENTO DE LA CADENA	ACERO GALVANIZADO
3	BOLA OJO PARA FIJAR CUERNOS DE ARQUEO	ACERO GALVANIZADO
4	CUERNOS DE ARQUEO	ACERO GALVANIZADO
5	CALAVERA OJO UNE EL YUGO A LA CADENA DE AISLADORES	ACERO GALVANIZADO
6	YUGO DOBLE ESPACIADOR DE CONDUCTORES	ACERO GALVANIZADO
7	PIEZA DE UNION CON DOS OJOS A 90°	ACERO GALVANIZADO
8	AROS EQUIPOTENCIALES	TUBO DE ACERO 40mm
9	CLEMA DE SUSPENSION DE DOBLE BALANCEO	ALEACION DE ALUMINIO
10	BLOQUES ANTIVIBRATORIOS	ALEACION DE ALUMINIO

En lugar del (1) puede ser grillete y estribo de suspensión

CABLE ACSR, 45/7 BLUEJAY, 1113 MCM

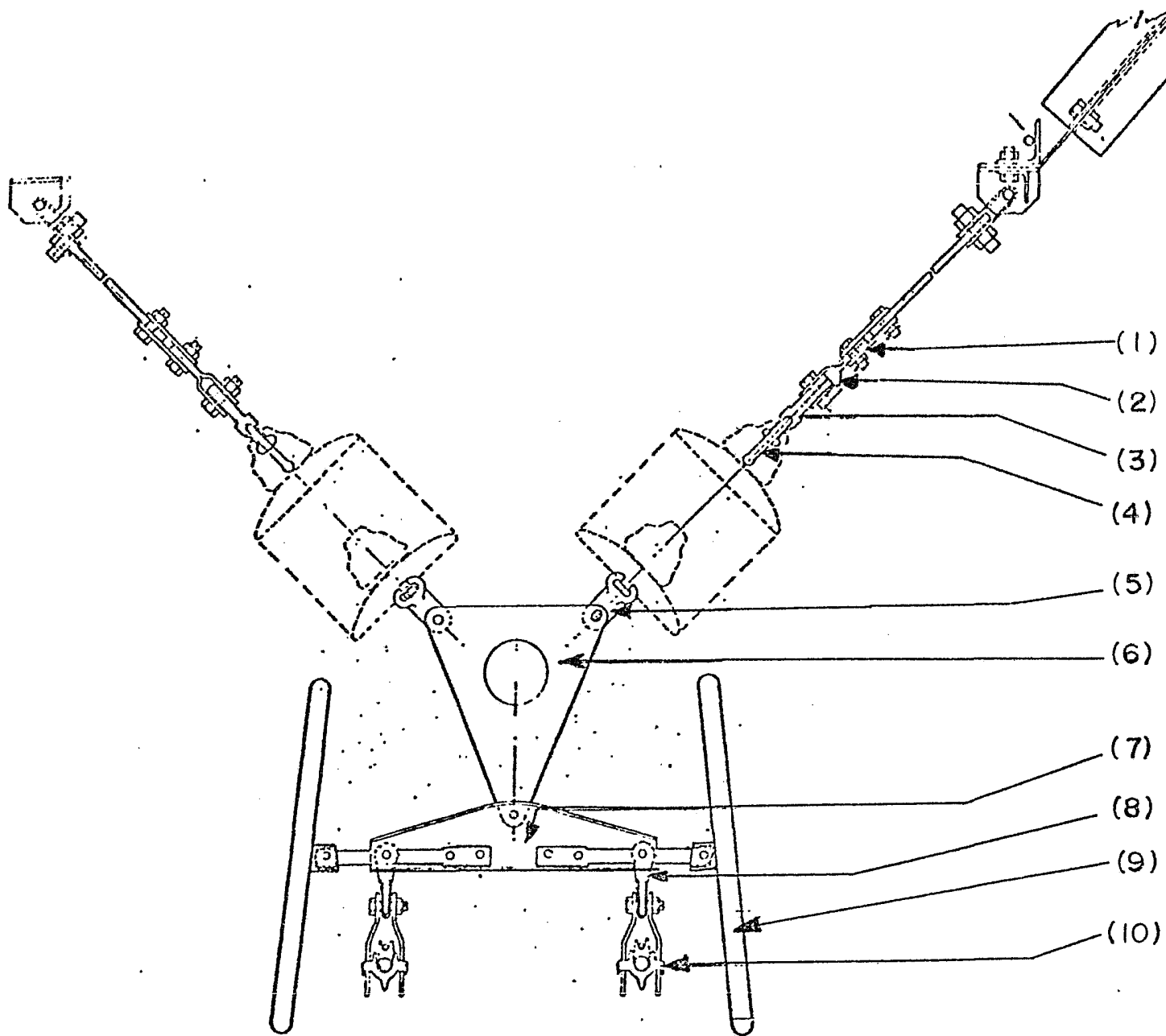
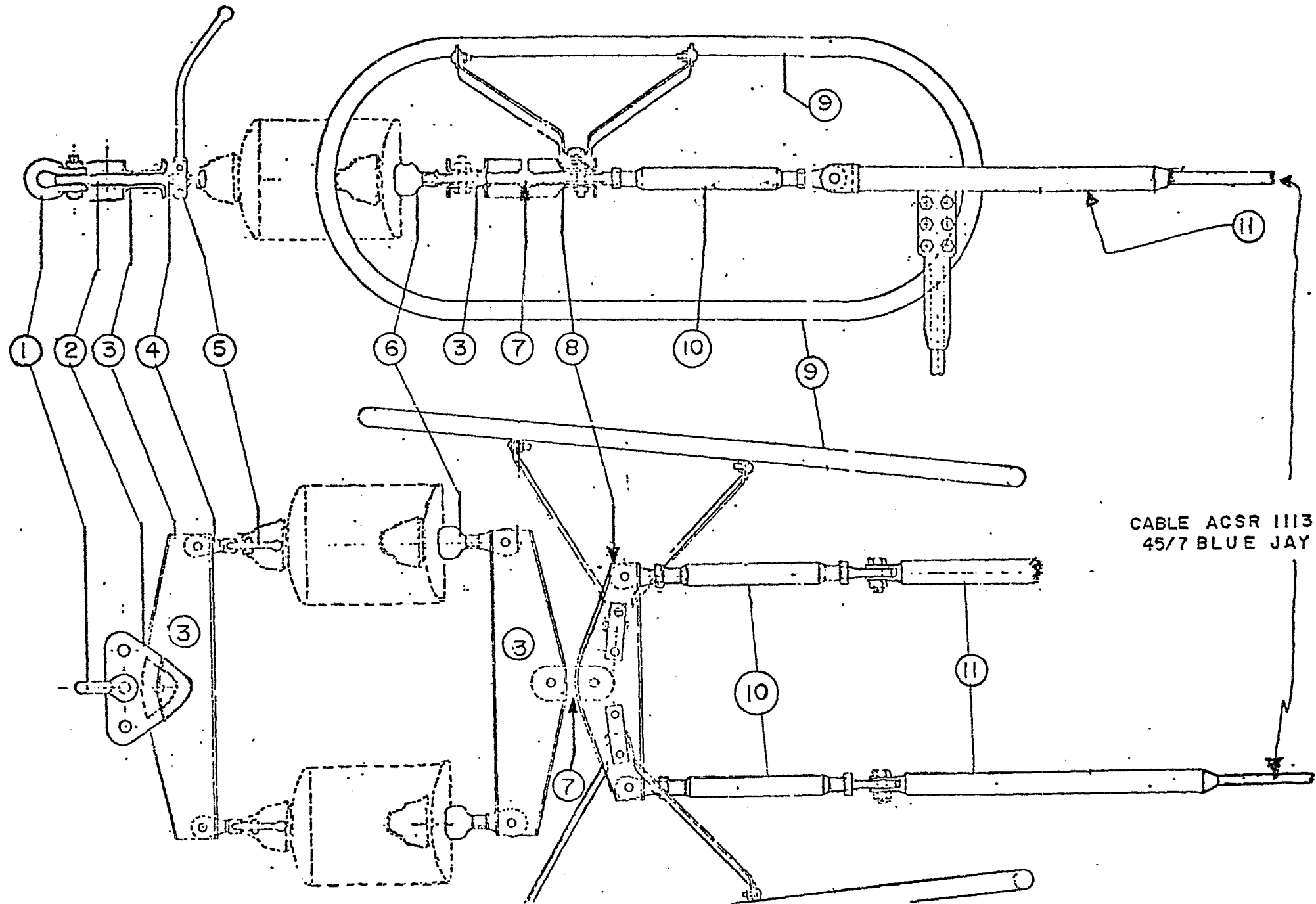


Fig. 7

ESTRUCTURA DE SUSPENSION EN "V" DE 400 KV

DISPOSICION DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	EXTENSION	ACEROS DULCE Y FORJADO GALVANIZADOS
2	TRIANGULO DE ELEVACION	ACERO FORJADO GALVANIZADO
3	OJO BOLA	ACERO FORJADO GALVANIZADO
4	CUERNOS DE ARQUEO	ACERO FORJADO GALVANIZADO
5	CALAVERA OJO	FUNDICION MALEABLE
6	TRIANGULO DE UNION EN SUSPENSION	ACERO GALVANIZADO
7	YUGO DOBLE	ACERO GALVANIZADO
8	PIEZA DE UNION CON DOS OJOS A 90°	ACERO GALVANIZADO
9	AROS EQUIPOTENCIALES	TUBO ACERO GALVANIZADO
10	CLEMA DE SUSPENSION ANTIMAGNETICA	ALEACION DE ALUMINIO



CABLE ACSR 1113MCM
45/7 BLUE JAY

Fig. 8
ESTRUCTURA DE TENSION DE 400 KV
DISPOSICION DE HERRAJES

ESTRUCTURA DE TENSION DE 400 KV
LISTA DE HERRAJES

No.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	GRILLETE	ACERO GALVANIZADO
2	TRIANGULO LEVANTADOR DE CADENAS	
3	YUGO SEPARADOR DOBLE (60 mm)	
4	OJO BOLA	
5	CUERNO DE ARQUEO	
6	CALAVERA OJO	
7	CONECTOR	
8	YUGO DOBLE PARA CONDUCTORES CUATES (Espaciamiento de 45 cm)	
9	AROS EQUIPOTENCIALES DE 60 x 142.5 cm	TUBO DE ACERO GALVANIZADO
10	TENSORES	ACERO GALVANIZADO
11	CLEMA DE TENSION DE COMPRESION HEXAGONAL, CON DERIVACION	ALEACION DE ALUMINIO

Dos conductores por Fase

Conductor ACSR, 45/7, BLUEJAY, 1113 MCM

II.- MANIOBRA DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION DE 230 KV,
FASE LATERAL Y CADENA VERTICAL.

A.- METODO DE TRABAJO.

Utilización de pértigas aislantes de vidrio epoxi, con dos linieros al potencial de la torre y uno con potencial intermedio.

B.- PERSONAL REQUERIDO

- 1) Un Jefe de Cuadrilla (Cabo)
- 2) Tres Linieros
- 3) Tres Ayudantes
- 4) Un Ayudante Chofer

C.- EQUIPO REQUERIDO

- 1) Dos tripies.
- 2) Tres franelas siliconadas.
- 3) Soga de mano de polidacrón de 1.27 cm (1/2") de diámetro, con gancho, pazteca y estrobo.
- 4) Descargador electrostático.
- 5) Yugo superior para torre de suspension, con estrobo.
- 6) Escalera con ganchos de 5.1 x 305 cm (2" x 10').
- 7) Cable de polidacrón de 1.27 cm (1/2") de diámetro, para vientos de la escalera
- 8) Escopeta de 3.2 x 305 cm (1 1/4" x 10').
- 9) Pértiga Universal de 3.8 x 305 cm (1 1/2" x 10') con tenedor ajustable.
- 10) Pértiga Universal de 3.8 x 365 cm (1 1/2" x 12') con deschavetador de mariposa .
- 11) Pértiga Universal de 3.8 x 365 cm (1 1/2" x 12') con horquilla dentada y - deschavetador de solera.
- 12) Pinza y desarmador convencionales.
- 13) Dos pértigas tensoras de 5 x 305 cm (2" x 10') con estrobos y muñones.
- 14) Dos abrazaderas de suspensión de 5 cm (2") de diámetro.
- 15) Un maneral de matraca .
- 16) Una pértiga riel de 6.4 x 305 cm (2 1/2" x 10') con estrobos.
- 17) Pértiga plato de 6.4 x 366 cm (2 1/2" x 12').
- 18) Plato con diámetro interno de 6.4 cm.
- 19) Trole con abrazadera de 6.4 cm (2 1/2").

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA

- 1) Los linieros y los ayudantes, limpian y disponen las herramientas sobre los tripies.

2) Los tres linieros ascienden, llevando el primero de ellos la sogu de mano -- con gancho, pazteca y estrobo. El liniero (1) se ubica en la horquilla de la torre, el (2) en la cruceta y el (3) en la escalera que se colgará de la -- cruceta.

3) El liniero (2) instala el descargador electrostático (fig. 9) para poner el aislador al potencial de tierra y asi poder tocar con sus manos hasta ese - punto sin peligro.

Instala él mismo, el yugo de suspensión con sus tornillos y estrobo.

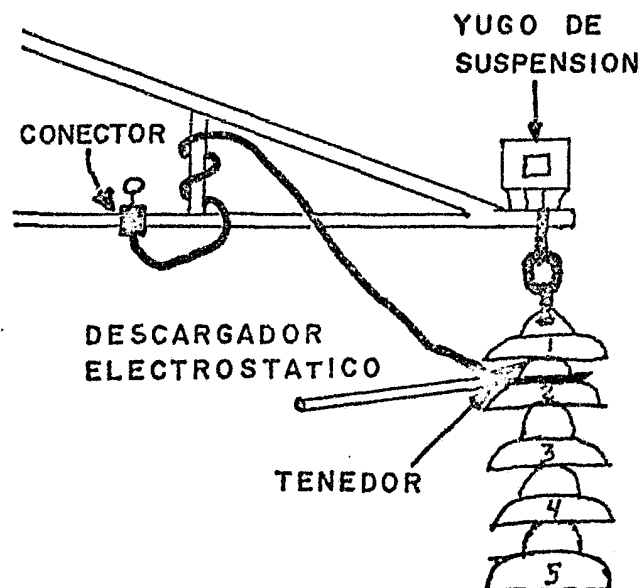


Fig. 9

4) Los linieros (1) y (3) cuelgan la escalera en la cruceta de la torre, a -- 2.40 m de la cadena de aisladores que se desea cambiar. El liniero (3), desde la escalera, podrá maniobrar los herrajes del conductor y cadena, con pértigas de 3 m (10') de longitud.

Para estabilizar la escalera colgada de la cruceta, se utilizan 2 cables de polidacrón a manera de "vientos", amarrados del extremo inferior de la escalera. Los extremos de los " vientos" son fijados por los ayudantes en tierra al vehículo, árboles ó barras, dandole a la escalera la inclinación que permita al liniero (3) bajar en ella, con comodidad.

De esta manera el liniero (3) habrá quedado a un potencial intermedio respecto al conductor y respecto a tierra (torre) y por ello adquirirá una carga eléctrica que al regresar a la torre habrá de descargar.

- 5) El liniero (2), con una pértiga universal 3.66 cm (12'), mide la distancia del yugo al conductor y la marca sobre la pértiga con cinta aislante.
- 6) El liniero (1), con la distancia anterior, fija una abrazadera de suspensión en cada una de las dos pértigas tensoras (2" x 10')
- 7) El liniero (2), amarra a la cruceta el estrobo de la primera tensora para -- evitar su caída durante su fijación de la abrazadera al conductor por un lado y del tornillo al yugo por el otro lado.
- 8) El liniero (3) desde la escalera, con una escopeta (10'), cierra la abrazadera de suspensión, actuando sobre su anillo.

La abrazadera debe quedar a unos 20 cm de la clema (fig. 10). De igual manera se instala la segunda tensora.

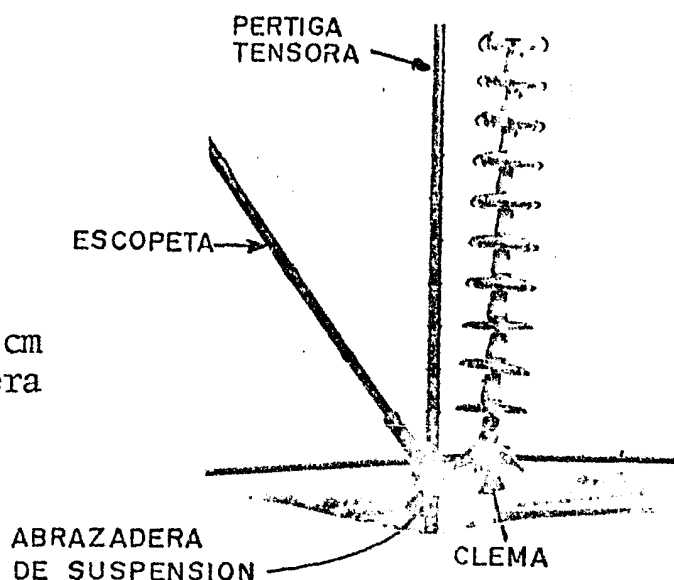


Fig. 10

- 9) Los linieros (1) y (2), amarran la pértiga riel por ambos extremos, a la - - cruceta de la torre, a unos 20 cm abajo de ella para permitir el libre movimiento del trole.
- 10) El liniero (1) monta la pértiga plato en la abrazadera del trole, quedando la abra - - zadera a unos 20 cm del plato. A continua - - ción engancha el plato en el tercer aislad - - or (fig. 11)

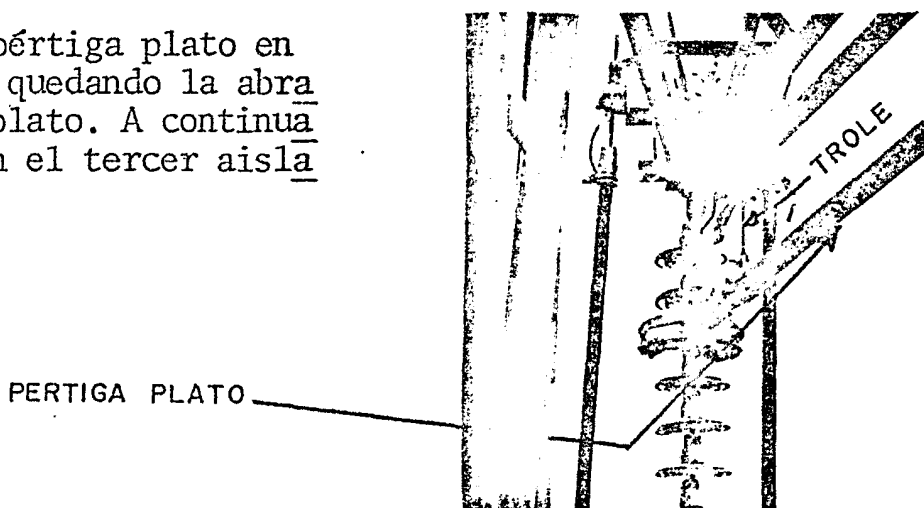


Fig. 11

- 11) El liniero (3), con la pértiga universal y deschavetador de solera, extrae la - - chaveta del adaptador calavera ojo, que une a la bola del último aislador (fig. 12).

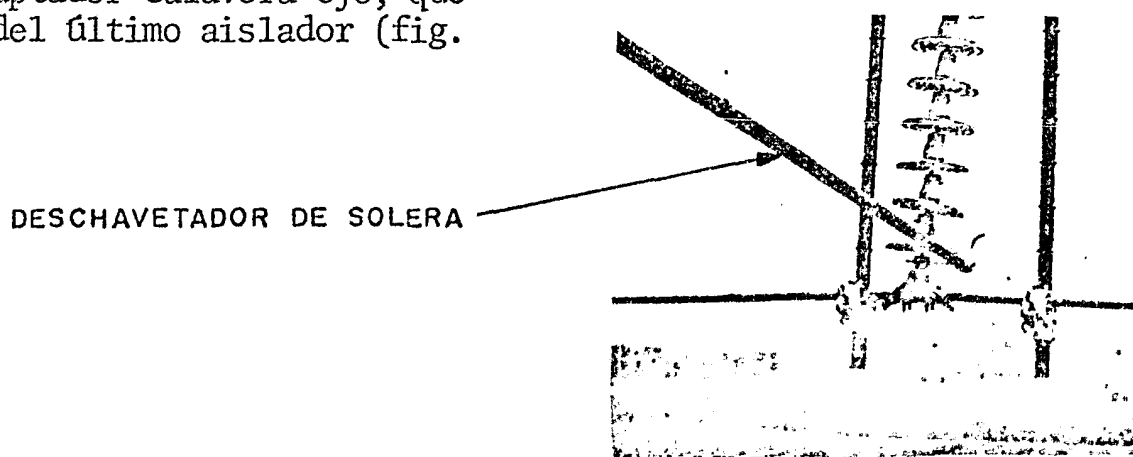


Fig. 12

12) El liniero (2), con el maneral de matraca, aprieta los muñones de las pértigas tensoras, haciendo que éstas tomen la carga mecánica que tiene normalmente la cadena de aisladores.

13) El liniero (3), con una pértiga universal y tenedor ajustable, sujeta el último aislador de la cadena (fig. 13)

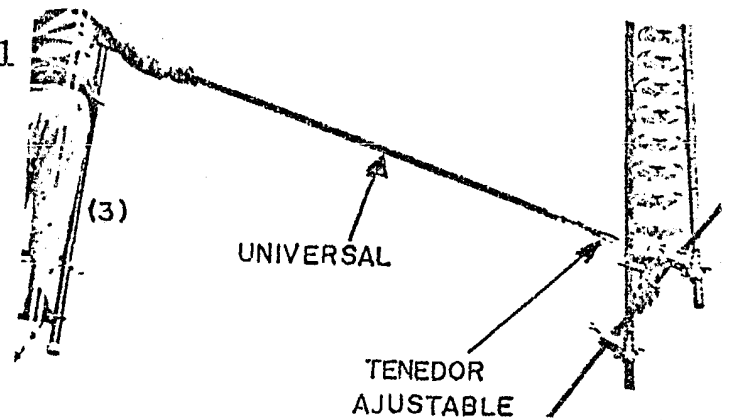


Fig. 13

14) El liniero (3), con la universal y tenedor en una mano o en su axila izquierda, con otra universal y horquilla dentada en la mano, separa el adaptador calavera ojo, de la bola del último aislador (fig. 14).

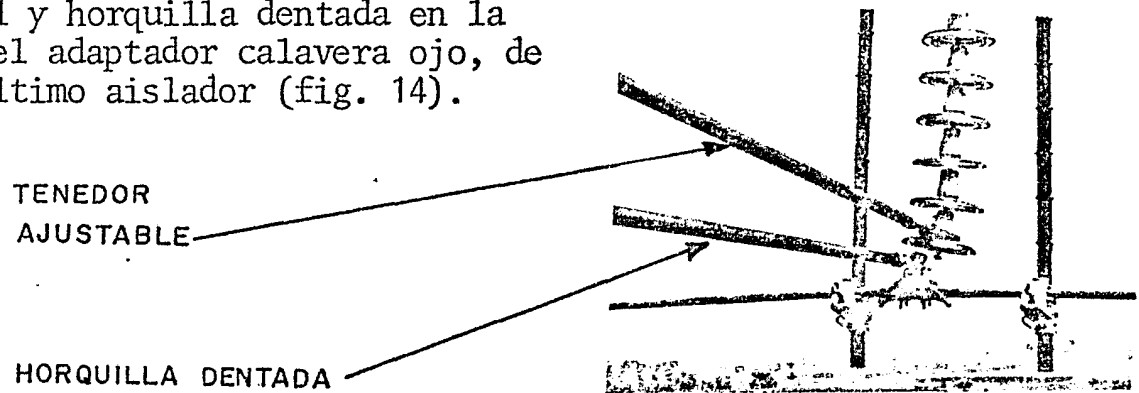


Fig. 14

15) El liniero (2), con pinza en mano extrae la claveta de la calavera del primer aislador, quedando en posibilidad de desenganchar del adaptador bola ojo, que fija la cadena a la cruceta mediante un grillete (fig. 15).

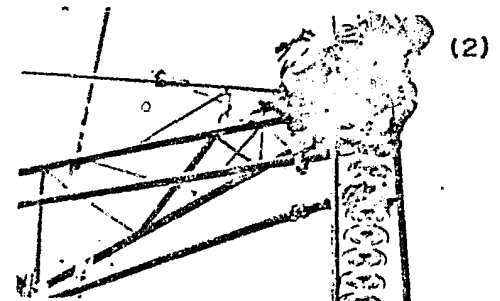


Fig. 15

16) El liniero (1) desde la horquilla de la torre, con la pértiga plato, levanta la cadena de aisladores para que el liniero (2) desenganche el primer aislador, del adaptador bola ojo (fig. 16).

ADAPTADOR BOLA OJO

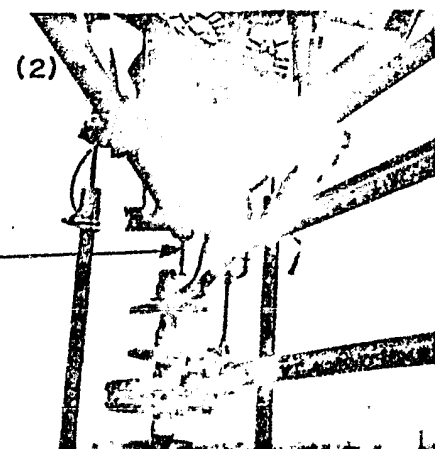


Fig. 16

- 17) El liniero (2), quita el descargador electrostático en tanto el (1) sostiene la cadena de aisladores (fig. 17).

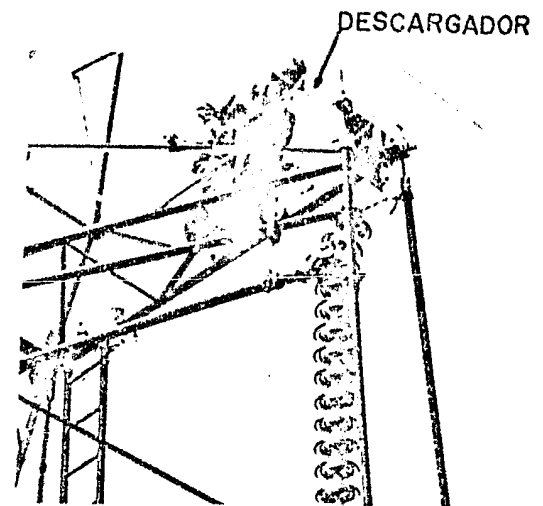


Fig. 17

- 18) El liniero (1), traslada la cadena de aisladores hasta la escalera, donde el liniero (2) la amarra con la soga de mano para bajarla y cambiarla (fig. 18).

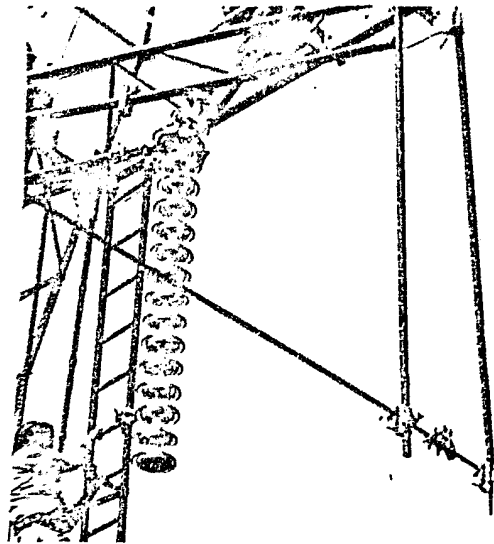


Fig. 18

- 19) Para concluir la maniobra, será necesario seguir la secuencia descrita en sentido inverso.

E.- OBSERVACIONES.

La maniobra fué realizada en la línea Texcoco Queretaro, habiendose maniobrado con una cadena de 17 aisladores de vidrio de $5 \frac{3}{4}$ x 10".

El personal tenía 10 días de adiestramiento y empleó 1:30 Hs. hasta 2 Hs., por lo cual se considera que el personal con experiencia, podrá hacer la - - maniobra en 1:30 Hs, en condiciones normales.

El tiempo que se emplea en cada maniobra, es bueno conocerlo para efectos de planeación, ya que como la línea se mantiene en servicio, no existe la urgencia de apresurar el trabajo, con riesgo de caer en actos inseguros.

III.- MANIOBRA DE CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION DE 230 KV,
FASE CENTRAL CON CADENAS DE AISLADORES EN "V".

A.- METODO DE TRABAJO.

Utilización de pértigas aislantes de vidrio epoxi, con los tres linieros al potencial de tierra, parados en la torre.

B.- PERSONAL REQUERIDO.

- 1) Un Jefe de Cuadrilla.
- 2) Tres Liniero.
- 3) Tres Ayudantes.
- 4) Un Ayudante Chofer.

C.- EQUIPO REQUERIDO.

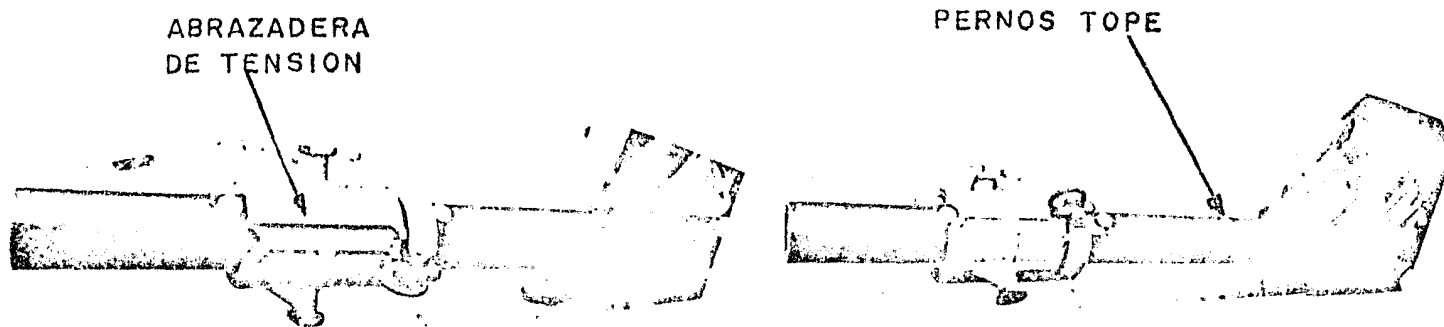
- 1) Dos Tripies
- 2) Tres franelas siliconadas.
- 3) Cable de polidacrón (1/2"), con gancho, pazteca y estrobo (sogá de mano).
- 4) Descargador electrostático.
- 5) Yugo superior para cadenas en "V", con cadena y estrobo.
- 6) Yugo inferior para cadenas en "V"
- 7) Adaptación del yugo inferior.
- 8) Dos pértigas tensoras de 5 x 205 cm (2" x 10'), con muñones
- 9) Dos abrazaderas de tensión de 5 cm (2") de diámetro interior.
- 10) Dos manerales de matraca.
- 11) Pértiga Universal de 3.8 x 305 cm (1 1/2" x 10') con horquilla dentada.
- 12) Pértiga Universal de 2.8 x 365 cm (1 1/2" x 12') con deschavetador de solera.
- 13) Pértiga Universal de 3.8 x 365 cm (1 1/2" x 12') con deschavetador de gancho y gancho hoz.
- 14) Garrucha de poleas dobles.
- 15) Camilla para aisladores, con larqueros de 3.8 x 24 cm (1 1/2" x 8').
- 16) Pértiga de tensión de 3.8 x 244 cm (1 1/2" x 8').
- 17) Medio anillo para camilla de aisladores.

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA

- 1) La cuadrilla limpia y dispone las herramientas en los tripies; luego ascienden los linieros llevando el primero de ellos la sogá de mano.
- 2) El liniero (1), se ubica en la trabe de la torre, el (2) en el brazo y el (3) en la horquilla.
- 3) El liniero (2), instala el yugo superior en la trabe, por encima de la cadena por reparar, alineandolo con ella, Después con una pértiga universal de - -

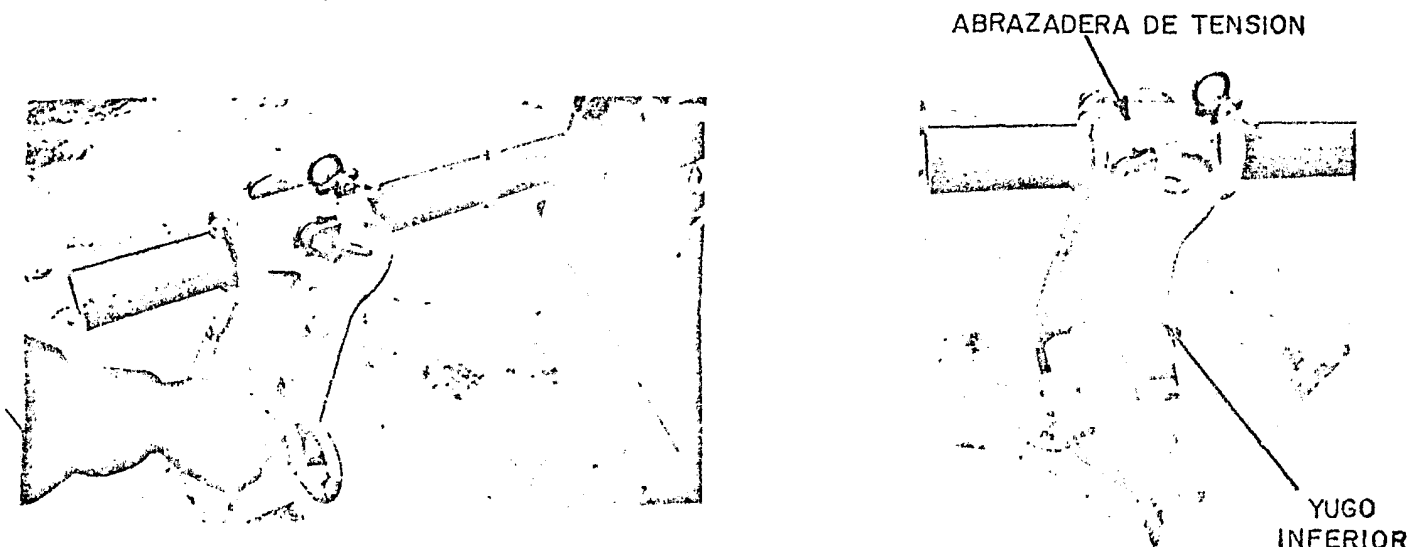
3.8 x 365 cm (1 1/2" x 12') mide la distancia del yugo superior al yugo -- que une las dos cadenas de aisladores en "V", ayudado por el liniero (3) -- con la otra pértiga universal y horquilla dentada.

- 4) Los ayudantes, con la medida anterior, posicionan las abrazaderas de tensión en las pértigas tensoras (figs. 19).



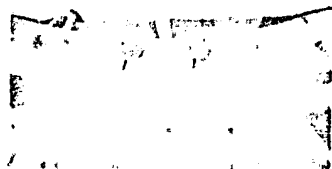
Figs. 19
INSTALANDO LAS ABRAZADERAS DE TENSION, AJUSTABLES

- 5) También los ayudantes en tierra, instalan el yugo INFERIOR sobre una abrazadera de tensión (fig. 20).



Figs. 20
INSTALANDO EL YUGO INFERIOR

- 6) Previamente los ayudantes instalan la adaptación de fierro ángulo, en el -- yugo inferior (fig. 21). La ranura que se aprecia, apoya firmemente en el -- yugo que une las cadenas en "V", evitando que se desplace el yugo inferior de las herramientas.



Figs. 21
ADAPTACION INSTALADA

- 7) El liniero (2) instala la primera pértiga tensora. Es ayudado por el liniero (1) con la pértiga universal y gancho hoz y también por el liniero (3), con la pértiga universal y horquilla dentada, desde la horquilla de la torre (Fig. 22).

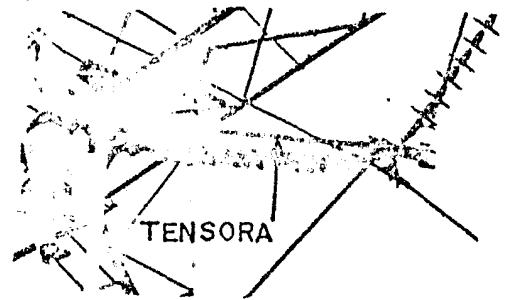


Fig. 22

INSTALANDO LA PRIMERA TENSORA

- 8) En la misma forma anterior es instalada la segunda pértiga tensora. El liniero (2), aprieta a mano los muñones de las pértigas tensoras, para darle estabilidad al conjunto de yugos y pértigas - - tensoras (fig. 23).



Fig. 23

CONJUNTO TENSADOR

- 9) El liniero (1), confirma que la ranura de la adaptación del yugo inferior, encaja perfectamente en el yugo de las cadenas de aisladores en "V" (fig. 24).

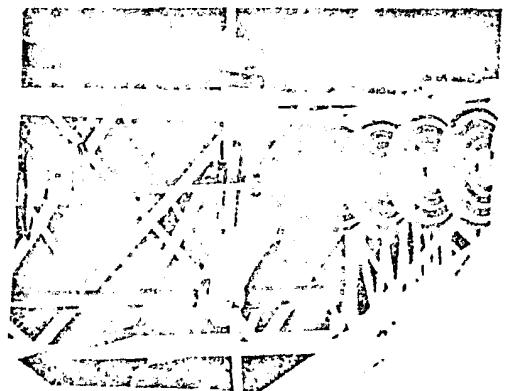


Fig. 24

MONTAJE DEL YUGO DELANTERO

- 10) Los ayudantes en tierra instalan el plato (fig. 25) en la camilla, de manera que -- pueda coincidir con el segundo aislador - - de la cadena por reparar.

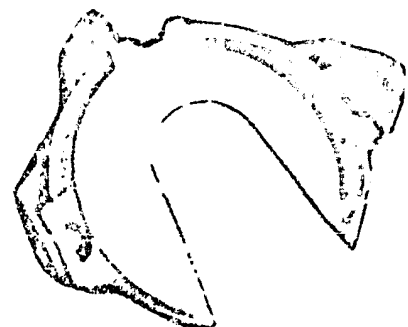
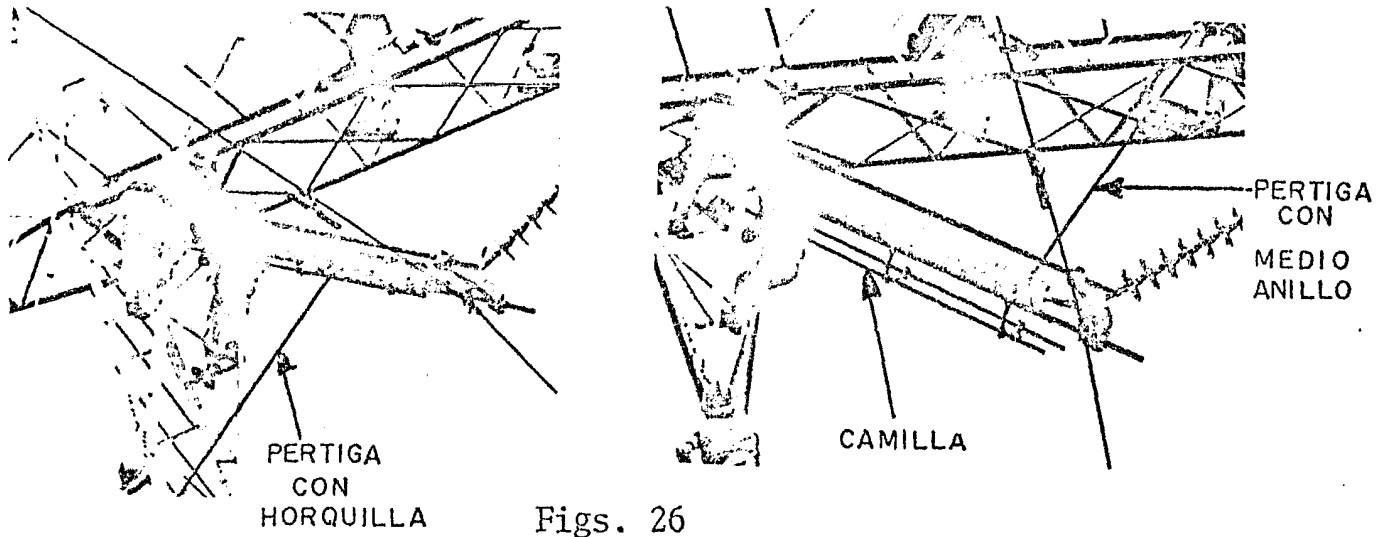


Fig. 25

PLATO DE CAMILLA

- 11) El liniero (2), amarra un extremo de la camilla a la torre, de manera que el plato pueda coincidir con el segundo aislador de la cadena. Provisionalmente la camilla queda suspendida en posición vertical.

- 12) Los tres linieros, llevan la camilla a la cadena (fig. 26), valiendose de la pértiga universal con horquilla dentada que opera el liniero (3) desde la horquilla de la torre y de la pértiga de tensión con medio anillo, que sostiene el liniero (1) desde la trabe.



INSTALANDO LA CAMILLA

- 13) El liniero (1), instala una garrucha en la trabe de la torre.

- 14) El liniero (1), sujeta la pértiga de tensión a la garrucha y después la tensiona hasta que la cadena de aisladores queda descansando en la camilla.

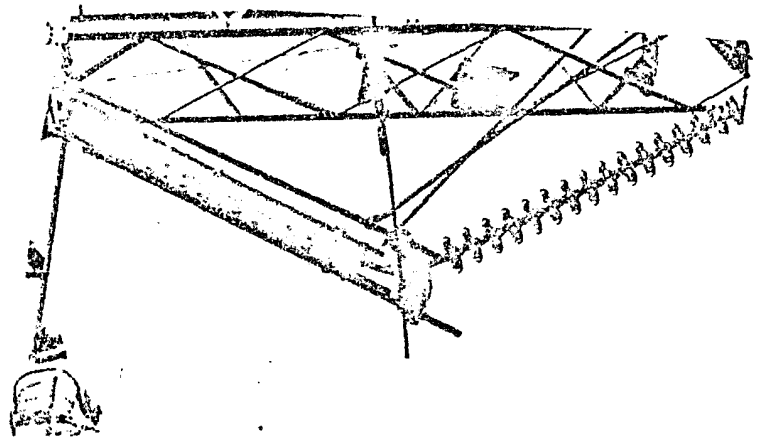


Fig. 27

APRETANDO LA CAMILLA

- 15) En las figuras 28, se aprecia mejor la pértiga de tensión con medio anillo, sujetando la camilla



PERTIGA TENSORA CON MEDIO ANILLO

- 16) El liniero (3), con la pértiga universal y deschavetador de gancho, extrae la - -
chaveta. En seguida el liniero (2), con
el maneral de matraca, aprieta los muño-
nes de las pértigas tensoras, haciendo
que estas tomen la carga del conductor.

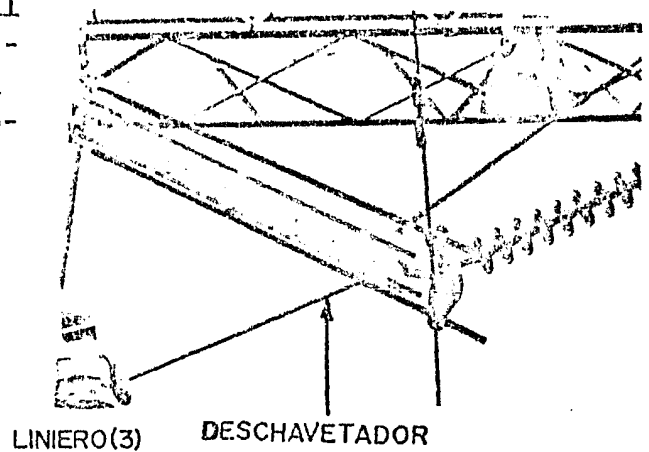
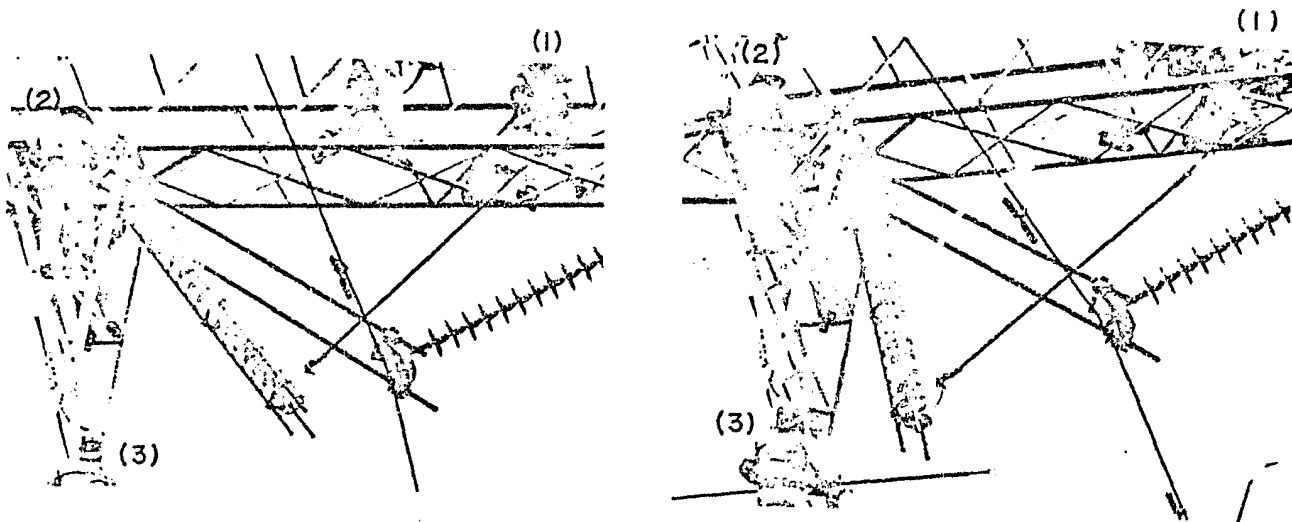


Fig. 29

RETIRANDO LA CHAVETA

- 17) El liniero (3), con la pértiga universal y horquilla dentada, separa la bola
del último aislador, de la calavera del adaptador calavera-articulación, --
que une la cadena con el yugo de las dos cadenas en "V" .
- 18) El liniero (1), afloja la garrucha para llevar la camilla con la cadena de
aisladores, hasta su posición vertical (fig. 30).



Figs. 30

RETIRANDO LA CADENA DE AISLADORES, DEL CONDUCTOR

- 19) El liniero (2), retira la camilla, de la cadena de aisladores.
- 20) El liniero (2) sujeta la cadena de aisladores a la soga de mano, que manten-
drán tensa los ayudantes en tierra. A continuación, él mismo desconecta la
cadena de aisladores, de la torre.
- 21) Los ayudantes bajan la cadena de aisladores, cambian los aisladores dañados
y la vuelven a subir para que los linieros 1, 2 y 3, proceden a instalarla.
- 22) Para montar la cadena de aisladores y terminar la maniobra, se procede con

una secuencia inversa a la descrita.

E.- OBSERVACIONES

La maniobra descrita, duró 1:20 Hs con personal inexperto; posteriormente el tiempo se redujo a 50 minutos. Se realizó en la línea Texcoco-Querétaro, torre No. 2 , cadena de 17 aisladores.

Por seguridad, se recomienda que no recurra a improvisaciones, pues la maniobra debe ser siempre planeada. La adaptación que se cita en esta maniobra, no es una improvisación, sino un aditamento sencillo surgido de la etapa de planeación y debido a que el equipo original no tenía previsto el tipo de herraje de la estructura.

El dispositivo fué hecho de fierro ángulo galvanizado de 0.31 cm (1/8") de espesor, por 3.8 cm (1 1/2") por cada lado; se tomó en consideración que el esfuerzo mecánico a que se vería sujeto, sería mínimo y también que su unión al yugo delantero, soportaría esfuerzos muy superiores a los que se sometió en la maniobra.

IV.- CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DE TENSION DE 230 KV, FASE LATERAL.

A.- METODO DE TRABAJO

Utilización de pértigas aislantes de vidrio epoxi, manipuladas desde la torre por dos linieros al potencial de tierra y un liniero con traje conductor al potencial de la línea.

B.- PERSONAL REQUERIDO.

- 1) Un Jefe de Cuadrilla (cabo)
- 2) Tres Linieros.
- 3) Tres Ayudantes.
- 4) Un Ayudante Chofer.

C.- EQUIPO REQUERIDO.

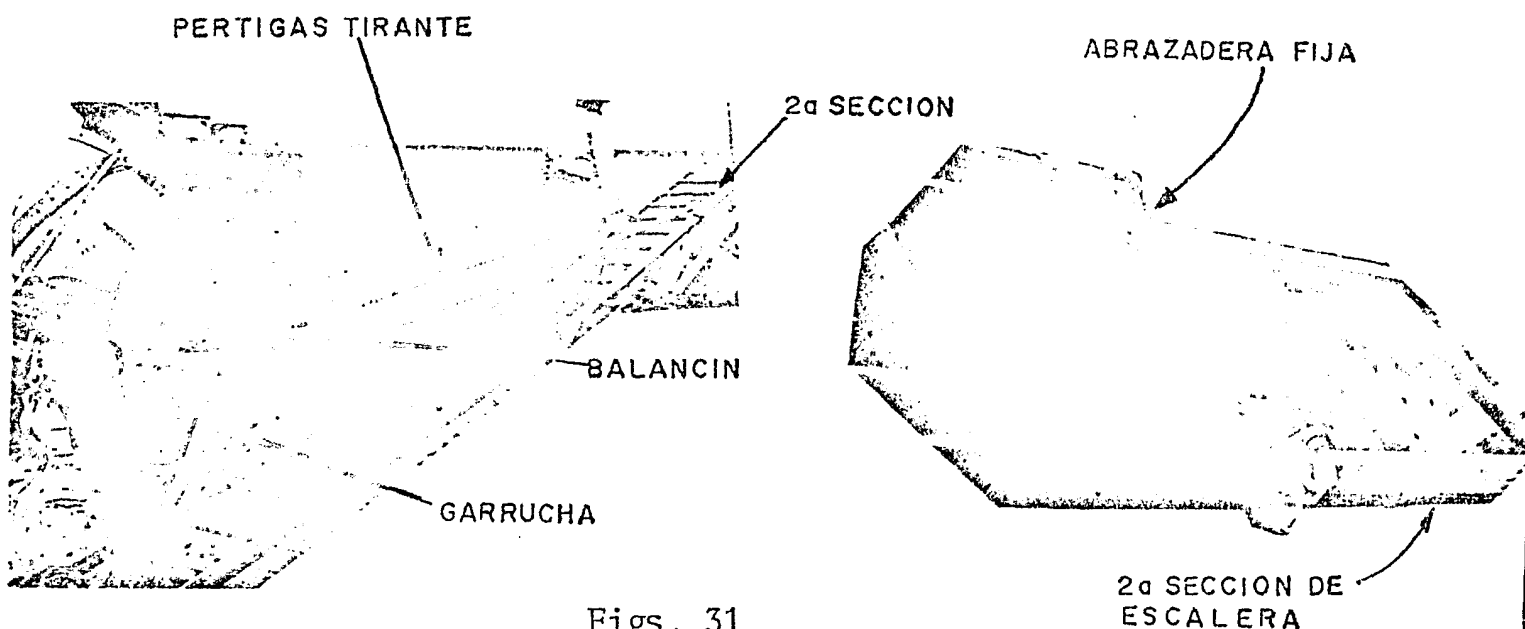
- 1) Dos tripies.
- 2) Tres franelas siliconadas .
- 3) Soga de mano de polidacrón de (1/2"), con gancho, pazteca y estrobo.
- 4) Base para escalera, con placa fija, yugo giratorio y dos abrazaderas.
- 5) Fierro ángulo de refuerzo de 1/4" x 4" x 4" x 24" para la base.
- 6) Malacate de 1 tonelada.
- 7) Escalera de 6.4 x 732 cm (2 1/2" x 24') en dos secciones de 12' c/u. En total pesa 47.5 Kg.
- 8) Cuatro pértigas de tensión de doble ojo, de 3.2 x 366 cm (1 1/4" x 12').
- 9) Garrucha con poleas triples.
- 10) Balancín de 7.6 x 50 cm (3" x 20").
- 11) Dos abrazaderas fijas de 6.4 cm (2 1/2") para escalera.
- 12) Probador de escaleras, con dos abrazaderas, pilas y cable.
- 13) Dos cables de polipropileno para vientos de escalera de (1/2").
- 14) Tres estrobos de polipropileno de (1/2").
- 15) Traje conductor con guantes, calcetines y botas conductoras.
- 16) Una pértiga escopeta de 3.2 x 183 cm (1 1/4" x 6').
- 17) Una pértiga universal de 3.8 x 366 cm (1 1/2" x 12').
- 18) Una pértiga universal de 3.8 x 305 cm (1 1/2" x 10').
- 19) Un gancho hoz.
- 20) Un gancho "G"
- 21) Un yugo delantero para 6804 Kg (15,000 Lbs), con una guía para conductor ACSR de 900 MCM (M 2945-2)
- 22) Un yugo posterior para 6,804 Kg (15,000 Lbs), con cadena.
- 23) Dos pértigas tensoras de 5 x 366 cm (2" x 12') con muñones.
- 24) Dos abrazaderas de tensión de 5 cm (2").
- 25) Un tensor, para conductor ACSR de 900 MCM.
- 26) Dos descargadores electrostáticos.
- 27) Camilla para aisladores con 2 pértigas de 3.8 x 305 cm (1 1/2" x 10'), una pértiga de 3.8 x 274 cm (1 1/2" x 9') y tres puentes.
- 28) Dos manerales de matraca.
- 29) Una pinza convencional.

30) Un desarmador convencional.

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA.

- 1) La cuadrilla limpia y ordena sobre los tripies, las herramientas listadas.
- 2) La cuadrilla en tierra, ensambla las dos secciones de la escalera de 366 cm cada una para dar una longitud total de 732 cm. También instala las dos - - abrazaderas fijas de 6.4 cm de diámetro, sobre la parte media de la segunda sección de la escalera. De esas abrazaderas se apoyan las dos pértigas de -- tensión que sirven como tirantes a la escalera.

También se instala el balancín y la garrucha de tres poleas (fig. 31).



Figs. 31

ARMANDO LA ESCALERA CON TIRANTES

Cerca de las abrazaderas de los tirantes, se amarran con estrobo, dos pértigas de tensión (1 1/4" x 12') con sus respectivos cables que servirán como vientos que maniobrarán los ayudantes en tierra, para mover horizontalmente la escalera. Las pértigas de tensión y los cables, garantizan el aislamiento para los ayudantes en tierra.

- 3) El balancín se fija a las pértigas tirante mediante tornillos (fig. 32).

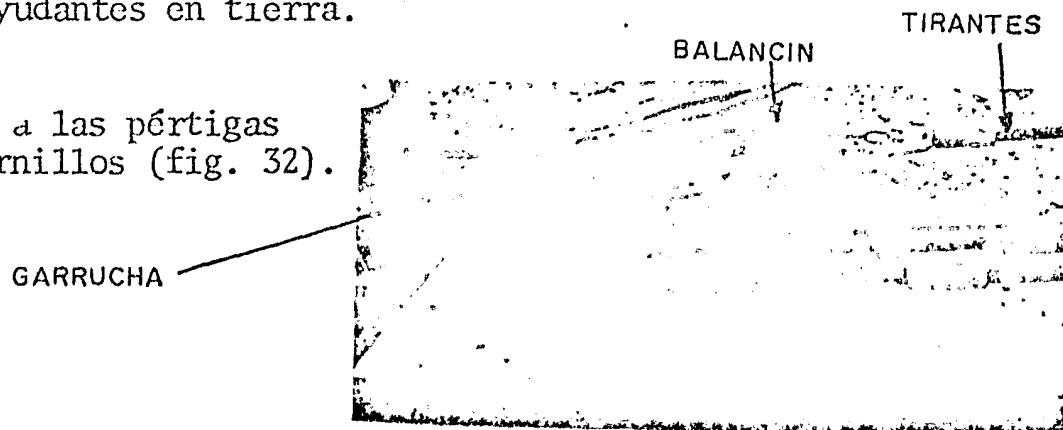


Fig. 32

- 4) La cuadrilla en tierra, también instala en el extremo de la - - primera sección de la escalera, el yugo giratorio de la base de la escalera, mediante las dos - abrazaderas de 6.4 cm (2 1/2")

* Se observan las abrazaderas para el probador de la escalera (fig. 33).

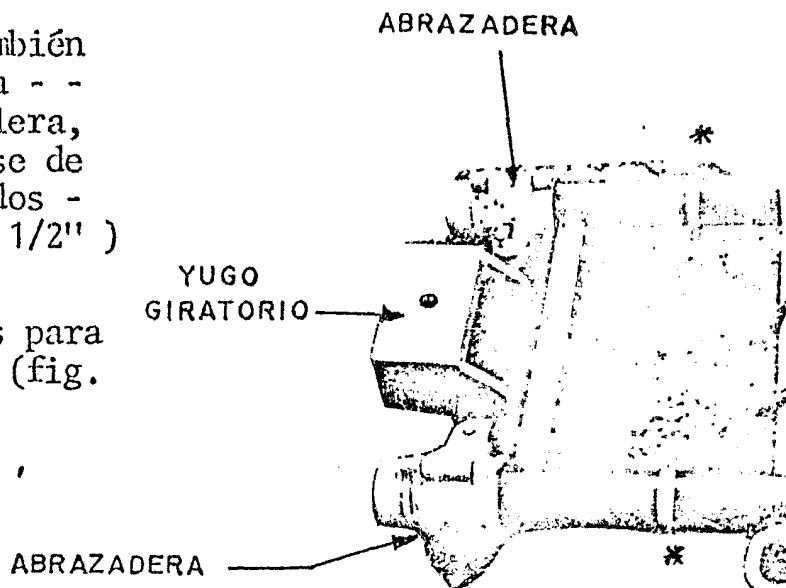
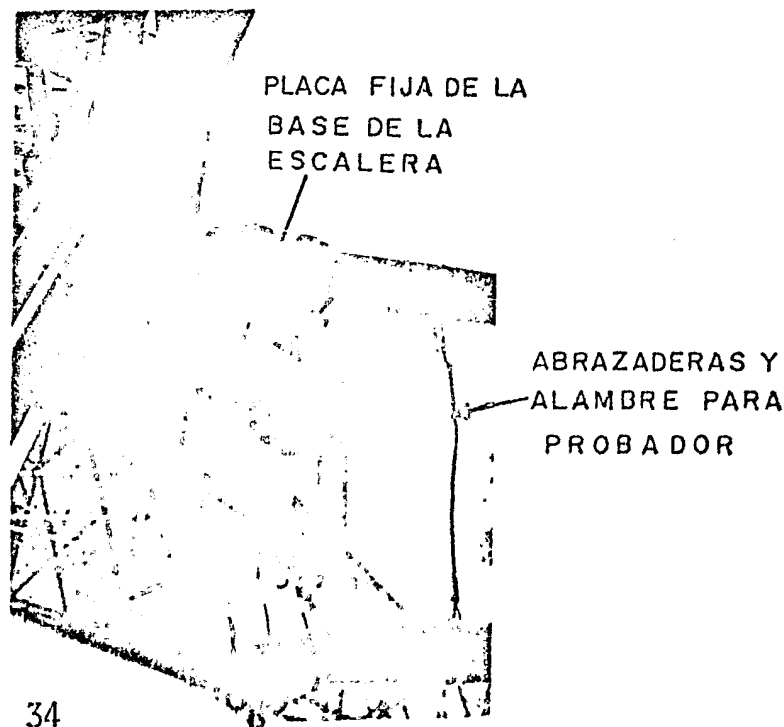
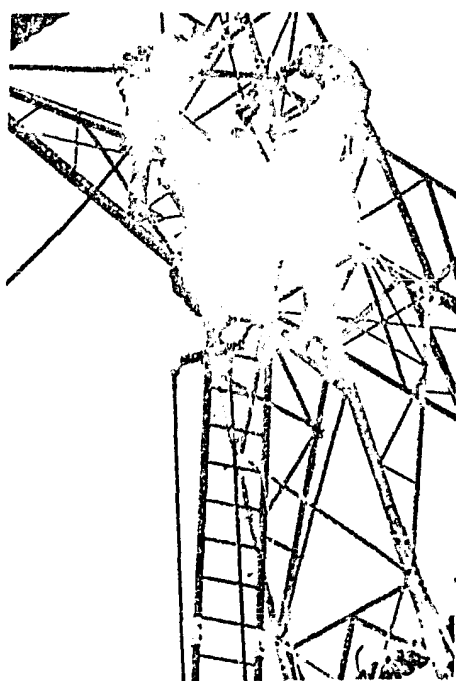


Fig. 33

- 5) Los tres linieros ascienden la torre, llevando el primero de ellos, el cable de polidacrón el gancho, la pazteca y un estrobo para sujetar la pazteca. El conjunto servirá como sogá de mano para subir y bajar las herramientas.
- 6) Los linieros 1 y 2, colocan la placa fija de la base de la escalera en un -- lugar de la cruceta de la torre, que permita a la escalera llevar a un linie ro hasta la cadena de aisladores por cambiar. Como el fierro ángulo de la -- torre de 2 1/2" x 2 1/2" resulta débil para el esfuerzo de torsión a que -- le somete la carga de la escalera, es necesario reforzarlo con un fierro -- ángulo de 1/4" x 4" x 4" x 24" .
- 7) Los tres linieros colocan el yugo giratorio de la escalera en la placa fija de la base de la escalera (figs. 34).



Figs. 34

- 8) El liniero (3), apoya la garrucha de la escalera, en un punto arriba de la vertical que pesa por la base de la escalera. Este liniero, controla con la garrucha, el movimiento de vertical la escalera. Dos ayudantes en tierra, mediante los vientos, controlan el movimiento horizontal de la escalera (fig. 35).

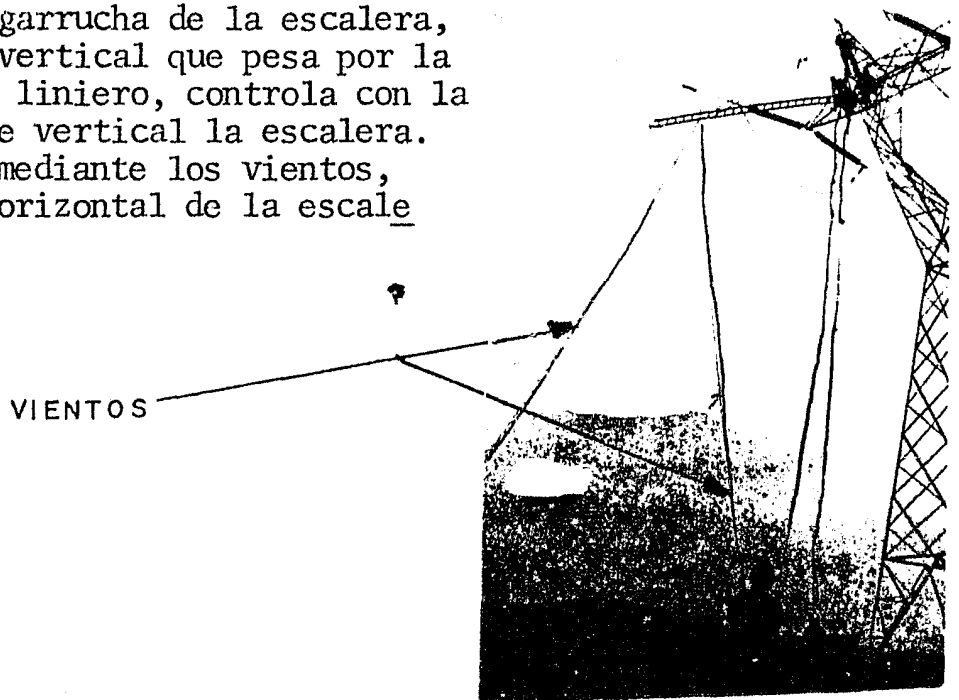


Fig. 35

CONTROLANDO EL MOVIMIENTO DE LA ESCALERA

- 9) Los linieros (2), (3) y dos ayudantes en tierra, ponen la escalera en posición horizontal y paralela a los conductores de la línea (fig. 36).

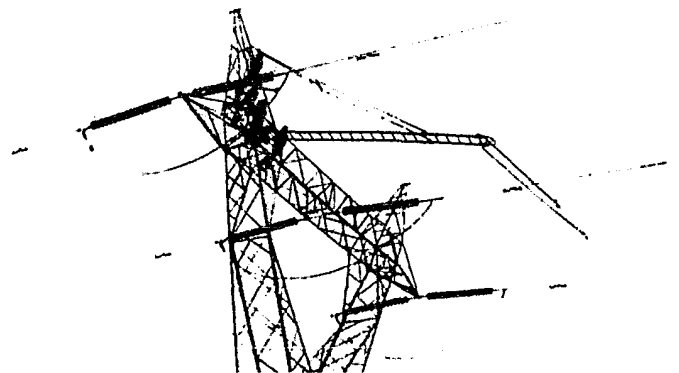


Fig. 36

POSICIONANDO LA ESCALERA

- 10) El liniero (1), verifica el buen funcionamiento del probador de la escalera, pasando la perilla a la posición de prueba - - (TEST), observando que la aguja indique - 100 μ Amp (fig. 37).

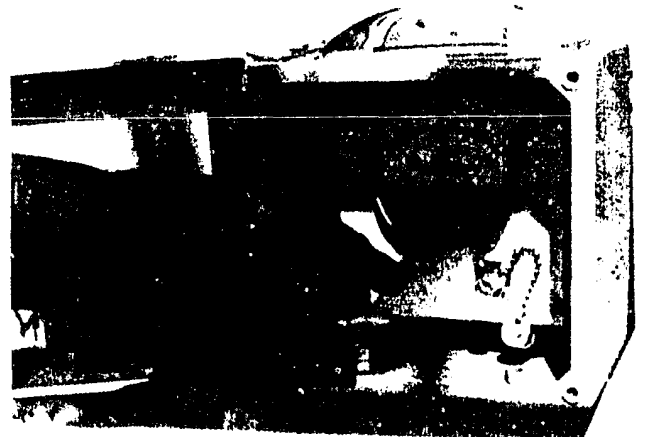


Fig. 37

VERIFICANDO EL PROBADOR DE ESCALERA

- 11) El liniero (1), sujeta el probador a un ángulo de la torre, cercano a la base de la escalera y conecta la mordaza al alambre previamente instalado en la escalera (fig. 38).

El probador esta listo para medir la corriente de fuga de la escalera, que en este caso no debe ser mayor de $66 \mu A$.

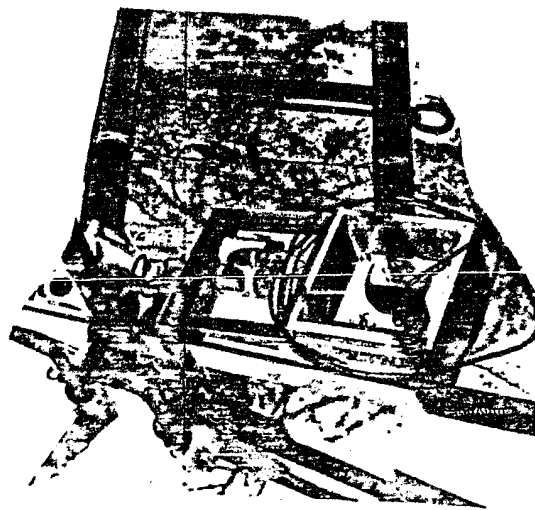


Fig. 38

INSTALACION DEL MICROAMPERIMETRO

- 12) Los linieros (2), (3) y dos ayudantes, acercan la punta de la escalera a -- 1 m de una fase de la línea; entonces el liniero (1) enciende el probador y lee en este caso $15 \mu A$; con ello la prueba inicial del aislamiento de la escalera, es buena (fig. 39).

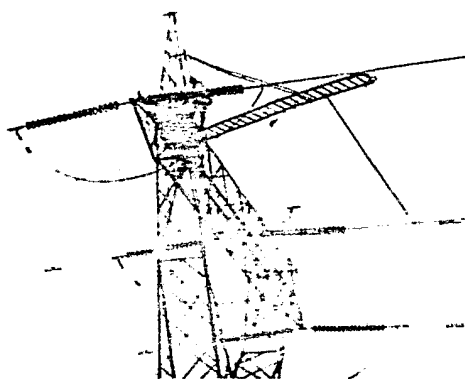
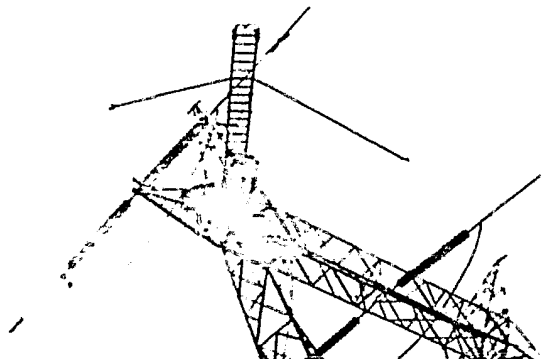


Fig. 39

- 13) El liniero (1), apaga el probador y en seguida la escalera toca a la fase (fig. 40). A continuación el liniero (1), enciende el probador y mide en este caso $20 \mu A$, que esta muy abajo del máximo permitido de $66 \mu A$ y por ello el aislamiento de la escalera es satisfactorio.



Figs. 40

PROBANDO EL AISLAMIENTO DE LA ESCALERA

- 14) Los linieros (2), (3) y los ayudantes, retiran a los linieros del conductor, hasta su posición paralela a los conductores.
- 15) El liniero (2), se pone el traje conductor, guantes, calcetines y zapatos - conductores. Es conveniente que lo haga arriba de la tierra para evitar daños al traje conductor durante el ascenso, o cuando menos incomodidad.
- 16.- El liniero (1), con el ohmetro, hace la prueba de conductividad del traje - conductor del liniero (2); en este caso dió 0.5Ω , indicando buena conductividad, debido a que el valor máximo aceptable es de 5 ohms.
- 17) El liniero (2), ya con su traje conductor, sube a la escalera y se traslada al extremo, deslizando sentado y embandolado para evitar su posible caída. Además lleva consigo una pértiga escopeta de $3.2 \times 183 \text{ cm}$ ($1 \frac{1}{4}'' \times 6'$), -- conectada a una cola de su traje conductor (fig. 41).

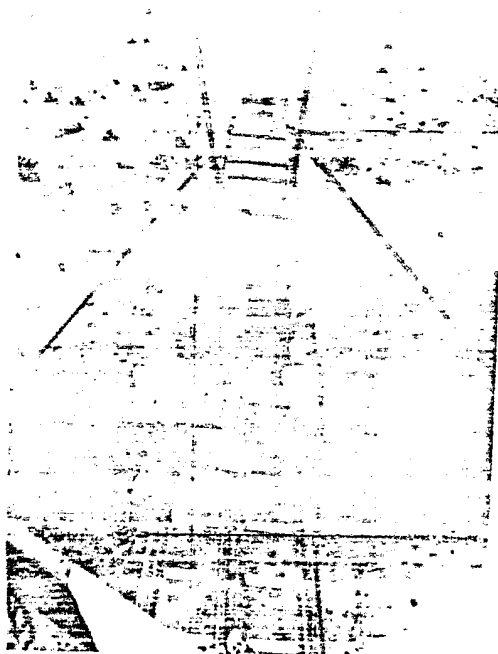


Fig. 41

TRASLADANDOSE AL CONDUCTOR ENERGIZADO

- 18) Dos ayudantes en tierra, acercan al liniero sentado en la escalera a un metro del conductor energizado y en ese momento el liniero (1), toma la lectura - de la corriente que en este caso es de $15 \mu\text{A}$, lo cual es correcto, y se apaga el probador.

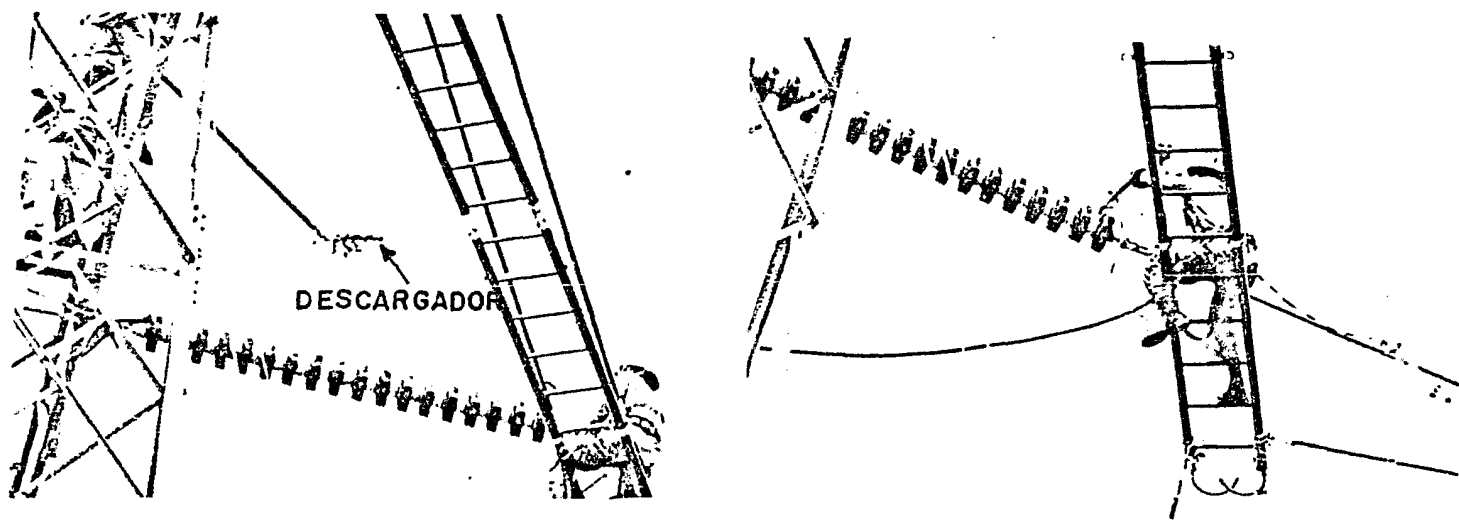
- 19) El liniero (2), con la pértiga escopeta, conecta la cola de su traje al conductor energizado, quedando conectado al potencial del conductor (fig. 42). La conexión de la cola, queda a 1 m de la clema, - para dar espacio a las herramientas



Fig. 42

CONECTANDOSE AL POTENCIAL DE LINEA

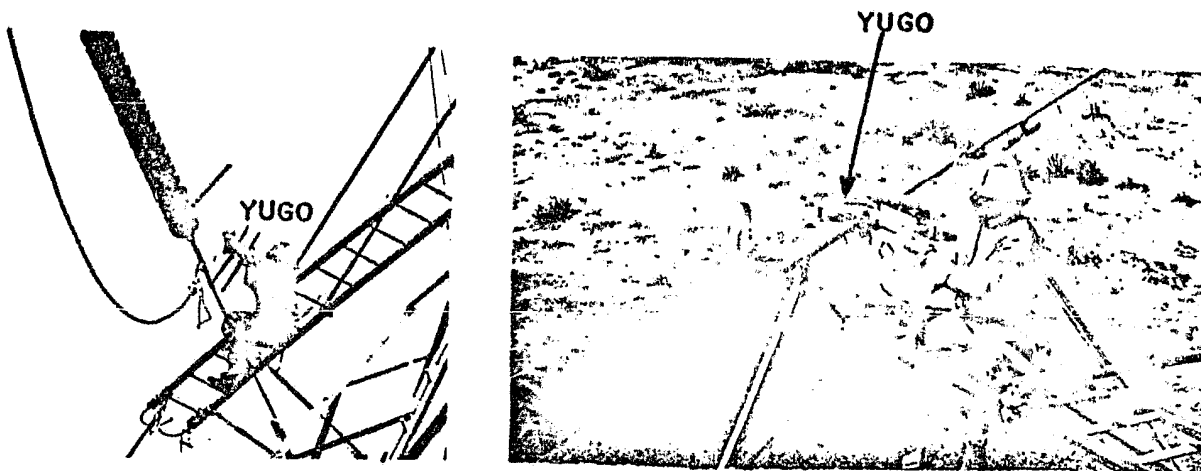
- 20) El liniero (1), inmediatamente mide la corriente de fuga de la escalera, que continua siendo de 20 μ Amp y en consecuencia es indicativa de un buen -- aislamiento de la escalera. Por lo anterior el liniero (2), es acercado hasta el conductor, poniendo la escalera en contacto con la línea.
- 21) El liniero (2), conecta la otra cola del traje, al conductor. El liniero ha quedado ubicado en una posición que le facilita maniobrar directamente con sus manos e instalar las herramientas en la zona de la clema.
- 22) Puesto que el liniero (2), está al potencial del conductor, sería peligroso que tocara objetos a un potencial diferente y por ello toda herramienta que le envíen de la torre, primero debe tocar el conductor y ya con este potencial, lo tocará el liniero (2).
- 23) El liniero (3) envía al (2), el descargador electrostático, tocando primero el conductor y luego lo toma el liniero (2). Este descargador pone al último aislador de la cadena, al potencial del conductor, para que el liniero (2) - se proteja de recibir una descarga al tocar accidentalmente el herraje conectado, que estaría a un potencial diferente.



Figs. 43

ENVIO E INSTALACION DEL DESCARGADOR

- 24) El liniero (3), amarra con un estrobo, el yugo delantero a una pértiga universal con gancho hoz, para evitar que caiga y ayudado por el liniero (1) -- con otra pértiga universal y gancho "G", deslizan las universales sobre -- los tirantes de la escalera debido al peso del yugo delantero, para entregar al liniero (2), ese yugo para su instalación (fig. 44).



Figs. 44

INSTALANDO EL YUGO DELANTERO

25) El liniero (1), fija el yugo posterior en la torre, con la cadena respectiva, cuidando que el tornillo del yugo no pegue en el primer aislador.

26) Los linieros (1) y (3), envían la primera pértiga tensora al liniero (2), quien la instala en el yugo delantero (fig. 45).

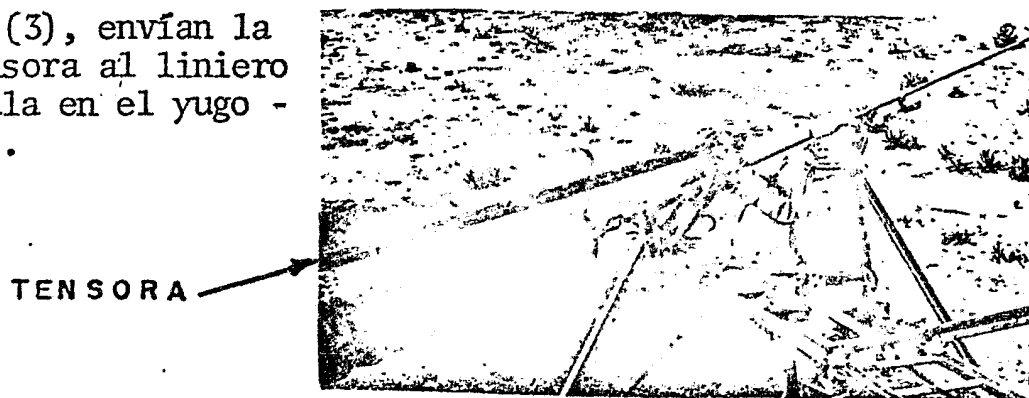
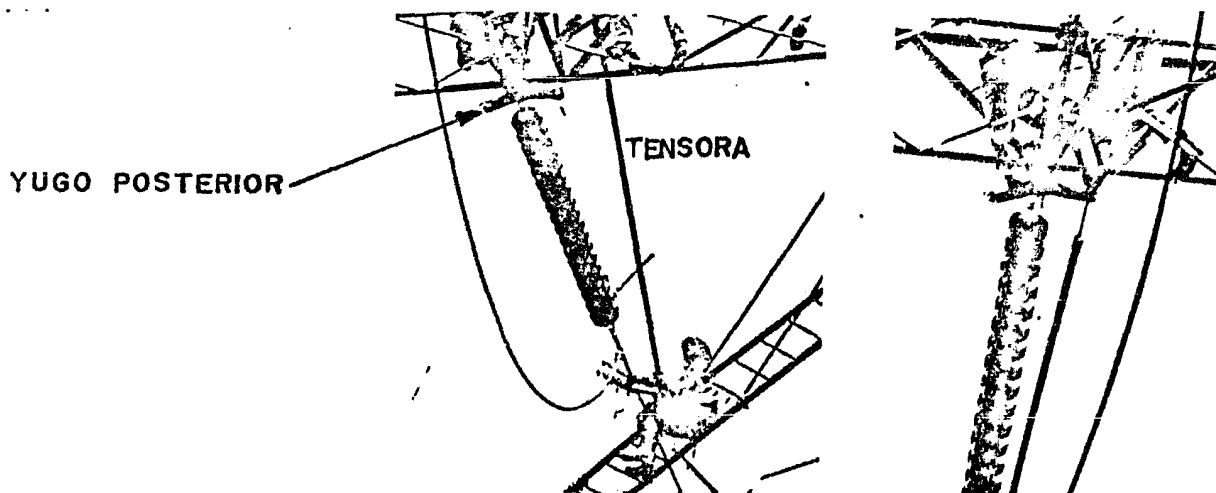


Fig. 45

INSTALANDO UNA TENSORA AL YUGO DELANTERO

27) El liniero (1), sujeta la primera pértiga tensora en el yugo posterior (fig. 46).....



Figs. 46

SUJETANDO UNA TENSORA AL YUGO POSTERIOR

28) La segunda pértiga tensora, es instalada de manera semejante a la primera (fig.47).

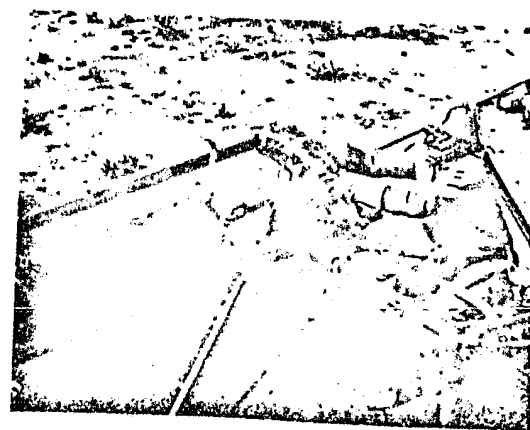
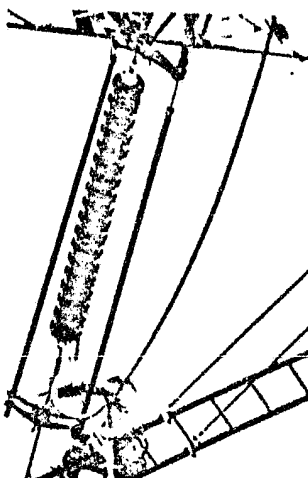


Fig. 47

INSTALANDO LA SEGUNDA PERTIGA TENSORA

29) El liniero (2) instala el tensor en el conductor y lo engancha en el yugo delantero, para que el conjunto tensorador pueda absorber la tensión mecánica del conductor y liberar la cadena de aisladores.

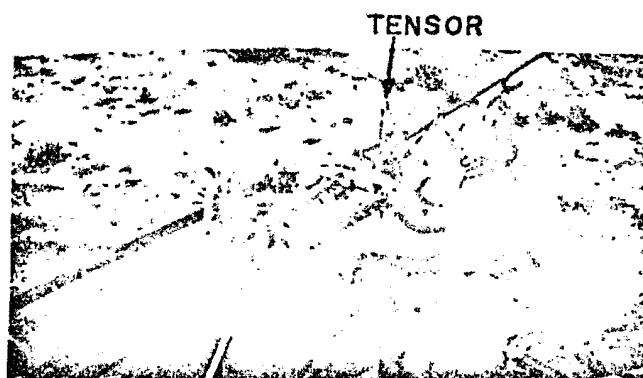


Fig. 48

INSTALANDO EL TENSOR

30) El liniero (1), instala el descargador electrostático en el aislador No. 3 de la cadena, para igualar al potencial de la torre y poder manobrar desde ella, con mayor seguridad.

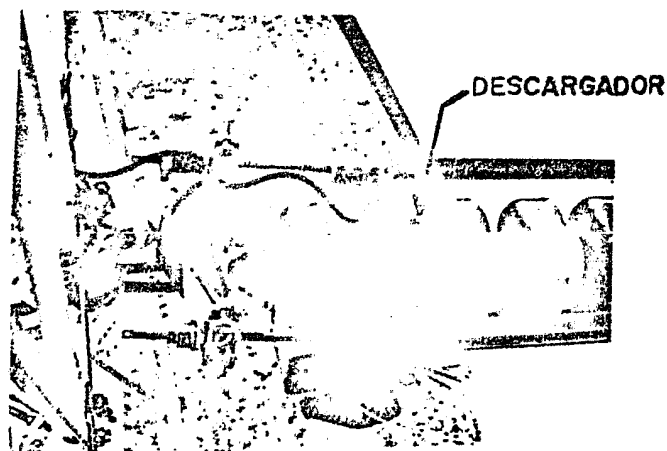


Fig. 49

MONTAJE DEL DESCARGADOR

31) Los 3 linieros instalan la camilla, amarrandola a las pértigas tensoras - del lado de la torre y del lado del conductor, pero además engancha en el yugo delantero.

La camilla permitirá deslizar a la -- cadena de aisladores hacia la torre, una vez que sea liberada de sus extre^{mos} (fig. 50).

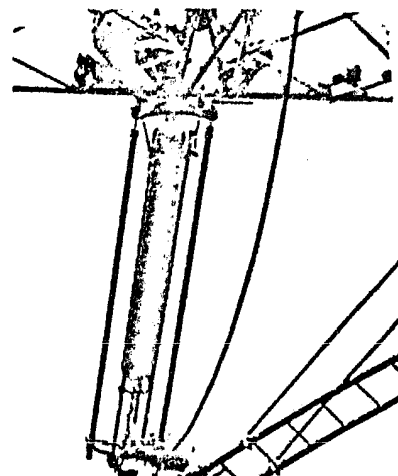


Fig. 50

INSTALANDO LA CAMILLA

- 32) El liniero (2), con una pinza, extrae la chaveta del adaptador de calavera ojo, que une la clema con la cadena de aisladores (fig. 4).
- 33) El liniero (1), con pinza, retira la chaveta de la calavera del primer aislador de la cadena, que sujeta con la bola articulación "Y" (fig. 4).
- 34) El liniero (1), con manerales de matraca, aprieta las tuercas de las pértigas tensoras, con lo cual la cadena de aisladores es liberada de la tensión mecánica que normalmente soporta (fig. 51).



Fig. 51

TENSIONANDO EL TENSADOR

- 35) El liniero (1), con la soga de mano, amarra la cadena de aisladores, entre los aisladores 2 y 3; desconecta la calavera del primer aislador, de la bola articulación "Y", y retira el descargador electrostático (fig. 52).

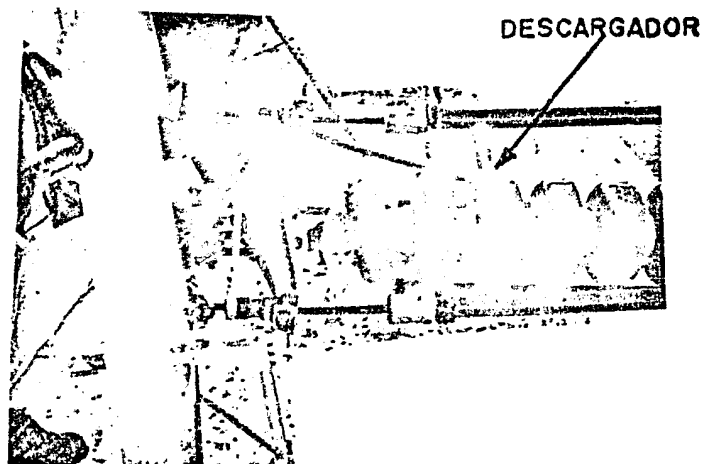


Fig. 52

DESCONECTANDO LA CADENA

- 36) El liniero (2), desconecta la calavera ojo, del último aislador y retira el descargador electrostático (fig. 53), para que la cadena pueda ser retirada.

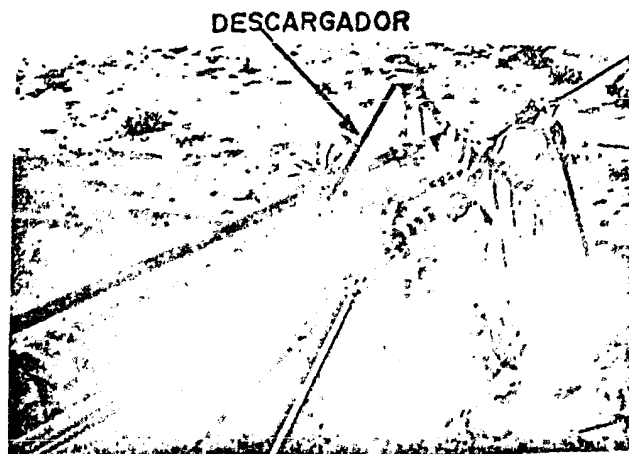
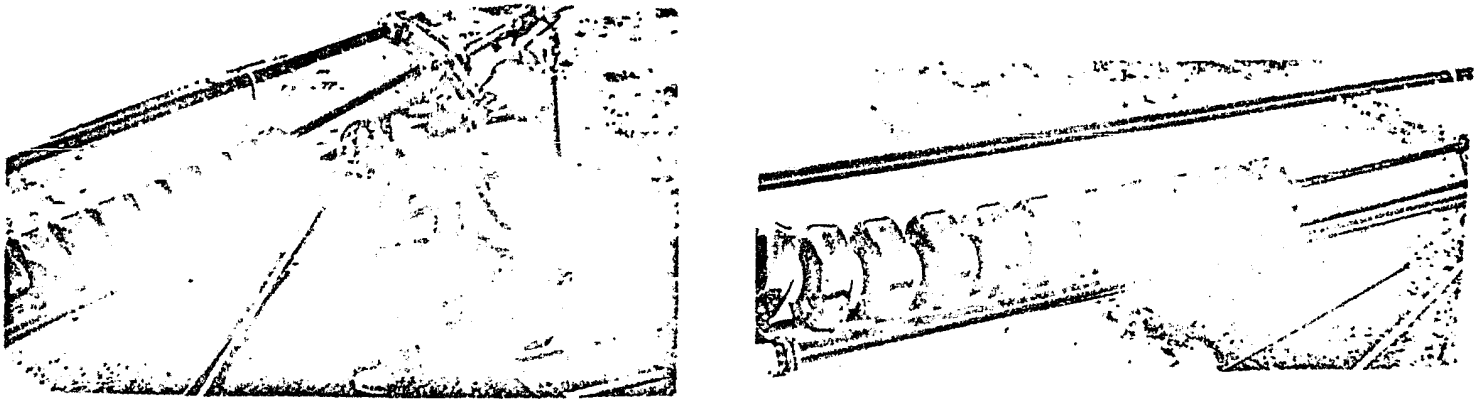


Fig. 53

DESCONECTANDO LA CADENA
DEL LADO CONDUCTOR

- 37) Los 3 ayudantes jalan con la sogu de mano, la cadena de aisladores, llevan dola hacia la torre (fig. 54).



Figs. 54

RETIRANDO LA CADENA DE AISLADORES

- 38) Finalmente la cadena es bajada por los ayudantes, quienes en el piso hacen la reparaci3n o el cambio de la cadena de aisladores, para despues subirla donde los 3 linieros la instalan siguiendo una secuencia inversa a la aqui descrita.

E.- OBSERVACIONES.

- 1) El personal inexperto acup3 5 horas en hacer esta maniobra, en cambio el personal diestro la ejecuta en 2 6 3 horas.
- 2) El tensor para el conductor ACSR de 900 MCM, es muy pesado para desplazarlo sobre la escalera y para montarlo sobre el conductor, por ello se recomienda utilizar un herraje que sirve como tope al yugo delantero.

El herraje esta integrado por dos 3ngulos de $1/8'' \times 2 \ 1/2'' \times 2 \ 1/2'' \times 4''$ y un perno de $(3/4'' \times 3 \ 1/4'')$ que se apoya del ojo de la clema de tensi3n (fig. 55).

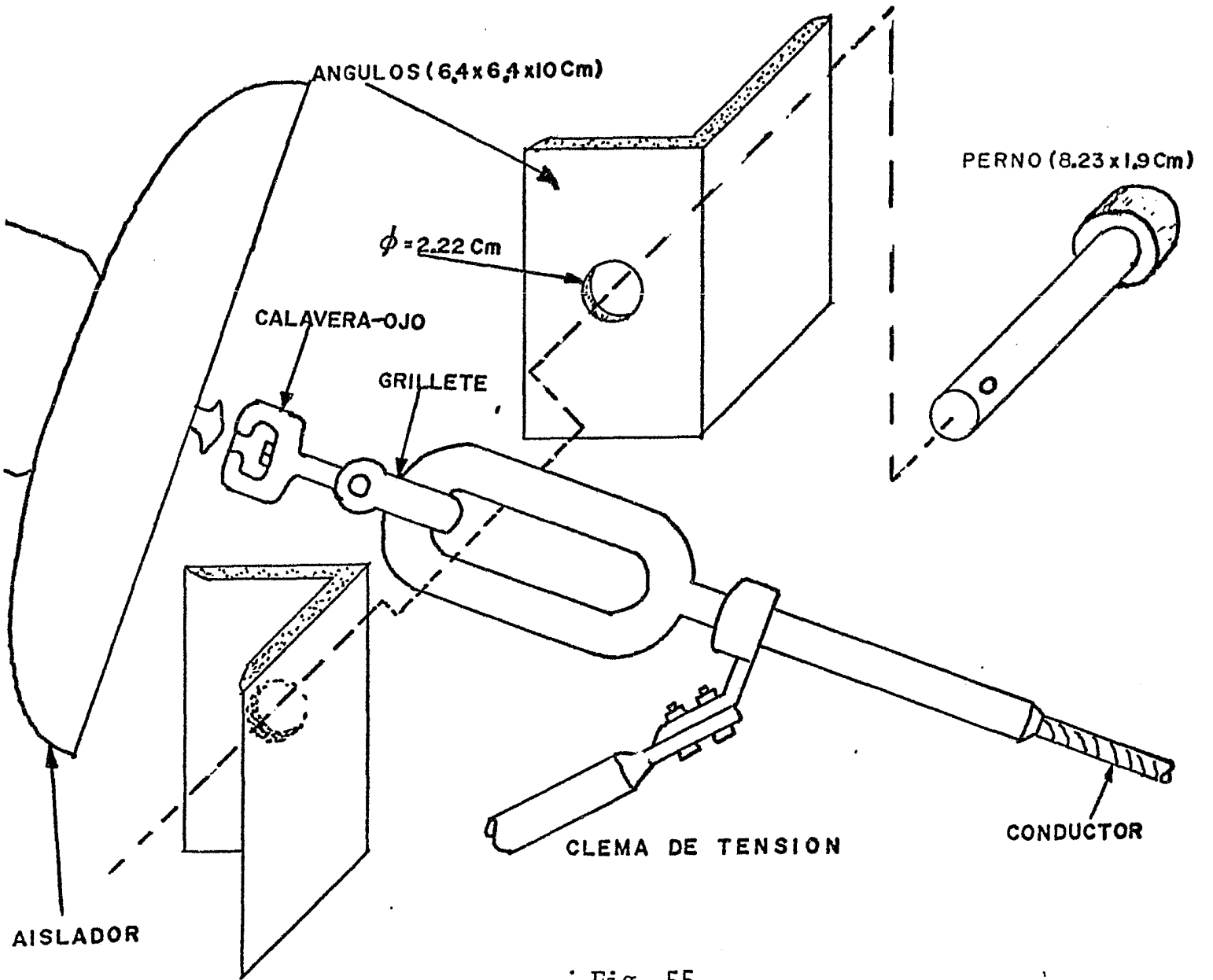


Fig. 55
HERRAJE SUSTITUTO DEL TENSOR

V.- CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DE SUSPENSION DE 400 KV, FASE LATERAL

A.- METODO DE TRABAJO.

Utilización de pértigas aislantes de vidrio epoxi, maniobradas por 1 liniero parado en la torre, al potencial de tierra y 2 al potencial intermedio.

B.- PERSONAL REQUERIDO

- 1) Un Jefe de Cuadrilla (Cabo).
- 2) Tres Linieros.
- 3) Tres Ayudantes.
- 4) Un Ayudante Chofer.

C.- EQUIPO REQUERIDO.

- 1) Un par de tripies.
- 2) Tres franelas siliconadas.
- 3) Un yugo superior para torre de suspensión.
- 4) Un yugo inferior para torre de suspensión.
- 5) Dos pértigas tensoras de 5 x 610 cm (2" x 16') con muñones.
- 6) Dos abrazaderas de tensión de 5 cm (2").
- 7) Dos manerales de matraca.
- 8) Una escalera sección superior, de 6.4 x 366 cm (2 1/2" x 12').
- 9) Una escalera sección inferior, de 6.4 x 365 cm (2 1/2" x 12').
- 10) Base para escalera con soporte, yugo y abrazaderas.
- 11) Una pértiga riel de 6.4 x 365 cm (2 1/2" x 12').
- 12) Un trole con abrazadera de 6.4 cm (2 1/2").
- 13) Una pértiga plato de 6.4 x 365 cm (2 1/2" x 12').
- 14) Un plato con perno, para pértiga de 6.4 cm (2 1/2") de diámetro.
- 15) Dos secciones de pértiga universal de 3.8 x 366 cm (1 1/2" x 12') c/u.
- 16) Dos secciones de pértiga universal de 3.2 x 244 cm (1 1/4" x 8') c/u.
- 17) Un deschavetador de gancho.
- 18) Un deschavetador de mariposa.
- 19) Un deschavetador de solera.
- 20) Un gancho "G".
- 21) Una horquilla dentada chica y otra grande.
- 22) Un tenedor ajustable.
- 23) Un descargador electrostático.
- 24) Soga de mano con pazteca y gancho, de cable polidacrón de 1.2 cm (1/2")
- 25) Cable de polipropileno de 1.2 cm (1/2") para vientos que sujetan la escale
ra y para estrobos.
- 26) Pinza común.

D.- PROCEDIMIENTO PARA LA MANIOBRA.

La maniobra se desarrolló en la línea Puebla II-Texcoco, de 400 KV, torre de

suspensión No. 201, fase lateral con cadena vertical de 25 aisladores de - - 11,340 Kg (25,000 Lb), con dos conductores por fase, ACSR de 1113 MCM. Su duración es de 4 Hs con personal inexperto y de 2 Hs con personal diestro.

- 1) Los linieros y ayudantes, limpian, inspeccionan y ordenan el equipo en los tripies, dentro del área de trabajo.
- 2) Los 3 linieros ascienden, llevando el primero la sogá de mano.
- 3) Los 3 linieros instalan verticalmente la escalera en la cruceta de la torre, a una distancia de 2.5 m de la cadena de aisladores, lo cual permitirá a los linieros (2) y (3) desde la escalera, maniobrar mas cerca de los herrajes -- que sujetan los dos conductores a la cadena de aisladores por reparar, pero sin rebasar la distancia segura de acercamiento. El extremo inferior de la escalera se sujeta con dos cables, amarrados abajo de la torre por los ayudantes.

- 4) El liniero (1), en el brazo de la torre, conecta el descargador electrostático - entre el segundo aislador y la torre. También instala el yugo superior de sus suspensión (fig. 56), y en seguida monta las abrazaderas de tensión en las pértigas tensoras, de acuerdo con medición previa.

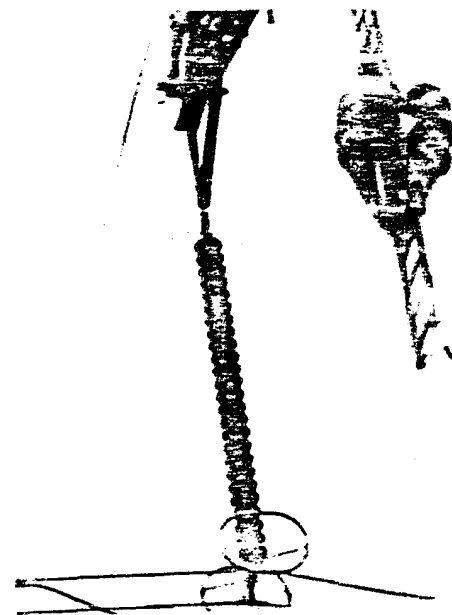


Fig. 56

INSTALANDO EL YUGO SUPERIOR

- 5) El liniero (1), monta el yugo inferior a la primera pértiga tensora, amarra esta a la torre para evitar su caída -- durante la instalación (fig.57).

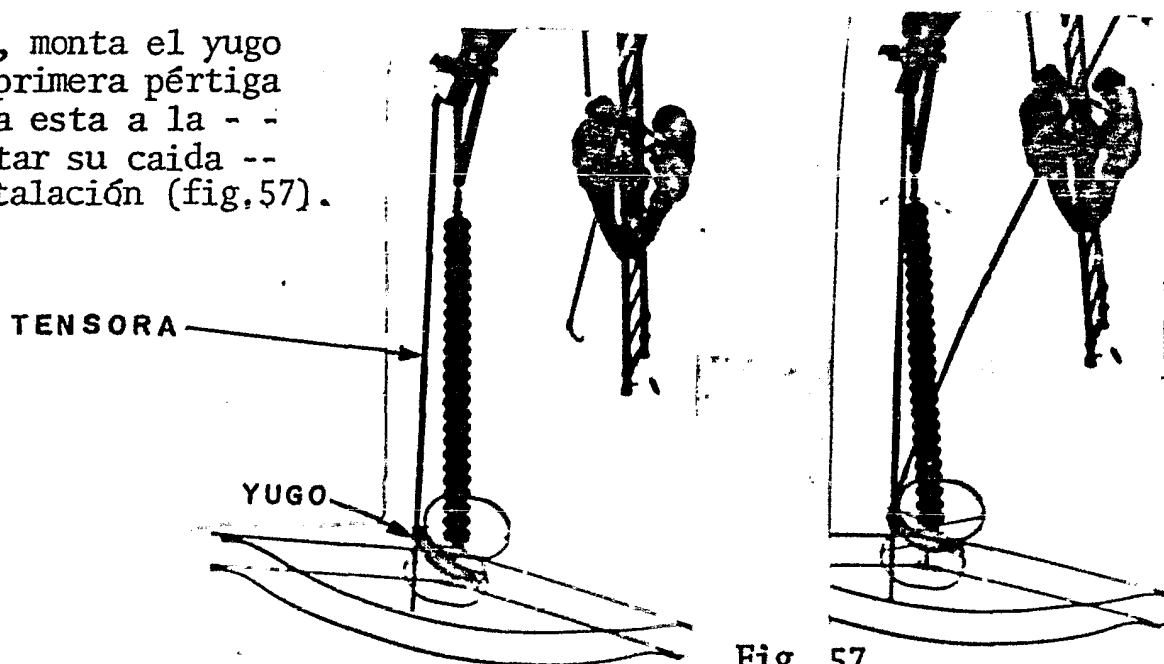
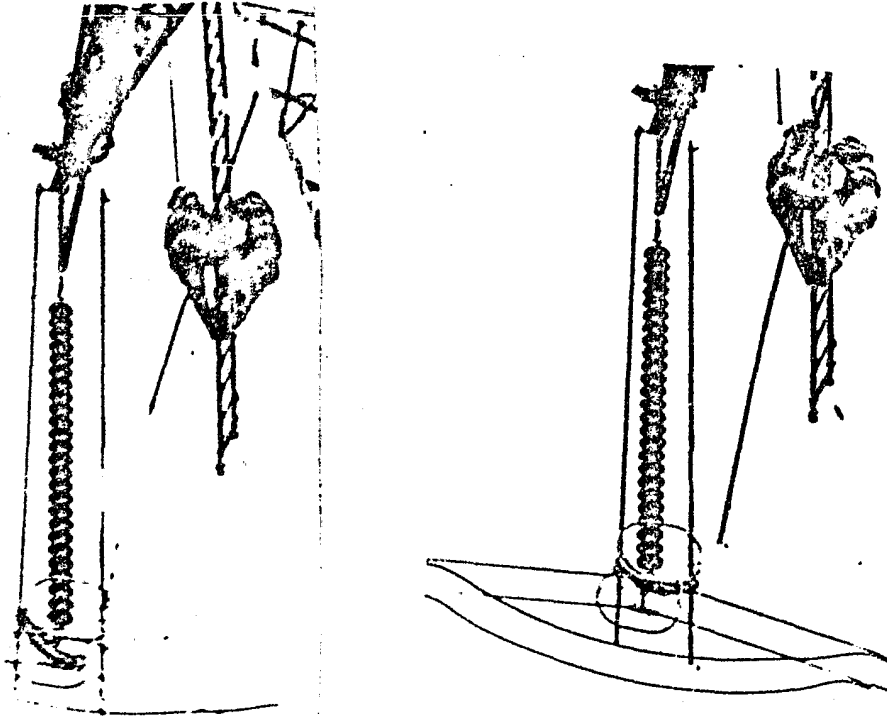


Fig. 57

INSTALANDO EL YUGO INFERIOR Y LA 1a. TENSORA

- 6) El liniero (1), amarra la segunda tensora para evitar su caída y los linieros (2) y (3) con la pértiga universal y gancho "G", ayudan a acoplar la segunda tensora al yugo inferior mientras el liniero (1), la acopla al yugo superior de suspensión (fig. 58).



Figs. 58

INSTALANDO LA SEGUNDA PERTIGA TENSORA

- 7) El liniero (1), aprieta a mano los muñones de las dos pértigas tensoras, para darle firmeza al conjunto.
- 8) Los linieros (2) y (3) desde la escalera (fig. 59), retiran la chaveta de la cala vera ojo, que une la cadena de aisladores con el yugo doble espaciador de conductores, utilizando las pértigas universales y los deschavetadores.

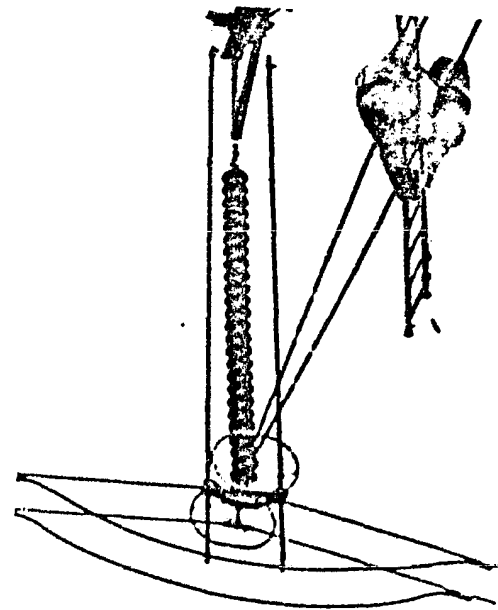


Fig. 59

RETIRANDO LA CHAVETA

- 9) El liniero (1), con los manerales de matraca, aprieta los muñones de las pértigas tensoras, con lo cual se libera la cadena de aisladores, de la carga mecánica de los conductores.

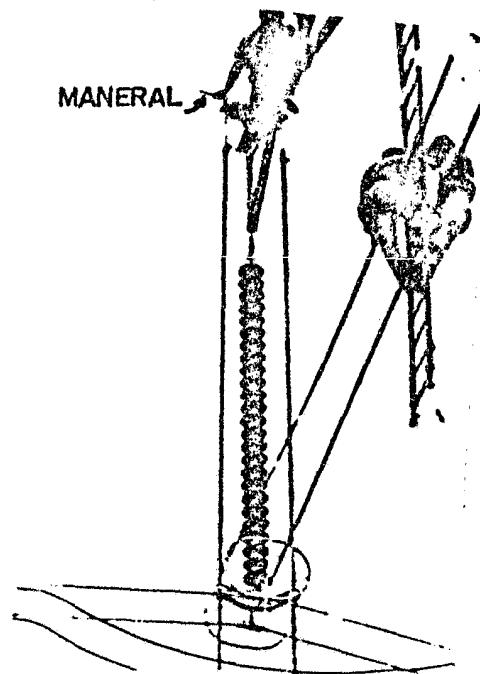


Fig. 60

APRETANDO LAS PERTIGAS TENSORAS

- 10) Los linieros (2) y (3), con pértigas universales, tenedor ajustable y horquilla dentada, separan la calavera-ojo, de la cadena de aisladores (fig. 61).

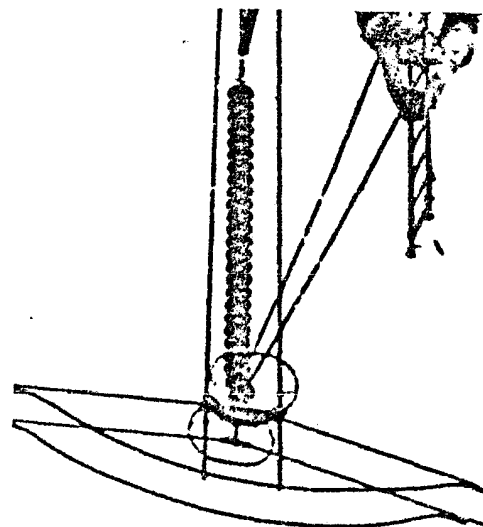


Fig. 61

DESCONECTANDO LA CADENA DE AISLADORES

- 11) Los tres linieros amarran la pértiga riel debajo de la cruceta, a una altura aproximada de 20 cm arriba del segundo aislador (fig. 62).

El liniero (3) monta el trole en la pértiga riel.

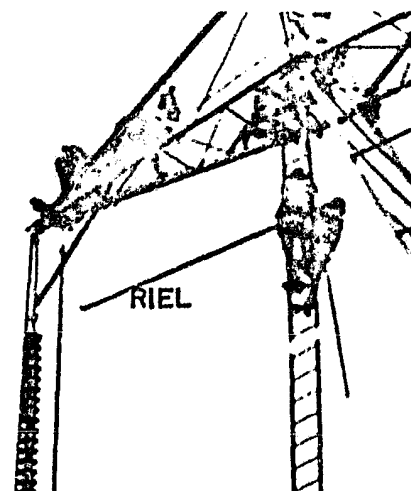
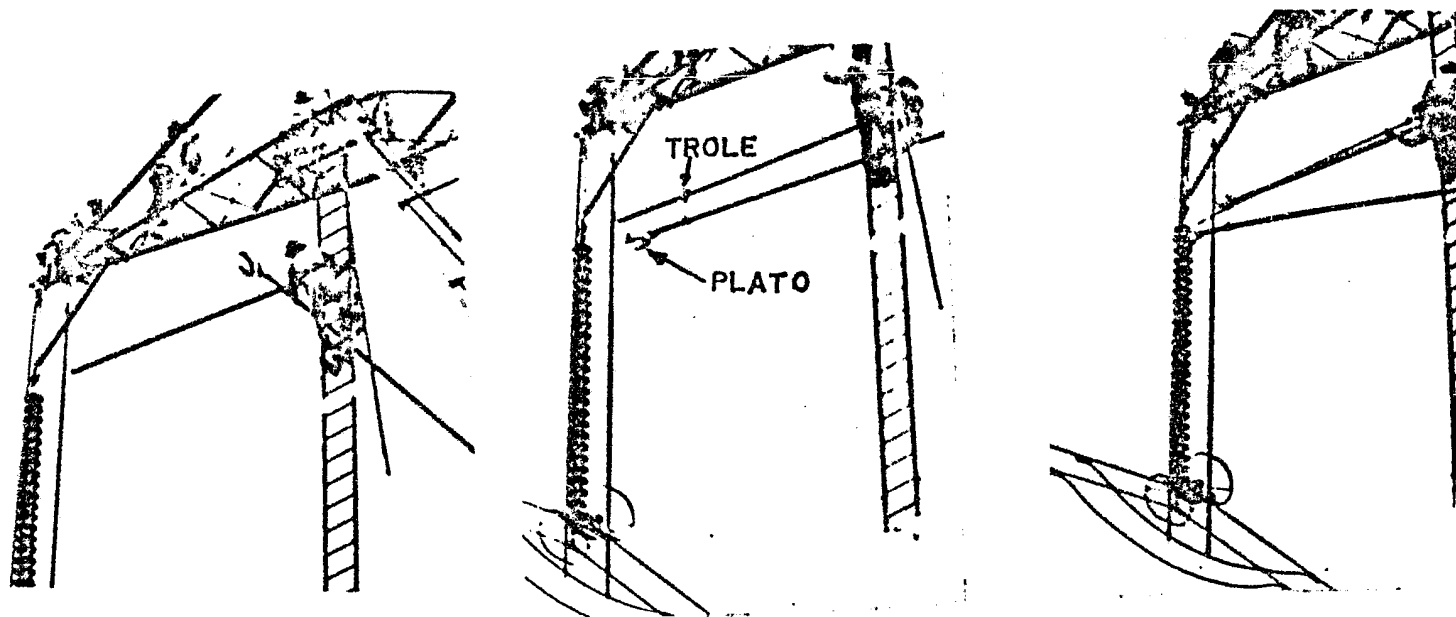


Fig. 62

INSTALANDO LA PERRIGA RIEL

- 12) El liniero (3), instala en la abrazadera del trole, la pértiga plato, cuidando que exista una distancia de 20 cm entre la abrazadera y el plato, para hacer la palanca que el caso requiera (figs. 63).

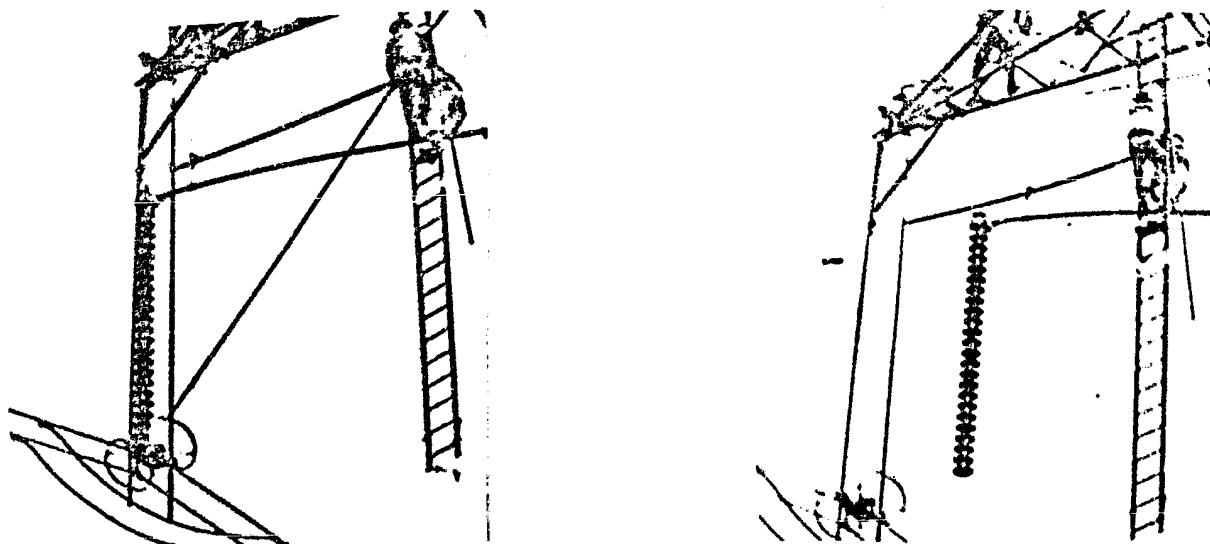


Figs. 63

INSTALANDO LA PERTIGA PLATO

- 13) El liniero (1), con pinza, saca la chaveta del primer aislador y separa la bola ojo de este aislador, ayudado por el liniero (3) que levanta la cadena de aisladores mediante la pértiga plato, para facilitar la operación del liniero (1).

- 14) El liniero 3 (fig. 64), traslada la cadena de aisladores a la torre, valiéndose de la pértiga plato.



Figs. 64

LLEVANDO LA CADENA DE AISLADORES A LA TORRE

- 15) El liniero (2), al estar al alcance de la cadena, la amarra con la soga de mano y los ayudantes en tierra bajan la cadena para su reparación.
- 16) Ya reparada o cambiada la cadena, es subida e instalada siguiendo una secuencia inversa a la descrita.

VI.- CAMBIO DE AISLAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DE TENSION DE 400 KV, FASE LATERAL.

A.- METODO DE TRABAJO.

Utilización de pértigas de vidrio epoxi, manipuladas al potencial de tierra y utilización del traje conductor al potencial de la línea.

B.- PERSONAL REQUERIDO.

- 1) Un Jefe de Cuadrilla (Cabo).
- 2) Tres Linieros.
- 3) Tres Ayudantes.
- 4) Un Ayudante Chofer.

C.- EQUIPO REQUERIDO.

- 1) Cable de polipropileno de 1.2 cm (1/2") con gancho, pazteca y estrobo, -- para usarlo como sogá de mano.
- 2) Una escalera de 6.4 x 732 cm (2 1/2" x 24'), en dos secciones de 6.4 x 366 cm (2 1/2" x 12') cada una.
- 3) Dos pértigas de tensión con articulación y ojo, de 3.2 x 366 cm (1 1/4" x 12'), para tirantes de la escalera.
- 4) Dos abrazaderas fijas de 6.4 cm (2 1/2"), para fijar los tirantes a la - - escalera.
- 5) Dos pértigas de tensión con doble ojo, de 3.2 x 366 cm (1 1/4" x 12'), - - para vientos de la escalera.
- 6) Un balancin de 7.6 x 50 cm (3" x 20"), para los tirantes de la escalera.
- 7) Una garrucha de tres poleas.
- 8) Una base de escalera, con abrazaderas, yugo giratorio y placa fija.
- 9) Tres apoyos para torre, de 6.4 cm (2 1/2").
- 10) Tres pértigas con articulación y ojo, de 6.4 x 366 cm (2 1/2" x 12'), para apuntalar el mástil de la pluma.
- 11) Un apoyo para el mástil de la pluma.

- 12) Una pértiga mástil de 7.6 x 244 cm (3' x 8').
- 13) Una viga de 10 x 10 x 488 cm (4' x 4' x 16'), con su abrazadera para colgar la camilla.
- 14) Una pértiga de tensión, de 3.2 x 305 cm (1 1/2" x 10').
- 15) Dos malacate de nylon, de 1 tonelada (2000 Lb).
- 16) Dos malacates de cadena de 2 ton.
- 17) Dos descargadores electrostáticos.
- 18) Un yugo posterior sencillo de 3175 Kg (7000 Lb).
- 19) Un yugo delantero sencillo de 3175 Kg (7000 Lb).
- 20) Extensión para yugo delantero.
- 21) Una pértiga tensora de 5 x 488 cm (2' x 16') de 5443 Kg (12,000 Lb).
- 22) Pértiga universal de 3.8 x 366 cm (1 1/2" x 12'), sección de ensamble.
- 23) Pértiga universal de 3.2 x 244 cm (1 1/4" x 8'), sección de ensamble.
- 24) Ensamble rígido para las dos secciones anteriores.
- 25) Traje conductor con guantes conductores, calcetines conductores, botas conductores y cintillas conductoras para botas.
- 26) Pértiga escopeta de 3.8 x 183 cm (1 1/2" x 6').
- 27) Una camilla para aisladores ,tipo "J"
- 28) Probador de aislamiento de la escalera.
- 29) Maneral de matraca.
- 30) Cable de polidacrón para vientos y estrobos.
- 31) Pinza común.
- 32) Dos tripies.
- 33) Tres franelas siliconadas.

D.- PROCEDIMIENTO PARA MANIOBRA.

- 1) Los linieros y sus ayudantes, inspeccionan, limpian y disponen en los tripies, el equipo que se utilizará (fig. 65).

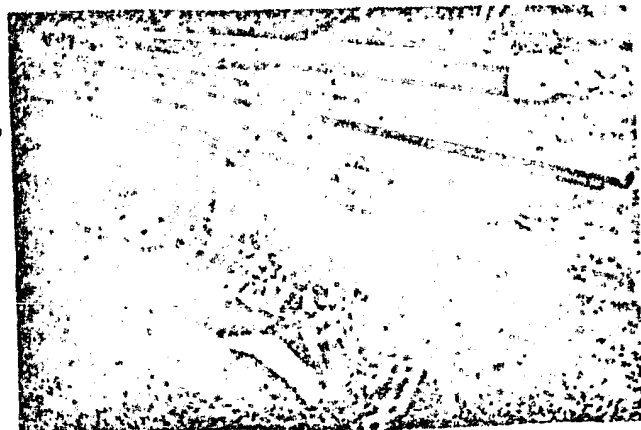
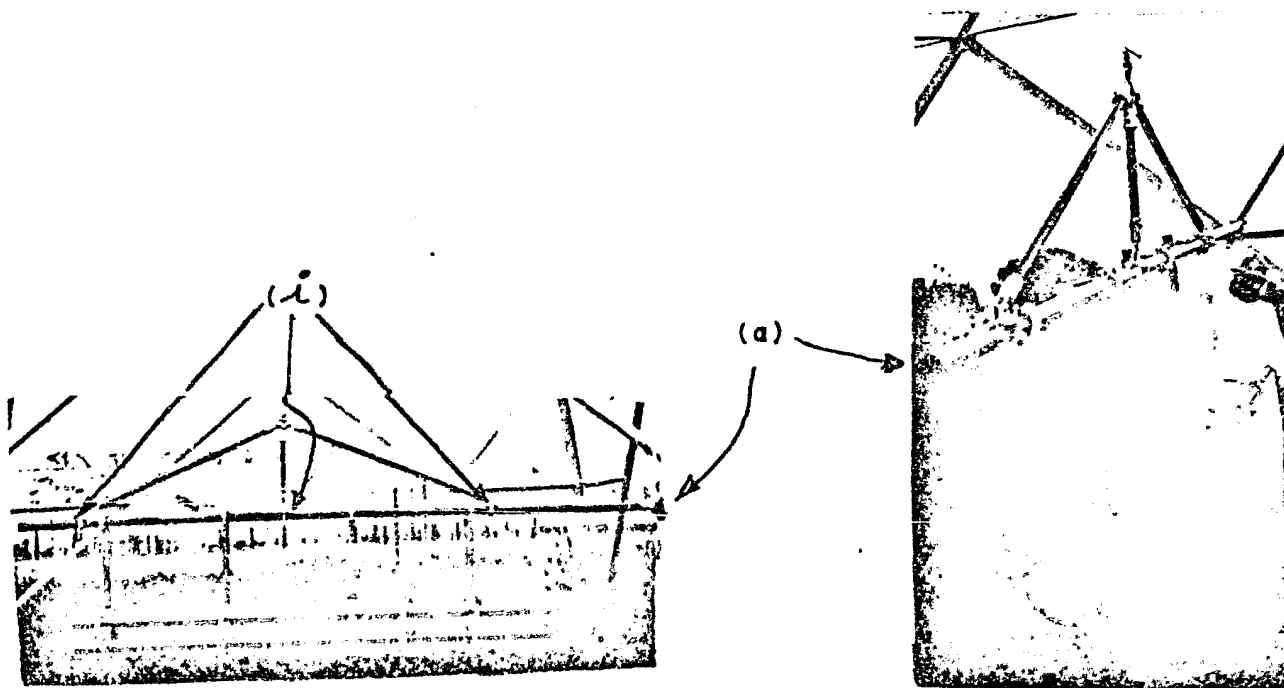


Fig. 65
ARREGLO DEL EQUIPO

- 2) Los linieros y sus ayudantes, arman la camilla tipo "J" (fig. 66). Las abrazaderas (i), se fijan en la pértiga de ojo (a), de manera que sensiblemente tenga la misma inclinación que la cadena de aisladores que se va a reparar.



Figs. 66
LA CAMILLA TIPO "J"

- 3) Los tres linieros ascienden, llevando el primero, la sogá de mano con pazteca, gancho y estrobo.

El liniero (1) trabaja en la horquilla y en el apoyo de la escalera, el liniero (2) en la cruceta y en la escalera al potencial de la línea, y el liniero (3) en la cruceta y apoyo de la cadena.

- 4) Los linieros (2) y (3) con una pértiga universal de 610 cm. (20'), determinan la ubicación del mástil que servirá de pivote a la viga de la pluma de - -

488 cm (16'); el mástil se ubica de manera que la punta de la pluma coincida aproximadamente con el punto medio de la cadena de aisladores por reparar, - el otro extremo de los 488 cm dará la localización del apoyo del mástil de la pluma.

- 5) Los tres linieros instalan el apoyo del mástil, reforzando su base con un malacate, para mayor seguridad.
- 6) Los tres linieros instalan los tres apoyos de los tirantes del mástil, procurando que las líneas imaginarias entre ellos y el mástil, estén a 120° .
- 7) Los linieros (1) y (2) instalan el mástil en su apoyo, previamente instalado (fig. 67).

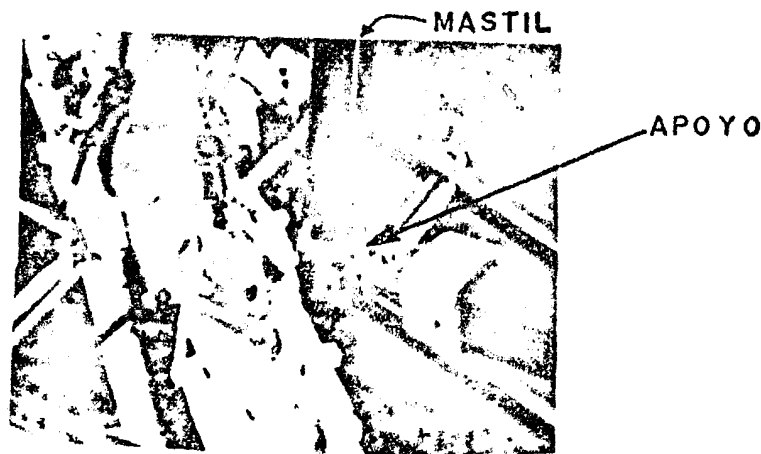
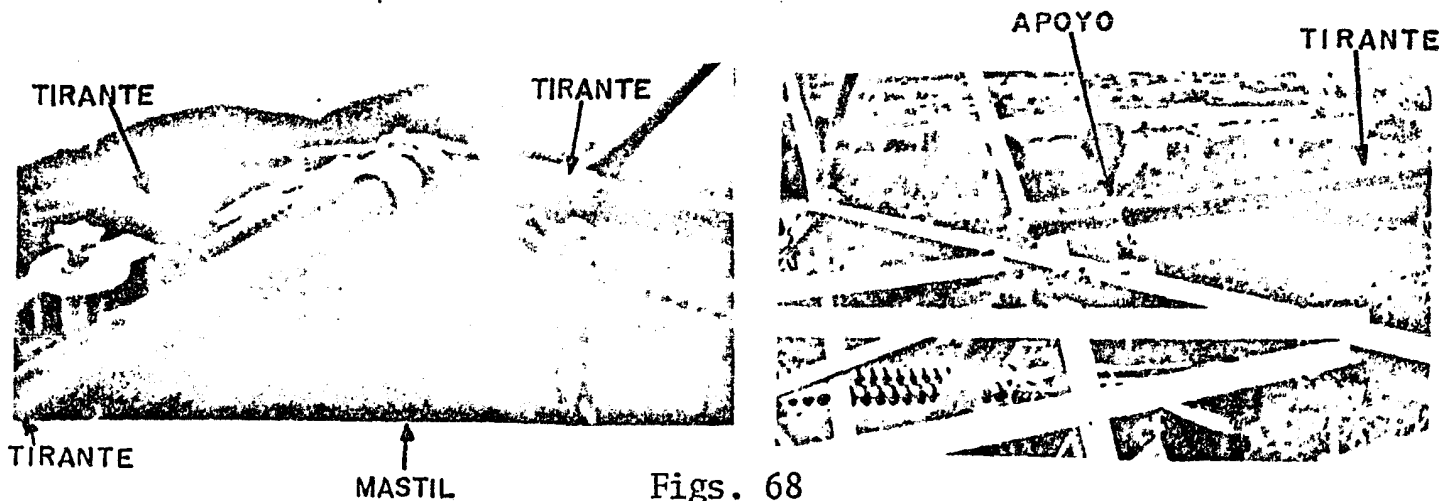


Fig. 67

APOYO DEL MASTIL

- 8) Los tres linieros sujetan las tres pértigas tirantes de articulación y ojo ($2\ 1/2'' \times 12'$), por un lado al mástil y por el otro a su respectivo apoyo, cuidando que el mástil asuma la posición vertical (fig. 68).



Figs. 68

INSTALACION DE LAS PERTIGAS TIRANTES

- 9) El liniero (1), sujeta la viga de la pluma al apoyo del mástil, mientras los linieros (2) y (3) sujetan el otro extremo, a la pértiga de tensión de $1\ 1/4'' \times 10'$ que soporta 560 Kg y ésta a la punta del mástil mediante el malacate de 1 tonelada (fig. 69).

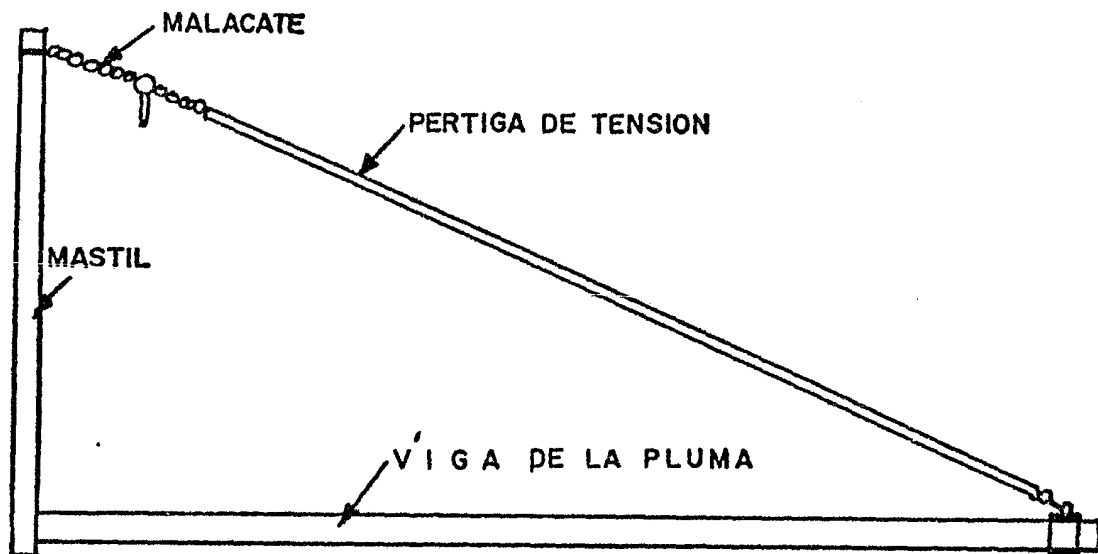
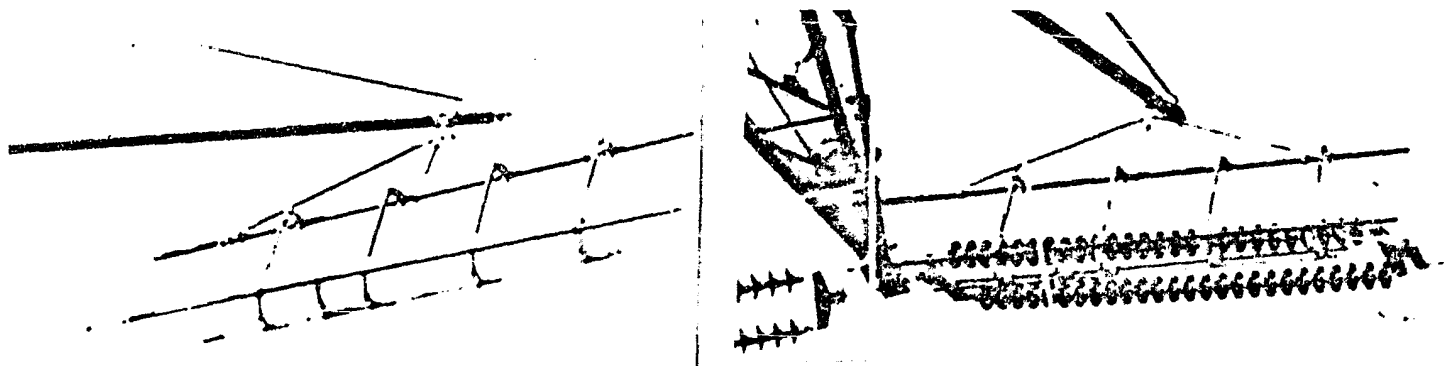


Fig. 69

SUJECION DE LA VIGA DE LA PLUMA

- 10) Los linieros (2) y (3) acercan la punta de la viga, para comprobar que coincide con el centro de la cadena de aisladores.
- 11) Los tres linieros cuelgan la camilla tipo "J", en el extremo de la viga y comprueban que su inclinación sea semejante a la que tiene la cadena de -- aisladores por reparar (fig. 70).

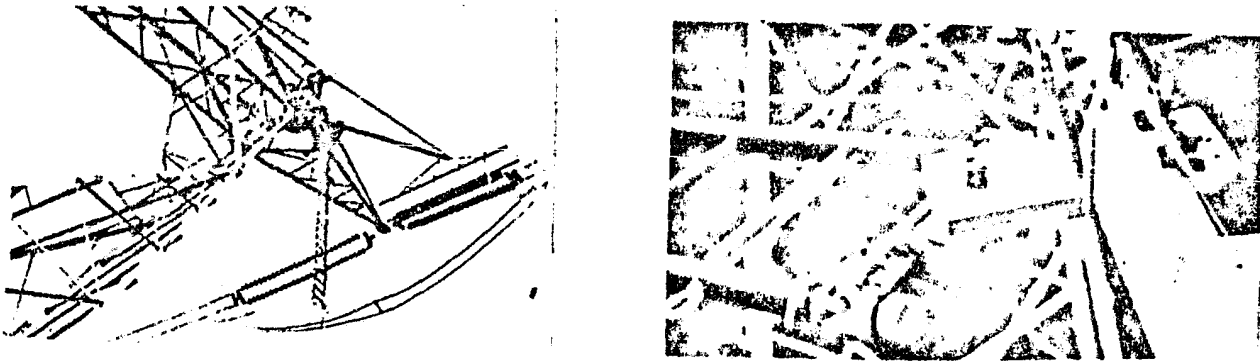


Figs. 70

MONTAJE DE LA CAMILLA "J" Y COMPROBACION DE SU INCLINACION

- 12) Los linieros (2) y (3) con la pértiga universal de 610 cm (20') y gancho hoz, localizan la ubicación de la base de la escalera de 732 cm (24'), de manera que su extremo libre permita al liniero (2) ir al extremo de la cadena de aisladores por reparar, del lado de la clema.

- 13) Los tres linieros, fijan la base de la escalera y colocan dicha escalera - - (fig. 71).



Figs. 71

MONTAJE DE LA BASE Y SU ESCALERA

- 14) Los linieros (2) y (3) sujetan el extremo libre de la escalera por medio de su trapico y garrucha triple, al brazo de la - torra y la ponen en posición horizontal (fig. 72).

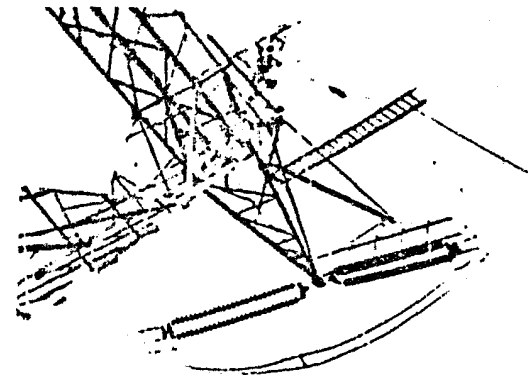
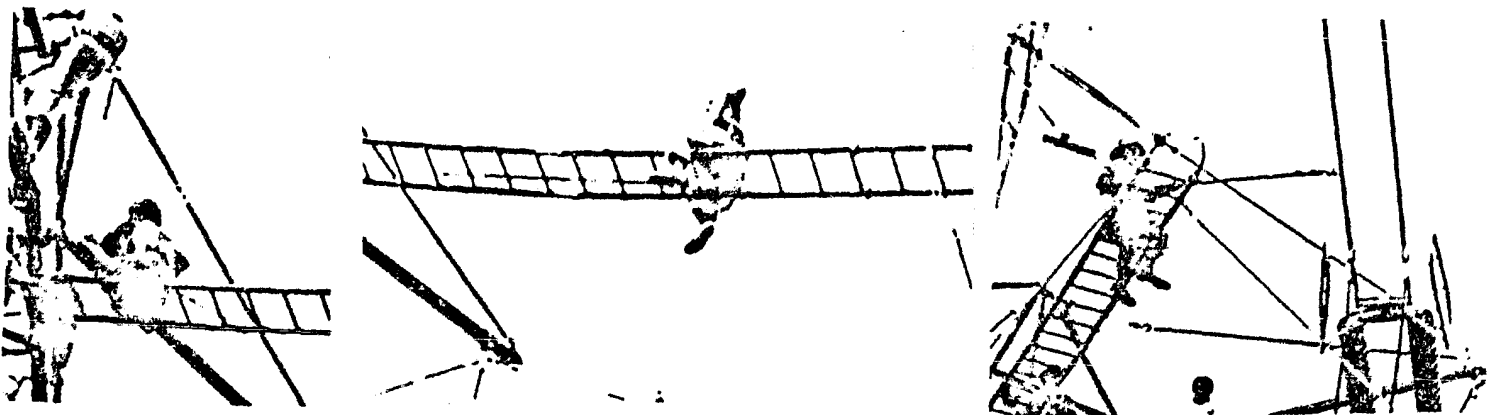


Fig. 72

- 15) Los linieros (1) y(3) y dos ayudantes en tierra, ponen en contacto la escale ra con los conductores de la fase donde se trabaja, para probar el aislamien to de la escalera, habiendo dado una corriente de fuga de 26 μ Amp.
- 16) El liniero (2) se pone el traje conductor, se traslada a la fase energizada, se conecta a ella (fig. 73), siguiendo las instrucciones expuestas en el - - capítulo octavo.



Figs. 73

TRASLADO Y CONEXION DEL LINIERO, A LOS CONDUCTORES DE 400 KV.

- 17) Los liniero (1) y (3) envian al liniero (2), la camilla tipo "J" que lleva la pértiga tensora de 5 x 488 cm (2" y 16') , con yugo delantero sencillo de 3175 Kg (fig. 74).

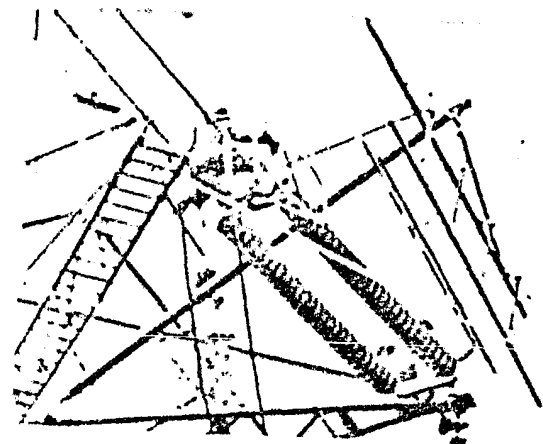


Fig. 74

TRASLADO DE LA CAMILLA

- 18) El liniero (2), con traje conductor, ayuda para que la camilla apoye a la cadena de -- aisladores y fija el yugo delantero con su extensión para evitar que el aro equipotencial estorbe a la pértiga tensora (fig.75).

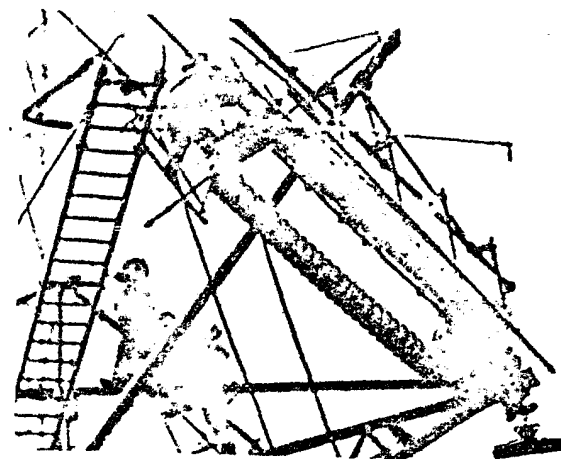


Fig. 75

INSTALACION DEL YUGO DELANTERO

- 19) El liniero (3), fija en la cruceta de la torre el yugo posterior y sujeta la pértiga tensora a ese yugo (fig. 76).

Los yugos son de 3,402 Kg y por ello -- soportan perfectamente la carga de una -- cadena de aisladores que es de 2,250 Kg. El anclaje de dos cadenas soporta 5500 Kg.

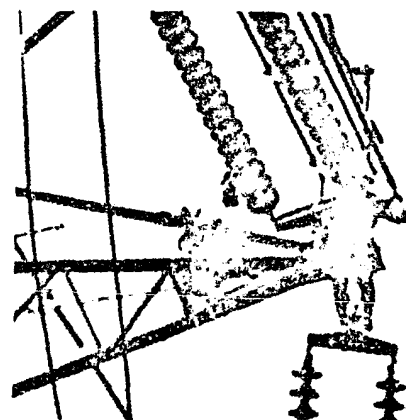


Fig. 76

- 20) Los linieros (2) y (3), extraen las chavetas de los aisladores extremos de -- la cadena, para liberarla de la estructura y clema.

- 21) El liniero (3), aprieta el muñon de la pértiga tensora, con lo cual libera -

de la tensión mecánica a la cadena de aisladores por reparar (fig. 77). La pértiga tensora puede soportar hasta 5443 Kg, por lo cual puede con la carga de una cadena que es de - - - 2,250 Kg.

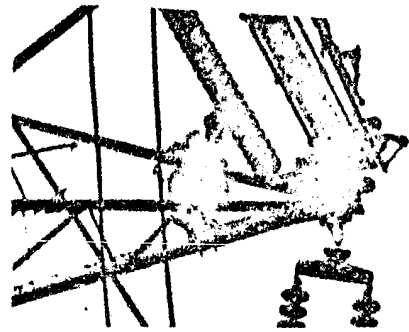
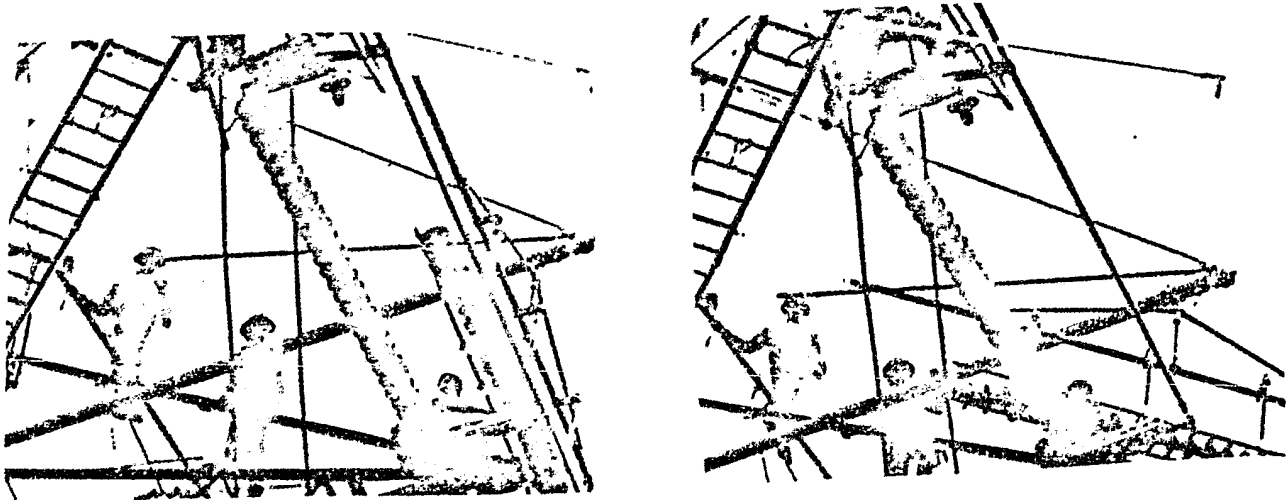


Fig. 77
TENSIONANDO A LA PERTIGA
TENSORA.

- 22) El liniero (3), extrae la calavera del penultimo aislador y el liniero (2) la extrae tambien del penultimo aislador del lado de la clema, quedando en la línea los dos aisladores extremos.
- 23) Los tres linieros retiran la cadena de aisladores, maniobrando con la pluma que sujeta la camilla, hasta llevarla a la torre (fig. 78).



Figs. 78
TRASLADO DE LA CADENA DE AISLADORES A LA TORRE

- 24) Los linieros (1) y (3), cambian los aisladores dañados, de la cadena y la -- regresan a su posición original, donde el liniero (2) con traje conductor, conecta la cadena al aislador extremo del lado de la clema y luego el liniero (3) hace lo mismo con el extremo del lado de la torre.
- 25) El liniero (3), afloja la pértiga tensora, con lo cual la cadena de aisladores soportará nuevamente la tensión mecánica de la línea y se procede a - - - retirar el equipo siguiendo un orden inverso al descrito.

E.- OBSERVACIONES.

- 1.- La maniobra se desarrolló en la línea de 400 KV de Puebla II-Texcoco, circuito 1, torre 202, cadena de aisladores en tensión con 26 unidades, cadena - - interna de la fase lateral.
- 2.- Esta maniobra tiene una duración promedio de 6 horas con personal en entrenamiento y de 4 horas con personal experimentado.

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES.

El incremento de la demanda de energía eléctrica en México, ha creado la necesidad de construir líneas de transmisión de tan alta tensión como 230 y 400 KV, - que conducen cada día mayores potencias eléctricas. Esto hace cada vez más importante la continuidad de servicio de esas líneas, ya que la salida de servicio de una de ellas afecta a miles de importantes usuarios y causa fuertes pérdidas económicas a los usuarios y a la Comisión Federal de Electricidad.

Por otro lado, las salidas de servicio de las líneas provocadas por fallas, por maniobras y libranzas para trabajar en las líneas sin energía, ocasionan un considerable tiempo fuera de servicio cada año.

Para aliviar el problema anterior, se considera técnica y económicamente recomendable el Mantenimiento Preventivo de las Líneas de Transmisión Energizadas, como una solución que incrementa la confiabilidad de las líneas de transmisión y que directamente mejora la continuidad de servicio de las mismas.

El Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas se ha considerado recomendable con fundamento en lo siguiente:

- a) Las características electromecánicas de las herramientas, son satisfactorias, pues su empleo se hace con factores de seguridad suficientemente elevados.
- b) El traje conductor sometido a los intensos campos eléctricos de las líneas de 230 y 400 KV, reduce la corriente en el cuerpo del liniero a valores despreciables e inofensivos.
- c) Estudios médicos serios, demuestran que el campo eléctrico de las líneas de alta tensión, no afecta la salud de los linieros que trabajan en esas líneas al potencial de tierra, ni al potencial intermedio y menos aún al potencial de la línea con traje conductor.
- d) Las normas de seguridad anotadas, considerando el alto grado de peligro - que significa trabajar en las líneas energizadas, son rigurosas.
- e) La Selección, Capacitación y Adiestramiento del personal que integre las cuadrillas, debe ser muy cuidadosa y completa, como se ha propuesto.
- f) El análisis de costo beneficio realizado demuestra la conveniencia económica.

Se considera necesario que en la Comisión Federal de Electricidad se intensifique la Capacitación y Adiestramiento del personal de líneas, en el Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas, ya que muchos trabajos que pueden hacerse con la línea energizada, causan tiempo fuera de la línea, por falta del conocimiento y práctica de la técnica aquí recomendada.

Además es conveniente revisar frecuentemente los procedimientos de Mantenimiento Preventivo de Líneas Energizadas para elevar su eficiencia y promover la actualización de nuevas técnicas que sean productivas.

Una mayor coordinación entre la Gerencia de Construcción y la de Generación y -- Transmisión, permitirá desde la Construcción de las líneas, preveer detalles como los agujeros en las torres cerca del anclaje de los aisladores para apoyar -- los Yugos de las herramientas. Además se puede lograr un adiestramiento más completo de las cuadrillas, mediante las prácticas en la línea desenergizada en -- construcción, lo que es menos riesgoso y no se tienen las limitaciones impuestas por la operación comercial de las líneas.

B I B L I O G R A F I A

- Resultados de Explotación de Comisión Federal de Electricidad. 1980 - 1981.
- Estadísticas por Entidad Federativa de Comisión Federal de Electricidad. 1981.
- Síntesis de Fallas en Líneas de Transmisión 1981, de Comisión Federal de Electricidad - Gerencia de Generación y Transmisión.
- Electrical Transmission and Distribution Products, of A. B. Chance Catalog 1-78, 1-73 y 1-70.
- Manual para el mantenimiento de Líneas Vivas, por A. B. Chance.
- Ingeniería de Mantenimiento para Líneas de Extra Alto Voltaje, por O. G. Anderson de A.B. Chance Co.
- A. Guide to Energized Power Line Maintenance Methods, P 516/D2 of IEEE 1976 - 1977.
- Física General de Sears Zemanzki.
- The Measurement of Electric Fields in Live Line Working by Charles J. Miller Jr. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 1967.
- Body Currents in Live Line Working By Kouwenhoven, Miller, Barnes, Simpson, Rorden an Burgess. IEEE 1966.
- Safe Clearances and Protection Against Shocks During Live Line Work, by Alek and Simpson. IEEE 1966.
- Medical Evaluation of Man Working in A.C. Electric Fields. By Kouwenhoven, Langworthy, Singewald and Knickerbocker IEEE 1967.