

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE "INGENIERO ELECTRICO"
ESPECIALIZACION "POTENCIA"
DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

DISEÑO DE LA LINEA DE
SUBTRANSMISION
SAN MIGUEL - CHILLANES

13.8 KV.



NAPOLEON ROSERO BENAVIDES
Quito, Octubre 1.978.

Certifico que la presente Tesis
fue realizada por el señor Na-
poleón Rosero B., bajo mi di-
rección.



Ing. Julio J. Jurado M.
DIRECTOR DE TESIS

A MIS QUERIDOS PADRES

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Julio Jurado M., Director de Tesis,
señor Ramón Torres P., señor Augusto Camacho T.,
Ing. Wally Elliot y a todas y cada una de las
personas que contribuyeron para la realización
del presente trabajo.

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

La migración del campesino hacia los grandes poblados, con el afán de elevar su bajo nivel de vida, ha venido a constituir un grave problema social, ya que debido a su escasa preparación técnica y nivel cultural bajo, no puede encontrar un lugar de trabajo adecuado en la zona a la cual emigra, constituyéndose por lo tanto en un obstáculo antes que un beneficio para el desarrollo del país.

Es por esta razón que se hace necesario la pronta electrificación de las áreas rurales para elevar el nivel de vida del campesino y contribuir al aumento de productividad rural.

La electrificación rural no es un problema aislado es un elemento complejo dinámico del desenvolvimiento del medio rural y está ligado con diversos problemas como son : Riego, vialidad, educación, salubridad, comunicación, etc.

Con una bien organizada electrificación rural conseguiremos el asentamiento definitivo del campesino en su medio, lo que traerá como consecuencia un desarrollo comercial eficaz, el aumento del consumo global y la creciente demanda de bienes y servicios con lo cual surgen nuevas fuentes de trabajo.

Con el presente proyecto se trata de llenar una necesidad urgente para el sector Sur de la Provincia de Bolívar, que comprende los cantones de San Miguel y Chillanes y que evitará a la vez el surgimiento de todos aquellos problemas que son producto de las zonas no electrificadas.

1.- ANTECEDENTES.

1.1 Estudio Social de la Zona.

La provincia de Bolívar, forma parte de la Región Interandina y se encuentra ubicada en el centro del territorio nacional, tiene una población de aproximadamente 146.424 habitantes según el censo de 1.974, ocupa una extensión de 3.336 kilómetros cuadrados y su capital es Guaranda. La mayor parte del territorio pertenece a las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, lo que ha determinado características peculiares y variados climas que hacen posibles cultivos de productos característicos de la sierra y subtropical.

Con la construcción de la línea de subtransmisión San Miguel-Chillanes, se tratará de llenar una necesidad urgente para un sector de la provincia de Bolívar, Cantón Chillanes y parte del Cantón San Miguel, que se encuentra al sur de la mencionada provincia y que cuenta con una población de 19.869 habitantes.

La zona de Chillanes anteriormente cubierta de bosques, de densidad media, de clima templado, a través de los años se ha convertido en albergue no sólo para los desplazamientos provinciales sino también de la provincia del Chimborazo. Estas tierras vírgenes resultaron apropiadas para la agricultura, razón por la cual la mayor parte de la población de la zona se dedica a las labores del campo, constituyendo esto el medio de supervivencia de la gente, lo que ha hecho que se convierta en uno de los sectores agrícolas más importante de Bolívar.

Su altitud promedio es de 2.680 metros sobre el nivel del mar, siendo imperceptible la alternabilidad entre los períodos lluviosos y secos. Posee una estructura topográfica accidentada con declives de fuertes pendientes, que dan lugar a numerosas quebradas y depresiones. Antiguamente era rica en bosques de finas y variadas maderas, que en la actualidad han sido taladas en forma extrema.

Las áreas explotadas agrícolamente están localizadas en su mayoría en los lugares de fácil topografía y que se encuentran adyacentes a las vías de comunicación.

Ultimamente los gobiernos seccionales, se han preocupado en manera especial, de la construcción de vías de acceso, con el objeto de realizar una integración eficaz de todos los sectores marginados y ayudar al campesino para que pueda fácilmente sacar sus productos al mercado.

La situación económica social del campesino en cuanto a la disponibilidad de tierras está muy por debajo de la necesidad familiar mínima. El minifundio representa la tenencia antieconómica, ya que podríamos afirmar que el dueño de la tierra no produce para satisfacer las necesidades elementales para la subsistencia, se ha reducido aún más, razón por la cual tiene que buscar actividades complementarias en otros sectores.

En lo que se refiere al servicio de agua potable, es desconocida en toda la zona, y sus pobladores hacen uso de agua entubada y en muchos casos aprovechan del agua de fuentes o vertientes.

En lo referente a la asistencia médica, existen dos sub-centros de salud, uno en Chillanes y el otro en San Pablo y que están bajo la responsabilidad del Plan Universitario, como es la medicina rural, lo que constituye ser relativo para cada año.

En cuanto a la asistencia social, es totalmente carente y desconocida para los mismos habitantes del sector urbano y con mayor razón para el sector rural.

En lo que se refiere a los telégrafos, teléfonos y correos, los dos primeros sobre ser vetustos y anticuados son irregulares y causan muchas dificultades a quienes deben hacer uso de dichos servicios, encontrándose en mejores condiciones los correos.

En lo concerniente a la alimentación, los pobladores en su mayo-

ría se alimentan de sus animales y de los productos que cultivan en sus tierras.

En cuanto a educación se refiere, existen centros educativos a nivel primario extendidos por toda la zona, en lo que se refiere a la educación secundaria hay también colegios de ciclo básico que han venido a solucionar en gran parte la educación de la juventud. Para continuar con el ciclo diversificado los estudiantes deben salir a planteles educacionales de Guaranda, Chimbo, San Miguel, etc. En cuanto a la educación superior, constituye un número bastante grande que acuden sobre todo a la ciudad de Guayaquil, en número reducido lo hacen a Quito, Ambato, Riebamba y Babahoyo.

En la provincia de Bolívar existe el comité de Desarrollo Provincial, cuya filosofía de acción debe ser la de obtener la aprobación y financiamiento de las obras de infraestructura fundamental para el área rural y coordinar las actividades de los diversos organismos para que las acciones o trabajos en el área rural no sea aislados con los perjuicios económicos.

Los objetivos del desarrollo en el área rural, deben ser orientados hacia la búsqueda del equilibrio entre los aspectos económicos y sociales, con el objeto de que los esfuerzos de todas las entidades provinciales contribuyan para que los campesinos adquieran o se encuentren en capacidad de poder satisfacer sus necesidades fundamentales de alimentación, vivienda, educación, salud, orientación en las actividades agropecuarias, desplazándose de un lugar a otro.

Por consiguiente es necesario promover la implementación de los servicios básicos con el fin de afincar al campesino definitivamente en su medio. (Ref. 1)

1.2 Influencia de la Electrificación.

La electrificación rural, no es un problema aislado, es un ele-

mento complejo dinámico del desenvolvimiento del medio rural y está ligado con los diversos problemas : riego, vialidad, educación, salubridad, desarrollo agropecuario, comunicación, etc.

La introducción de la electrificación, en las áreas rurales, aumentan notablemente los niveles de vida agraria y contribuye considerablemente al aumento de la productividad rural. Mediante el uso de la energía eléctrica es posible utilizar maquinaria como bombas para riego que hacen posible mejorar la calidad de los productos.

En explotaciones específicas e intensivas como por ejemplo : cría de aves y horticultura, la electricidad a puesto al alcance del productor métodos más lucrativos. La electrificación es considerada como esencial, pues se ha comprobado su eficiencia en el uso de motores eléctricos que reemplazan cada vez en mayor medida a los motores de combustión interna en el bombeo del agua, en la molienda, trillado, siembra, etc.

Se podría asegurar que el uso de la energía eléctrica, permite obtener grandes economías en la agricultura, pues se puede mejorar la productividad de la tierra, se reducirían las pérdidas debidas a una mejor preparación de los productos y por el uso de mejores métodos de almacenamiento, se reduciría la mano de obra mediante el uso de motores, se aumentaría la producción en incubadoras, invernaderos, se lograría progresos en operaciones de ordeño, refrigeración y pasteurización de leche, en el uso de mezcladoras de alimentos, etc.

Los datos estadísticos demuestran los ahorros logrados mediante el uso de la energía eléctrica y la reducción de la mano de obra, que en varias de las tareas rurales son mejores que el interés cobrado sobre las sumas invertidas en el equipamiento.

Con la electrificación se podrán industrializar muchos de los productos del campo, en el mismo lugar donde se explotan o en algún lugar cercano disminuyendo de esta forma los costos y facilitar la distribución a los centros de consumo.

El asentamiento de nuevas industrias rurales, creará nuevas fuentes

de trabajo y que permitirán el aprovechamiento de la mano de obra y promoverá la formación de muchas poblaciones que en vez de emigrar a las grandes ciudades quedarán en el medio rural, lo que traerá como consecuencia un desarrollo comercial eficaz, el aumento del consumo global y la creciente demanda de bienes y servicios con lo cual surge nuevas fuentes de ocupación.

La industrialización, en una palabra, mejora las condiciones de vida domésticas y comunales. Es innegable en este caso, la influencia que tiene la electrificación, base fundamental donde se sustentan las demás actividades.

El empleo de la energía eléctrica, facilita comodidades en el hogar del campesino, con el uso de cocinas, planchas, radios, televisores y otros artefactos de uso muy común; sus efectos sobre la salud se ponen de manifiesto en la construcción y operaciones de sistemas de abastecimiento de agua y en el funcionamiento de centros de salud rurales.

La electrificación trae consigo entonces, el asentamiento del campesino evitando su migración hacia los grandes centros poblados.

1.3 La Empresa Eléctrica Bolívar y su posible desarrollo.

Hasta el año de 1.977 la Empresa Eléctrica de Bolívar presenta los siguientes datos referentes a las líneas construidas así como también a la capacidad de generación instalada.:

- Red de distribución primaria a 6,3 Kv..... 8,5 Km.
- Líneas de subtransmisión trifásica a 13,8 Kv..... 140 Km.
- Red de distribución primaria 13,8 Kv..... 24 Km.
- Red de distribución secundaria 0,220 Kv..... 120 Km.
- Capacidad de Generación instalada
 - Térmica (diesel)..... 2.150 Kw.

Hidráulica 800 Kw.

El programa de construcciones a desarrollarse hasta el año de 1.980 es el siguiente :

Año 1.978.

- Construcción de la línea de subtransmisión San Miguel - Chillanes a 13,8 Kv. en una longitud de 28,252 Km.

Año 1.979.

- Aumento de la capacidad de generación en un 85%, mediante la instalación de un grupo a diesel de 2.500 Kw. en la Central Térmica Guaranda.
- Construcción de la línea a 13,8 Kv. entre San Pablo - Bilován - Balzapamba en una longitud de 17 Km. y de la línea Bilován - San José del Tambo en una distancia de 21 Km.

Año 1.980.

- Aumento de la capacidad de generación en un 17%, mediante la instalación de un grupo hidráulico de 900 Kw. en la Central Río Chimbo.
- Construcción de los siguientes ramales a 13,8 Kv.
 - Las Naves - Las Mercedes - San Luis de Pambil 5 Km.
 - Caluma - Pita 5 Km.
 - Caluma - Charquiyaco 5 Km.
 - San Simón - Tandahuán - La Vaquería 7 Km.
 - San Lorenzo - El Sauce - Canduya 7 Km.

Con la realización de este programa, se podrá electrificar gran parte de los sectores que aún no disponen de la energía eléctrica,

solucionando una de las obras fundamentales de infraestructura principales para el desarrollo del campesino y el mejoramiento de la producción agropecuaria.

A continuación presentamos una información sobre las industrias que pueden establecerse en la provincia de Bolívar : (Ref. 2)

- | | |
|---|------------|
| 1.- Tejidos de lana, en el sector de Salinas. Actividad que se encuentran realizando actualmente en forma manual. | 75 KVA. |
| 2.- Despulpadoras y secadoras de café | 600 KVA. |
| 3.- Conservas de jugo de naranja, en su etapa inicial como empacadoras se encuentran funcionando en Caluma y Echeandía. | 600 KVA. |
| 4.- Centrales paneleras (estudios realizados por CENDES). | 2.400 KVA. |
| 5.- Elaboración de licores, estableciendo previamente una rectificadora de aguardiente. | 100 KVA. |
| 6.- Molinos de cereales, ubicados en San Miguel. | 180 KVA. |
| 7.- Alimentos balanceados. | 180 KVA. |
| 8.- Camal frigorífico en Guaranda. | 320 KVA. |
| 9.- Destilación del alcohol | 300 KVA. |
| 10.- Molinos de granos pequeños. | 1.200 KVA. |
| 11.- Para avena | 150 KVA. |
| 12.- De fideos y galletas. | 60 KVA. |
| 13.- Aserraderos. | 2.000 KVA. |

14.- Malta cervecera	150 KVA.
15.- Almidón de yuca o de maíz	50 KVA.
16.- Ingenio Azucarero	3.800 KVA.
17.- Piladoras de arroz	1.600 KVA.
T O T A L :	14.285 KVA.

La provincia de Bolívar tiene diversas posibilidades de creación de la industria a base de su producción agropecuaria y recursos naturales como : Elaboración de calciminas, industrialización y tratamiento de aguas gaseosas, gas carbónico, refinación de la manteca de puerco, fabricación de embutidos, hongos comestibles en el sector de Simiatug, tratamiento de madera en los sectores de Caluma, Echeandía, Las Naves.

La artesanía también ocupa la energía eléctrica para producir diversos artefactos de uso doméstico, trapiches, piezas de puertas y ventanas de hierro, escopetas, carabinas, revólveres, guitarras etc.

Para cumplir con los postulados de la electrificación rural, deberá procederse a realizar la planificación de todos los proyectos en base de criterios socio-económicos, pero tomando en cuenta en otros casos solamente criterios puramente sociales, considerando que determinadas áreas rurales se desarrollarán a base de una obra de infraestructura fundamental, como es la electrificación rural (Ref. 2).

1.3.1 Proyección de la demanda de la zona a electrificarse.

La línea de subtransmisión San Miguel-Chillanes será proyectada para 15 años y la potencia a instalarse en el momento de terminar su construcción es de 300 Kw. se ha estimado que el porcentaje de crecimiento de la demanda sería el 12% para los 5 primeros años, del 8% para los 5 años siguientes y del 6% para los últimos 5 años. (Ref. 2).

<u>AÑO</u>	<u>PORCENTAJE DE CRECIMIENTO</u>	<u>POTENCIA KW.</u>
1.979	12	336
1.980	12	376
1.981	12	421
1.982	12	472
1.983	12	528
1.984	8	571
1.985	8	616
1.986	8	666
1.987	8	719
1.988	8	776
1.989	6	823
1.990	6	872
1.991	6	925
1.992	6	980
1.993	6	1.039

2.- Estudio de la línea.

2.1. Topografía.

2.1.1. Descripción de la zona.

La línea de subtransmisión San Miguel-Chillanes, cruza por una zona bastante accidentada, pues se encuentra atravesada por la cordillera de Chimbo, que arranca de la Cordillera Occidental de los Andes en la meseta Occidental del Chimborazo, a una altura de 4.000 metros, en el sector de San Miguel esta Cordillera se divide en dos ramales, el principal toma rumbo Este, siguiendo el Rio Chimbo, entre los Cerros de Tangará y Piscurco, el ramal Occidental forma el valle de la Chima el mismo que se encuentra limitado por las alturas de Bilován y Chillanes, desaparece en este sector sobre Agua Clara y puente del Chimbo (Ref. 2).

Localidades, ríos y demás accidentes geográficos pueden verse en el plano # 1, tomando de las guías censales de 1.974.

2.1.2 Planimetría.

Para definir la ruta que seguirá la línea, se ha tomado en cuenta ciertos aspectos como :

- Se ha evitado el alejarse demasiado de las vías de acceso con el objeto de facilitar el transporte de estructuras, conductor y materiales.
- Se ha tratado en lo posible de disminuir el número de ángulos. El trazado de la línea consta en el plano # 1.

2.1.3 Perfil.

Al realizar la descripción de la zona por la que cruza la línea habíamos hecho notar la irregularidad del terreno, lo cual se podrá observar en el trazado de perfil, el mismo que consta en los planos que se ha realizado la ubicación de las estructuras.

2.2 Estudio Eléctrico.

2.2.1 Aislamiento.

Para realizar la selección del tipo de aislador adecuado, los fabricantes recomiendan las clases más convenientes para determinadas tensiones de trabajo, indicando para cada una de ellas una serie de características como : (Ref. 3)

- Número de catálogo
- Descripción
- Capacidad eléctrica y mecánica combinadas - lbs.
- Capacidad mecánica al impacto - pulg - lbs.
- Pruebas de rutina - lbs.
- Pruebas de carga temporales - lbs.
- Tensión disruptiva a baja frecuencia, seco Kv.

- Tensión disruptiva de impulso positivo Kv.
- Tensión disruptiva de impulso negativo Kv.
- Tensión de perforación a baja frecuencia Kv.
- Prueba de tensión eficaz a tierra a baja frecuencia Kv.
- Distancia de fuga - pulgadas
- Peso - lbs.

Para realizar el cálculo del aislamiento, se considerará que en las estructuras tangentes serán utilizados aisladores PIN y para las estructuras de retención y ángulos se utilizarán aisladores de suspensión.

CALCULO DEL AISLAMIENTO.

Datos:

Longitud.....	28.252	mts.
Número de estructuras.....	157	
Altura promedio sobre el nivel del mar.....	2.860	mts.
Humedad relativa promedio.....	80%	
Temperatura promedio.....	14C.	
Nivel isocerámico máximo.....	5	

Aislamiento para sobretensiones a frecuencia Industrial.

$$V_{mx} = K1.K2. \frac{V}{\sqrt{3}} \quad (2.1) \quad (\text{Ref. 4})$$

K 1 = Factor de sobretensión varía entre 1,5 a 2

K 2 = Factor por regulación de tensión, varía hasta 1,1

$$V_{mx} = 1,5 \times 1,1 \times \frac{13,8}{\sqrt{3}} = 13,16 \text{ Kv.}$$

CORRECCION POR EFECTO DE ALTURA.

$$V' = \frac{V_{mx}}{\delta} \quad (2.2) \text{ (Ref. 4)}$$

$$\delta = \frac{0,3926 \times b}{273 \times t} \quad (2.3) \text{ (Ref. 4)}$$

b = presión barométrica en mm Hg.

b = 503mm Hg para 2.860 metros de altura

t = temperatura en grados centígrados

t = 14°C.

δ = densidad relativa del aire

$$\delta = \frac{0,392 \times 503}{273 \times 14}$$

$$\delta = 0,69$$

$$V' = \frac{13,16}{0,69}$$

$$V' = 19,07 \text{ Kv.}$$

CORRECCION POR EFECTO DE HUMEDAD.

De la figura 1 vemos que para 14°C. y 80 % de humedad relativa, se tiene 0,38 pulgadas de mercurio presión de vapor.

$$V = V' \times H \quad (2.4) \text{ (Ref. 4)}$$

H = Factor de corrección por humedad

H = 1,07 que lo obtenemos de la figura 2 (ver final de este numeral.)

$$V = 19,07 \times 1,07$$

$$V = 20,4 \text{ Kv.}$$

Si adoptamos un 95 % de seguridad, la tensión crítica que deben re-

sistir los aisladores vendría dada por :

$$V'' = \frac{V}{(1 - n\sigma)} \quad (2.5) \quad (\text{Ref. 4})$$

σ = desviación promedia para cadenas de aisladores simples en Kv.

De la figura 3 vemos que para un 95 % de seguridad y 157 estructuras tenemos que $n = 3,5$ y $\sigma = 2\%$ para frecuencia industrial.

$$V'' = \frac{20,4}{(1 - 3,5 \times 0,02)}$$

$$V'' = 21,94 \text{ Kv.}$$

Se ha previsto que para las estructuras de suspensión se utilizarán aisladores tipo PIN y para las estructuras de retención aisladores tipo suspensión; de tal forma que con el resultado anterior de 21,94 Kv. vemos en las tablas de los fabricantes de aisladores y podemos ver que se requiere 1 aislador PIN clase ANSI N-55-2, y para las retenidas 1 aislador de suspensión de 4 1/4" x 6 1/4" clase ANSI. (Ref. 3)

AISLAMIENTO PARA SOBRETENSIONES TRANSIENTES O DE MANIOBRA.

$$V_{sw} = Kx \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times V_1 \times K_2 \quad (2.6) \quad (\text{Ref. 4})$$

K = varía de 2,5 a 4, valor máximo de tensión de cresta entre fase y tierra, se usa K = 2,5.

$$V_{sw} = 2,5 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 13,8 \times 1,1$$

$$V_{sw} = 31,02 \text{ Kv.}$$

CORRECCION PARA LAS CONDICIONES DE LA ZONA.

$$V_{swc} = V_{sw} \times \frac{H}{\sigma^m} \quad (2.7) \quad (\text{Ref. 4})$$

$m = 1$ para cadenas cortas

$$V_{swc} = 31,02 \times \frac{1,07}{0,69}$$

$$V_{swc} = 48,1 \text{ Kw.}$$

Luego la tensión crítica será :

$$V_c = \frac{V_{swc}}{(1-n\sigma)} \quad (2.8) \quad (\text{Ref. 4})$$

$$n = 3,5$$

$\sigma = 5\%$ para sobre tensiones de maniobra.

$$V_c = \frac{48,1}{(1-3,5 \times 0,05)}$$

$$V_c = 58,3 \text{ Kv.}$$

Para líneas menores de 220 Kv. la tensión crítica multiplicamos por un factor que varía entre 1,15 y 1,25 para transformar la tensión crítica es una tensión de impulso del tipo 1,5 por 40 μ seg. (Ref. 4)

$$V_{ci} = 58,3 \times 1,2$$

$$V_{ci} = 69,96 \text{ Kv.}$$

La lluvia reduce la tensión crítica en un máximo de 5 % luego

$$V_{ci} = 69,96 \times 0,95$$

$$V_{ci} = 66,46 \text{ Kv.}$$

Viendo en las tablas de los fabricantes de aisladores vemos que se necesitan 1 aislador de suspensión de $4\frac{1}{4}$ " x $6\frac{1}{4}$ " clase ANSI y un aislador PIN clase ANSI 55-2. (Ref. 3)

CONTAMINACION.

Para las condiciones de la zona tomamos para el cálculo una contaminación clase A, o sea 1,25 cm/kv. (ver tabla # 1)

La Distancia de fuga del aislador de suspensión $4\frac{1}{4}''$ x $6\frac{1}{4}''$ es

17,78 cm y del aislador PIN clase ANSI 55-2 es 12,7 cm.

El número mínimo de aisladores requeridos viene dado por

$$N = \frac{V \times K \times G}{\delta \times d_f} \quad (2.9) \quad (\text{Ref. 4})$$

V = voltaje de la tierra en Kv.

K = constante de regulación de tensión = 1,1

G = grado de contaminación

d_f = distancia de fuga

δ = densidad relativa del aire.

Vemos el número mínimo de aisladores de suspensión $4\frac{1}{4}''$ x $6\frac{1}{4}''$:

$$N = \frac{13,8 \times 1,1 \times 1,25}{0,69 \times 17,78} = 1,55 \text{ aisladores}$$

Como debemos tener un solo aislador PIN, procedemos a buscar un tipo de aislador que tenga una mayor distancia de fuga y escogemos el clase ANSI 55-5 $d_f = 30,48$ cm y tenemos :

$$N = \frac{13,8 \times 1,1 \times 1,25}{0,69 \times 30,48} = 0,9 \text{ aisladores}$$

De los resultados obtenidos sugerimos adoptar para el diseño 2 aisladores de suspensión $4\frac{1}{4}''$ x $6\frac{1}{4}''$ clase ANSI y 1 aislador PIN 55-2.

TABLA # 1 (Ref. 4)

Tabla de contaminación		
Clase	Tipo	Distancia de fuga en cm/kv. - entre fases -
A	Limpia	1,2 a 1,25
B	Poca	1,5 a 1,55
C	Moderada	1,9 a 2,00
D	Alta	2,5 a 2,60
E	Severa	3,0 a 3,20

CURVAS DE PRESION DE VAPOR EN PULGADAS DE MERCURIO

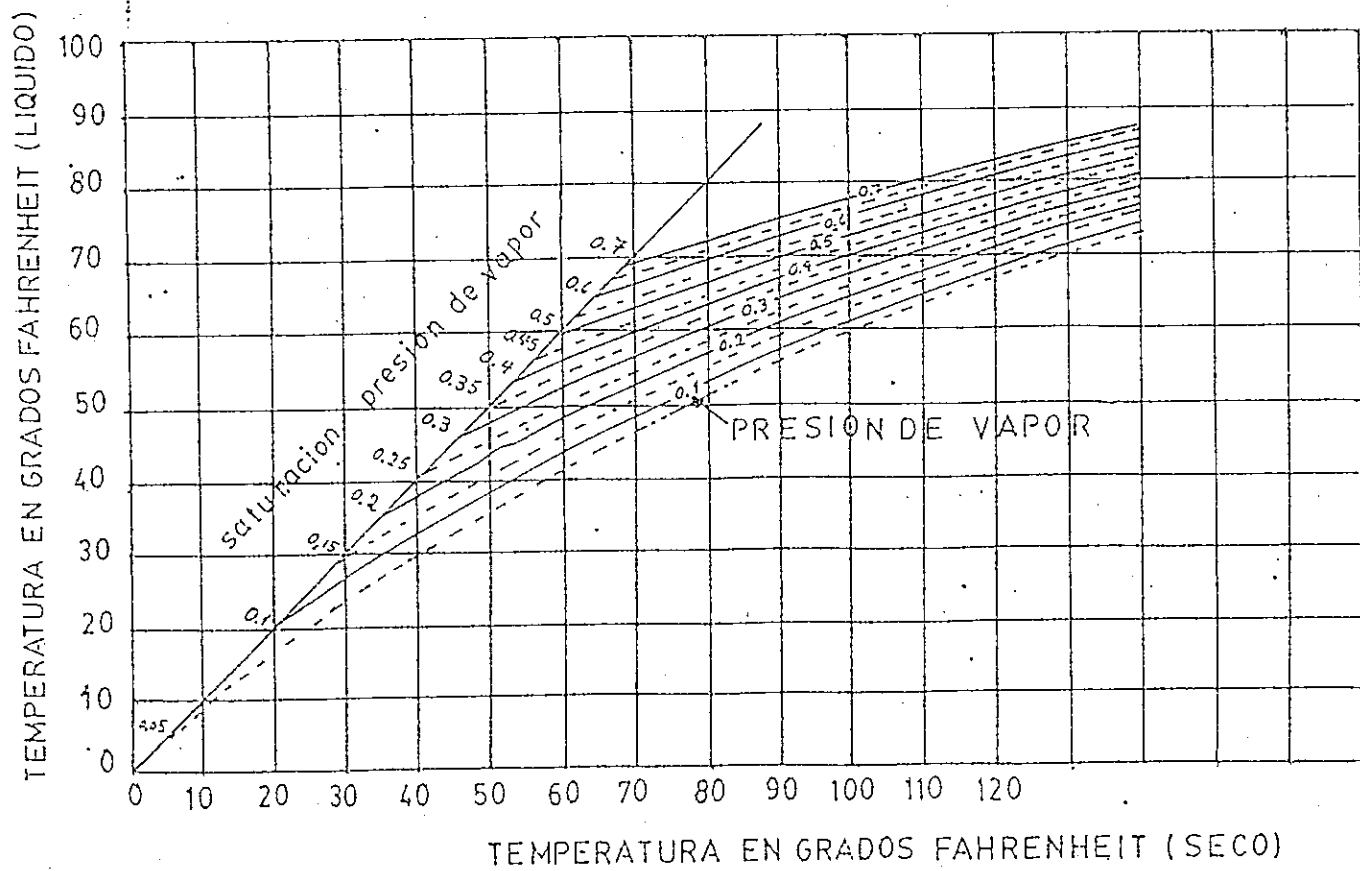
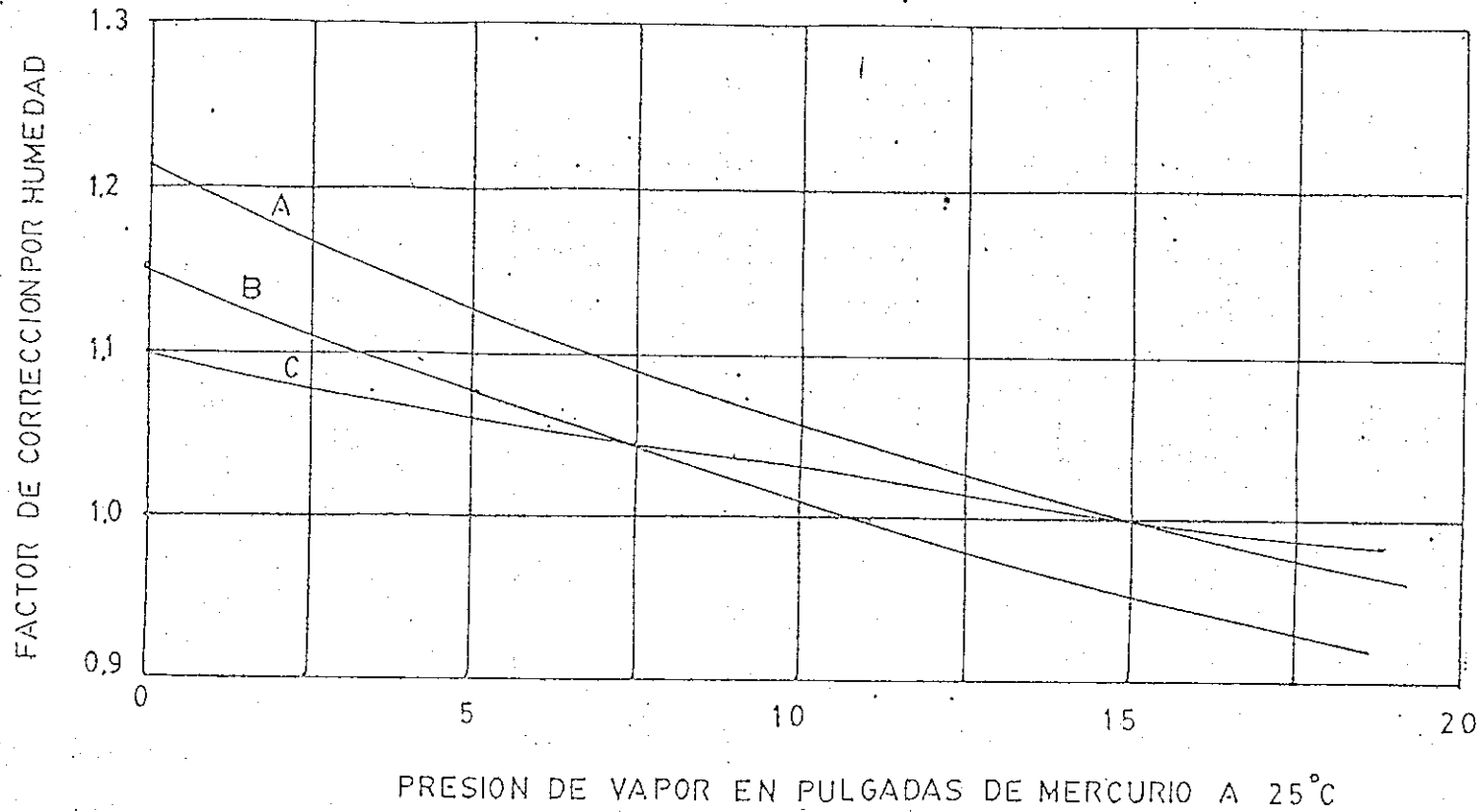


fig 1

(ref: 5)

CURVAS DE CORRECCION DE HUMEDAD PARA 60 Hz

- A practica americana
- B practica europea
- C practica de laboratorio



PRESION DE VAPOR EN PULGADAS DE MERCURIO A 25°C

FIG. 2

(ref. 5)

tomado de
EHV

GRAFICO PARA REDUCCION DE TENSION NO DISRUPTIVA DE CADENAS EN PARALELO

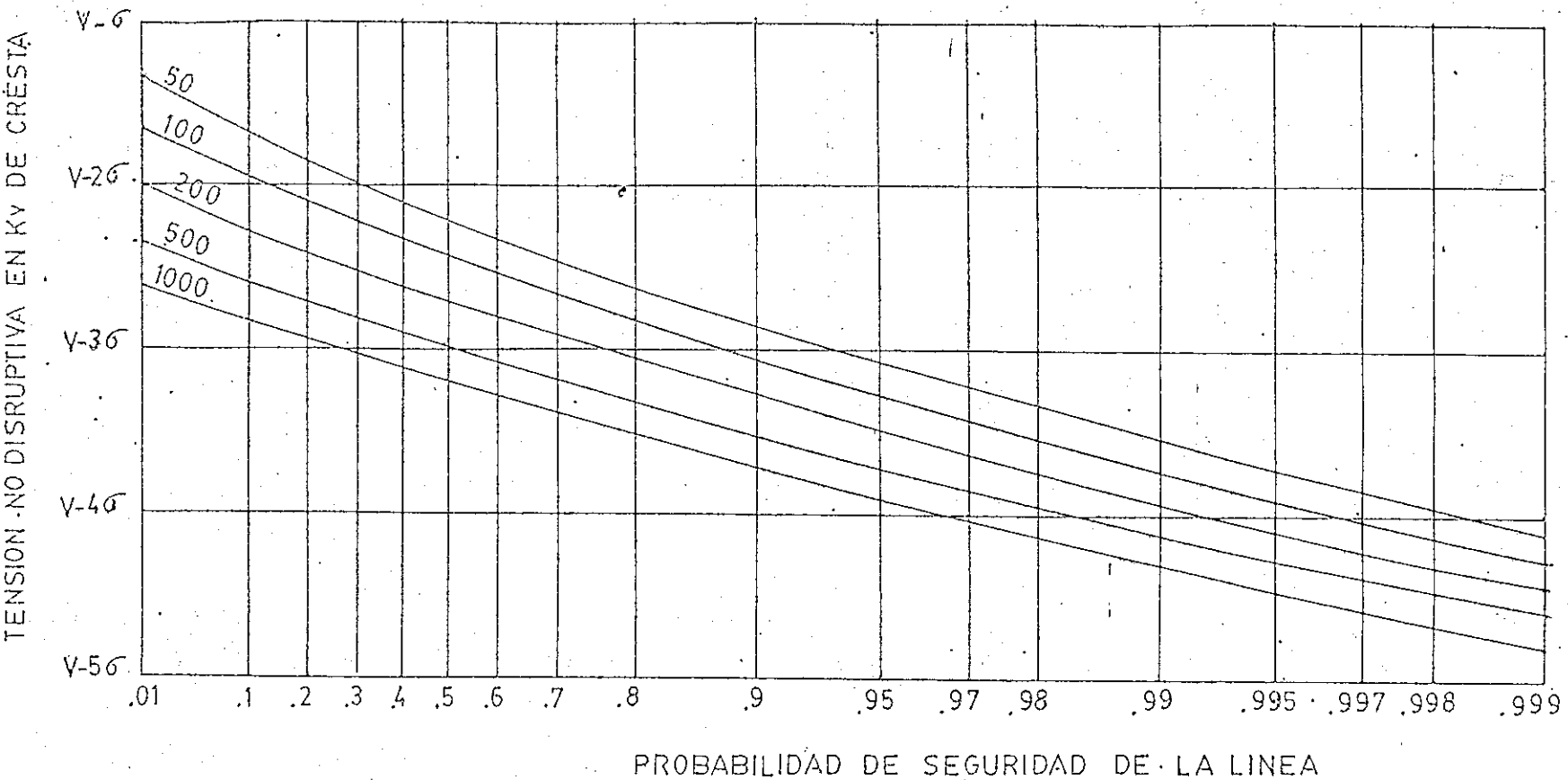


FIG 3

(ref. 5)

version tomada de EHV

2.2.2. CONDUCTOR, SOPORTES, VANO ECONOMICO.

Para determinar el conductor económico que se utilizará para la construcción de la línea motivo de este estudio y tomando en cuenta la proyección de la demanda realizada, se ha procedido a realizar un estudio comparativo de 3 conductores: 1/0, 2/0 y 3/0, para determinar cual de ellos será el conveniente para dicha construcción. Así mismo los vanos a ser analizados para determinar el económico serán de : 80 m, 100, 120, 140, 160 metros; 180 y 200 mtrs.

Las estructuras que se utilizarán serán de hormigón armado y serán dimensionadas posteriormente.

CONDUCTOR ECONOMICO.

Si por una parte al disminuir la sección del conductor, se disminuye el costo de aquel, por otra parte se incrementa la pérdida de potencia; por lo tanto deberá existir un conductor que permita realizar el menor desembolso de dinero que tome en cuenta la instalación y explotación de la línea. Debido a esto y para hallar la solución adecuada se ha requerido a seguir un procedimiento que tomará en cuenta todos los factores que intervienen para realizar dicha solución.

La línea de subtransmisión San Miguel.-Chillanes ha sido proyectada para 15 años y los factores o gastos a ser tomados en cuenta son: (Ref. 6)

- a).- El producido por la pérdida de potencia en la línea.
- b).- El costo de instalación
- c).- El costo de conductor utilizado
- d).- El costo correspondiente a mantenimiento de la línea como reposición de aisladores, arreglo de apoyos, etc. (Ref.6)

Al costo producido por pérdida de energía así como también al correspondiente por mantenimiento de la línea, aplicaremos un por-

centaje de interés anual para establecer sus costos en valor presente.

Para poder finalmente establecer el conductor económico de los 3 que nos hemos impuesto, vamos a realizar el estudio conjunto del vano económico para de esta forma poder establecer comparaciones y seleccionar la sección de conductor conveniente.

VANO ECONOMICO.

Es aquella distancia entre dos estructuras contiguas que permite un menor desembolso de dinero para realizar la construcción de la línea.

Determinaremos entonces el vano económico para cada uno de los conductores citados anteriormente.

DATOS A UTILIZARSE EN EL ANALISIS DEL VANO ECONOMICO.

A continuación anotamos los datos técnicos que han servido de base para el análisis técnico tendiente a determinar los soportes convenientes para esta línea a 13,8 KV.

DATOS TECNICOS.

CONDUCTORES DE FASE.

(Ref. 7)

Tipo de conductor	Al - Acero
Calibre	1/0
Clave	Raven
Número de hilos de aluminio	6
Número de hilos de acero	1
Diámetro del conductor	10,11mm
Sección del conductor	62,38mm ²
Resistencia a la rotura	1.940 Kgr.
Peso del conductor	0,216 Kgr/m
Módulo de elasticidad	8.000 Kgr/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	19,1 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹

<u>Tipo de conductor.</u>	Al - Acero
Calibre	2/0
Clave	Quail
Número de hilos de aluminio	6
Número de hilos de acero	1
Diámetro del conductor	11,34 mm
Sección del conductor	78,7 mm ²
Resistencia a la rotura	2.425 Kgr.
Peso del conductor	0,274 Kgr/m.
Módulo de elasticidad	8.000 Kgr/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	19,1 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹

<u>Tipo de Conductor.</u>	Al - Acero
Calibre	3/0
Clave	Pigeón
Número de hilos de aluminio	6
Número de hilos de acero	1
Diámetro del conductor	8,01 mm.
Sección del conductor	39,22 mm ²
Resistencia a la rotura	1.265 Kgr.
Peso del conductor	0,1356Kgr/m
Módulo de elasticidad	8.000 Kgr/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal	19,1 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹

CONDICIONES DE ESTADO.

(Ref. 4)

Estados	Temperatura	Viento	100 Max	Max
			R	Kg/mm ²
	oC	Km/h.		
				1/0
I	-5		33,3	10,26
II	5	90	33,3	10,26
III	45		20	6,22

19

Estados	Temperatura	Viento.	100 Max	Max
	oC	Km/h.	R	Kgr/mm ²
				2/0
I	-5		33,3	10,17
II	5	90	33,3	10,17
III	45		20	6,16

Estados	Temperatura	Viento	100 Max	Max
	oC	Hm/h.	R	Kgr/mm ²
				3/0
I	-5		33,3	10,08
II	5	90	33,3	10,08
III	45		20	6,11

Estados	Temperatura	Viento	100 Max	Max
	oC	Hm/h.	R	Kgr/mm ²
				2
I	-5		33,3	10,64
II	5	90	33,3	10,64
III	45		20	6,45

2.3. ESTUDIO MECANICO.

2.3.1. ANCLAJES.

Con el objeto de proceder a la regulación de la línea se ubican ciertas estructuras llamadas de retención, usualmente cada 2.500 mts, y desde los cuales se procede al tensado del conductor. Estas estructuras son de suma importancia, pues al estar localizadas al final de la línea, los esfuerzos que van a sopor

tar son máximos; a fin de que la estructura pueda soportar el esfuerzo a que están sometidos los conductores, y la acción del viento se ubicará ciertos elementos llamados tensores, y que están constituidos por un cable de acero, una varilla de anclaje y una ancla de hormigón, y cuya función es la de anular dichos esfuerzos.

El cálculo de las estructuras de anclaje, se efectuará en postes de hormigón y para estructuras H, el mismo que será desarrollado en el numeral 3.3.

2.3.2. DETERMINACION DE ESFUERZOS.

FORMULAS UTILIZADAS Y EJEMPLO DE APLICACION.

Los cálculos a realizarse, son para el conductor 2/0 y se presentarán los resultados para los conductores 1/0, 3/0 y 2 para el conductor neutro.

CALCULO DE LA PRESION DEL VIENTO POR METRO CUADRADO DE AREA DE- 2/0 EXPUESTO A UN VIENTO DE 90 Km/h.

$$p = c K \frac{V^2}{16} \quad (2.10) \quad (\text{Ref. 4})$$

c = Coeficiente de desuniformidad del viento en el vano.

c = 0,85 para una velocidad de viento menor de 30,5 m/seg.

k = Coeficiente aerodinámico

k = 1,2 para cables de hasta 12,5 mm de diámetro

k = 1,1 para cables de diámetro entre 12,5 y 15,8 mm.

V = Velocidad de viento 25 m/seg.

$$P_{2/0} = 0,85 \times 1,2 \times \frac{25^2}{16} \text{ Kgr/m}^2$$

$$P_{2/0} = 39,84 \text{ Kgr/m}^2$$

$$P_{1/0} = 39,84 \text{ Kgr/m}^2$$

$$P_{3/0} = 36,52 \text{ Kgr/m}^2$$

$$P_2 = 39,84 \text{ Kgr/m}^2$$

ECUACION PARA EL CALCULO DEL VANO CRITICO.

Con el objeto de determinar el estado más favorable o desfavorable para una cierta longitud de vano, tenemos que hallar el vano crítico y es aquel para el cual las condiciones de los estados I y II, antes indicados, son equivalentes, o sea que si el vano real es mayor que el crítico, el estado desfavorable será el II, o si es menor que el crítico entonces el estado desfavorable será el I.

Si tenemos la ecuación de cambio de estado, para hallar la expresión que defina el vano crítico, hasta plantear la condición de que para una tensión de regulación, a cierta temperatura, ... las tensiones sean iguales.

$$\alpha (t_2 - t_1) + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{E} = \frac{l^2}{24} \left(\frac{g_1}{\sigma_1^2} - \frac{g_2}{\sigma_2^2} \right)$$

$$l = V_c = \sqrt{\frac{\alpha E (t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2}{\frac{E}{24} \left(\frac{g_1}{\sigma_1^2} - \frac{g_2}{\sigma_2^2} \right)}} \quad (2.11) \text{ (Ref.4)}$$

V_c = Vano crítico en metros

α = Coeficiente de dilatación lineal en $^{\circ}C^{-1}$

E = Módulo de elasticidad en Kgr/mm^2

t_1 = Temperatura en grados centígrados para el estudio I

t_2 = Temperatura en grados centígrados para el estudio II

σ_1 = Fatiga máxima admisible para el conductor en el estado I

σ_2 = Fatiga máxima admisible para el conductor en el estado II

g_1 = Gravedad específica para el conductor en el estado I en $Kgr/mm^2 \cdot m$

g_2 = Gravedad específica para el conductor en el estado II en $Kgr/mm^2 \cdot m$

CALCULO DEL VANO CRITICO PARA EL CONDUCTOR 2/O ACSR Y LOS ESTADOS BASICOS I Y II.

$$g_1 = \frac{W}{S} \quad (2.13)$$

$$g_2 = \frac{\sqrt{W^2 + p^2}}{S} \quad (2.14) \quad (\text{Ref. 4})$$

$$g_1 = \frac{0,274 \text{ Kgr/m}}{78,7 \text{ mm}^2} = 3,481 \times 10^{-3} \text{ Kgr/m} \times \text{mm}^2$$

$$g_2 = \frac{\sqrt{0,274^2 + 0,4518^2}}{78,7} = 6,71 \times 10^{-3} \text{ Kgr/m} \times \text{mm}^2$$

$$V_c \text{ 2/O} = \sqrt{\frac{19,1 \times 10^{-6} \times 8.000 \times (-5-5) + 10,17 - 10,17}{\frac{8.000}{24} \left(\frac{3,481 \times 10^{-6}}{10,17} - \frac{6,7 \times 10^{-6}}{10,17^2} \right)}}$$

$$V_c \text{ 2/O} = 120,43 \text{ metros}$$

$$V_c \text{ 1/O} = 108 \text{ metros}$$

$$V_c \text{ 3/O} = 157,8 \text{ metros}$$

ECUACION PARA CAMBIOS DE ESTADO.

Para realizar el estudio mecánico de los conductores, se estudia la curva que formaría un hilo de paso uniforme al estar suspendido por sus extremos situados al mismo nivel, a dicha curva se lo conoce como catenaria y su ecuación es : (Ref. 8)

$$y = \frac{h}{2} (e^{x/h} - e^{-x/h}) \quad (2.15)$$

En la que $h = T$, siendo T la tensión en Kilogramos en el punto más bajo del conductor, y p la carga por metro de conductor con sobre carga, si desarrollamos en serie la ecuación anterior

tenemos que :

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} + \frac{x^4}{4h^4} + \dots \right) \quad (2.16) \text{ (Ref. 8)}$$

Como la relación T/p tiene un valor elevado debido a que p tiene un valor pequeño si lo comparamos con T , y con h está en los denominadores de los términos de la serie y con potencias crecientes, entonces podemos prescindir a partir del 3er. término, quedando la ecuación reducida a la siguiente :

$$y = h \left(1 + \frac{x^2}{2h^2} \right) = h + \frac{x^2}{2h} \quad (2.17)$$

que es la ecuación de la parábola.

A continuación presentamos un gráfico de la parábola para determinar el valor de la flecha.

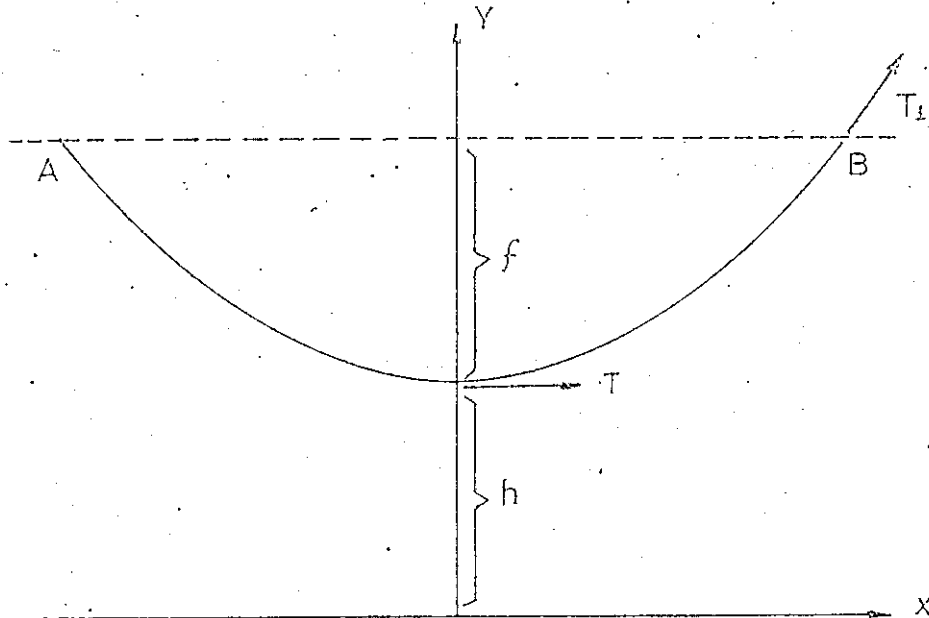


FIG. 4

(REF:8)

$$f = y - h$$

$$y - h = \frac{x^2}{2h}$$

x será el valor correspondiente al semivano.

$$x = l/2$$

Si sustituimos $l/2$ por x y T/p por h tenemos :

$$f = \frac{x^2}{2h} = \frac{l^2}{4} \cdot \frac{p}{2T} = \frac{l^2 p}{8 T}$$

f = Flecha del conductor en metros

l = Longitud del vano en metros

p = Peso y carga de un metro de conductor en Kgr.

T = Tensión del conductor en el punto de flecha máxima, en Kgr.

La tensión en el extremo de sujeción es mayor que la tensión en el punto mínimo y ambas tensiones están relacionadas por la fórmula : (Ref. 8)

$$T_1 - T = p \cdot f \quad (2.19)$$

Para deducir la ecuación de estado se considerará que las dos tensiones son iguales T_1 , T y emplearemos la siguiente notación:

f = Flecha en metros

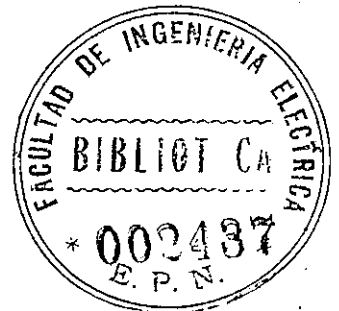
l = Vano en metros

L = Longitud del arco de parábola correspondiente al vano l en metros.

δ = Peso en Kgr/m/mm² del cable (o peso aparente en caso de sobrecarga).

α = Coeficiente de dilatación lineal

E = Módulo de elasticidad



t_f y t_i = Temperaturas para los estados final e inicial respectivamente en $^{\circ}\text{C}$.

L_f y L_i = Longitudes del cable en metros, correspondientes a las temperaturas anteriores.

σ_f , σ_i = Fatigas de conductor correspondiente a los estados final e inicial en Kgr/mm^2 .

p = Presión del viento sobre un metro de conductor en Kgr.

W = Peso de un metro de conductor en Kgr.

La variación de longitud del conductor, correspondiente a una variación de temperatura $t_f - t_i$ y a una fatiga $\sigma_f - \sigma_i$, tiene por expresión del coeficiente de dilatación lineal, α , suponiendo que las deformaciones son elásticas, de modo que se pueda aplicar la Ley de Hook : (Ref. 8)

$$L_f - L_i = L \alpha (t_f - t_i) + \frac{L(\sigma_f - \sigma_i)}{E} \quad (2.20)$$

Por otra parte, tenemos que :

$$L_f - L_i = \frac{l^3}{24} \left[\frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2} - \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2} \right] \quad (2.21)$$

Iguando los segundos términos o miembros de las ecuaciones anteriores tenemos :

$$L \alpha (t_f - t_i) + \frac{L(\sigma_f - \sigma_i)}{E} = \frac{l^3}{24} \left[\frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2} - \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2} \right]$$

Si admitimos que L difiere muy poco de l , podemos dividir al primer miembro por L y al segundo por l y obtenemos :

$$\alpha (t_f - t_i) + \frac{\sigma_f - \sigma_i}{E} = \frac{l^2}{24} \left[\frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2} - \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2} \right]$$

y puesto que : (Ref. 8)

$$\delta f = qf \times \delta \quad (2.22)$$

$$\delta i = qi \times \delta \quad (2.23)$$

$$q = \frac{\sqrt{p^2 + w^2}}{w} \quad (2.24)$$

$$\sigma_F^3 + \sigma_F^2 \left[\alpha E (t_f - t_i) - \sigma_i + \frac{l^2 \int^2 q i^2 E}{24 \sigma_i^2} \right] = \frac{l^2 \int^2 q f^2 E}{24}$$

$$\sigma_F^2 \left[\sigma_F + \alpha E (t_f - t_i) - \frac{\sigma_i}{\sigma_i^2} + \frac{l^2 \int^2 \times q i^2 E}{\sigma_i^2 \times 24} \right] = \frac{l^2 \int^2 q f^2 E}{24}$$

Si ponemos que : (Ref. 4)

$$K = \sigma_i - \frac{l^2 \int^2 q i^2 E}{24 \sigma_i^2}$$

$$B = \frac{l^2 \int^2 q f^2 E}{24}$$

$$t = t_f - t_i$$

$$q = \frac{\sqrt{p^2 + w^2}}{w}$$

$$\sigma_F^2 \left[\sigma_F - (K - \alpha t E) \right] = B \quad (2.25) (\text{Ref.4})$$

Que es la ecuación para cambios de estado.

CALCULO DE LA FATIGA PARA EL CONDUCTOR 2/0 PARA UN VANO DE 100 -

METROS.-- Para el conductor 2/0 y los estados básicos I y II el vano crítico resultó ser de 120,4 metros, por lo tanto, para el vano de 100 metros el estado crítico será el estado I.

CALCULO DE LAS FATIGAS PARA EL ESTADO II.

$t_i = 5^{\circ} C.$

$t_f = 5^{\circ} C.$

$\sigma_i = 10,17 \text{ Kgr/mm}^2$

$P = 39,84 \times 11,34 \times 10^{-3}$

$P = 0,45179 \text{ Kgr/m.}$

$q_i = 1$

$q_f = \frac{\sqrt{0,45179^2 + 0,274^2}}{0,274} = 1,9284$

$\delta = \frac{0,274}{78,7} = 3,481 \times 10^{-3} \text{ Kgr/m} \times \text{mm}^2$

$t = -5 (-5) = 10^{\circ} C.$

$B = \frac{100^2 \times 3,481^2 \times 10^{-6} \times 1,9284^2 \times 8.000}{24 \times 10,17^2} = 150,2054 \text{ Kgr}^3/\text{mm}^6$

$\alpha tE = 19,1 \times 10^{-6} \cdot x 10 \times 8.000 = 1.528$

$\sigma_f^2 [\sigma_f - (9,779 - 1.528)] = 150,2054$

$\sigma_f^2 [(\sigma_f - 8,251)] - 150,2054 = 0$

$\sigma_f 2/0 = 9,81 \text{ Kgr/mm}^2$

$\sigma_f 1/0 = 10,1 \text{ Kgr/mm}^2$

$\sigma_f 3/0 = 9,4 \text{ Kgr/mm}^2$

$\sigma_f 2 = 10,93 \text{ Kgr/mm}^2$

CALCULO DE FATIGAS PARA EL ESTADO III.

$t = 45^{\circ} - (-5^{\circ}) = 50^{\circ}$

$q_i = 1$

$$qf = 1$$

$$B = \frac{100^2 \times 3,481^2 \times 10^{-6} \times 1 \times 8.000}{24} = 40,3912 \text{ Kgr}^3/\text{mm}^6$$

$$K = 10,17 - \frac{100^2 \times 3,481^2 \times 10^{-6} \times 1 \times 8.000}{24 \times 10,17^2} = 9,7795 \text{ Kgr}/\text{mm}^2$$

$$\alpha t E = 19,1 \times 10^{-6} \times 50 \times 8.000 = 7,64$$

$$\sigma_f^2 (\sigma_f - (9,7795 - 7,64)) = 40,3912$$

$$\sigma_f^2 (\sigma_f - 2,14) = 40,3912$$

$$\sigma_f^3 - 2,14 \sigma_f^2 - 40,3912 = 0$$

$$\sigma_{f2/0} = 4,3 \text{ Kgr}/\text{mm}^2$$

$$\sigma_{f1/0} = 4,34 \text{ Kgr}/\text{mm}^2$$

$$\sigma_{f3/0} = 4,26 \text{ Kgr}/\text{mm}^2$$

$$\sigma_{f2} = 4,55 \text{ Kgr}/\text{mm}^2$$

ECUACION PARA EL CALCULO DE FLECHAS.

Para determinar el valor de la flecha se debe tener el conductor aplicamos la siguiente fórmula :

$$f = \frac{l^2 \times \rho \times q}{8 \times \sigma} \quad (2.18) \quad (\text{Ref. 4})$$

en donde :

f = Flecha en metros

l = Longitud del vano en metros

ρ = Densidad específica del conductor en Kgr/m x mm²

σ = Fatiga del conductor en Kgr/mm²

$$q = \frac{\sqrt{p^2 + w^2}}{w}$$

p = Presión del viento sobre un metro de conductor en Kgr.

w = Peso de un metro de conductor en Kgr.

CALCULO DE LAS FLECHAS PARA EL CONDUCTOR 2/O ACSR. PARA UN VANO DE 100 METROS.

ESTADO I.

$$f = \frac{100^2 \times 3,481 \times 10^{-3} \times 1}{8 \times 10,17} = 0,4278 \text{ m.}$$

ESTADO II.

$$f = \frac{100^2 \times 3,481 \times 1,92 \times 10^{-3}}{8 \times 9,81} = 0,85 \text{ m.}$$

ESTADO III.

$$f = \frac{100^2 \times 3,481 \times 10^{-3}}{8 \times 4,3} = 1,012 \text{ m.}$$

2.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS.

Distancia entre conductores .- Para determinar la distancia entre conductores adoptamos el criterio por flecha, cuya fórmula es la siguiente :

$$D = K \sqrt{f + l_c} + \frac{V_n}{150} \quad (2.26) \quad (\text{Ref.9})$$

D = Distancia entre conductores en metros

f = Flecha en metros

l_c = Longitud de la cadena, para nuestro caso tomaremos igual a cero.

V_n = Tensión entre líneas en Kv.

K = Coeficiente que depende de la sección del conductor y del ángulo de inclinación del conductor por efecto del viento máximo.

ANGULO DE INCLINACION Y FACTOR K.

(Ref. 9)

Para una determinada posición de los conductores y para una cierta inclinación de ellos tenemos un valor correspondiente para K , los valores que puede tomar K están especificados en el cuadro siguiente :

TABLA # 2

ANGULO DE INCLINACION DEL CONDUCTOR CON VIENTO MAX	GRADOS	MAYOR DE 65°	DE 55° A 65°	DE 40° A 55°	40° Y MENOR
CONDUCTORES COLOCADOS UNO ENCIMA DE OTRO	FACTOR K	0,95	0,85	0,75	0,7
CONDUCTORES EN ..	FACTOR K	0,75	0,7	0,65	0,62
CONDUCTORES AL MISMO NIVEL	FACTOR K	0,7	0,65	0,62	0,6

CALCULO DE LA DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES 2/O PARA UN VANO DE ...

100 METROS.

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\text{sobre carga del viento}}{\text{peso propio por metro de conductor}} \quad (2.27) \text{ (Ref.9)}$$

α = ángulo de inclinación

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,45179 \text{ Kgr/m}}{0,274 \text{ Kgr/m}}$$

$$\text{tg } \alpha = 1,648$$

$$\alpha = 58,7^\circ$$

El valor de K que tomamos es 0,7 ya que en este estudio los conductores se dispondrán en \triangle equilátero.

$$D = 0,7 \times \sqrt{1,012 + 0} + \frac{13,8}{150}$$

$$D = 0,7 \times 1,006 + 0,092$$

$$D = 0,7962 \text{ metros}$$

Se adoptará entonces 0,7962 metros como la distancia mínima entre conductores 2/0 para el vano de 100 metros.

DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES Y EL TERRENO.

Para determinar la distancia entre los conductores y el terreno utilizamos la siguiente fórmula :

$$d = 5,3 + \frac{V}{150} \quad (2.28) \text{ (Ref.9)}$$

d = Distancia entre conductor más bajo y el terreno.

V = Voltaje entre fase en Kv.

$$d = 5,3 + \frac{13,8}{150}$$

$$D = 5,3 + 0,092 = 5,392 \text{ metros.}$$

LONGITUD DE LA CRUCETA.

Para determinar la longitud de la cruceta únicamente se tomará en cuenta la distancia mínima existente entre conductores, tal es así que para el conductor 2/0, vano de 100 metros, estructura de suspensión y disposición en \triangle equilátero, la longitud de la cruceta será de un metro como se demuestra en el gráfico 5

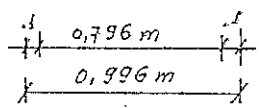
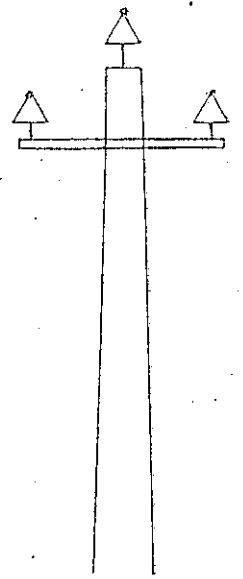


FIG:5

Para las estructuras terminales y ángulos la disposición de conductores será horizontal por lo tanto para el conductor 2/0, vano de 100 metros, la longitud de la cruceta deberá ser de 1,8 metros, como se indica a continuación :

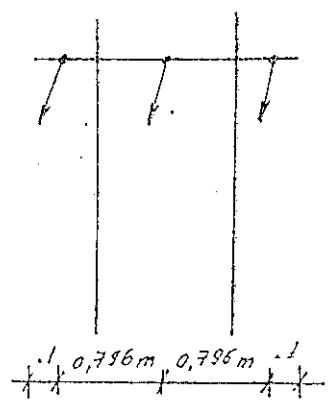


FIG:6

CALCULO DE LOS POSTES DE HORMIGON.

Ecuaciones utilizadas : (Ref. 4)

$$T_t = d_c \times l \times p + 2 F \text{ Sen } (\beta/2) \quad (2.29)$$

$$T_n = d_n \times l \times p + 2 F \text{ Sen } (\beta/2) \quad (2.30)$$

$$P_v = C K \frac{v^2}{16}$$

$$h = \frac{H}{3} \times \frac{(B + 2b)}{(B + b)} \quad (2.31)$$

$$l_e = 0,5 + \frac{L}{10} \quad (2.32)$$

SIGNIFICADO DE LOS SIGNOS ALGEBRAICOS.

T_t = Carga transversal por viento y ángulo del conductor de fase en Kgr.

T_n = Carga transversal por viento y ángulo del conductor neutro en Kgr.

d_c = Diámetro del conductor de fase en metros.

d_n = Diámetro de conductor neutro en metros.

l_e = Longitud de empotramiento del poste.

l = Longitud del vano en metros.

p = Presión del viento sobre los conductores en Kgr/m^2 .

F = Máxima tensión del trabajo del conductor en Kgr.

β = Angulo que puede soportar la estructura, 1° para estructuras de suspensión.

P_v = Presión del viento sobre la estructura Kgr/m^2 .

c = Coeficiente desuniformidad del viento en el vano

- C = su valor es 1 para el caso de soportes accesorios, aisladores.
- K = Coeficiente aerodinámico que vale 1,1 para este caso.
- L = Longitud total del poste.
- v = Velocidad del viento en m/seg.
- h = Punto de aplicación de la fuerza del viento.
- B = Ancho del poste a la altura de empotramiento.
- b = Ancho del poste en la punta.
- H = Altura exterior del poste.

CALCULO DEL POSTE DE SUSPENSION PARA UN VANO DE 100 METROS 2/0.

Flecha = 1,012 mts.

Distancia entre conductores = 0,796 mts.

Conicidad del poste = 1,5 cm/metro. (Ref. 10)

Ancho del poste en la punta = 14,5 cm.

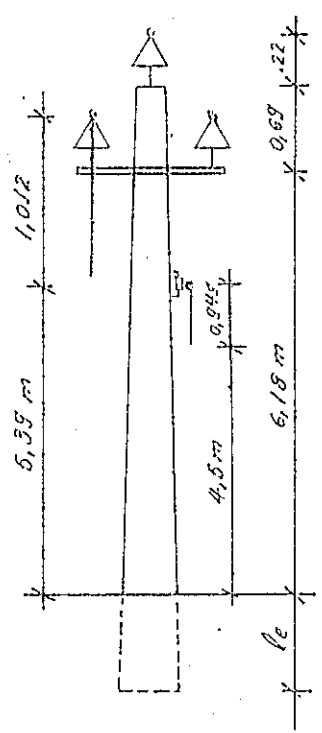


fig. 7

Altura total del poste.

$$L = \frac{10}{9} (H + 0,5) \quad (2.33) (Ref.4)$$

$$L = \frac{10}{9} (6,87 + 0,5)$$

$$L = 8,18 \text{ metros}$$

Ancho del poste a la altura de empotramiento

$$B = 14,5 + 1,5 \times 6,87$$

$$B = 24,8 \text{ cm.}$$

Área expuesta al viento

$$A_v = \frac{(B + b)}{2} \times 6,87 \quad (2.34)$$

$$A_v = \frac{(0,145 + 0,248)}{2} \times 6,87$$

$$A_v = 1,35 \text{ m}^2.$$

Carga transversal del conductor de fase :

$$T_t = 0,01134 \times 100 \times 39,84 + 2 \times 0,33 \times 2,425 \times 0,872 \times 10^{-2}$$

$$T_t = 59,13 \text{ Kgr.}$$

$$T_n = 0,008 \times 100 \times 39,84 + 2 \times 0,33 \times 1,265 \times 0,872 \times 10^{-2}$$

$$T_n = 39,17 \text{ Kgr.}$$

Presión del viento

$$P_v = 1,1 \times \frac{25^2}{16} = 43 \text{ Kgr/m}^2$$

Presión del viento sobre el poste $P_p = 43 \times 1,35 = 58 \text{ Kgr.}$

Punto de aplicación de la fuerza del viento.

$$h = \frac{6,872}{3} \frac{(24,8 + 29)}{(24,8 + 14,5)}$$

$$h = 3,135 \text{ m.}$$

Valor de la fuerza resultante a 0,25 m. del extremo superior del poste :

$$R \times (6,872 - 0,25) = 59,13 (6,87 + 2 \times 6,18) + 39,17 \times 5,45 + 58 \times 3,135.$$

$$R \times 6,62 = 1.137 + 213,47 + 181,54$$

$$R = 231,4 \text{ Kgr.}$$

El poste adecuado para este vano resulta ser el poste de 250 Kgr. de resistencia útil y 8,5 metros de altura.

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS PARA ÁNGULOS Y TERMINALES, VANO DE 100 METROS CONDUCTOR 2/0.

El cálculo de estos postes lo haremos en estructuras H formada por dos postes de hormigón, con el objeto de hacer en ellos las retenciones de líneas. En estas estructuras serán colocadas tensores a cada lado de las líneas para ayudar al poste a soportar las tensiones de los conductores, de tal forma que en cálculo a realizarse, únicamente se tomarán en cuenta las cargas transversales debidas al viento.

El ángulo de desviación a considerarse será de 15° , por cuanto en el trazado de la línea los ángulos son menores de 15° .

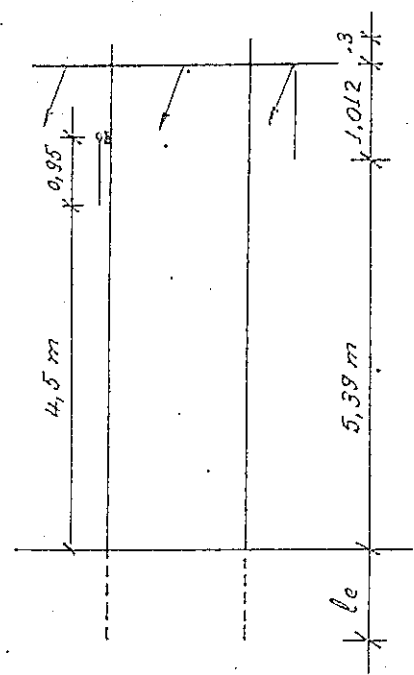
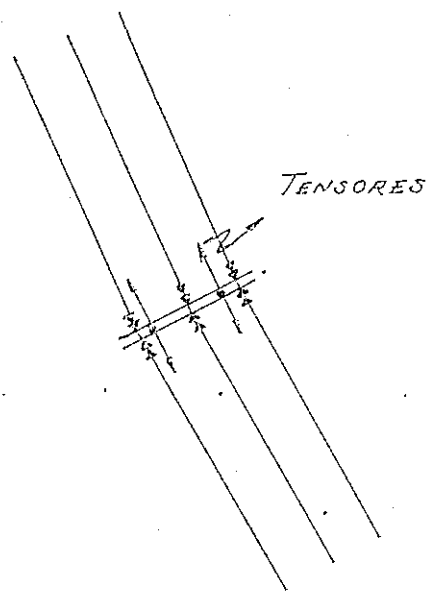


FIG: 8

FIG: 9

$$Tt = 0,01134 \times 100 \times 39,84 + 2 \times 0,33 \times 2.425 \times 0,13$$

$$Tt = 253,17 \text{ Kgr.}$$

$$Tn = 0,008 \times 100 \times 39,84 + 2 \times 0,33 \times 1.265 \times 0,13$$

$$Tn = 140,44 \text{ Kgr.}$$

Longitud del poste :

$$L = \frac{10}{9} (6,7 + 0,5)$$

$$L = 8 \text{ metros.}$$

Ancho del poste a la altura de empotramiento :

$$B = 14,5 + 1,5 \times 6,7$$

$$B = 24,55 \text{ cm.}$$

Area expuesta al viento :

$$A_v = \frac{(0,145 + 0,245)}{2} \times 6,7$$

$$A_v = 1,3 \text{ m}^2.$$

Presión del viento sobre el poste :

$$P_p = 43 \times 1,3 = 56,25 \text{ Kgr.}$$

Punto de aplicación de la fuerza del viento :

$$h = \frac{6,7}{3} \times \frac{(24,55 + 29)}{(24,55 + 14,5)} = 3,06 \text{ m.}$$

Valor de la resultante a 0,25 mts. del extremo superior del poste.

$$2 \times R (6,7 - 0,25) = 253,17 \times 6,4 \times 3 + 140,44 \times 5,45 + 3,06 \times 56,25$$

$$R = 449,45 \text{ Kgr.}$$

El poste adecuado para este vano resulta ser el poste de 475 Kgr. de resistencia útil y 8 metros de altura.

Una vez realizado el dimensionamiento de las estructuras, se presenta a continuación una tabla que incluye las especificaciones y costos de los postes de hormigón para cada uno de los vanos y los 3 conductores considerados.

2.3.3.1 Costos de estructuras
POSTES DE SUSPENSION .

CONDUCTOR	VAÑO (m)	ALTURA (m)	RESISTENCIA (Kgr)	PESO qq.	COSTO \$
1/0	80	8	250	11,3	1.835
	100	8,5	250	12,6	1.935
	120	9	250	13,6	1.975
	140	9,5	300	15	2.180
	160	10	300	16,2	2.255
	180	10,5	350	17,7	2.435
	200	11,5	400	20,7	2.745
2/0	80	8	250	11,3	1.835
	100	8,5	250	12,6	1.935
	120	9	300	15	2.075
	140	9,5	300	15	2.180
	160	10	350	16,5	2.355
	180	10,5	400	18,2	2.555
	200	11,5	400	20,7	2.745
3/0	80	8	250	11,3	1.835
	100	8,5	250	12,6	1.935
	120 ^b	9	300	15	2.075
	140	9,5	350	15,3	2.270
	160	10	350	16,5	2.355
	180	10,5	400	18,2	2.555
	200	11,5	400	20,7	2.745

TABLA # 3

(Ref. 10)

POSTES PARA REFERENCIA Y ANGULOS.

CONDUCTOR	VAÑO (m)	LONGITUD (m)	RESISTENCIA (Kgr)	PESO (qq)	COSTO (\$/)
1/0	80	8	400	12,2	2.075
	100	8	400	12,2	2.075
	120	8,5	400	13,2	2.175
	140	9	475	14,5	2.745
	160	9,5	475	15,6	2.860
	180	10	475	16,6	2.960
	200	10,5	475	18,2	3.100
2/0	80	8	475	12,2	2.520
	100	8	475	12,2	2.520
	120	8,5	475	13,2	2.635
	140	9	500	14,6	2.435
	160	9,5	500	15,9	2.540
	180	10	575	17,3	3.150
	200	10,5	575	18,7	3.450
3/0	80	8	575	12,5	2.655
	100	8	575	12,5	2.655
	120	8,5	575	13,8	2.795
	140	9	575	14,9	2.935
	160	9,5	575	16,2	3.075
	180	10	575	17,3	3.150
	200	10,5	575	18,7	3.450

TABLA # 4 (Ref. 10)

Con los datos anteriores y considerando los costos de mano de obra-transporte, accesorios, etc., establecemos entonces los costos para cada tipo de estructura.

ESTRUCTURAS DE SUSPENSION .CONDUCTOR 1/0 .

VANO	CANTIDAD	COSTO C/POSTE \$	COSTO TRANSPORTE \$	COSTO EREC- CION Y ARMADO \$	COSTO ACCE- SORIOS. \$	COSTO ES- TRUCTURA \$	COSTO TOTAL \$
80	354	1.835	500	450	1.798	4.583	1'622.382
100	283	1.935	630	475	1.808	4.848	1'371.984
120	236	1.975	730	500	1.819	5.024	1'185.664
140	202	2.180	870	550	1.929	5.429	1'096.658
160	177	2.255	1.000	600	1.840	5.695	1'008.015
180	157	2.455	1.150	650	1.860	6.095	956.915
200	142	2.745	1.450	750	1.880	6.825	969.150

CONDUCTOR 2/0

80	354	1.835	500	450	1.798	4.583	1'622.382
100	283	1.935	630	475	1.808	4.848	1'371.984
120	236	2.075	870	500	1.819	5.264	1'242.304
140	202	2.180	870	550	1.829	5.429	1'096.658
160	177	2.355	1.030	600	1.840	5.825	1'031.025
180	157	2.555	1.200	650	1.860	6.265	983.605
200	142	2.745	1.450	750	1.880	6.825	969.150

CONDUCTOR 3/0

80	354	1.835	500	450	1.798	4.583	1'622.382
100	283	1.935	630	475	1.808	4.848	1'371.984
120	236	2.075	870	500	1.819	5.264	1'242.304
170	202	2.270	900	550	1.829	5.549	1'120.898
160	177	2.355	1.040	600	1.840	5.835	1'032.795
180	157	2.555	1.200	650	1.860	6.265	983.605
200	142	2.745	1.450	750	1.880	6.825	969.150

TABLA # 5

ESTRUCTURAS DE RETENCION Y ANGULOS.CONDUCTOR 1/0

VANO	CANTIDAD	COSTO C/POSTE \$	COSTO 2 POSTES \$	COSTO TRANS- PORTE. \$	COSTO EREC- CION Y ARMA \$	COSTO AC- CESORIOS \$	COSTO ESTRUC- TURA. \$	COSTO TOTAL \$
80	18	2.075	4.150	1.200	1.500	10.218	17.068	307.224
100	18	2.075	4.150	1.200	1.500	10.302	17.152	308.736
120	18	2.175	4.350	1.400	1.550	10.468	17.768	319.824
140	18	2.745	5.490	1.640	1.600	10.535	19.265	346.770
160	18	2.860	5.720	1.860	1.700	10.602	19.882	357.876
180	18	2.960	5.920	2.060	1.800	10.700	20.480	368.640
200	18	3.100	6.200	2.400	1.900	10.800	21.300	383.400

CONDUCTOR 2/0

80	18	2.520	5.040	1.200	1.500	10.235	17.975	323.550
100	18	2.520	5.040	1.200	1.500	10.302	18.042	324.756
120	18	2.635	5.270	1.400	1.550	10.468	18.688	336.384
140	18	2.435	4.870	1.660	1.600	10.535	18.665	335.970
160	18	2.540	5.080	1.920	1.700	10.602	19.302	347.436
180	18	3.150	6.300	2.200	1.800	10.700	21.000	378.000
200	18	3.450	6.900	2.480	1.900	10.800	22.080	397.440

CONDUCTOR 3/0

80	18	2.655	5.310	1.240	1.500	10.201	18.251	328.518
100	18	2.065	5.310	1.240	1.500	10.268	18.318	329.724
120	18	2.795	5.590	1.500	1.550	10.435	19.075	343.350
140	18	2.935	5.870	1.720	1.600	10.502	19.692	354.456
160	18	7.075	6.150	2.000	1.700	10.569	20.419	367.542
180	18	3.150	6.300	2.200	1.800	10.700	21.000	378.000
200	18	3.450	6.900	2.500	1.900	10.800	22.100	397.800

TABLA # 6

CONDUCTOR	VANO m.	COSTO ESTRUCTU RA SUSPENSION	COSTO ESTRUCTURAS DE RETENCION Y -- ANGULO.	COSTO TOTAL
1/0	80	1'622.382	307.224.	1'929.606
	100	1'371.984	308.736	1'680.720
	120	1'185.664	319.824	1'505.488
	140	1'096.658	346.770	1'443.428
	160	1'008.015	357.876	1'365.891
	180	956.915	368.640	1'325.555
	200	969.150	383.400	1'352.550
2/0	80	1'622.382	323.550	1'945.932
	100	1'371.984	324.756	1'696.740
	120	1'242.304	336.384	1'578.688
	170	1'096.658	335.970	1'432.628
	160	1'031.025	347.436	1'378.461
	180	983.605	378.000	1'361.605
	200	969.150	397.440	1'366.590
3/0	80	1'622.382	328.518	1'950.900
	100	1'371.984	329.724	1'701.708
	120	1'242.304	343.350	1'585.654
	140	1'120.898	354.456	1'475.354
	160	1'032.795	367.542.	1'400.337
	180	983.605	378.000	1'361.605
	200	969.150	397.800	1'366.950

TABLA # 7

De estos resultados podemos deducir que el vano económico para los conductores 1/0, 2/0, 3/0 es el de 180 metros.

COSTO DEL CONDUCTOR

CONDUCTOR	COSTO / m \$	COSTO TOTAL \$
1/0	15	1'271.340
2/0	20	1'695.120
3/0	25	2'118.900
2	12	339.024

2.3.3.2

Pérdidas de Energía

Las pérdidas de energía anuales se podrían determinar exactamente, solo si consideramos las curvas de carga de días típicos en el año a considerarse, pero se puede realizar un cálculo aproximado en base al factor de carga, el mismo que lo obtenemos de una relación entre la demanda promedio y la demanda máxima.

$$F_c = \frac{\text{Demanda media (KW)}}{\text{Demanda máxima (KW)}} \quad (2.35) \quad (\text{Ref. 11})$$

Para realizar el cálculo de las pérdidas anuales de energía de la línea emplearemos el método de las horas equivalentes :

$$P_e = 3 I_{mx}^2 R h_{eq} 10^{-3} \quad (2.36) \quad (\text{Ref. 12})$$

en donde :

P_e = pérdidas de energía anuales

h_{eq} = horas equivalentes del año

R = resistencia del conductor en ohmios

I_{mx} = corriente máxima

La corriente máxima es igual a :

$$I_{mx} = \frac{P_{mx}}{\sqrt{3} \cdot K_v \cdot \cos \varphi} \quad (2.37)$$

donde :

P_{mx} = potencia máxima a transmitirse

heq = 8.760 x F (2.38)

F = 0,7 (Fc)² + 0,3 Fc (2.39) (Ref. 12)

El costo de la energía perdida, lo encontramos multiplicando los KWH perdidos por el costo de cada KWH:

Costo (\$) / año = P_e x \$ / KWH

Cálculo de Energía Perdida

Datos a utilizarse

- (Ref. 13)

CONDUCTOR	RESISTENCIA Ω / Km	LONGITUD DE- LA LINEA (Km)	RESISTENCIA TOTAL (Ω)
1/0	0,7	28,252	19,77
2/0	0,56	28,252	15,82
3/0	0,449	28,252	12,685

El cálculo de la energía perdida, lo haremos para cada uno de los años para los que fue proyectada la línea, considerando una potencia promedia entre la inicial y final de cada uno de ellos, según la proyección de la demanda del capítulo I. A continuación se presentan tabulados estos resultados. :

AÑO	POTENCIA KW	Imx Amp	F	Heq	Pe 1/0 K W H	Pe 2/0 K W H	Pe 3/0 K W H
1.980	318	16,6	0,325	2847	46806	37454	30.032
1.981	356	18,6	0,335	2934	60453	48374	38.788
1.982	399	20,9	0,305	2671	69196	55370	44.398
1.983	447	23,4	0,306	2680	87025	69638	55.838
1.984	500	26,2	0,307	2689	109470	87598	70.239
1.985	550	28,8	0,276	2417	118896	95141	76.287
1.986	594	31,1	0,276	2417	138650	110948	88.962
1.987	641	33,5	0,304	2663	177843	142310	114.109
1.988	693	36,2	0,325	2847	222213	177816	142.578
1.989	748	39,1	0,335	2934	266765	213466	171.164
1.990	800	41,9	0,345	3022	314377	251561	201.713
1.991	848	44,4	0,366	3206	374781	299901	240.470
1.992	900	47,1	0,375	3285	432530	346111	277.523
1.993	953	49,9	0,375	3285	485135	388206	311.276
1.994	1.010	52,9	0,375	3285	544754	435913	349.529

TABLA # 8

COSTO DE ENERGIA PERDIDA

AÑO	COSTO KWH S/	COSTO 1/0 S/	COSTO 2/0 S/	COSTO 3/0 S/
1.980	1,243	58.179	46.555	37.329
1.981	1,287	77.803	62.257	49.920
1.982	1,331	92.099	73.697	59.093
1.983	1,375	119.659	95.752	76.777
1.984	1,418	155.228	124.214	99.598
1.985	1,462	173.826	139.096	111.532
1.986	1,506	208.806	167.087	133.977
1.987	1,550	275.656	220.580	176.869
1.988	1,593	353.985	283.260	227.127

AÑO	COSTO KWH \$/	COSTO 1/0 \$/	COSTO 2/0 \$/	COSTO 3/0 \$/
1.989	1,637	436.694	349.443	280.195
1.990	1,681	528.467	422.880	339.079
1.991	1,725	646.497	517.329	414.810
1.992	1,768	764.713	611.924	490.660
1.993	1,812	879.064	703.429	564.032
1.994	1,856	1'011.063	809.054	648.725

TABLA # 9

Todos los gastos anuales por pérdida de energía traemos al valor presente mediante la fórmula del interés compuesto :

$$C_f = C_i (1 + i)^n \quad (2.40) \quad (\text{Ref. 6})$$

donde :

i = interés anual (4 %)

n = número de años

C_f = valor final

C_i = valor presente

y obtenemos 3'758.176 sucres para el conductor 1/0, 3'007.297 sucres para el conductor 2/0, 2'411.348 sucres para el conductor 3/0

2.3.3.3

C O S T O D E L A L I N E A

Tipo de conductor	1/0	2/0	3/0
Costo de instalación	1'325.555	1'361.605	1'361.605
Costo del conductor de fase	1'271.340	1'695.120	1'118.900
Costo del conductor neutro	339.024	339.024	339.024

Costo de pérdida de energía	3'758.176	3'007.297	2'411.348
Mantenimiento de la línea	147.380	147.380	147.380
Costo total de la línea	6'841.475	6'550.426	6'378.257

TABLA # 10

Del resultado anterior vemos que el conductor económico para realizar la construcción de la línea es el # 3/0 ACSR y por consiguiente vamos a proceder a realizar el cálculo de la regulación de tensión para el mencionado conductor.

2.3.3.4 REGULACION DE LA TENSION.- CONDUCTOR 3/0 ACSR.

Según la fórmula 2.10 tenemos que la presión del viento es :

$$p = c \cdot K \frac{v^2}{16}$$

$$p = 0,85 \times 1,1 \times \frac{25^2}{16}$$

$$p = 36,52 \text{ Kgr/m}^2$$

Para un diámetro de 12,75 mm. la presión del viento en Kgr/m será :

$$P_v = 36,52 \times 0,01275$$

$$P_v = 0,465 \text{ Kgr/m}$$

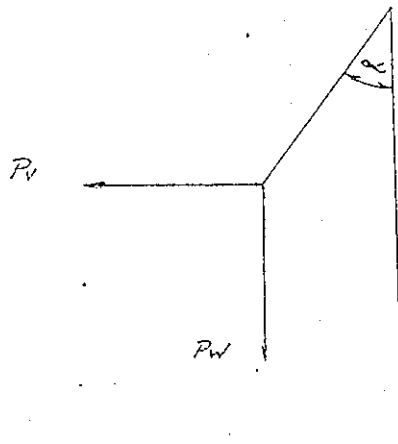


FIG: 10

De la fórmula 2.27 tenemos que :

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{P_v}{P_w} = \tan^{-1} \frac{0,465}{0,342}$$

$$\alpha = 53,6^\circ$$

Para $\alpha = 53,6^\circ$ tenemos que $K = 0,65$ (Ref. 9)

Distancia entre conductores : (Ref. 9)

$$D = K \sqrt{f} + \frac{V_m}{150}$$

$$D = 0,65 \sqrt{2,55} + \frac{13,8}{150}$$

$$D = 1,129 \text{ m.}$$

Aproximamos la distancia entre conductores a 1,15 metros

$$X_a = 0,621 \text{ } \Omega/\text{milla} \quad (\text{ Ref. 13 })$$

$$X_d = 0,158 \text{ } \Omega/\text{milla}$$

$$X_t = 0,779 \times \frac{1}{1,609} \frac{\Omega}{\text{Km}} = 0,484 \text{ } \Omega/\text{Km.}$$

$$R = 0,449 \text{ } \Omega/\text{Km.}$$

$$Z = R + j X$$

$$Z = 0,449 + j 0,484$$

$$Z = 0,659 \angle 47,14^\circ \text{ } \Omega/\text{Km}$$

Porcentaje de regulación :

$$\% \text{ Reg.} = (R \cos \phi_r - X \text{ Sen } \phi_r) \times 100 \times \frac{I}{E} \quad (2.41) \text{ (Ref.4)}$$

donde :

$$\cos \phi_r = \text{factor de potencia} = 0,85$$

$$R = 0,449 \Omega/\text{Km.}$$

$$X = 0,484 \Omega/\text{Km.}$$

$$\text{Sen } \phi_r = 0,5267$$

$$I = \text{corriente (A)}$$

$$E = \text{tensión del sistema (V)}$$

$$\% \text{ Reg} = (0,449 \times 0,85 - 0,484 \times 0,5267) \times 100 \times \frac{I}{E}$$

$$\% \text{ Reg} = 12,6 \times \frac{I}{E} \approx 1,58 \times 10^{-3} \times I \quad \%/ \text{Km}$$

A continuación pueden verse los resultados de regulación para los años : 1.980, 1.985, 1.990.

Regulación para el año 1.980

$$\% \text{ Reg} = 1,58 \times 10^{-3} \times 28,252 \times 16,6 = 0,74 \%$$

Regulación para el año 1.985

$$\% \text{ Reg} = 1,58 \times 10^{-3} \times 28,252 \times 28,8 = 1,285 \%$$

Regulación para el año 1.990

$$\% \text{ Reg} = 1,58 \times 10^{-3} \times 28,252 \times 41,9 = 1,87 \%$$

2.3.3.5 CALCULO DE LA CATENARIA PARA EL CONDUCTOR 3/O ACSR

Para realizar este cálculo utilizaremos la fórmula 2.18 que es la ecuación de la parábola :

$$f = \frac{l^2 \times \sigma \times q}{8 \times \sigma}$$

donde :

f = flecha en metros

l = longitud del vano en metros

σ = densidad específica del conductor en Kgr/m x mm²

σ = fatiga del conductor en Kgr/mm²

q = l para el estado III

Si consideramos valores para diferentes vanos obtenemos los siguientes resultados :

Vano (m)	fatiga (Kgr/m x mm ²)	flecha (m)
100	4,32	1,044
120	4,63	1,33
140	4,89	1,72
160	5,25	2,08
180	5,49	2,53
200	5,7	3,01
250	6,32	4,25
300	6,8	5,69
400	7,5	9,18

Con los resultados obtenidos podemos dibujar la Catenaria, con la cual se realizará la ubicación de las estructuras en el plano de perfil (ver en planos).

2.4 PROTECCION DE LA LINEA.

2.4.1 PROTECCION DE LA LINEA PARA SOBRECORRIENTES.

La protección de la línea, se realizará en base de la coordinación de un reconectador y cintas fusibles, localizadas como se indica en el diagrama unifilar de la fig. 11.

El estudio de la protección se hará considerando las corrientes de carga del 1er. año de instalación. Para los años posteriores se realizará algunos cambios en el equipo de protección que indicaremos posteriormente. Cabe también indicar que existe una derivación trifásica de la línea que alimentará al sector llamado San Pablo y que se encuentra junto a la línea de subtransmisión San Miguel - Chillanes, la longitud del ramal es de aproximadamente 300 metros y la potencia a instalarse inicialmente es de 50 Kw. potencia que está incluida dentro de la proyección de la demanda que sirvió para el cálculo de la línea. Como en el punto B. existe una bifurcación y siendo las potencias de los ramales relativamente bajas, se han especificado como protección los fusibles F1 y F2.

DIAGRAMA UNIFILAR.

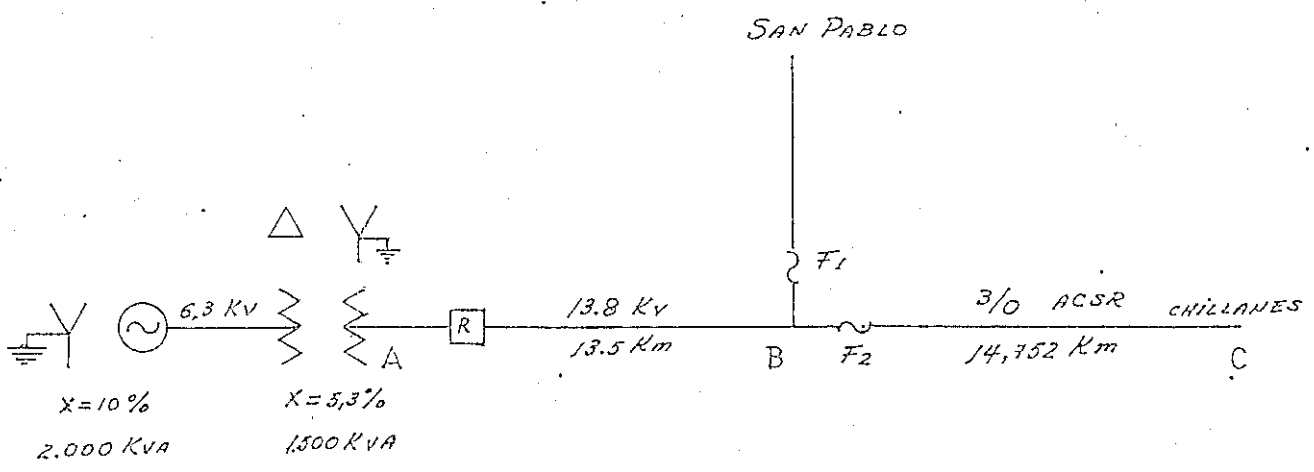


FIG: 11

SELECCION DEL RECONECTADOR Y FUSIBLES.

Para la selección del reconectador debemos considerar los siguientes factores : (Ref. 14)

- a) Tensión del sistema
- b) Máxima corriente de falla disponible en el sitio de localización del reconectador.
- c) Máxima corriente de carga
- d) Mínima corriente de falla dentro de la zona a ser protegida por el reconectador.
- e) Coordinación con otros equipos de protección.

La coordinación del reconectador se hará con las cintas fusibles antes mencionadas, calibrado para 2 operaciones rápidas y 2 operaciones lentas, que es cuando se consigue la máxima coordinación, la primera apertura permitirá despejar el 80% de las fallas, con la 2a. apertura se conseguirá el 10% y antes de la 3ra. operación la cinta fusible deberá fundirse, despejando las fallas permanentes.

Las reglas que debemos tener en cuenta para usar las cintas fusibles como protección en el lado de la carga de los reconectores con las siguientes : (Ref. 14).

1o.- Para todo valor de corriente de falla, en la sección protegida por la cinta fusible, el tiempo de fusión de la cinta, debe ser más grande que el tiempo de apertura de la operación rápida del reconectador, se usan factores de multiplicación que permitan dejar un intervalo adecuado entre la curva de apertura de la operación rápida del reconectador y el tiempo de fusión de los fusibles para evitar fatigas en ellos.

La magnitud del factor de multiplicación varía con el número de operaciones rápidas y al mismo tiempo de los intervalos de cierre entre operaciones rápidas.

2o.- Para todo valor de corriente de falla posible en la sección protegida por la cinta fusible el máximo tiempo de apertura del fusible no deberá exceder al tiempo de apertura lento del reconectador. Si las curvas son muy cercanas, el reconectador puede abrir pero recerrará retornando el servicio al sistema restante. El rango de coordinación entre el reconectador y los fusibles está fijado por las dos reglas antes mencionadas. La primera regla establecerá entonces la corriente de coordinación máxima y la segunda regla establece la corriente de coordinación mínima; la corriente máxima está dada por la intersección de la curva de fusión mínima del fusible y la curva obtenida del producto de la curva de apertura rápida del reconectador por el factor de multiplicación; el punto mínimo es la intersección de la curva de apertura máxima del fusible con la curva lenta del reconectador. Si la curva máxima del fusible no intercepta la curva lenta del reconectador el punto mínimo será la corriente mínima de apertura del reconectador.

CALCULO DE LAS CORRIENTES DE FALLA.

DATOS A UTILIZARSE.

Para una operación de los conductores de 3,7 pies :

$$X_1 = X_2 = 0,4847 \ \Omega/\text{Km} \quad (\text{Ref. 13})$$

$$R = 0,4493 \ \Omega/\text{Km}.$$

$$X = 1,551 \ \Omega/\text{Km}. \quad (\text{Ref. 14})$$

$$R = 0,885 \ \Omega/\text{Km}.$$

Los valores de corrientes de falla vienen dados por las fórmulas:

$$I_1 = \left| \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \right| \quad (2.42) \quad (\text{Ref. 14})$$

$$I_2 = \left| \frac{\pm j 3 V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \right| \quad (2.43)$$

$$I_3 = \left| \frac{3 V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \right| \quad (2.44)$$

donde :

X_1 = reactancia de la línea en secuencia positiva

X_2 = reactancia de secuencia negativa

X = reactancia de secuencia cero.

R = resistencia de la línea

R = reactancia de secuencia cero

I_1 = corriente de falla trifásica

I_2 = corriente de falla línea - línea

I_3 = corriente de falla línea a tierra

V_f = voltaje de fase

Z_1 = impedancia de secuencia positiva

Z_2 = impedancia de secuencia negativa

Z_0 = impedancia de secuencia cero

Z_f = impedancia de falla (consideramos igual a 0).

VALORES POR UNIDAD.

(Ref. 14)

Para poner los valores de impedancia por unidad, nos imponemos las siguientes bases :

$$KVA_B = 2.000KVA.$$

$$KV_B = 6,5 Kv. y 13,8 Kv.$$

$$Z_B = \frac{1.000 KV_B^2}{KVA_B} \quad (2.45)$$

$$Z_{B_L} = \frac{1.000 \times 13,8^2}{2.000} = 95,22 \text{ (impedancia base de la línea).}$$

Tendremos entonces las impedancias en pu :

Impedancia del generador :

$$Z_{Gpu} = j 0,1$$

Impedancia del transformador :

$$Z_{Tpu} = j0,053 \times \frac{2.000}{1.500} = j0,0706$$

Impedancia de la línea :

$$Z_{1,pu} = Z_{pu} = Z_L = \frac{(0,4493 + j0,4847)}{95,22} = 28,252$$

$$Z_L pu = 0,133 + j0,1438$$

$$Z_{o_L} = \frac{(0,885 + j1,551)}{95,22} \cdot 28,252$$

$$Z_{o_L} = 0,262 + j0,46 \text{ pu}$$

IMPEDANCIA pu VISTAS DESDE EL PUNTO "A" HACIA LA FUENTE.

	<u>Z1 = Z2</u>	<u>Zo</u>
Generador	0 + 0,1j	0
Transformador	0 + j0,0706	0 + j0,060
Total pu	0 + j0,1706	0 + j0,06

IMPEDANCIAS pu VISTAS DESDE EL PUNTO "B" HACIA LA FUENTE.

	<u>Z1 = Z2</u>	<u>Zo</u>
Generador	0 + j0,1	0
Transformador	0 + j0,0706	0 + j0,06
Línea	0,0635 + 0,0687	0,125 + j0,219
Total pu	0,0635 + j0,2393	0,125 + j0,279

IMPEDANCIAS pu VISTAS DESDE EL PUNTO "C" HACIA LA FUENTE.

	<u>Z1 = Z2</u>	<u>Z0</u>
Generador	0 + j0,1	0
Transformador	0 + j0,0706	j0,06
Línea	0,133 + j0,1438	0,262 + j0,46
Total pu	0,133 + j0,3144.	0,262 + j0,52

Luego procedemos a calcular las corrientes de falla en los puntos : A, B y C.

EJEMPLO DE CALCULO DE CORRIENTES DE FALLA PARA EL PUNTO " C "

Expresamos en ohmios las impedancias vistas desde "C" hacia la fuente : (Ref. 14)

$$Z1 = Z2 = (0,133 + j0,3144) 95,22 = 12,66 + j 29,93$$

$$Z0 = (0,262 + j0,52) 95,22 = 24,94 + j 49,5$$

$$I_1 = \frac{2000}{\sqrt{3} 13,8} = 83,67$$

Falla trifásica

$$I_f = \left| \frac{7.976,8}{12,66 + j 29,93} \right| = 246 \text{ Amp.}$$

Falla línea - línea

$$I_f = \left| \frac{j 3 \times 13.800}{2 \times 3 (12,66 + j 29,93)} \right| = 213 \text{ Amp.}$$

Falla línea a tierra

$$I_f = \left| \frac{3 \times 7.976,8}{2 (12,66 + j 29,93) + (24,94 + j 49,5)} \right| = 217 \text{ Amp.}$$

CORRIENTES DE FALLA PARA EL PUNTO " B " .

Falla trifásica

$$I_f = 340 \text{ Amp.}$$

Falla línea a línea

$$I_f = 293 \text{ Amp.}$$

Falla línea a tierra

$$I_f = 315 \text{ Amp.}$$

CORRIENTES DE FALLA PARA EL PUNTO " A "

Falla trifásica

$$I_f = 491 \text{ Amp.}$$

Falla línea a línea

$$I_f = 425 \text{ Amp.}$$

Falla línea a tierra

$$I_f = 627 \text{ Amp.}$$

En los resultados anteriores tenemos que la corriente máxima de falla que tendrá la línea será de 627 amperios y la corriente mínima será de 213 amperios. Cabe indicar que en estos valores de corriente de falla no se ha incluido el valor de la corriente nominal del sistema por tener un valor pequeño. Ubicamos entonces los valores de corrientes de falla mínima así como las corrientes de carga para el 1er. año de funcionamiento de la línea, como se indica en el gráfico. 12.

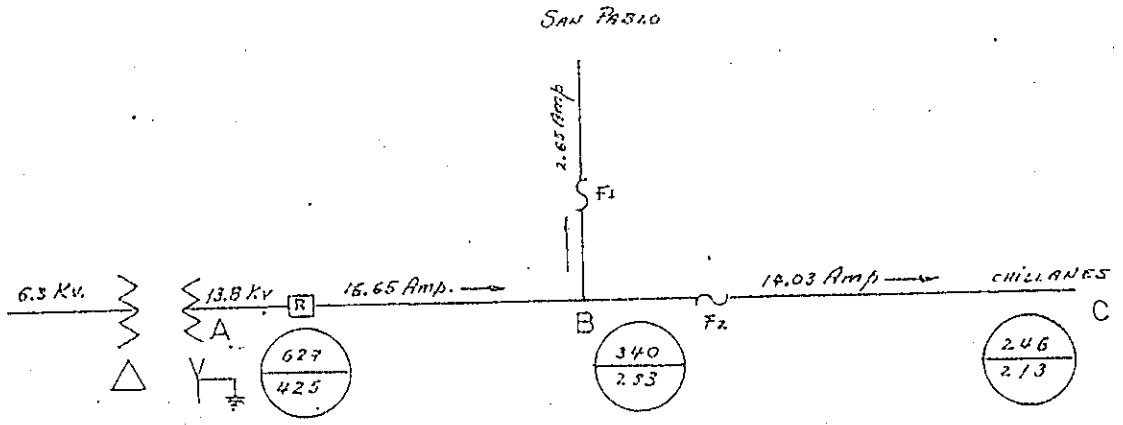


Fig: 12

Con los datos obtenidos, nosotros podemos seleccionar el tipo de reconectador, y escogemos el reconectador tipo 6H similar al de Mc Graw Edison cuyas características son las siguientes:

Mínima corriente de apertura	200 amperios	(Ref.14)
Máxima corriente de apertura	2.000 amperios	
Capacidad de la bobina serie	100 amperios	
Nivel básico de aislamiento	110 Kv.	
Número de operaciones totales	2 rápidas.	2 lentas.

Como se dijo anteriormente, que el estudio de protección se realizará para el primer año de funcionamiento de la línea, entonces la bobina serie deberá ser calibrada para 25 amperios y luego se cambiará esta calibración conforme aumenta la carga.

El cálculo de la coordinación del reconectador se realizará únicamente con F2, y no con F1 por cuanto la corriente que circulará por éste es muy pequeña, lo cual hace que coordine con F2 automáticamente que coordina con F1; por lo que se colocará una cinta fusible de 3 amperios tipo standart de S & C que permitirá la circulación de esa corriente y que en caso de haber una falla en la derivación F1 se fundirá despejando de esa manera cualquier falla antes de que opere el reconectador.

Para hacer la coordinación con F2 escogemos una cinta fusible de 20 amperios tipo standard de S & C. Debido a que se utilizará 2 operaciones rápidas y 2 lentas y el tiempo de recierre será de 60 ciclos, entonces el factor de multiplicación, de la curva rápida de la bobina para 25 amperios, será de 1,5 (Ref.14) Presentamos entonces un esquema de las curvas rápidas y lentas del reconectador, así como también las curvas mínima y máxima de fusión del fusible con el objeto de determinar el rango de coordinación y determinar si el fusible de 20 amperios tipo standard es el adecuado para coordinar con el reconectador antes especificado.

En el grafico # 13 podemos ver, que la corriente de coordinación máxima es 400 amperios que es mayor que la máxima corriente de falla para el punto B y que es de 340 amperios; el punto mínimo de coordinación es de 50 amperios o sea la mínima corriente de apertura del reconectador, esto se debe a que hemos escogido la curva E que mantiene una separación adecuada con la curva de fusión máxima del fusible y al no haber intersección entre ellos entonces el punto mínimo será el indicado anteriormente; de tal forma que el rango de coordinación estará entre 50 y 400 amperios, lo que quiere decir que para cualquier tipo de falla localizada entre B y C que su valor esté entre las citadas anteriormente actuará primero el reconectador mediante sus 2 operaciones rápidas con el objeto de despejar cualquier falla momentánea, y en caso de ser permanente dará paso a que fundan los fusibles dejando de esta forma organizado ese sector.

Podemos concluir entonces que F2 debe ser de 20 amperios del tipo standard y el reconectador será calibrado para 2 A 2 E.

Para cualquier falla entre A y B tendrá acción directa el reconectador, de modo que si es momentáneo la despejará o de lo contrario abrirá definitivamente, dejando sin energía la línea en su totalidad.

2.4.2 PROTECCIONES PARA SOBRE TENSIONES.

Se llaman sobre tensiones a todo aumento de tensión capaz de poner en peligro el buen servicio de una instalación. Las sobretensiones pueden producir descargas que ocasionan destrozos en el material o ser causas de otras sobretensiones, por esta razón en una instalación debe procurarse que ellas se descarguen a tierra lo más rápido posible por medio de ciertos dispositivos llamados descargadores de tensión o pararrayos.

Existen pararrayos tipo expulsión y tipo válvula, siendo este último de uso muy común en sistemas de distribución y cuyo tipo hemos escogido para la protección.

El pararrayo tipo válvula, está constituido por un explosor o espinterómetro y una resistencia no lineal en serie. El explosor está ajustado para que salte la descarga entre sus electrodos a cierta tensión llamada de encubamientos del pararrayos. La resistencia no lineal está constituida por un material que tiene la propiedad de variar su resistencia con rapidez, disminuyendo cuanto mayor es la tensión aplicada y adquiriendo un valor elevado cuando esta tensión es reducida.

SELECCION DE PARARRAYOS.

Dentro de los pararrayos tipo válvula tenemos los pararrayos tipo distribución, intermedio y estación, nosotros seleccionaremos el tipo distribución por cuanto el nivel isocerámico de la zona donde van a ser instalados es bajo, el ciclo nominal de trabajo de estos pararrayos es de 5.000 amperios.

Para hacer una selección correcta de los pararrayos seguimos los siguientes pasos : (Ref. 15)

Paso 1.-

Se determina la máxima tensión fase - fase de operación normal. Debido a que podemos variar la tensión en un 10%, la máxima tensión fase - fase puede ser asumida como 10% más que el voltaje nominal del sistema.

Paso 2.-

Se calcula la máxima tensión de falla del sistema, multiplicando el valor obtenido en el paso 1 por un coeficiente que se determina de las siguientes condiciones : (Ref. 15)

- a) Para un sistema puesto a tierra ($R_0/X_1 < 1$ o $X_0/X_1 < 3$) - el coeficiente de tierra será igual a 0,8.
- b) Para un sistema no puesto a tierra ($R_0/X_1 > 1$ o $X_0/X_1 > 3$) el coeficiente será igual a 1.
- c) Para un sistema puesto a tierra a través de una bobina supresora del arco, el coeficiente de tierra será 1,1.

Paso 3.-

Se elige una tensión normalizada igual o mayor a la obtenida en el paso 2, la siguiente tabla nos da una lista de tensiones normalizadas :

TENSIONES NOMINALES FASE TIERRA RECOMENDADOS PARA PARARRAYOS USADOS EN SISTEMAS HASTA 230 KV.

Tensión del Sistema Kv	Pararrayos Kv rms nominales		
	Sistema efectivamente puesto a tierra	Sistema puesto a tierra a través de una resistencia o aislado.	Sistema puesto a tierra a través de una reactancia.
3.3	3	4.5	4.5
6.6	6	7.5	9
11.0	10.5	12	15
13.8	12	15	18
15.0	15	18	18
18.0	15	21	21
22.0	21	24	27
30.0	27	33	36

TABLA # 11

(Ref. 15)

Procedemos entonces a realizar el cálculo de la tensión nominal del pararrayos, para nuestro caso :

a) Máxima tensión fase - fase

$$13,8 + 10\% = 15,18 \text{ Kv.}$$

b) Coeficiente de tierra del sistema 0,8

$$15,18 \times 0,8 = 12,14 \text{ Kv.}$$

c) De la tabla seleccionamos la tensión de 12 Kv.

La tensión nominal correcta del pararrayo será de 12 Kv.

3.- LISTA DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES TECNICAS.-

3.1.- LISTA DE MATERIALES POR ESTRUCTURA.-

Los tipos de estructuras a utilizarse en la construcción de la línea son: P, PP, HRR.

ESTRUCTURA TIPO P

<u>RENGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>M A T E R I A L</u>
1	1	Poste de hormigón
2	1	Cruceta de madera
3	2	Pie amigo de pletina de hierro de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ " x 27".
4	1	Abrazadera de pletina, simple, extensión punta de poste, perno de $3/4$ " con cabeza de plomo de 1".
5	1	Abrazadera de pletina, simple, para fijación de pie amigo, pletina de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ ", diámetro de 6,7" a 7,5".
6	1	Abrazadera de varilla en "U" de $5/8$ " para fijación de cruceta, diámetro de curvatura 7", longitud recta 8,7".
7	2	Perno máquina $3/8$ " x 6" para sujeción de pie amigo en cruceta.
8	2	Tuercas para perno de $3/8$ "
9	2	Arandela de hierro galvanizado de 2" x 2" x $3/16$ " con perforación de $1/2$ "
10	2	Perno largo espiga PIN, con cabeza de plomo de 1" de Ø, varilla de $5/8$ " x 1 2"
11	3	Aislador tipo espiga PIN
12	3	Alambre de atar de aluminio # 6 AWG.
13	3	Cinta de armar de aluminio de 0,05" x 0,3".

Neutro

14	1	Rack de 1 vía, con soporte de pletina de $1\frac{1}{2}$ " x $1/4$ ", pasador de $5/8$ ", <u>chaveta</u> de $1/16$ " x 1".
15	1	Aislador tipo rollo de 3" de alto similar al clase ANSI 53-4
16	1	Abrazadera de pletina, para fijación de neutro, pletina de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ ", pernos tipo carriage de $1/2$ " de \varnothing x $2\frac{1}{2}$ "; tuercas cuadradas.
17	1	Alambre de atar de aluminio # 6 AWG
18	1	Cinta de armar de aluminio de 905 " x $0,3$ ".

ESTRUCTURA TIPO PP.-

<u>RENGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>M A T E R I A L</u>
1	1	Poste de hormigón
2	2	Crucetas de madera
3	4	Pie amigo de pletina de hierro de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ " x 27"
4	4	Perno tipo máquina de $3/8$ " x 6" para sujeción de pie amigo en cruceta.
5	4	Tuercas para perno de $3/8$ "
6	4	Arandelas, cuadradas de hierro galvanizado de 2" x 2" x $3/16$ " con perforación de $1/2$ ".
7	1	Abrazadera de pletina, doble, extensión punta de poste, pernos de $3/4$ " de \varnothing con cabeza de plomo de 1".
8	1	Abrazadera de pletina, doble, para fijación de pie amigo \varnothing de abertura de 6" a 6,7", pletina de $1\frac{1}{2}$ " x $1/4$ ", pernos tipo carriage de $1\frac{1}{2}$ " x $2\frac{1}{2}$ ", tuercas cuadradas.

9	4	Pernos, espárrago, rosca corrida de 16" x 5/8".
10	12	Arandelas, de hierro galvanizado 2" x 2" x 3/16" con perforación de 11/16".
11	12	Tuercas cuadradas para perno 5/8"
12	4	Perno largo espiga PIN de 5/8" x 12" con cabeza de plomo de 1"
13	6	Aisladores tipo espiga PIN
14	6	Alambre de atar de aluminio # 6 AWG
15	6	Cinta de armar de aluminio 0,05" x 0,3"

Neutro

16	1	Rack de 1 vía, con soporte de pletina de 1 1/2" x 1/4", pasador de 5/8".
17	1	Abrazadera, pletina, simple, para fijación de neutro, Ø de abertura 7,5" a 8,3" pletina de 1 1/2" x 3/16" pernos tipo-carriage 1" x 2 1/2"
18	1	Aislador tipo rollo de 3" de alto similar al clase ANSI 53-4
19	1	Alambre de atar de aluminio # 6 AWG
20	1	Cinta de armar de aluminio 0,05" x 0,3"

ESTRUCTURA TIPO HRR.-

<u>REGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>M A T E R I A L</u>
1	2	Poste de hormigón
2	2	Crucetas de hierro " U "
3	4	Pernos espárrago de rosca corrida 16" x 5/8".
4	8	Tuercas para perno de 5/8"
5	14	Arandelas cuadradas de hierro galvanizado 2" x 2" x 3/16" con perfección de 11/16".

6	3	Pernos ojo 5/8" x 16"
7	3	Tuercas de ojo 5/8", tuerca exagonal para perno de 5/8".
8	12	Aisladores de suspensión
9	6	Grapas de retención tipo distribución de aleación de aluminio, con terminal tipo horquilla, rango de ajuste de 0,3" y 0,6" similar a las JOSLYN. CAT. No. BI-5399
10	3	Conectores de ranuras paralelas para conductor ACSR, rango de ajuste de 1/0 AWG a 397,5 MCM, similar al ANDERSON CAT. No. LC = 66A - X B
11	60	Cable de acero galvanizado para tensor de 1/2".
12	4	Bloques de anclaje de hormigón simple de 0,027 m ³
13	4	Varillas de acero galvanizado para anclaje con tuerca y arandela de 4" x 4" x 1/4".
14	8	Grapas mordaza de 3 pernos de acero galvanizado para cable tensor de 1/2"
15	4	Guardacabos de acero laminado de 1/8"
16	6	Amortiguadores de vibración, preformado en esperial de PVC, para conductores ACSR "PENGUIN" y "PIGEON", similar al PREFORMED USA CAT. No. SVD-0105

Neutro

17	2	Aisladores tipo rollo de 3" de alto similar al clase ANSI 53-4
18	1	Conector de ranuras paralelas para conductor ACSR, rango de ajuste No. 8 AWG a 1/0 AWG similar al ANDERSON CAT. No. LC-51C XB.
19	1	Abrazadera de pletina, doble, para fijación de neutro, diámetro de abertura 7,5" x 8,3" pletina de 1 $\frac{1}{2}$ " x 3/16", pernos tipo carriage ϕ 1/2" x 2 $\frac{1}{2}$ "
20	2	Racks de 1 vía, con soporte de pletina de 1 $\frac{1}{2}$ " x 1/4", pasador de 5/8".

ESTRUCTURA TIPO HRT

<u>RENGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>M A T E R I A L</u>
1	2	Postes de hormigón
2	2	Crucetas de hierro " U "
3	4	Pernos espárrago rosca corrida de 16" x 5/8"
4	8	Tuercas para pernos 5/8"
5	14	Arandelas de hierro galvanizado 2" x 2" x 3/16" con perfección de 11/16"
6	3	Pernos de ojo 5/8" x 16"
7	6	Aisladores de suspensión
8	3	Grapas de retención tipo distribución de aleación de aluminio, con terminal tipo horquilla, rango de ajuste de 0,3" a 0,6" similar a la JOSLYN CAT. No. BT - 5399
9	30	Cable de acero galvanizado para tensor de 1/2"
10	2	Bloques de anclaje de hormigón simple de 0,027 m ³
11	2	Varillas de acero galvanizado para anclaje con tuerca y arandela de 4" x 1/4" x 1/4"
12	4	Grapas mordaza de 3 pernos para cable tensor de 1/2"
13	2	Guardacabos de acero laminado de 1/8"
<u>Neutro</u>		
14	1	Aislador tipo rollo de 3" de alto similar al clase ANSI 53-4
15	1	Abrazadera de pletina, simple para fijación de neutro, ϕ de abertura 7,5" a 8,3" pletina de 11/2" x 3/16", pernos tipo carriage 1/2" x 21/2".
16	1	Rack de 1 vía, con soporte de pletina de 1 1/2" x 1/4", pasador de 5/8"

3.2.1. LISTA DE MATERIALES TOTAL

<u>REGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>M A T E R I A L</u>
1	162	Cruceta de madera de 1.5 m.
2	29	Cruceta de madera de 1.2 m.
3	80	Cruceta de hierro "U" de 3.8 m.
4	12	Crucetas de hierro "U" de 4.6 m.
5	229	Pie amigo de pletina de hierro de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ " x 27".
6	109	Abrazadera de pletina, simple, extensión punta de poste, perno de $3/4$ " con cabeza de plomo de 1"
7	109	Abrazadera de pletina, simple, para fijación de pie amigo, pletina de $1\frac{1}{2}$ " x $3/16$ ", diámetro de 6,7" a 7,5".
8	109	Abrazadera de varilla en "U" de $5/8$ " para fijación de cruceta, diámetro de curvatura 7", longitud recta 8,7"
9	262	Perno máquina $3/8$ " x 6" para sujeción de pie amigo en cruceta, tuerca para perno $3/8$ ".
10	262	Tuercas para pernos de $3/8$ "
11	492	Tuercas para pernos de $5/8$ "
12	262	Arandelas de hierro galvanizado de 2" x 2" x $3/16$ " con perforación de $1/2$ "
13	762	Arandela de hierro galvanizado 2" x 2" x $3/16$ " con perforación de $11/16$ "
14	262	Perno largo espiga PIN con cabeza de plomo de 1" de diámetro varilla de $5/8$ " x 12"
15	393	Aislador tipo espiga PIN
16	546	Aisladores de suspensión

17	11	Abrazadera de pletina, doble, extensión punta de poste, pernos de $3/4''$ de ϕ con cabeza de plomo de 1"
18	11	Abrazadera de pletina, doble, para fijación de pie amigo, ϕ de abertura de 6" a 6,7" pletina de $11/2''$ x $1/4''$, pernos tipo carriage de $1/2''$ x $2\frac{1}{2}''$ tuercas cuadradas.
19	228	Pernos espárrago, rosca corrida de $16''$ x $5/8''$
20	211	Aislador tipo rollo, de 3" de alto-similar al clase ANSI 53-4
21	211	Rack de 1 vía, con soporte de pletina de $1\frac{1}{2}''$ x $1/4''$, pasador de $5/8''$ chaveta de $1/16''$ x 1"
22	273	Grapas de retención tipo distribución de aleación de aluminio, con terminal tipo horquilla, rango de ajuste de 0,3" a 0,6" similar a los JOSLYN CAT. No. BT - 5399
23	121	Abrazadera de pletina, simple, para fijación de neutro, pletina de $1\frac{1}{2}''$ x $3/16''$, pernos tipo carriage de $1''$ de ϕ x $2\frac{1}{2}''$, tuercas cuadradas.
24	135	Conectores de ranuras paralelas para conductor ACSR, rango de ajuste de 1/0 AWG a 397,5 MCM similar al ANDERSON CAT. No. LC - 66 A - XB
25	2730m.	Cable de acero galvanizado para tensor de $1/2''$
26	182	Bloques de anclaje de hormigón simple de 0,027 m ³
27	182	Varillas de acero galvanizado para anclaje con tuerca y arandela de 4" x 4" x $1/4''$
28	364	Grapas mordaza de 3 pernos de acero galvanizado para cable tensor de $1/2''$
29	135	Amortiguadores de vibración, prefabricado en espiral de PVC, para conductores ACSR "PENGUIN" y "PIGEON", similar al PREFORMED USA CAT. No. SVD 0105.

30	45	Conector de ranuras paralelas para conductor ACSR, rango de ajuste # 8 AWG a 1/0 AWG, similar al ANDERSON CAT. NO. LC - 51C - XB
31	182	Guardacabos de acero laminados de 1/8"
32	138	Pernos ojo 5/8" x 16"
33	138	Tuercas de ojo 5/8", tuerca exagonal para 5/8".
34	45	Abrazadera de pletina, doble, para fijación de neutro, diámetro de abertura 7,5" x 8,3" pletina de 1 1/2" x 3/16", pernos tipo carriage ϕ 1/2" x 2 1/2".
35	513m	Alambre de atar de aluminio # 6 AWG
36	513m	Cinta de armar de aluminio de 0,05" x 0,3"
37	166	Varilla de cooperweld para puesta a tierra 5/8" x 8" con grillete
38	1200m	Conductor de cobre # 2 AWG
39	84.756	Conductor # 3/0 ACSR "PIGEON"
40	28.252	Conductor # 2 ACSR "SPARROW"
41	120	Postes de hormigón de 10,5m, resistencia a la rotura 350 Kgr, peso 17,7 qq.
42	92	Postes de hormigón 12m, 700Kgr, 22 qq.

3.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS.-

AISLADORES.-

TIPO : Aisladores espiga PIN similar al clase ANSI 55-5 Cat.No.

C 905 - 1005 A.B. CHANCE CO

Aisladores de suspensión de $4\frac{1}{4}$ " x $6\frac{1}{4}$ " similar al clase

ANSI 52-9 Cat. No. C 907 - 1209 A.B. CHANCE CO

RECONECTADOR.-

Número Requerido 1

TIPO : Trifásico en aceite con accionamiento hidráulico similar al 6 H (a) de Mc GRAW EDISON

CARACTERISTICAS :

Nivel básico de aislamiento ----- 110 Kv
 Capacidad de la bobina serie ----- 100 A
 Mínima corriente de apertura ----- 200 A
 Máxima corriente de apertura ----- 2.000 A
 Tensión nominal ----- 14,4 Kv
 Número de operaciones totales ----- 2 rápidas y 2 lentas

PARARRAYOS

Número requerido 3

TIPO : Pararrayos tipo válvula, monofásicos, clase distribución con base metálica, para montaje directo en cruzeta.

CARACTERISTICAS :

Tensión nominal ----- 12 Kv
 Tensión máxima ----- 15,5 Kv
 Voltaje de descarga ----- 40 Kv
 Frecuencia ----- 60 Hz
 BIL ----- 110 Kv

USO : Para protección del reconector

PORTA FUSIBLES SECCIONADORES .

TIPO : Cut out, unipolar, tipo abierto, con accesorios para montaje en cruzeta, similar al de Mc GRAW EDISON
 Cat. No. FOLBI

Tensión nominal ----- 7.8/13.5 Kv
 Corriente nominal ----- 100 A
 Número requerido ----- 6

FUSIBLES . -

Para el primer año de funcionamiento de la línea :

Número requerido 3

TIPO : Tira fusibles de 3 amperios similar al tipo
Standard de S & C POSITROL FUSE LINKS

Número requerido 3

TIPO : Tirafusibles de 20 amperios similar al tipo
Standard de S & C POSITROL FUSE LINKS

POSTES DE HORMIGON

Número requerido	120	92
<u>Características</u>		
Longitud	10,5 m	12 m
Resistencia	350 Kgr	700 Kgr
Peso	17,7 qq	22 qq

4.- Especificaciones para el montaje.

4.1. Transporte y colocación de estructuras.

Antes de proceder al montaje de la línea, se gestionará la obtención de los permisos de acceso a los sitios de trabajo, el paso libre a lo largo del recorrido y la autorización para el cruce de carreteras, líneas de telecomunicación, etc.

Se realizarán negociaciones para compensación de daños causados a cultivos, bosques, etc.

El transporte de los postes se realizará en camiones, debiéndose tener mucho cuidado a fin de no provocar daños en los mismos.

Las excavaciones deberán ser realizadas de tal forma que la superficie inferior quede plana, y sujetándose a los alineamientos dimensiones, etc; y deberán mantenerse libres de agua y de todo material descompuesto.

Todos los postes con conductores tensados deben resultar verticales, permitiéndose una tolerancia de 1.5%.

La parada de los postes deberá sujetarse por medio de grúas para evitar excesivos esfuerzos durante la erección. En sitios en que no se pueda contar con la ayuda de la grúa, la parada se realizará únicamente con el personal. (Ref. 4).

4.1.2. Anclajes

Para realizar el tensado de las líneas, para impedir que los postes cedan bajo la acción de las fuerzas mecánicas de éstas, se utilizan ciertos elementos de anclaje y sobre los cuales se descargarán todos los esfuerzos.

La construcción de las estructuras de anclaje, se hará conforme a lo dispuesto por las normas de INECEL y utilizaremos la estructura tipo H, formada por dos postes.

Los tensores serán colocados en número de 4.2 en cada poste el ángulo que formarán los tensores será de 45° y si consideramos

que la tensión máxima para el conductor 3/0 será de 10,26 Kgr/mm² entonces podremos usar el cable tensor de 1/2" de diámetro y varillas de anclaje de 3/4" x 8' en cuyo extremo se colocará un bloque de hormigón.

4.1.3. Preparación y tendido del conductor.

El conductor deberá usarse de tal modo de reducir al mínimo el número de uniones. Estas no deberán estar ubicadas a menos de 20 metros desde los puntos de amarre del conductor en el poste y no deberán estar en vanos que correspondan a cruces de carreteras o líneas de energía o de telecomunicación.

Durante el tendido del conductor deberá tomarse en cuenta todas las precauciones necesarias para el paso de los dispositivos de unión como de reparación a través de las poleas; el conductor deberá estar unido al cable piloto por medio de destorcedores.

Se procurará mantener los conductores levantados del suelo y se evitará el roce con obstáculos de cualquier naturaleza.

Las poleas deberán ser construídas de tal forma que tengan un rozamiento mínimo, su diámetro deberá ser igual a por lo menos 20 veces el diámetro del conductor. Y la garganta deberá estar cubierta de caucho u otro material que evite abrasión en el conductor.

El corte de los conductores deberá realizarse con las herramientas apropiadas para evitar daños de los mismos. (Ref. 4)

4.1.4. Tensado del Conductor.

La tensión mecánica de 20° C deberá ser igual en todos los vanos excepto de los vanos muy cortos o muy largos entre estructuras de anclaje o de tramos entre los anclajes que comprendan vanos con fuertes pendientes, en cuyos casos se darán valores diferentes.

En cada tramo de la línea, comprendido entre dos estructuras de

anclaje, antes de colocar las grapas al conductor se deberá medir la flecha en 3 vanos por lo menos, estando estos vanos distanciados entre si.

Todos aquellos vanos con grandes desniveles y aquellos que superan los 500 metros de longitud, deberán ser especialmente controlados. La flecha se medirá cuando las condiciones del viento sean satisfactorios.

La tolerancia admitida para la flecha será de 0,05m cada 100 metros de vano; en el mismo tramo la flecha del conductor más templado no debe ser menor de 0,15 m con respecto a la flecha de los otros conductores.

Se deberá controlar también, alturas de los conductores desde tierra para toda la línea.

Se debe proveer de instrumentos idóneos para tomar las lecturas de flechas, tensiones mecánicas y temperaturas. (Ref. 4)

4.1.4.1

Colocación y conexión del sistema de tierra.

El sistema de tierra de la línea, se realizará mediante el incado de una varilla de Copperweld en las cercanías de c/u de las estructuras de soporte, las que se conectarán a las mismas con cable de cobre calibre 2 AWG.

Las varillas deberán incarse verticalmente, pero si por la naturaleza del terreno rocoso, sumamente duro, o por la presencia de piedra de gran tamaño, no fuera posible entonces se podrían incar las varillas formando un α menor de 30° con la vertical.

La conexión entre la varilla y el poste deberá quedar por lo menos 50 cm. bajo tierra.

Las varillas no deberán cortarse por ningún motivo, no golpearlas de tal manera que se deformen.

Los tornillos de los conectores de la varilla, deben quedar firmemente apretados, para lo cual deben limpiarse las superficies para quitarles cualquier capa de grasa, tierra o polvo y así procurar un buen contacto. (Ref. 4)

4.1.5. Pruebas.

(Ref. 16)

Las pruebas a efectuarse son las siguientes :

- Pruebas de la resistencia de los postes de hormigón
- Prueba de la resistencia de aislamiento.

4.1.5.1 Prueba de los postes de hormigón.

Para la recepción de postes se pueden emplear 2 tipos de ensayos:

- Un ensayo en fase elástica no destructivo
- El mismo ensayo anterior seguido de otro de rotura

Ensayo no destructivo en fase elástica.

Este ensayo puede realizarse por 2 métodos diferentes :

- Método del balancín
- Método sin balancín

Método del Balancín.Postes normales.

En la figura 14 están esquematizados los dispositivos para realizar el ensayo.

El elemento auxiliar para este ensayo está constituido esencialmente por una viga sujeta al poste, mediante 2 collares, de forma que al aplicar los esfuerzos a la vigueta, solamente se transmiten esfuerzos perpendiculares al eje del poste.

El collar inferior debe permitir un movimiento a lo largo del poste, dependiendo su posición de la longitud del mismo. Sobre la vigueta va un tercer collarín también móvil, que permite la aplicación de los esfuerzos a diferentes distancias.

Las condiciones óptimas del ensayo se producen cuando la longitud de la vigueta es $1/3$ de la longitud libre del poste.

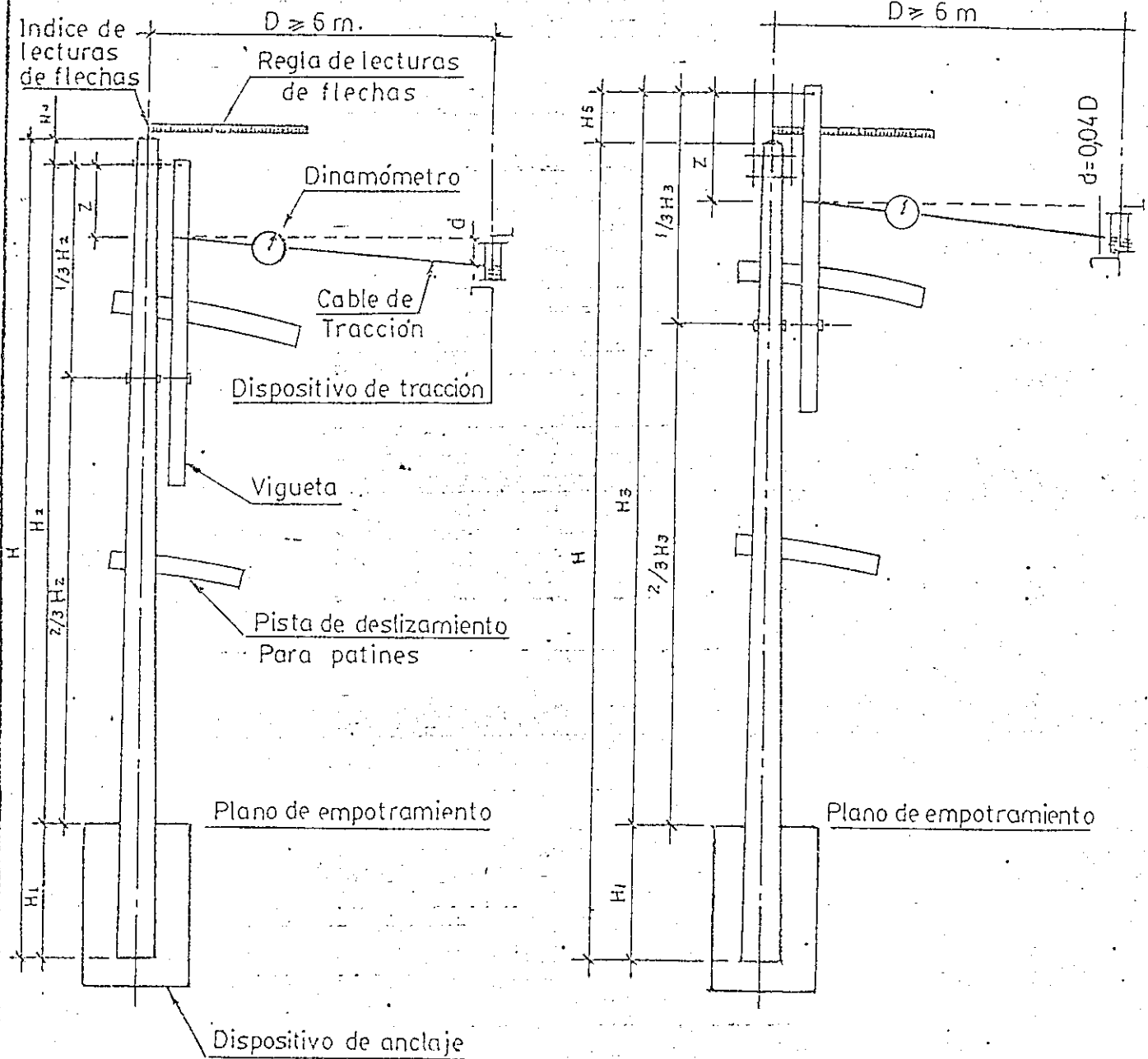
La cabeza del poste debe ir provista de un sistema indicador para la lectura de las flechas.

La vigueta deberá fijarse en 2 puntos :

ENSAYOS DE POSTES DE HORMIGÓN ARMADO

ENSAYO DE POSTE NORMAL

ENSAYO DE POSTE REFORZADO



D = Distancia mínima entre el eje del poste y el dispositivo de tracción (6,00 m)

d = Distancia del dispositivo de tracción a la perpendicular del eje del poste (= 0,04 D)

Z = Distancia entre el punto superior de la vigueta sobre el poste y el punto de ataque del cable de tracción sobre la palomilla.

- Uno a la distancia $H_4 = 0,2$ m de la cogolla
- Otro a la distancia $2/3 H_2$ del empotramiento (ver figura)

Para realizar el ensayo, se aplica a través de la vigueta a una distancia Z de su punto de fijación superior, un esfuerzo creciente y suficientemente lento para permitir la lectura de las flechas, cargas y deformaciones. Los incrementos de carga serán no inferiores al 10% de la carga máxima en cada ensayo o bien lo que se considere adecuado, hasta llegar al valor $C's.T$ en donde $C's = 1,65$.

Los valores de T y Z vienen dados por : (Ref. 16)

$$T = (F + V) + \frac{(V - V_2)}{2} \quad (4.46)$$

$$Z = \frac{H_2}{2} \cdot \frac{V - V_2}{T} \quad (4.47)$$

Donde :

F es el esfuerzo útil

$H_2 = H - H_1 - H_4$: altura útil del poste

V y V_2 son los esfuerzos que aplicados a un distancia H_4 por debajo de la cogolla, producen los momentos del viento, en la sección de empotramiento y en la situada a $2/3 H_2$ por encima de la misma, respectivamente.

Se tomarán las lecturas de las flechas para poder efectuar el diagrama esfuerzos - deformaciones.

A los esfuerzos de servicio el poste no debe presentar fisuras superiores a 0,20 m m. Con el poste descargado, debe cerrar todas las fisuras.

POSTES REFORZADOS.

(Ref. 16)

En estos postes, la reacción superior de la vigueta, se transmite al poste mediante un dispositivo especial unido al mismo y con una longitud que depende de la cruceta - bóveda empleada.

En este caso los valores de T y Z son :

$$T = (F + V) + \frac{ (V - V_3) }{ 2 } \cdot \frac{ (3 H_2 - 2 H_3) }{ (H_3) } \quad (4.48)$$

$$Z = \frac{ 1 }{ 2T } \quad 2 H_3 \cdot V_3 + H_2 (V - 3 V_3) \quad (4.49)$$

En donde :

F = esfuerzo útil

H₃ = H - H₁ - H₅ : Altura útil del poste

V y V₃ son los esfuerzos que aplicados a una distancia H₄ por debajo de la cogolla producen los momentos del viento en la sección de empotramiento y la situada a 2/3 H₃ por encima de la misma, respectivamente.

Se tomarán lecturas de las flechas para poder efectuar el diagrama esfuerzos - deformaciones.

A los esfuerzos de servicios del poste no debe presentar grietas superiores a 0,2 mm. Con el poste descargado, deben cerrar todas las fisuras.

Método sin Balancín.

Ensayo en fase elástica en 2 tiempos.

1er. Tiempo.

Se prueba la sección de empotramiento, el poste será sometido a cargas aplicadas a una distancia de la cogolla igual al décimo de su altura fuera del suelo (H - H₁). Se hace crecer lenta y regularmente las cargas hasta el valor 1,8 (F + V).

Se registran las flechas correspondientes a las cargas 1,1 F; 1,1 (F + V) y 1,8 (F + V).

Después de permanecer bajo esta carga durante 2 minutos, se descarga el poste lenta y regularmente hasta carga nula. El ensayo

se declara satisfactorio, si se cierran todas las fisuras y si no hay desconchamiento del hormigón en el lado comprimido.

Segundo Tiempo.

Se ensayan las secciones superiores del poste, sometiendo al mismo a cargas aplicadas a una distancia H_4 , por debajo de la cogolla. Se hacen crecer éstas lenta y regularmente hasta el valor de $1,65 (F + V/4)$, siendo V el esfuerzo del viento relativo a la sección de empotramiento.

Se registran las flechas crecientes correspondientes a las cargas $(F + V/4)$ y $1,65 (F + V/4)$.

Se mantiene el poste sometido durante 2 minutos, bajo ésta última carga y se descarga el poste lenta y regularmente hasta carga nula.

El ensayo es satisfactorio si se cierran todas las fisuras y si no hay desconchamiento del hormigón en el lado comprimido.

ENSAYO DESTRUCTIVO.

(Ref. 16)

Se podrá utilizar cualquiera de los métodos anteriores aplicando esfuerzos lenta y gradualmente hasta conseguir la rotura.

Con este ensayo se obtiene el coeficiente de seguridad global del poste.

El coeficiente global viene dado por :

$$C_s = \frac{M_r}{M_u + M_v} \quad (4.50)$$

En donde :

$$M_r = \text{momento de rotura} = F_D \times d_R$$

$$F_D = \text{lectura del dinamómetro}$$

$$d_R = \text{distancia entre el punto de aplicación del esfuerzo y la sección de rotura.}$$

$$M_u = \text{momento útil} = F_U \times h_R$$

$$F_U = \text{esfuerzo útil}$$

h_R = distancia desde el punto de aplicación del esfuerzo útil a la sección de rotura.

M_V = momento debido al esfuerzo del viento entre la cogolla y la sección de rotura.

4.1.5.2

RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.-

La resistencia de aislamiento puede medirse utilizando un voltímetro, como se indica en la Fig. 15. La fórmula que da la resistencia de aislamiento en megohms es :

$$R = l.r. \left(\frac{E}{V} - 1 \right) 10^{-6} \quad (4.51) \quad (\text{Ref. 17})$$

donde :

E = tensión de la batería en voltios

V = lectura del voltímetro en voltios

$r.$ = resistencia del voltímetro

l = longitud de la línea en Kms.

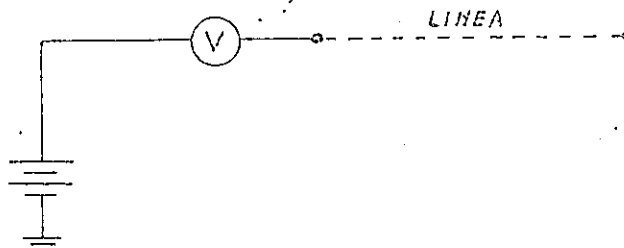


Fig # 15

4.2.1 CRONOGRAMA DE REALIZACION DE OBRAS

La construcción de la línea de Subtransmisión San Miguel Chillanes, se realizará por sectores, en los que se ha dividido a la extensión total de la línea, ellos son:

<u>Sector</u>	<u>Extensión (Km)</u>
San Miguel-Piscurco	4,2
Piscurco- La Chima	5
La Chima- San Pablo	5
San Pablo- Perezán	6
Perezán- Chillanes	8

Por consiguiente el cronograma de realización de obras se hará para cada sector y el número de días a emplearse así como también la cantidad de personal a utilizarse en una determinada actividad la indicamos en el siguiente cuadro:

Número de días a emplearse en cada una de las actividades en la construcción de la línea --
SAN MIGUEL - CHILLANES

Sector	Longitud	Topografía	Desbroce	Excavación	Pruebas	Transporte de Estructuras	Erección	Armado	Tendido y Tensado del Conductor
San Miguel- Piscurco	4,2 Km.	3	2	4	1	3	6	4	4,5
Piscurco- La Chima	5 Km.	3.5	2.5	2.5	1	3	6	4	5
La Chima- San Pablo	5 Km.	3.5	2.5	3	1	3	6	4	5
San Pablo- Percezán	6 Km.	4	3	5	1	3.5	7.5	5	6
Percezán- Chillanes	8 Km.	5.5	4	4.5	1	4.5	9	6	8
Personas a emplearse		5	4	15	5	4	15	6	19

TABLA N. 12

Número de días a emplearse en la construcción del Sector: SAN MIGUEL-PISCURCO

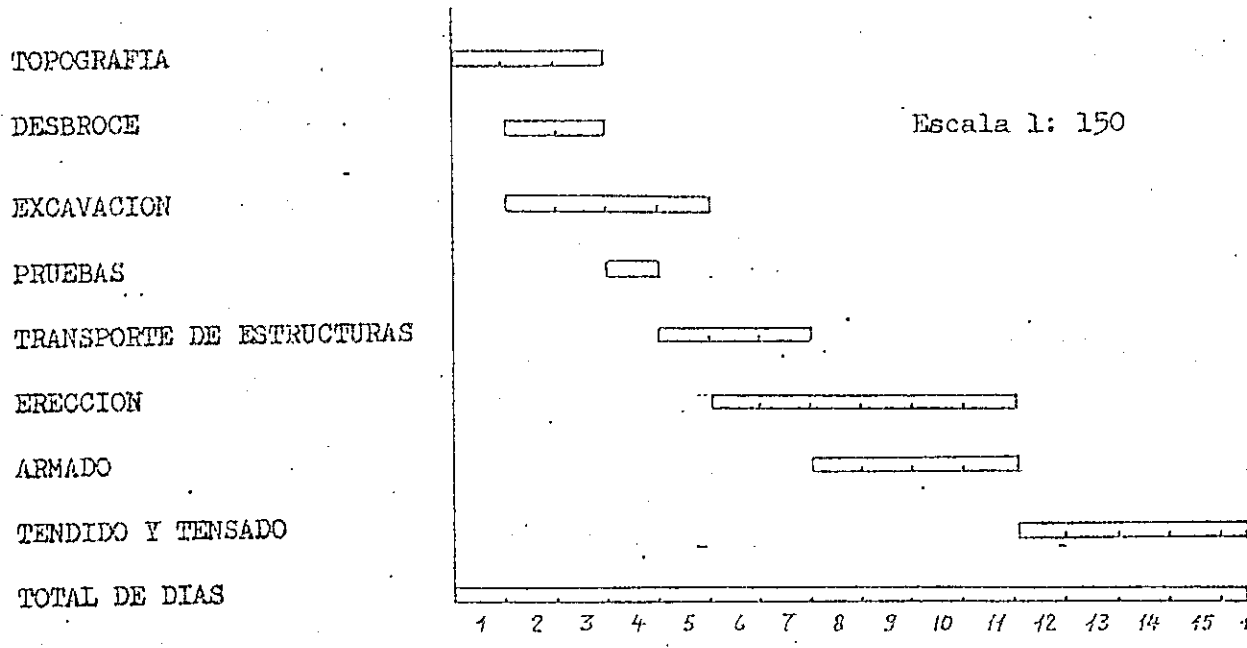


fig. 16

Número de personas que se emplearán, en cada día, durante la construcción de este Sector.

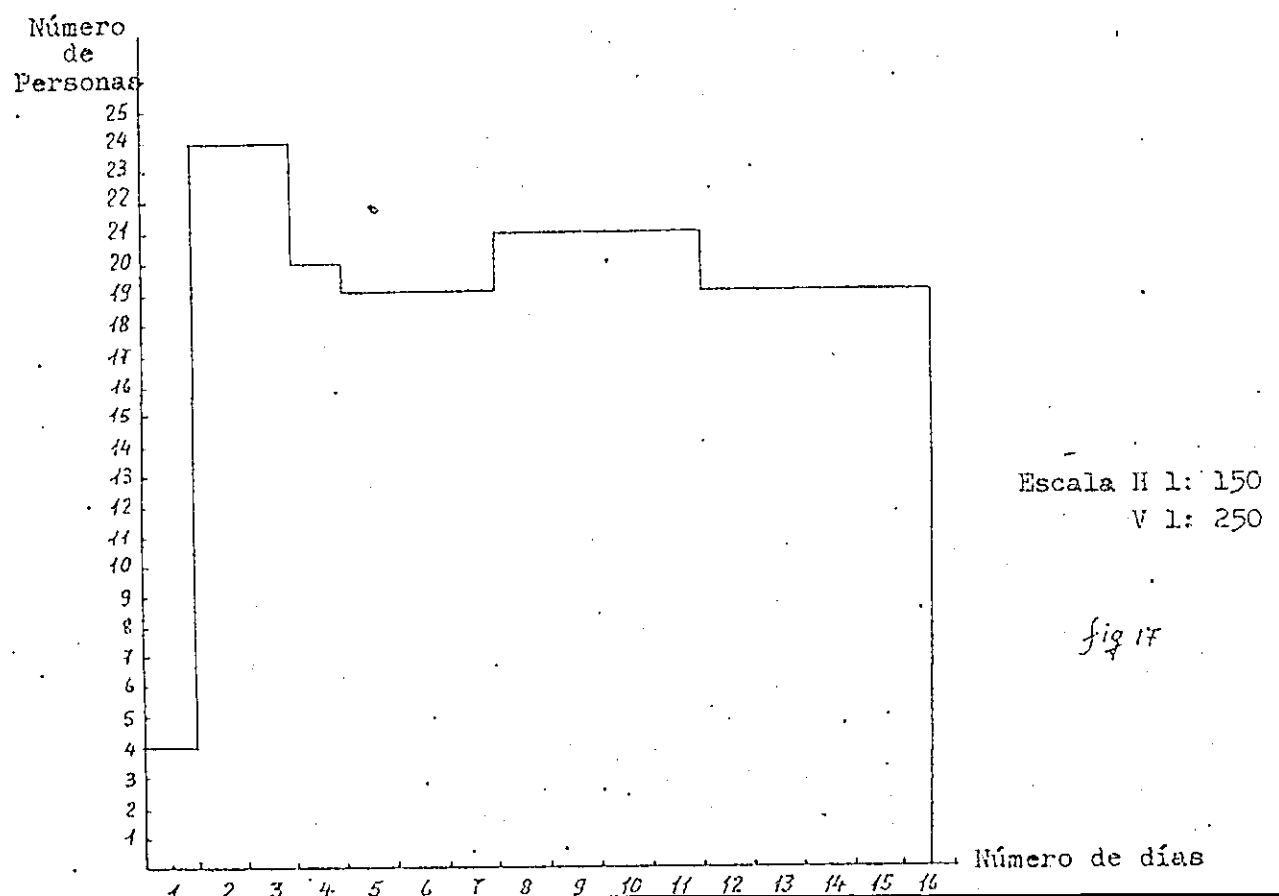


fig 17

Número de días a emplearse en la construcción del Sector : PISCURCO - LA CHIMA

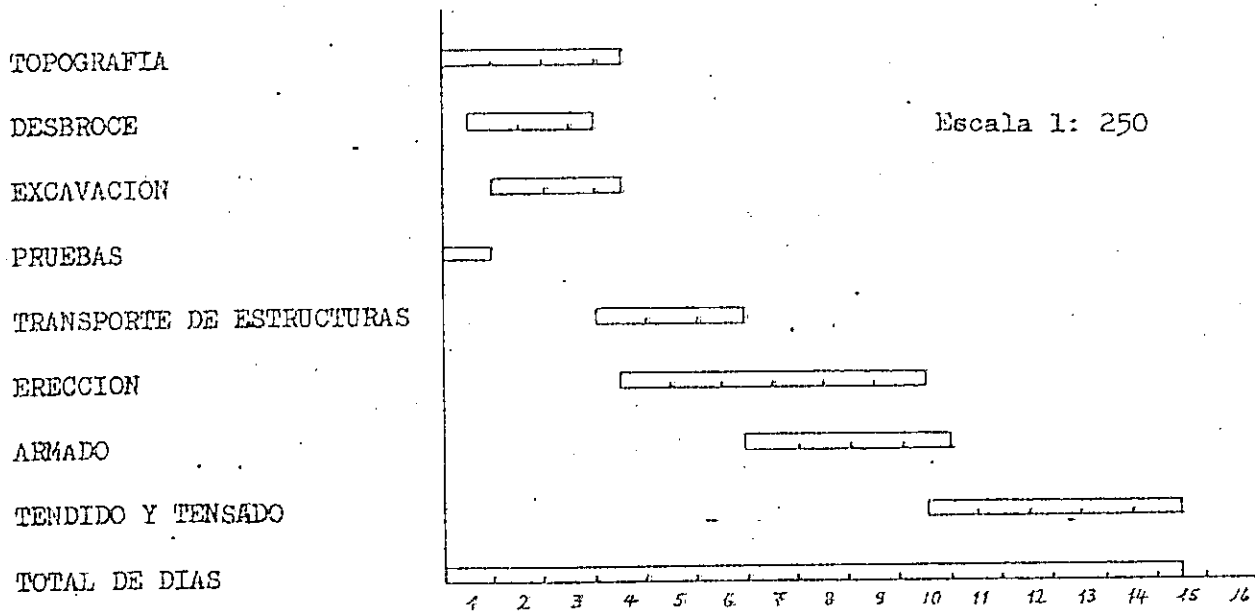


fig. 18

Número de personas que se emplearán, en cada día, durante la construcción de este Sector.

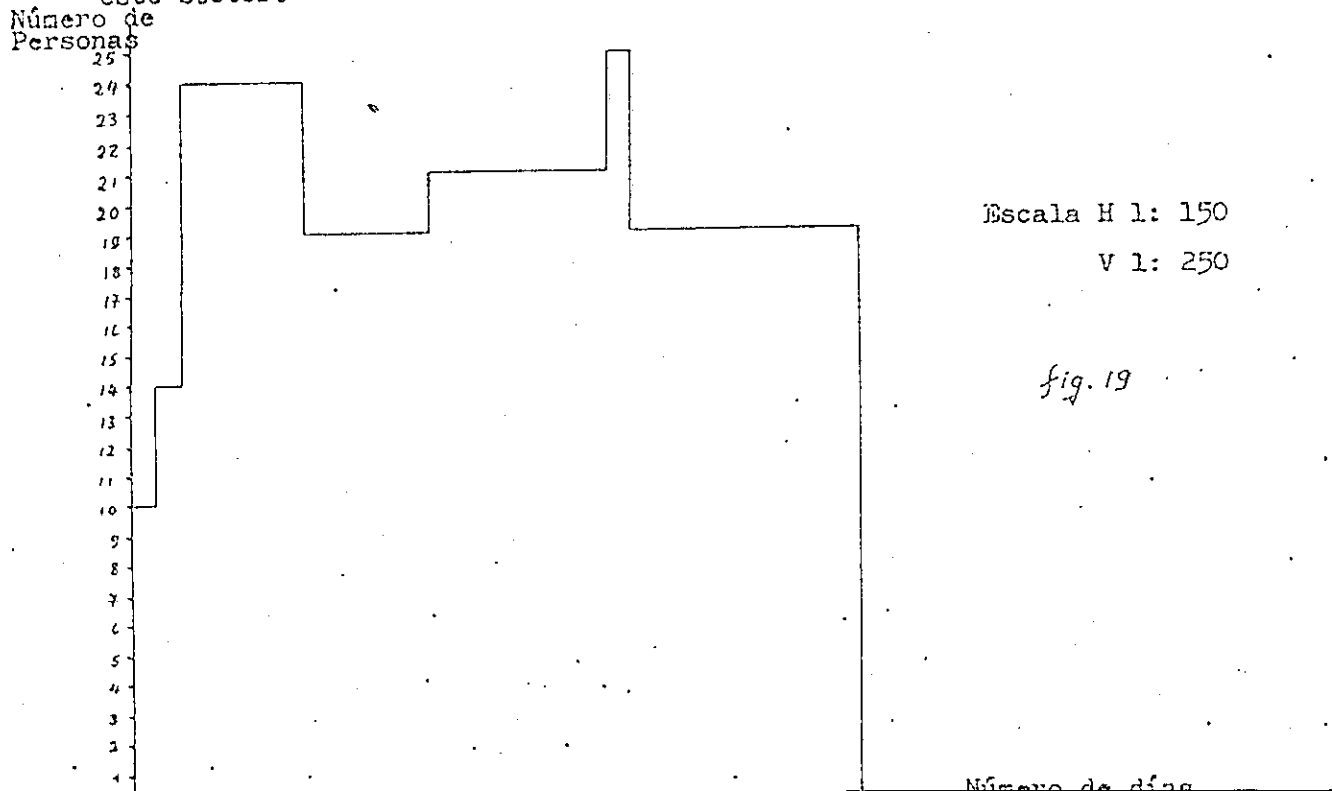


fig. 19

Número de días a emplearse en la construcción del Sector : LA CHIMA - SAN PABLO

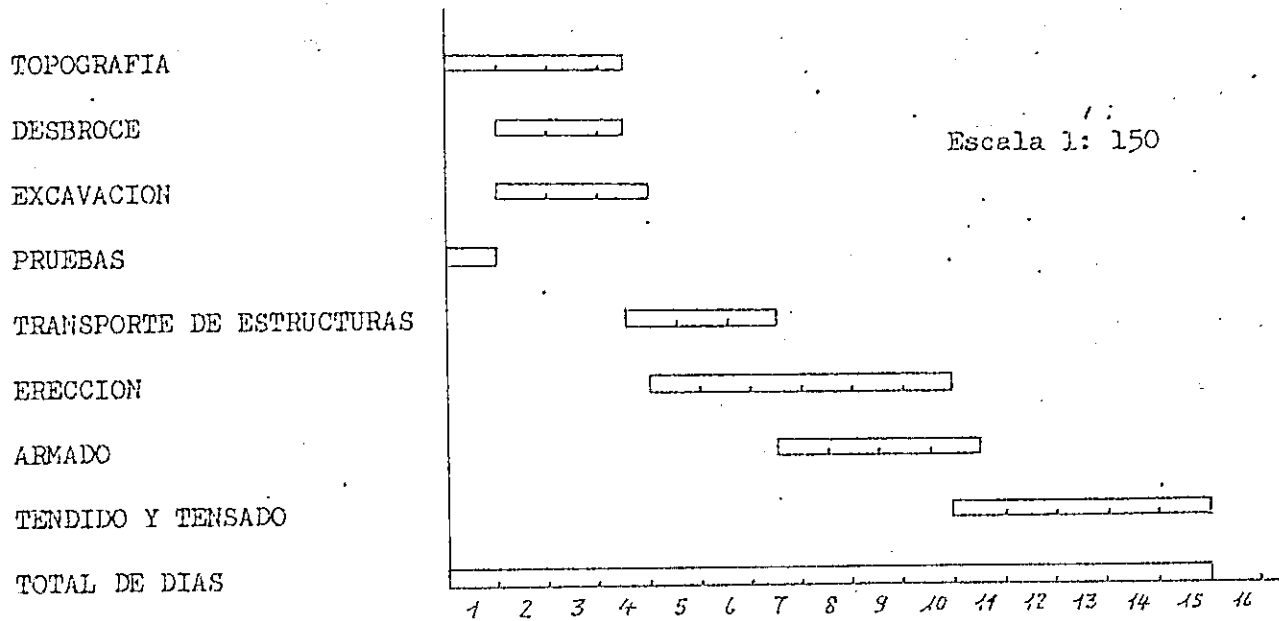


fig 20

Número de personas que se emplearán, en cada día, durante la construcción de este Sector.

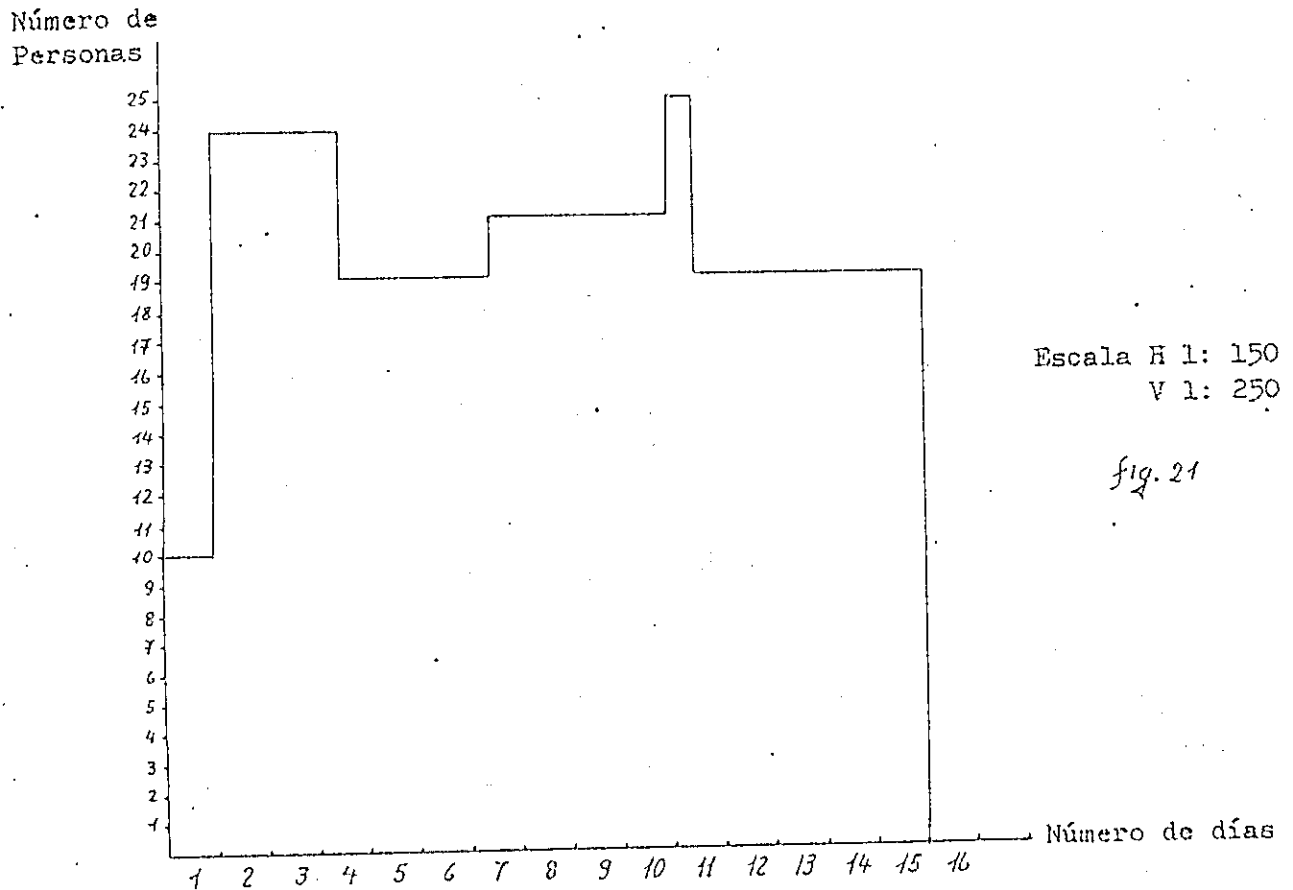


fig. 21

Número de días a emplearse en la construcción del Sector: SAN PABLO-PEREZ

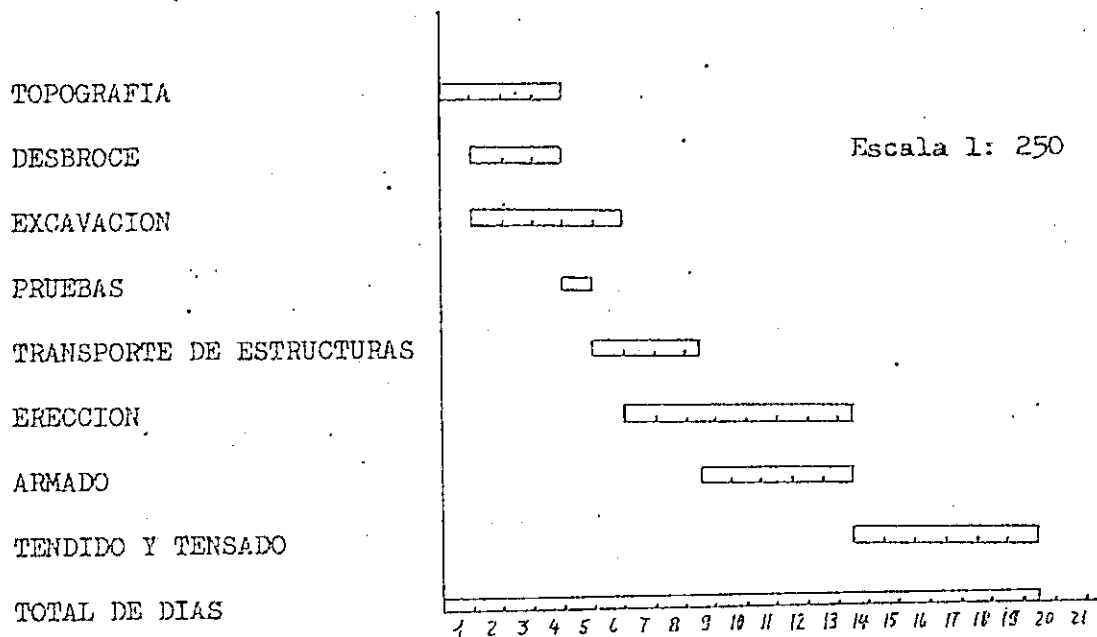


fig 22

Número de personas que se emplearán, en cada día, durante la construcción de este Sector.

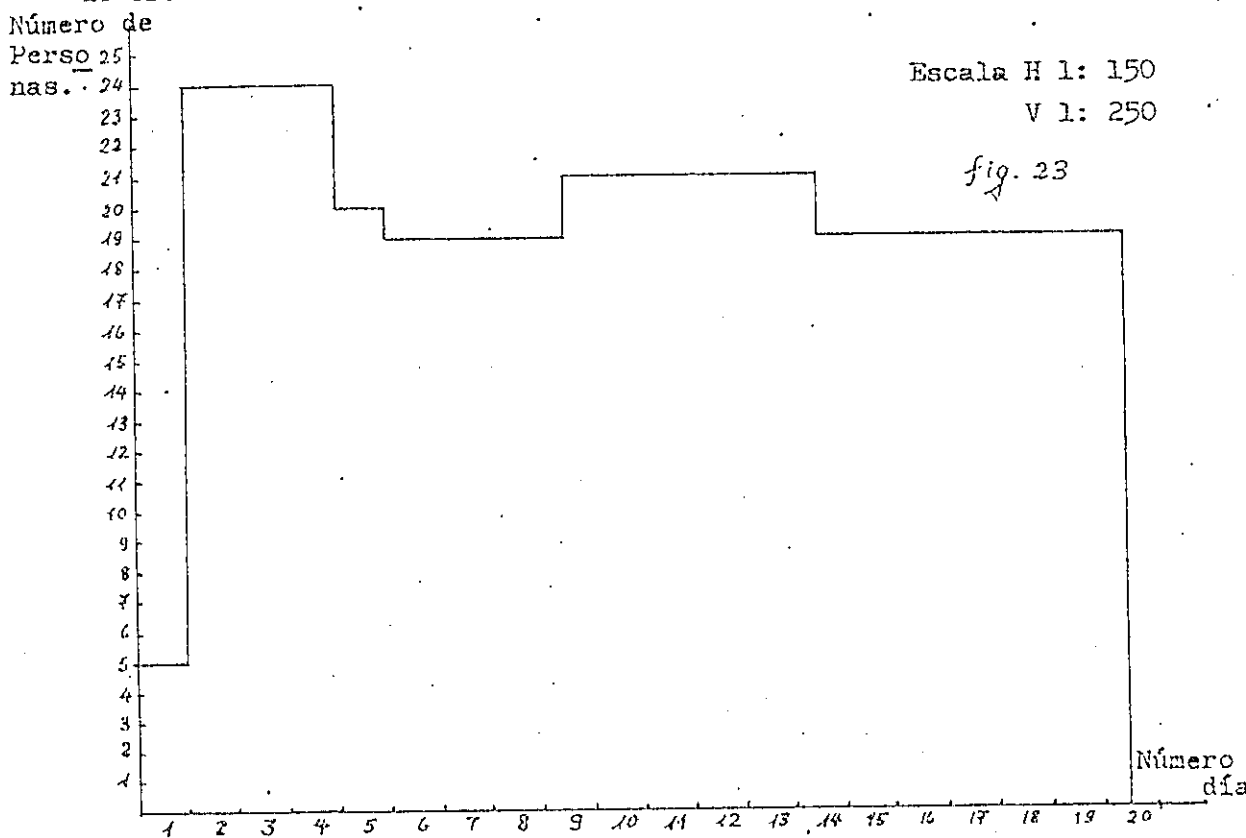
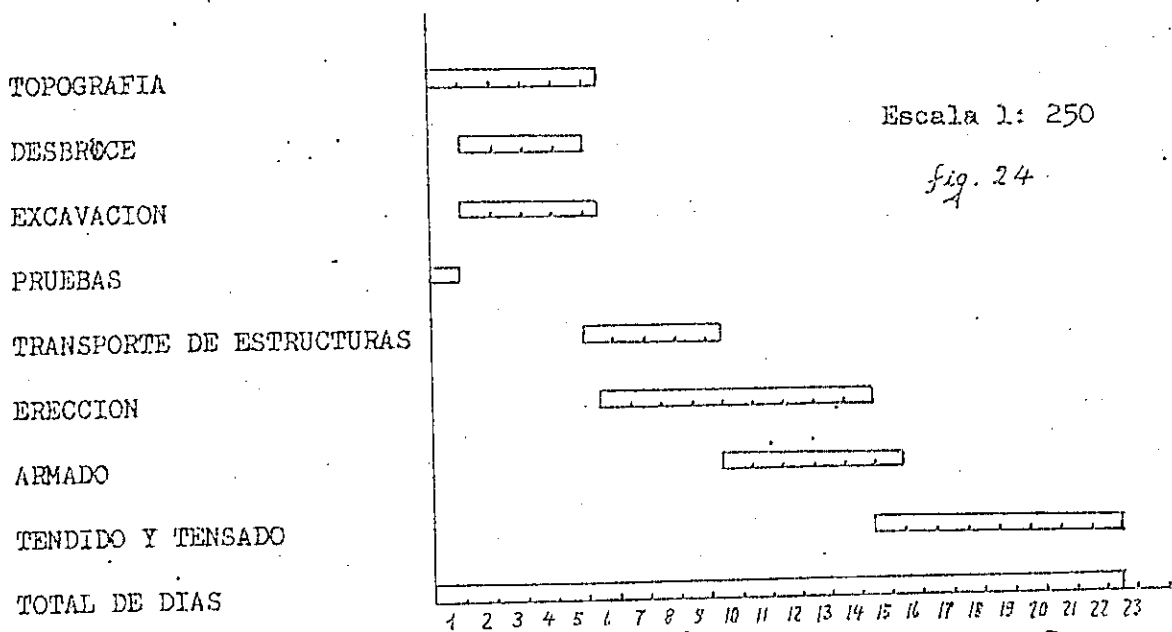
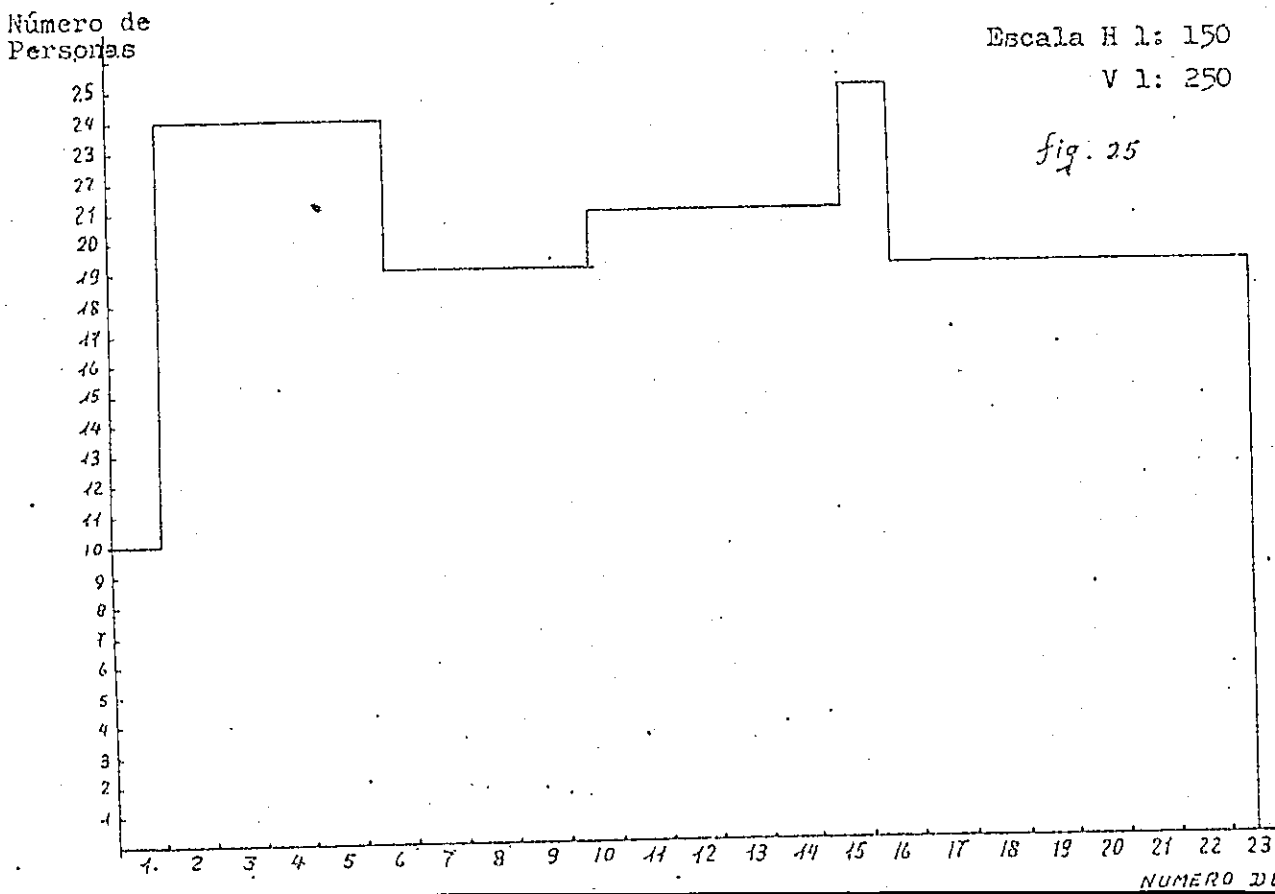


fig. 23

Número de días a emplearse en la construcción del Sector: PEREZAN-CHILLANÉS



Número de personas que se emplearán, en cada día, durante la construcción de este Sector.



De los gráficos anteriores podemos ver que el número total de días necesarios para la construcción de la línea es de 87 días.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Del estudio anterior concluimos anotando que, conviene realizar la construcción de la línea San Miguel - Chillanes, por cuanto ésta atravesará por una zona que necesita electrificarse por ser agrícola y ganadera y que mediante un plan razonable de electrificación rural se podrá lograr una mejor explotación de las fuentes de riqueza naturales.

- 2.- El conductor a emplearse será de aluminio reforzado con acero y no de cobre por cuanto su costo es mayor. Por consiguiente para las fases tendremos ACSR # 3/0 AWG y para el neutro ACSR # 2 AWG. 9

- 3.- En la construcción de la línea se utilizarán postes de hormigón, para dar mayor seguridad a ésta.
En las estructuras tangentes se colocarán aisladores tipo PIN, debido a que el peso de la línea no será tan grande como para usar aisladores tipo suspensión.
Las crucetas serán de madera, ya que se pueden conseguir fácilmente y su costo es bajo, únicamente en las estructuras tipo H se pondrán crucetas de hierro U
Todos los herrajes y accesorios deben ser galvanizados para evitar corrosión.
En la erección de las estructuras se deberá hacer una eficiente compactación del terreno por apisonado y para mayor seguridad en algunas zonas, se utilizarán fundiciones de hormigón.

- 4.- Los tipos de estructuras a utilizarse en la construcción estarán de acuerdo a lo dispuesto en las normas de INECEL.

BIBLIOGRAFIA

1. Estudio Socio Económico del Cantón Chillanes y San Pablo
Lcdo Julio Ballesteros.
Guaranda 1978.
2. Jerarquización de las áreas rurales a electrificarse.
Provincia de Bolívar.
Ing. Eduardo E. Puga
Quito 1977.
3. INTERNATIONAL DIVISION CATALOG
A.B.CHANCE
4. Ing. Julio Jurado M.
Apuntes personales.
Quito 1977.
5. Electrical High voltage
Mc Graw Edison.
6. Redes Eléctricas de Alta y Baja Tensión
Zopetti.
7. Catálogo de CONDELEC
8. Líneas de Transporte de Energía
Luis M. Checa
9. Enciclopedia CEAC de ELECTRICIDAD
INSTALACIONES ELECTRICAS
10. POSTES DE HORMIGON ETECO
11. Ing. Víctor Orejuela.
Apuntes de DISTRIBUCION 4º Curso Ing. ELECTRICA
12. Ing. Luis Manzano
Apuntes de proyectos de Líneas de Transmisión 5º Curso

Ing. ELECTRICA..

13. TRANSMISSION AND DISTRIBUTION

Reference Book.

Westinghouse Electric Co.

14. DISTRIBUTION SYSTEM PROTECTION MANUAL

Mc Graw Edison C.

15. SURGE DIVERTER SELECTION GUIDE

For system voltages up to 230 kv.

E.M.P. Electric Division.

16. Especificaciones de fabricación, ensayo y recepción de -
postes.

INECEL.

17. Manual Standard del Ingeniero Electricista

A.E. Knowlton.

I N D I C E

INTRODUCCION

Capítulo I

1.- Antecedentes

1.1	Estudio Social de la Zona -----	1
1.2	Influencia de la Electrificación -----	3
1.3	La Empresa Eléctrica Bolívar y su posible desarrollo -----	5
1.3.1	Proyección de la demanda de la zona a electrificarse -----	8

Capítulo II

2.- Estudio de la línea

2.1 Topografía

2.1.1	Descripción de la zona -----	9
2.1.2	Planimetría -----	10
2.1.3	Perfil -----	10

2.2 Estudio Eléctrico

2.2.1	Aislamiento -----	10
2.2.2	Conductor, soportes, vano económico -----	17

2.3 Estudio Mecánico -----

2.3.1	Anclajes -----	20
2.3.2	Determinación de esfuerzos -----	21
2.3.3	Dimensionamiento de estructuras -----	30
2.3.3.1	Costos de estructuras -----	40
2.3.3.2	Pérdidas de energía -----	45
2.3.3.3	Costo de la línea -----	48
2.3.3.4	Regulación de tensión -----	49
2.3.3.5	Cálculo de la Catenaria -----	51b

2.4 Protección de la línea

2.4.1	Protección para sobrecorrientes -----	52
2.4.2	Protección para sobretensiones -----	60

Capítulo III

3.	Lista de materiales y especificaciones técnicas -----	63
3.1	Lista de materiales por estructura -----	63
3.2.1	Lista de materiales total -----	68
3.3	Especificaciones técnicas -----	70

Capítulo IV

4.	Especificaciones para el montaje -----	73
4.1	Transporte y colocación de estructuras -----	73
4.1.2	Anclajes -----	73
4.1.3	Preparación y tendido del conductor -----	74
4.1.4	Tensado del conductor -----	74
4.1.4.1	Colocación y conexión del sistema de tierra -----	75
4.1.5	Pruebas -----	76
4.1.5.1	Pruebas de los postes de hormigón -----	76
4.1.5.2	Resistencia del aislamiento -----	80
4.2.1	Cronograma de realización de obras -----	81

Capítulo V

5.	Conclusiones y Recomendaciones -----	89
	BIBLIOGRAFIA -----	90
	INDICE -----	92
	PLANOS -----	

PLANTILLA UTILIZADA EN LA LOCALIZACION
DE LAS ESTRUCTURAS SOBRE EL PERFIL DEL TERRENO

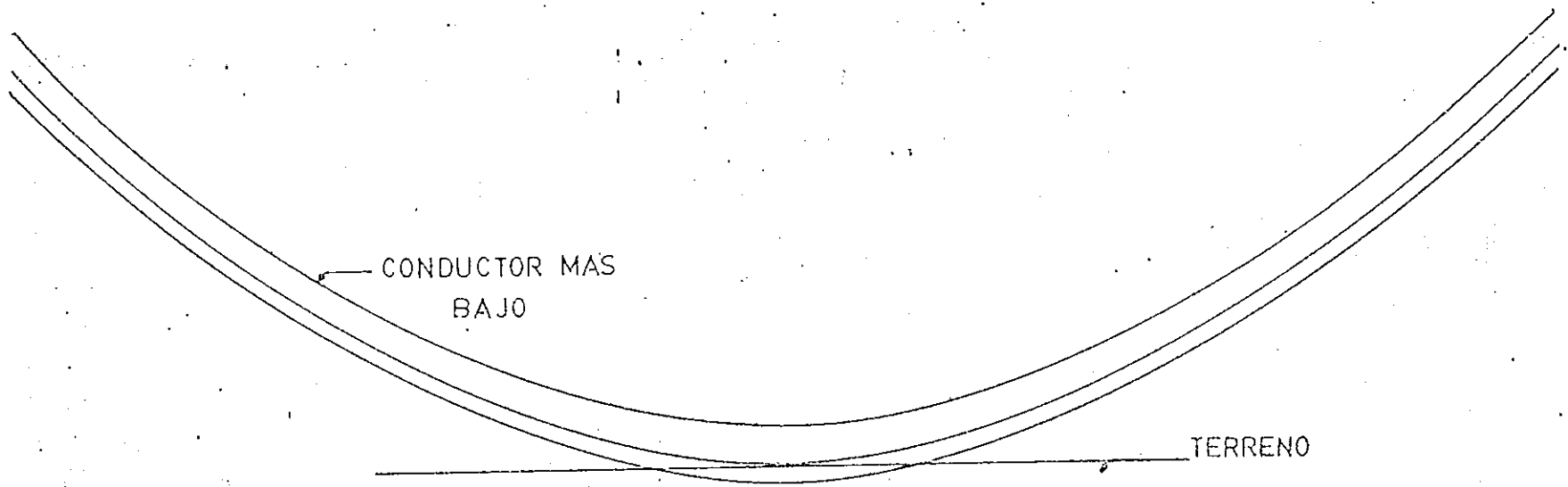


FIG. 26

CONDUCTOR : 3/0 ACSR

ESCALA : V- 1:1000

H- 1:5000